Тема 1.1. Основы кинематики

Содержание учебного материала:

1. Механическое движение и его виды.
2. Материальная точка.
3. Скалярные и векторные физические величины.
4. Относительность механического движения**.**
5. Система отсчета.
6. Принцип относительности Галилея.
7. Траектория.
8. Путь.
9. Перемещение.
10. Равномерное прямолинейное движение.
11. Скорость.
12. Уравнение движения.
13. Мгновенная и средняя скорости.
14. Ускорение.
15. Прямолинейное движение с постоянным ускорением.
16. Движение с постоянным ускорением свободного падения.
17. Равномерное движение точки по окружности, угловая скорость.
18. Центростремительное ускорение.
19. Кинематика абсолютно твердого тела

1. Механическое движение и его виды.

Механика — раздел физики, который изучает механическое движение физических тел и взаимодействие между ними.

Основная задача механики — определение положение тела в пространстве в любой момент времени.

Мир полон движения. Мы часто говорим, что прошли какое-то количество километров, оплачиваем штрафы за превышение скорости и выбираем самый быстрый маршрут в навигаторе. Давайте учиться его характеризовать.

Когда мы идем в колледж или на работу, автобус подъезжает к остановке или сладкий корги гуляет с хозяином, мы имеем дело с механическим движением.

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

«Относительно других тел» — очень важные слова в этом определении. В механике есть такой раздел — **кинематика.** Он отвечает на вопрос, как движется тело. Дальше мы с помощью кинематики опишем разные виды механического движения.

Механическое движение и его виды

По характеру движения точек тела выделяют три вида механического движения:

Поступательное. Это движение, при котором все точки тела движутся одинаково. Если через тело мысленно провести прямую, то после изменения положения этого тела в пространстве данная прямая останется параллельной самой себе.

Вращательное. Это движение, при котором все точки тела движутся, описывая окружности.

Колебательное. Это движение тела, которое повторяется точно или приблизительно через определенные интервалы времени. От вращательного движения его отличает то, что при колебаниях тело перемещается в двух взаимно противоположных направлениях.

По типу линии, вдоль которой движется тело, выделяют два вида движения:

Прямолинейное — тело движется по прямой линии.

Криволинейное — тело движется по кривой линии, в том числе замкнутой.

По скорости выделяют два вида движения:

Равномерное — скорость движущегося тела остается неизменной.

Неравномерное — скорость движущегося тела с течением времени меняется.

<u>По ускорению</u> выделяют три вида движения:

Равноускоренное — тело движется неравномерно с постоянным ускорением (положительным). Скорость увеличивается.

Равнозамедленное — тело движется неравномерно с постоянным замедлением (отрицательным ускорением). Скорость уменьшается.

Ускоренное — тело движется неравномерно с меняющимся ускорением. Скорость может, как увеличиваться, так и уменьшаться.

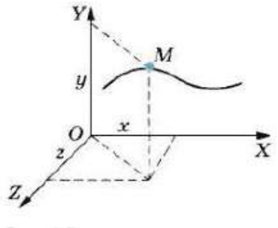
Способы описания механического движения

Описать механическое движение можно двумя способами:

- координатным
- векторным

Координатный способ

Указать положение материальной точки в пространстве можно, используя трехмерную систему координат. Если эта точка движется, то ее координаты с течением времени меняются. Так как координаты точки зависят от времени, можно считать, что они являются функциями времени. Математически это записывается так:

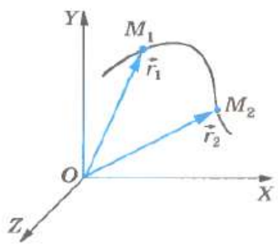


Эти уравнения называют кинематическими уравнениями движения точки, записанными в координатной форме.

$$x = x(t)$$
$$y = y(t)$$
$$z = z(t)$$

Векторный способ

Радиус-вектор точки — вектор, начало которого совпадает с началом системы координат, а конец — с положением этой точки.



Указать положение точки в трехмерном пространстве также можно с помощью радиус-вектора. При движении точки радиус-вектор со временем изменяется. Он может менять направление и длину. Это значит, что радиус-вектор тоже можно принять за функцию времени. Математически это записывается так:

$$\vec{r} = \vec{r}(t)$$

Эта формула называется кинематическим уравнением движения точки, записанным в векторной форме.

Характеристики механического движения

Движение материальной точки характеризуют три физические величины:

1. перемещение
2. скорость
3. ускорение

2. Материальная точка.

При описании движения тела важно учитывать его размеры, так как характер движения его отдельных точек может различаться. Но в рамках некоторых задач размер тела не влияет на результат решения. Тогда его можно считать пренебрежительно малым. Тогда тело рассматривают как движущуюся материальную точку.

Материальная точка — это тело, размерами которого можно пренебречь в условиях конкретной задачи. Допустимо принимать тело за точку, если оно движется поступательно или его размеры намного меньше расстояний, которые оно проходит.

3. Скалярные и векторные физические величины.

Физические параметры тел, физических явлений описываются векторными и скалярными (числовыми) величинами:

Скалярные величины (определяются только значением)

- Время — в международной системе единиц СИ измеряется в секундах [с].
- Путь — длина траектории (линии, по которой движется тело). В случае прямолинейного равномерного движения — длина отрезка [м].

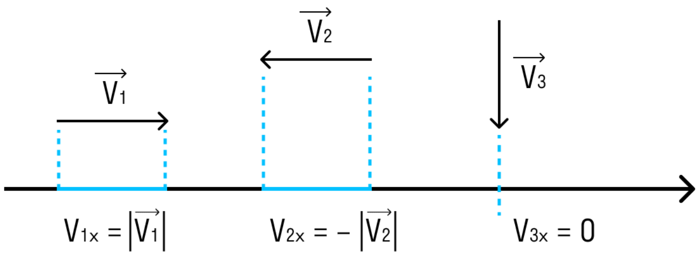
Векторные величины (определяются значением и направлением)

- Скорость — характеризует быстроту перемещения и направление движения материальной точки [м/с].
- Перемещение $\vec{s}$ — вектор, проведенный из начальной точки пути в конечную [м].

Проецирование векторов

Векторное описание движения полезно, так как на одном чертеже всегда можно изобразить много разнообразных векторов и получить перед глазами наглядную «картину» движения. Однако всякий раз использовать линейку и транспортир, чтобы производить действия с векторами, очень трудоёмко. Поэтому эти действия сводят к действиям с положительными и отрицательными числами — проекциями векторов.

Если вектор сонаправлен с осью, то его проекция равна длине вектора. А если вектор противоположно направлен оси — проекция численно равна длине вектора, но отрицательна. Если вектор перпендикулярен — его проекция равна нулю.



Скорость может определяться по вектору перемещения и пути, только это будут **две разные характеристики.**

На рисунке изображена система отчёта для парусника:

Маяк – тело отсчёта

Траектория парусника изображена красным цветом

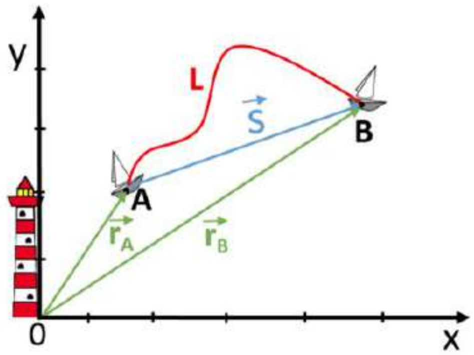


Рис. Система отсчёта.

4. Относительность механического движения.

— это ключевое понятие в физике, которое позволяет нам понять, как различные объекты взаимодействуют друг с другом в пространстве и времени.

Относительность движения — это идея о том, что движение объекта может быть разным в зависимости от выбранной системы отсчета. Например, если вы сидите в поезде, который движется со скоростью 100 км/ч, вы неподвижны относительно вагона, но для наблюдателя на платформе вы движетесь со скоростью 100 км/ч.

При решении школьных задач по физике важно правильно выбрать систему отсчета. Например, при решении задачи о движении автомобиля по дороге удобно выбрать в качестве тела отсчета землю. В этом случае, если автомобиль движется со скоростью 60 км/ч, то его скорость относительно земли будет именно такой.

Однако, если рассматривается задача о движении двух автомобилей, то может быть удобнее выбрать в качестве тела отсчета один из них. В этом случае скорость второго автомобиля будет определяться как разница между его скоростью и скоростью первого автомобиля.

5. Система отсчета.

Для описания механического движения нужно выбрать, относительно какого тела оно будет рассматриваться. Движение одного и того же объекта относительно разных тел неодинаковое. К примеру, идущий человек относительно дерева движется с некоторой скоростью. Но относительно сумки, которую он держит в руках, он находится в состоянии покоя, так как расстояние между ними с течением времени не изменяется.

Решение основной задачи механики — определения положения тела в пространстве в любой момент времени — заключается в вычислении координат его точек. Чтобы вычислить координаты тела, нужно ввести систему координат и связать с ней тело отсчета. Также понадобится прибор для измерения времени. Все это вместе составляет систему отсчета.

Для описания движения нам нужны:

- тело отсчета (тело, относительно которого рассматривается движение)
- система координат

Виды систем координат

В зависимости от характера движения тела для его описания выбирают одну из трех систем координат:

Одномерную. Используется, когда положение материальной точки можно задать только одной координатой x — M(x) или M(y). В этом случае тело движется прямолинейно.

Двумерную. Используется, когда положение материальной точки можно задать двумя координатами x и y — M(x,y). Тело в этом случае движения по плоскости.

Трехмерную. Используется, когда положение материальной точки можно задать тремя координатами x, y и z — M(x,y,z). Тело в этом случае изменяет положение в трехмерном пространстве.

- часы (прибор для отсчета времени). Время измеряется в секундах (с).

В совокупности эти три параметра образуют **систему отсчета.**

6. Принцип относительности Галилея.

В середине XVII в. Галилео Галилей в своем знаменитом «Диалоге о двух главнейших системах мира – птолемеевой и коперниканской» для всех известных в его время физических процессов (то есть процессов механических) сформулировал фундаментальный принцип – принцип относительности.

Он установил, что, рассматривая лишь физическое тело, никакими способами невозможно определить, находится ли тело в состоянии покоя или в состоянии равномерного прямолинейного движения, то есть движения без ускорения. Возможно определить лишь состояние относительного движения, то есть движения одного объекта (например, автомобиля) относительно другого (например, столба). При этом водитель автомобиля, движущийся вместе с ним по отношению к столбу, покоится относительно автомобиля. Другими словами, определить, движется тело или нет, можно лишь избрав систему отсчета, относительно которой рассматривается состояние тела.

Всякая система отсчета, в которой тело, не испытывающее воздействия внешних сил, может находиться в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, называется инерциальной. Если две системы отсчета движутся друг относительно друга равномерно и прямолинейно и если одна из них инерциальная, то очевидно, что и вторая будет инерциальной. Таким образом, имеется сколько угодно инерциальных систем отсчета, движущихся относительно друг друга равномерно и прямолинейно.

Принцип относительности Галилея гласит, что во всех инерциальных системах отсчета все физические явления происходят одинаково.

Таким образом, равноправие инерциальных систем отсчета, устанавливаемое этим принципом, выражается в следующем:

– законы механики в инерциальных системах отсчета одинаковы. Это значит, что уравнение, описывающее некоторый закон механики, будучи выражено через координаты и время любой другой инерциальной системы отсчета, будет иметь один и тот же вид;

– по результатам механических опытов невозможно установить, покоится ли данная система отсчета или движется равномерно и прямолинейно. В силу этого ни одна из них не может быть выделена как преимущественная система, скорости движения которой мог бы быть придан абсолютный смысл. Физический смысл имеет лишь понятие относительной скорости движения систем, так что любую систему можно признать условно неподвижной, а другую – движущейся относительно нее с определенной скоростью;

– уравнения механики инвариантны (неизменны) по отношению к преобразованиям координат при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой. То есть одно и тоже явление можно описать в двух разных системах отсчета внешне по-разному, но физическая природа явления остается при этом неизменной.

Провозглашение Галилеем принципа относительности ознаменовало начало новой эпохи, эпохи полного разрыва физической науки и натуральной философии.

Специальная теория относительности: принцип относительности Эйнштейна, принцип постоянства скорости света, представление о едином пространстве-времени, относительность интервалов времени и расстояния в разных системах отсчета, взаимосвязь массы, энергии и скорости.

7. Траектория.

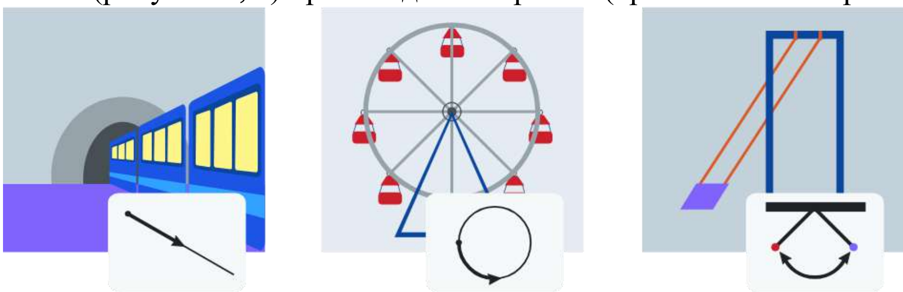
Траектория — линия, которую описывает тело во время движения.

Некоторые тела, когда движутся, оставляют за собой видимый след. Например, метеор в небе оставляет за собой светящуюся линию (рисунок 1, а), автомобиль при движении по песку оставляет следы шин (рисунок 1, б). Такие следы называют траекторией движения.

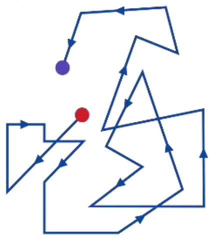
а

б

Рисунок 1. Примеры видимой траектории движения тел
Траектории могут быть абсолютно разными (рисунок 2):
Тело может двигаться по прямой – траектория движения поезда в метро (рисунок 2, а);
Примером круговой траектории может служить движение кабинки колеса обозрения (рисунок 2, б);
Движение качелей (рисунок 2, в) происходит по кривой (криволинейная траектория);



Траектория движения молекулы газа будет ломаной линией (рисунок 3)



Таким образом, по виду траектории движение бывает прямолинейным (движение по прямой) и криволинейным (движение по кругу, по кривой, ломаной и т.д.).
Рисунок . Траектория движения молекулы газа

8. Путь.

Путем называется длина траектории, пройденной телом за определенный промежуток времени. Путь не является векторной величиной, хоть тело и движется в определенном направлении. Это величина скалярная и равняется модулю разницы координат тела в момент окончания и начала движения.
Отличие пути от перемещения состоит именно в том, что перемещение — величина векторная. Оно имеет значение, которое равно длине вектора.

Путь — длина траектории. Обозначается буквой s. Единица измерения — метры (м).
Путь есть функция времени:

$$s = s(t)$$

Формула нахождения пути
Чтобы выразить путь в принятых единицах измерения применяют физические формулы, которые также могут содержать различные показатели:

1. Для кинематики характерной формулой при равномерном прямолинейном движении является выражение пути через скорость движения и время, за которое оно совершается: S=Vt, где V — скорость, t — время.
2. Если совершается равноускоренное перемещение, то используются формулы:

Когда скорость увеличивается $$S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$$

Когда скорость уменьшается $$S = \frac{v_0^2 - v^2}{2a}$$

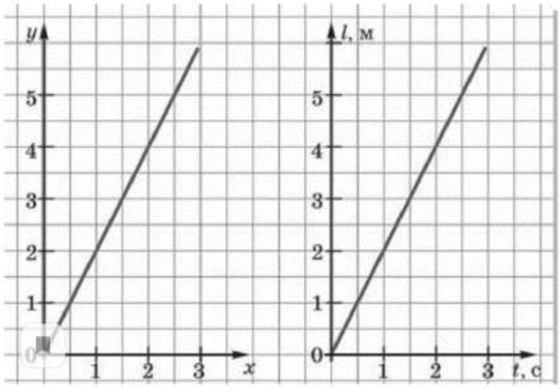
Обозначения V_0 и V применяются для начальной и конечной скорости соответственно. При этом, если движение равноускоренное, то разница скоростей со знаком плюс, если равнозамедленное — то со знаком минус.

Графики зависимости пути от времени для разных типов движения

Кроме того, что можно вычислить значение пути, пройденного телом, с помощью специальных формул, его можно увидеть на графике. Физические задачи опираются на несколько графиков, характеристики которых продиктованы особенностями конкретного движения.

Пример

График, который отражает равномерное движение материальной точки (тела):

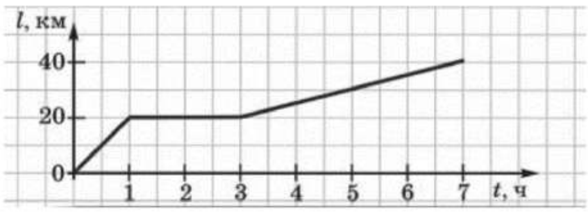


Формулой, определяющей путь, отраженный на этом графике, является S=V*t.

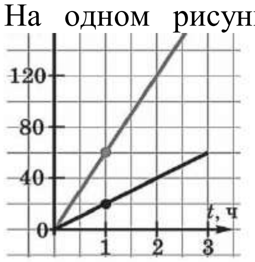
Бывает, что подобные разновидности графиков отличаются друг от друга из-за того, что тело проходит разные отрезки пути с различной скоростью.

Пример

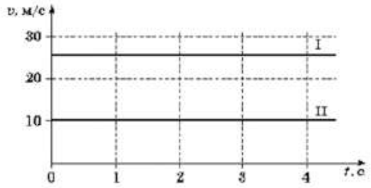
Например, если на одном участке в течение часа оно преодолело 20 км, далее в течение двух часов — не двигалось, а затем четыре часа преодолевало еще 20 км, график не будет выглядеть в виде прямой линии. Он будет иметь следующий вид:



На одном рисунке может быть отражено два и больше графиков движения тел:



Чем быстрее движется тело, тем больший угол образуют прямые оси времени и графика движения.
Схематические характеристики движения могут выражаться и в графиках, отражающих скорость. В таком случае в прямоугольной системе координат по горизонтали откладывают время, а по вертикали — модуль скорости.



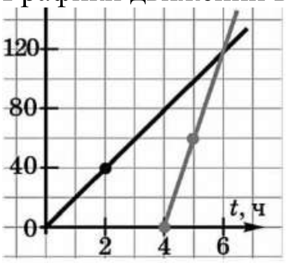
Анализ графика показывает, что, согласно выбранным единицам измерения, первое тело двигалось со скоростью 25 м/с, второе — 10 м/с.

Примеры задач

Задача 1

От выбранной точки отсчета отъехал человек на велосипеде. Его начальная скорость составляла 20 км/ч. Спустя 4 часа из этой же точки выехала машина. Ее скорость была 60 км/ч. Произвести расчет и изобразить графически, через сколько часов машина догонит велосипедиста.

Графики движений велосипедиста и машины выглядят так:



Из рисунка следует, что время, когда состоится встреча велосипедиста и машины-6 часов с момента выезда велосипеда. Это произойдет по истечении 2х часов с момента выезда машины.

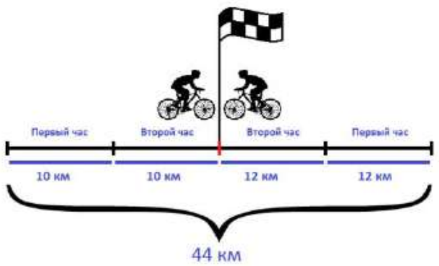
Задача 2

Из двух разных поселков выехали навстречу один другому мотоциклисты: первый со скоростью 10 км/ч, второй — 12 км/ч. Их встреча произошла через 2 часа. Необходимо высчитать расстояние между поселками.

Краткий путь решения следующий:

1. Определяем скорость сближения мотоциклистов: 10+12=22 км/ч.
2. Для определения расстояния между поселками производим умножение скорости сближения и времени: 22*2=44 (км).

Схематически решение задачи выглядит так:



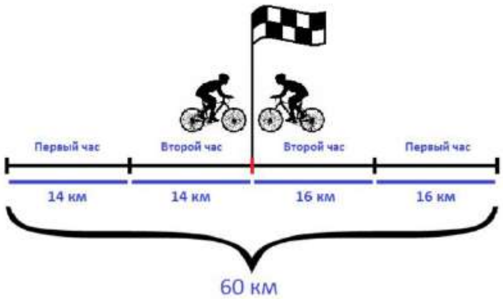
Задача 3

Расстояние между городами 60 км. Из них в одно время выехали друг навстречу другу велосипедисты: первый со скоростью 14 км/ч, второй — 16 км/ч. Сколько нужно часов, чтобы они встретились?

Решение

Суммируем скорости их движения, находя скорость сближения:

14+16=30 км/ч
Следовательно, каждый час расстояние между велосипедистами сокращается на 30 км.
Зная, что расстояние между городами 60 км, легко высчитать время встречи: 60:30=2 (ч).
Схема задачи следующая:



Задача 4

Три машины с промежутком в один час выехали из города А в город В. Первая имела скорость 50 км/ч, вторая — на 10 км/ч больше. Какова скорость третьей машины, если указывается, что она смогла поравняться с первыми двумя.

Решение

Введем дополнительные обозначения:

1. Точка А — город, из которого машины отправились — точка отправления.
2. Точка В — город, в который машины направлялись — точка назначения.
3. Точка С — точка, в которой произошла встреча всех трех машин.

Если первая машина доехала до точки С за время t (ч), то вторая — за t-1 (ч). Для третьей машины справедливо выражение времени t-2 (ч).

Определяем скорость второй машины: 50+10=60 (км/ч).

Поскольку пройденные всеми тремя машинами расстояния одинаковые, приравняем выражения:

$AC = 50t = 60(t-1) = v(t-2)$

В равенстве v — скорость третьей машины.

Произведя вычисления, находим, что $50t = 60(t-1)$, откуда $t = 6$.

Находим, что АС=300 (км), после чего получаем, что $60(t-1) = v(t-2)$

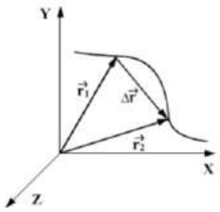
Из данного равенства находим, что v=75 км/ч.

9. Перемещение.

Перемещение (вектор перемещения) — направленный отрезок, начало которого совпадает с начальным положением точки, а конец — с его конечным положением. Обозначается как $\bar{S}$.

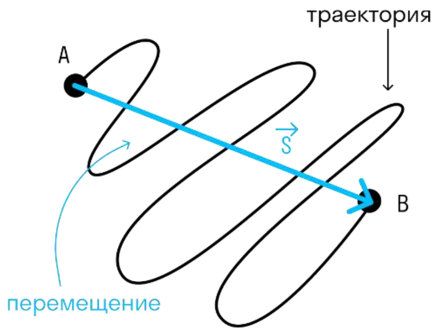
Перемещение точки определяется как изменение радиус-вектора. Это изменение обозначается как $\Delta\bar{r}$. С точки зрения геометрии вектор перемещения равен разности радиус-векторов, задающих конечное и начальное положение точки:

$$\vec{s} = \Delta\vec{r} = \vec{r_2} - \vec{r_1}$$



В чем разница между перемещением и путем?

Перемещение — это вектор, проведенный из начальной точки в конечную, а путь — это длина траектории.



Модуль перемещения — длина вектора перемещения. Обозначается как |Δr|. Единица измерения — метры (м). Модуль перемещения необязательно должен совпадать с длиной пути.

$$s = |\vec{s}|$$

Вместе с собственными проекциями модуль перемещения образует прямоугольный треугольник. Сам он является гипотенузой этого треугольника. Поэтому для его вычисления можно применить теорему Пифагора. Выглядит это так:

$$s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2}$$

Выразив проекции вектора перемещения через координаты, эта формула примет вид:

$$s = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2}$$

Выражение проекций вектора перемещения через угол его наклона по отношению к координатным осям:

$$s_x = \pm s \cos \alpha$$

$$s_y = \pm s \sin \alpha$$

Общий вид уравнений координат:

$$x = x_0 + s_x$$

$$y = y_0 + s_y$$

Пример №1. Человек обошел круглое поле диаметром 1 км. Чему равны пройденный путь и перемещение, которое он совершил.

Путь равен длине окружности. Поэтому:

$$s = C = \pi d = 3,14 * 1 = 3,14(\text{КМ})$$

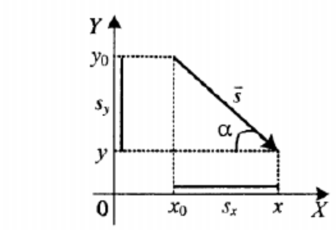
Человек, обойдя круглое поле, вернулся в ту же точку. Поэтому его начальное положение совпадает с конечным. В этом случае человек совершил перемещение, равное нулю.

Пример №2. Точка движется по окружности радиусом 10 м. Чему равен путь, пройденный этой точкой, в момент, когда модуль перемещения равен диаметру окружности?

Диаметр — это отрезок, который соединяет две точки окружности и проходит через центр. Перемещение равно длине этого отрезка в случае, если один из концов этого отрезка является началом вектора перемещения, а другой — его концом. Траекторией движения в этом случае является дуга, равная половине окружности. А длина траектории есть путь:

$$s = \frac{2\pi R}{2} = \pi R = 3,14 \cdot 10 = 31,4(\text{М})$$

Проекция вектора перемещения на ось — это скалярная величина, численно равная разности конечной и начальной координат.



Проекция вектора на ось OX:

$s_x = x - x_o$

Проекция вектора на ось OY:

$s_y = y - y_o$

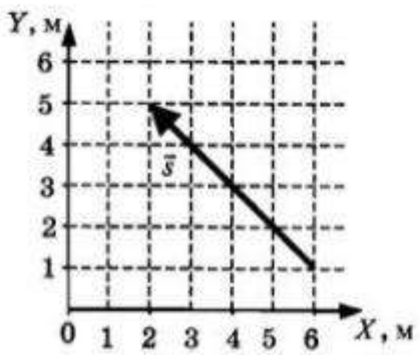
Знаки проекций перемещения

Проекция является положительной, если движение от начала проекции вектора к проекции конца происходит сонаправленно оси координат.

Проекция является отрицательной, если движение от начала проекции вектора к проекции конца направлено в сторону, противоположную направлению координатной оси.

Проекция вектора перемещения на ось считается нулевой, если вектор расположен перпендикулярно этой оси!

Пример №3. Определить проекции вектора перемещения на ось OX, OY и вычислить его модуль.



Определяем координаты начальной точки вектора:

$x_0 = 6; y_0 = 1$

Определяем координаты конечной точки вектора:

$x = 2; y = 5$

Проекция вектора перемещения на ось OX:

$s_x = x - x_o = 2 - 6 = -4$

Проекция вектора перемещения на ось OY:

$s_y = y - y_0 = 5 - 1 = 4$

Применяем формулу для вычисления модуля вектора перемещения:

$$s = \sqrt{s_x^2 + s_y^2} = \sqrt{(-4)^2 + 4^2} = \sqrt{16 + 16} = \sqrt{2 \cdot 16} = 4\sqrt{2}$$

Пример №4. Определить координаты конечной точки B вектора перемещения, если начальная точка A имеет координаты (–5;5). Учесть, что проекция перемещения на OX равна 10, а проекция перемещения на OY равна 5.

Извлекаем известные данные:

$x_0 = -5; y_0 = 5; s_x = 10; s_y = 5$

Для определения координаты точки B понадобятся формулы:

$s_x = x - x_o; s_y = y - y_o$

Выразим из них координаты конечного положения точки:

$$x = s_x + x_0 = 10 + (-5) = 5; y = s_y + y_0 = 5 + 5 = 10$$

Точка В имеет координаты (5; 10).

10. Равномерное прямолинейное движение.

Движение по прямой, при котором тело проходит равные участки пути за равные промежутки времени, называют **прямолинейным равномерным**. Это любое движение с постоянной скоростью.

Например, если у вас ограничение скорости на дороге 60 км/ч, и у вас нет никаких препятствий на пути — скорее всего, вы будете двигаться прямолинейно равномерно.

Мы можем охарактеризовать это движение следующими величинами.

11. Скорость.

Скорость — это векторная физическая величина, которая характеризует быстроту перемещения, а средняя путевая скорость — это отношение длины пути ко времени, за которое путь был пройден.

$$\vec{V} = \frac{\vec{S}}{t}$$

$\vec{V}$ — скорость [м/с]

$\vec{S}$ — перемещение [м]

t — время [с]

Средняя путевая скорость

V ср.путевая = S/t

V ср.путевая — средняя путевая скорость [м/с]

S — путь [м]

t — время [с]

Задача

Найдите, с какой средней путевой скоростью должен двигаться автомобиль, если расстояние от Санкт-Петербурга до Великого Новгорода в 210 километров ему нужно пройти за 2,5 часа. Ответ дайте в км/ч.

Решение:

Возьмем формулу средней путевой скорости

V ср.путевая = S/t

Подставим значения:

V ср.путевая = 210/2,5 = 84 км/ч

Ответ: автомобиль будет двигаться со средней путевой скоростью равной 84 км/ч

Модуль скорости — расстояние, пройденное точкой за единицу времени. Обозначается буквой V и измеряется в метрах в секунду (м/с).

Величина скорости тела в данный момент времени есть первая производная от пройденного пути по времени:

$$v = s'(t)$$

12. Уравнение движения.

Одной из основных задач механики является **определение положения тела относительно других тел в данный момент времени.** Для решения этой задачи помогает уравнение движения, то есть зависимость координаты тела от времени x = x(t).

Уравнение движения:

$x(t) = x_0 + v_x t$

x(t) — искомая координата в момент времени t [м]

x_0 — начальная координата [м]

v_x — скорость тела в данный момент времени [м/с]

t — момент времени [с]
Если положительное направление оси OX противоположно направлению движения тела, то проекция скорости тела на ось OX отрицательна, скорость меньше нуля ($v < 0$), и тогда уравнение движения принимает вид:

Уравнение движения при движении против оси

$x(t) = x_0 - v_x t$

$x(t)$ — искомая координата в момент времени t [м]
x_0 — начальная координата [м]
v_x — скорость тела в данный момент времени [м/с]
t — момент времени [с]

13. Мгновенная и средняя скорости.

Средняя скорость — это отношение всего пройденного пути к затраченному на это движение времени.

Мгновенная скорость — это векторная величина, равная отношению перемещения к малому промежутку времени, за которое это перемещение производится.

Примеры использования мгновенной и средней скорости:

1. Маятник: Мгновенная скорость маятника может быть использована для определения его положения в определенный момент времени. Средняя скорость маятника может быть использована для определения времени, затраченного на один полный цикл колебаний.
2. Автомобильное движение: Мгновенная скорость автомобиля может быть использована для определения его текущей скорости в определенный момент времени. Средняя скорость автомобиля может быть использована для определения средней скорости за определенный промежуток времени или расстояние.
3. Спортивные соревнования: Мгновенная скорость спортсмена может быть использована для определения его скорости во время выполнения определенного движения или прыжка. Средняя скорость спортсмена может быть использована для определения его средней скорости во время всего соревнования.

Применение мгновенной и средней скорости в различных областях:

1. Физика: Мгновенная и средняя скорость являются важными понятиями в физике, особенно в механике. Они используются для изучения движения объектов, расчета силы и энергии, а также для предсказания поведения объектов в различных условиях.
2. Транспорт: Мгновенная и средняя скорость играют важную роль в дорожном движении. Они используются для определения скорости автомобилей, расчета времени и расстояния путешествия, а также для обеспечения безопасности на дорогах.
3. Спорт: Мгновенная и средняя скорость имеют большое значение в спорте. Они используются для измерения и сравнения скорости спортсменов, определения рекордов, а также для тренировок и улучшения результатов.

Все эти примеры и применения показывают, что понимание мгновенной и средней скорости является важным для различных областей науки, техники и спорта.

Формула **средней** скорости: $\vartheta_{ср} = \dfrac{S_{общ}}{t_{общ}}$.

Формула **мгновенной** скорости: $\vec{\vartheta} = \dfrac{\Delta \vec{S}}{\Delta t}$.

Мгновение скорости можно определить по следующей формуле: $v=s/\Delta t$
где:
v – скорость мгновения, м/с
s – движение, перемещение тела, м (если $\Delta t \to 0$)
Δt – временной интервал, который стремится к нулевому значению, с.
Часто скорость указывают в других единицах (например, в км/ч). При необходимости такие значения можно перевести в СИ. Например, 54 км/ч = 54000 м/3600 с =15 м/с.

Задача. Первый час автомобиль ехал со скоростью 100 км/ч, следующие два часа — со скоростью 90 км/ч, а затем два часа — со скоростью 80 км/ч. Найдите среднюю скорость автомобиля на протяжении всего пути. Ответ дайте в км/ч.
В условии сказано о трех участках пути.

$$\vartheta_{ср} = \frac{S_{общ}}{t_{общ}}$$

$$\vartheta_{ср} = \frac{S_1 + S_2 + S_3}{t_1 + t_2 + t_3}$$

Участки пути нам не даны, но мы можем без труда их вычислить:
Первый участок пути составил 1·100 = 100 километров.
Второй участок пути составил 2·90 = 180 километров.
Третий участок пути составил 2·80 = 160 километров.
Вычисляем скорость:

$$\vartheta_{ср} = \frac{100 + 180 + 160}{1 + 2 + 2} / = \frac{440}{5} = 88\frac{км}{ч}$$

Ответ: средняя скорость составляет 88 км/ч.

14. Ускорение.

Чтобы разобраться с тем, что за тип движения в этом заголовке, нужно ввести новое понятие — ускорение.
Ускорение — векторная физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости. В международной системе единиц СИ измеряется в метрах, деленных на секунду в квадрате.
В физике ускорение обозначается а. Математически оно определяется формулой:

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

Модуль ускорения — численное изменение скорости в единицу времени. Обозначается буквой а. Единица измерения — метры в секунду в квадрате (м/с^2).

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

v — скорость тела в данный момент времени, v0— его скорость в начальный момент времени, t — время, в течение которого эта скорость менялась.
Ускорение тела есть первая производная от скорости или вторая производная от пройденного пути по времени:

15. Прямолинейное движение с постоянным ускорением.

СИ — международная система единиц. «Перевести в СИ» означает перевод всех величин в метры, килограммы, секунды и другие единицы измерения без приставок. Исключение — килограмм с приставкой «кило».
Итак, равноускоренное прямолинейное движение — это движение с ускорением по прямой линии. Движение, при котором скорость тела меняется на равную величину за равные промежутки времени.

Уравнение движения и формула конечной скорости

Основная задача механики не поменялась по ходу текста — определение положения тела относительно других тел в данный момент времени. У равноускоренного движения в уравнении появляется ускорение.

Уравнение движения для равноускоренного движения

$x(t) = x_0 + v_{0x}t + a_xt^2/2$
x(t) — искомая координата в момент времени t [м]
x_0 — начальная координата [м]
v_0x — начальная скорость тела в [м/с]
t — время [с]

a_x — ускорение [м/с^2]
Для этого процесса также важно уметь находить конечную скорость — решать задачки так проще. Конечная скорость находится по формуле:
Формула конечной скорости

$$\vec{v} = \vec{v_0} + \vec{a}t$$

$\vec{v}$ — конечная скорость тела [м/с]
$\vec{v_0}$ — начальная скорость тела [м/с]
t — время [с]
$\vec{a}$ — ускорение [м/с^2]
Задача
Найдите местоположение автобуса, который разогнался до скорости 60 км/ч за 3 минуты, через 0,5 часа после начала движения из начала координат.
Решение:
Сначала найдем ускорение автобуса. Его можно выразить из формулы конечной скорости:

$$v = v_0 + at$$

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

Так как автобус двигался с места, v_0 =0 . Значит

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

Время дано в минутах, переведем в часы, чтобы соотносилось с единицами измерения скорости.
3 минуты = 3/60 часа = 1/20 часа = 0,05 часа
Подставим значения:
a = v/t = 60/0,05 = 1200 км/ч2
Теперь возьмем уравнение движения.
$x(t) = x_0 + v_0xt + a_xt^2/2$
Начальная координата равна нулю, начальная скорость, как мы уже выяснили — тоже.
Значит уравнение примет вид:

$$x(t) = \frac{a_x t^2}{2}$$

Ускорение мы только что нашли, а вот время будет равно не 3 минутам, а 0,5 часа, так как нас просят найти координату в этот момент времени.
Подставим циферки:

$$x = 1200 \cdot \frac{0{,}5^2}{2} = \frac{1200 \cdot 0{,}5^2}{2} = 150 \text{ км}$$

Ответ: через полчаса координата автобуса будет равна 150 км.
Движение по вертикали
Движение по вертикали — это частный случай равноускоренного движения. Дело в том, что на Земле тела падают с одинаковым ускорением — ускорением свободного падения. Для Земли оно приблизительно равно 9,81 м/с^2, а в задачах мы и вовсе осмеливаемся округлять его до 10 (физики просто дерзкие).
Вообще в значении ускорения свободного падения для Земли очень много знаков после запятой. В школе обычно дают значение: g = 9,8 м/с^2. В экзаменах ОГЭ и ЕГЭ в справочных данных дают g = 10 м/с^2.
Частным случаем движения по вертикали (частным случаем частного случая, получается) считается свободное падение — это равноускоренное движение под действием силы тяжести, когда другие силы, действующие на тело, отсутствуют или пренебрежимо малы.
Помните о том, что свободное падение — это не всегда движение по вертикали из состояния покоя. Если мы бросаем тело вверх, то начальная скорость, конечно же, будет.

16. Движение с постоянным ускорением свободного падения.

Свободным падением тел называют падение тел на Землю в отсутствие сопротивления воздуха (в пустоте)

Ускорение, с которым падают на Землю тела, называется ускорением свободного падения. Вектор ускорения свободного падения обозначается символом он направлен по вертикали вниз. В различных точках земного шара в зависимости от географической широты и высоты над уровнем моря числовое значение g оказывается неодинаковым, изменяясь примерно от 9,83 м/с^2 на полюсах до 9,78 м/с^2 на экваторе. На широте Москвы g = 9,81523 м/с^2. Обычно, если в расчетах не требуется высокая точность, то числовое значение g у поверхности Земли принимают равным 9,8 м/с2 или даже 10 м/с^2.

Простым примером свободного падения является падение тела с некоторой высоты h без начальной скорости. Свободное падение является прямолинейным движением с постоянным ускорением.

Идеальное свободное падение возможно лишь в вакууме, где нет силы сопротивления воздуха, и независимо от массы, плотности и формы все тела падают одинаково быстро, т. е. в любой момент времени тела имеют одинаковые мгновенные скорости и ускорения.

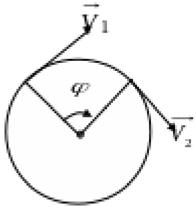
Все формулы для равноускоренного движения применимы для свободного падения тел.

Величина скорости при свободном падении тела в любой момент времени:

перемещение тела:

В этом случае вместо ускорения а, в формулы для равноускоренного движения вводится ускорение свободного падения g =9,8м/с^2.

17. Равномерное движение точки по окружности, угловая скорость.



Равномерное движение по окружности – движение, при котором материальная точка за равные интервалы времени проходит равные отрезки дуги окружности, т.е. точка движется по окружности с постоянной по модулю скоростью. В этом случае скорость равна отношению дуги окружности, пройденной точкой ко времени движения, т.е.

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

и называется линейной скоростью движения по окружности.

Как и в криволинейном движении вектор скорости направлен по касательной к окружности в направлении движения (Рис.25).

2. **Угловая скорость в равномерном движении по окружности** – отношение угла поворота радиуса ко времени поворота:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}.$$

В равномерном движении по окружности угловая скорость постоянна. В системе СИ угловая скорость измеряется в(рад/с). Один радиан – рад это центральный угол, стягивающий дугу окружности длиной равной радиусу. Полный угол содержит 2π радиан, т.е. за один оборот радиус поворачивается на угол радиан.

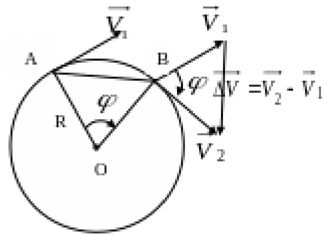
3. **Период вращения** – интервал времени Т, в течение которого материальная точка совершает один полный оборот. В системе СИ период измеряется в секундах.

4. **Частота вращения** – число оборотов ν, совершаемых за одну секунду. В системе СИ частота измеряется в герцах (1Гц = 1 $c^{-1} = \frac{1}{c}$). Один герц – частота, при которой за одну секунду совершается один оборот. Легко сообразить, что $\nu = \frac{1}{T},\ T = \frac{1}{\nu}.$

Если за время t точка совершает n оборотов по окружности то $T = \frac{t}{n}, \nu = \frac{n}{t}$.

Зная период и частоту вращения, угловую скорость можно вычислять по формуле:
$\omega = \frac{2\pi}{T}$ или $\omega = 2\pi\nu$.

5 **Связь линейной скорости с угловой**. Длина дуги окружности равна $l = \varphi R$, где φ - центральный угол, выраженный в радианах, стягивающий дугу l, R - радиус окружности. Теперь линейную скорость запишем в виде



$V = \frac{R\varphi}{t} = \omega R$, где $\omega = \frac{\varphi}{t}$.

Часто бывает удобно использовать формулы: $V = \frac{2\pi}{T}$ или $V = 2\pi\nu$. Угловую скорость часто называют циклической частотой, а частоту ν - линейной частотой

18. Центростремительное ускорение.

Центростремительное ускорение. В равномерном движении по окружности модуль скорости остаётся неизменным $V_1 = V_2 = V$, а направление её непрерывно меняется (Рис.26). Это значит, что тело, движущееся равномерно по окружности, испытывает ускорение, которое направлено к центру и называется центростремительным ускорением.

Пусть за промежуток времени прошло путь равный дуге окружности $\breve{AB} = V$. Перенесём вектор , оставляя его параллельным самому себе, так чтобы его начало совпало с началом вектора в точке В. Модуль изменения скорости равен $\Delta V = |\vec{V_2} - \vec{V_1}|$, а модуль центростремительного ускорения равен $a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$.

На Рис.26 треугольники АОВ и ДВС равнобедренные и углы при вершинах О и В равны, как углы с взаимно перпендикулярными сторонами АО$\perp BД$ и ОВ$\perp BC$. Это значит, что треугольники АОВ и ДВС подобные. Следовательно $\frac{\Delta V}{AB} = \frac{AB}{OA}$. Если $\Delta t \to 0$, то есть интервал времени принимает сколь угодно малые значения, то дугу $\breve{AB}$ можно приближенно считать равной хорде АВ, т.е. $AB \approx V\Delta t$. Поэтому можем записать $\frac{\Delta V}{V\Delta t} = \frac{BД}{OA}$. Учитывая, что ВД= , ОА=R получим $\frac{\Delta V}{V\Delta t} = \frac{V}{R}$. Умножая обе части последнего равенства на , получим $\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V^2}{R}$ и далее выражение для модуля центростремительного ускорения в равномерном движении по окружности: $a = \frac{V^2}{R}$. Учитывая, что $V = \omega R$ получим две часто применяемые формулы:

$a = \omega^2 R$, $a = \omega V$.

Итак, в равномерном движении по окружности центростремительное ускорение постоянно по модулю.

Легко сообразить, что в пределе при $\Delta t \to 0$, угол $\varphi \to 0$. Это значит, что углы при основании ДС треугольника ДВС стремятся значению $\frac{\pi}{2}$, а вектор изменения скорости становится перпендикулярным к вектору скорости , т.е. направлен по радиусу к центру окружности.

7. **Равнопеременное движение по окружности** – движение по окружности, при котором за равные интервалы времени угловая скорость изменяется на одну и ту же величину.

8. **Угловое ускорение в равнопеременном движении по окружности** – отношение изменения угловой скорости к интервалу времени t , в течение которого это изменение произошло, т.е.

$$\varepsilon = \frac{\omega - \omega_0}{t},$$

где ω_0 - начальное значение угловой скорости, ω - конечное значение угловой скорости, ε - угловое ускорение, в системе СИ измеряется в $рад/с$. Из последнего равенства получим формулы для вычисления угловой скорости

$\omega = \omega_0 + \varepsilon t$ и $\omega = \varepsilon t$, если $\omega_0 = 0$.

Умножая обе части этих равенств на R и учитывая, что $\omega R = V,\ \ \omega_0 R = V_0$, $\varepsilon R = a_\tau$ - тангенциальное ускорение, т.е. ускорение, направленное по касательной к окружности, получим формулы для вычисления линейной скорости:

$V = V_0 + a_\tau t$ и $V = a_\tau t$, если.

9. **Тангенциальное ускорение** численно равно изменению скорости в единицу времени и направлено вдоль касательной к окружности. Если ε >0, a_τ >0, то движение равноускоренное. Если <0 и <0 – движение.

10. **Закон равноускоренного движения по окружности**. Путь, пройденный по окружности за время в равноускоренном движении, вычисляется по формуле:

$$l = V_0 t + \frac{a_\tau t^2}{2}.$$

Подставляя сюда $l = \varphi R$, $V_0 = \omega_0 R$, $a_\tau = \varepsilon R$ сокращая на , получим закон равноускоренного движения по окружности:

$\varphi = \omega_0 t + \dfrac{\varepsilon t^2}{2}$, или $\varphi = \dfrac{\varepsilon t^2}{2}$, если .

Если же движение равнозамедленное, т.е. <0, то

$$\varphi = \omega_0 t - \frac{\varepsilon t^2}{2}.$$

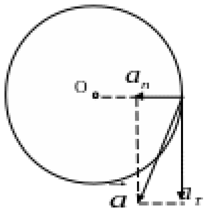


Рис.27.

11. **Полное ускорение в равноускоренном движении по окружности**. В равноускоренном движении по окружности центростремительное ускорение с течением времени возрастает, т.к. благодаря тангенциальному ускорению возрастает линейная скорость. Очень часто центростремительное ускорение называют нормальным и обозначают как a_n . Так как $\perp a_\tau$ полное ускорение в данный момент определяют по теореме Пифагора $a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$ (Рис.27).

12. **Средняя угловая скорость в равноускоренном движении по окружности**. Средняя линейная скорость в равноускоренном движении по окружности равна $V_{ср} = \dfrac{V - V_0}{2}$. Подставляя сюда $V_{ср} = \omega_{ср} R,$ и и сокращая на получим

$$\omega_{ср} = \frac{\omega - \omega_0}{2}$$

Если $\omega_o = 0$, то $\omega_{ср} = \dfrac{\omega}{2}$.

12. **Формулы, устанавливающие связь между угловой скоростью, угловым ускорением и углом поворота в равноускоренном движении по окружности**.

Подставляя в формулу $S = \frac{V^2 - V_0^2}{2}$ величины $S = \varphi R$, , , $a = \varepsilon R$,
и сокращая на , получим

$$\varphi = \frac{\omega^2 - \omega_0^2}{2\varepsilon}$$

Если, то $\varphi = \frac{\omega^2}{2\varepsilon}$ и далее $\omega^2 = 2\varphi\varepsilon$, $\omega = \sqrt{2\varepsilon\varphi}$

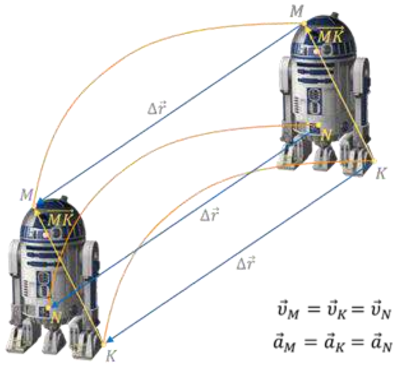
19. Кинематика абсолютно твердого тела

Как вы знаете, в общем случае задача описания движения тел является довольно сложной. Но кинематика позволяет нам «разложить» любое сложное движение на три составляющих. Например, если у нас есть кусок резинового шланга, то мы можем изогнуть его (то есть изменить его форму), можем повернуть (то есть по-другому сориентировать в пространстве), а можем перенести в другое место, не изменяя его формы и ориентации. Следовательно, и форма, и ориентация в пространстве, и местоположение тела с течением времени могут изменяться. И каждому из этих изменений соответствует один из трёх основных видов механического движения — деформация, вращательное движение и поступательное движение.

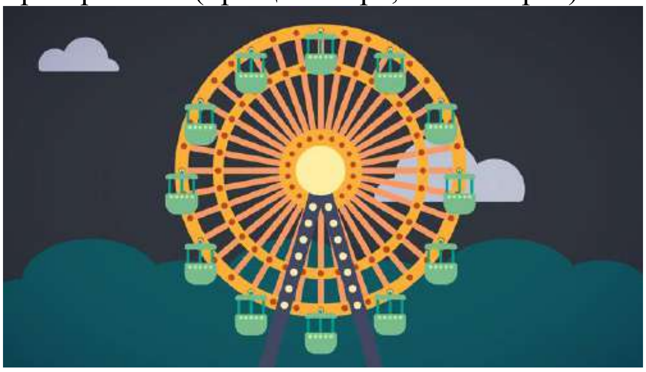
Во многих задачах по кинематике деформированием тела можно пренебречь. В таких случаях для описания движения тела используют ещё одну механическую модель — **абсолютно твёрдое тело**. Так принято называть **тело, расстояние между любыми двумя точками которого остаётся неизменным при его движении.**

Наиболее просто описывается **поступательное движение** абсолютно твёрдого тела. При таком движении прямая, проходящая через любые две точки тела, остаётся параллельной самой себе.

Представим себе некое абсолютно твёрдое тело, которое движется поступательно. Выберем в нём две произвольные точки, например *M* и *K*, и проведём через них вектор $\overrightarrow{MK}$. Так как тело абсолютно твёрдое, то длина этого вектора не изменяется в процессе движения, как не изменяется и его направление (движение-то у нас поступательное).



Следовательно, траектории точек *M* и *K* одинаковы, так как они могут быть полностью совмещены параллельным переносом на вектор $\overrightarrow{MK}$.
Из полученного рисунка также видно, что перемещения исследуемых точек одинаковы и совершаются за одно и то же время. Следовательно, они имеют одинаковые скорости и ускорения. Любая другая точка нашего твёрдого тела (пусть это будет точка *N*) будет двигаться точно так же, как точки *M* и *K*: она опишет такую же траекторию, совершит такое же перемещение с той же скоростью и с тем же ускорением.
Тогда становится очевидным, что **для описания поступательного движения абсолютно твёрдого тела достаточно описать движение какой-либо одной его точки.** То есть мы можем использовать модель материальной точки. А как описывается её движение, мы с вами уже знаем.
Примером почти поступательного движения может служить движение выдвижного ящика письменного стола, поезда на прямолинейном участке дороги. Даже движение педали велосипеда или кабины колеса обозрения также можно считать поступательным.
Сложнее описывается вращательное движение абсолютно твёрдого тела. **Вращательное движение** — это движение, при котором происходит изменение ориентации тела в пространстве (проще говоря, его поворот).



В технике такой вид движения встречается очень часто: например, вращение валов двигателей и генераторов, турбин и пропеллеров самолётов.
Частным случаем вращательного движения является вращательное движение вокруг неподвижной оси.
Вращательным движением абсолютно твёрдого тела вокруг неподвижной оси называется такое его движение, при котором все точки тела описывают окружности, центры которых находятся на одной прямой, называемой осью вращения. При этом плоскости, которым принадлежат эти окружности, перпендикулярны оси вращения.

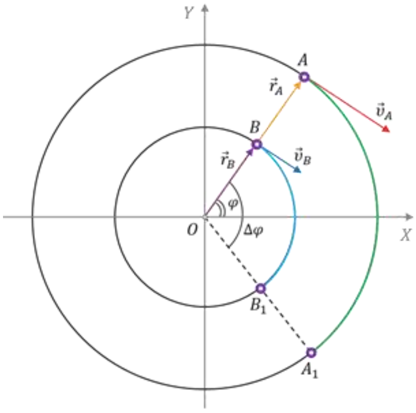
Очевидно, что при вращательном движении разные точки тела проходят за одно и то же время разные пути. Значит, и модули скоростей точек будут отличаться друг от друга. Но вот радиус-векторы, определяющие положение точек, за исследуемый промежуток времени поворачиваются на одинаковые углы. И чем больше угол поворота радиус-вектора за определённый промежуток времени, тем быстрее вращается тело. Для характеристики быстроты вращения была введена скалярная физическая величина, называемая **угловой**

скоростью. Она численно равна отношению угла поворота радиус-вектора к промежутку времени, в течение которого этот поворот произошёл:

$$\omega = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}.$$

Обозначать угловую скорость мы будем греческой буквой (ω) «омега».

Если учесть, что в СИ угол поворота измеряется в радианах, а время — в секундах, получим, что единицей измерения угловой скорости является радиан в секунду (рад/с).



Давайте с вами вспомним, что **радиан** — это центральный угол, опирающийся на дугу, длина которой равна радиусу окружности.

Например, полному обороту тела по окружности соответствует угол:

$$\Delta\varphi = 2\pi.$$

Время, за которое тело совершает один полный оборот, называется **периодом вращения.**

$$T = \frac{\Delta t}{N}.$$

Тогда формулу для определения угловой скорости можно переписать в таком виде:

$$\omega = \frac{2\pi}{T}.$$

Величина, обратная периоду, называется **частотой вращения тела.** Она показывает, сколько оборотов тело совершает за единицу времени:

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{N}{\Delta t}.$$

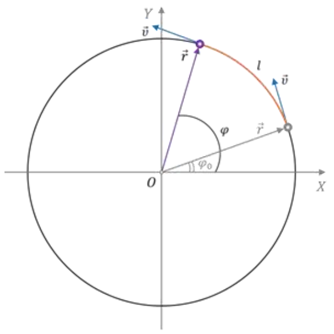
Обозначается частота вращения греческой буквой «Ню» (ν). А единицей её измерения в СИ является оборот в секунду или секунда в минус первой степени:

$$[\nu] = \left[\frac{1}{\text{с}}\right] = [\text{с}^{-1}].$$

Таким образом, мы с вами можем получить ещё одну формулу, по которой можно определить угловую скорость вращения тела:

$$\omega = 2\pi\nu.$$

Теперь давайте получим **кинематическое уравнение движения тела по окружности**. Итак, пусть в начальный момент времени угловая координата тела равна φ_0, а в некоторый момент времени *t* — φ.



Тогда за промежуток времени $\Delta t = t - t_0$ угол поворота радиус-вектора $\Delta\varphi = \varphi - \varphi_0$. Подставим эти данные в формулу для определения угловой скорости вращения:

$$\omega = \frac{\varphi - \varphi_0}{t - t_0} = \frac{\varphi - \varphi_0}{t}.$$

И упростим её, приняв, что начальный момент времени равен нулю.

Выразив из полученного равенства угол φ, мы и получим **кинематическое уравнение движения тела по окружности:**

$$\varphi = \varphi_0 + \omega t.$$

Оно позволяет определить положение любой точки тела в произвольный момент времени.

Обратим внимание на то, что угловая скорость может принимать как положительные, так и отрицательные значения. Давайте условимся брать её со знаком «плюс», если угол между радиус-вектором, определяющим положение одной из точек твёрдого тела, и осью *OX* увеличивается, а со знаком «минус» — когда угол уменьшается.

Но вернёмся к нашему рисунку. Итак, очевидно, что за время поворота радиус-вектора точка пройдёт некоторый путь, равный длине дуги окружности. Тогда значение угла поворота радиус-вектора можно найти как отношение длины этой дуги к радиусу окружности:

$$\Delta\varphi = \frac{l}{R}.$$

Подставим значение этого угла поворота в формулу для определения угловой скорости тела:

$$\omega = \frac{l}{R\Delta t}.$$

Теперь вспомним, что отношение пути к промежутку времени, за который этот путь пройдён, есть модуль скорости точки. Эту скорость мы с вами будем называть **линейной скоростью**, дабы подчеркнуть её отличие от угловой скорости. Направлена линейная скорость по касательной к окружности в данной точке.

Тогда после небольших преобразований получим формулу, связывающую линейную скорость с угловой:

$$\upsilon = \omega R.$$

Из этой формулы следует, что чем дальше расположена точка тела от оси́ вращения, тем больше её линейная скорость. Но вот угловая скорость вращения для всех точек тела одинакова.

Например, угловая скорость вращения Земли вокруг своей оси примерно равна $7{,}3 \cdot 10^{-5}$ рад/с. И эта скорость будет одинакова для любых точек нашей планеты. Но вот их линейная скорость будет существенно отличаться. Так, например, линейная скорость вращения точки на экваторе примерно равна 465 м/с. На широте 60° она почти в два раза меньше (233 м/с). А на полюсах Земли — вообще равна нулю.

Мы уже с вами знаем, что при движении точки по окружности направление вектора линейной скорости непрерывно изменяется. То есть точка движется с ускорением, которое мы с вами назвали центростремительным. Напомним, что его модуль прямо пропорционален квадрату линейной скорости и обратно пропорционален радиусу окружности, по которой движется точка тела:

$$a_ц = \frac{v^2}{R}.$$

Учитывая это, а также связь между линейной и угловой скоростью получим формулу, связывающую центростремительное ускорение точки тела с угловой скоростью тела:

$$a_ц = \omega^2 R.$$

Предлагаем вам самостоятельно получить ещё две расчётные формулы для центростремительного ускорения, используя связь между угловой скоростью, периодом и частотой вращения.

Для закрепления материала решим с вами небольшую задачу. Вертолёт начал вертикальное снижение с ускорением 0,2 м/с^2. Определите число оборотов лопасти винта за время снижения на 40 м, если её длина равна 5 м, а частота вращения вокруг оси — 300 с$^{-1}$.

ДАНО

$a = 0{,}2\ \frac{м}{с^2}$

$s = 40$ м

$\nu = 300\ с^{-1}$

$N = ?$

РЕШЕНИЕ

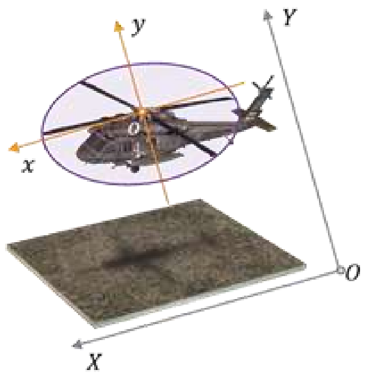
Кинематическое уравнение движения по окружности: $\varphi = \omega t$.

Угловая скорость вращения: $\omega = 2\pi\nu$.

Число оборотов лопасти: $N = \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{2\pi\nu t}{2\pi} = \nu t = \nu\sqrt{\frac{2s}{a}}$.

Уравнение перемещения: $-s = -\frac{at^2}{2} \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2s}{a}}$.

$$N = 300\ с^{-1}\sqrt{\frac{2 \cdot 40\ м}{0{,}2\ м/с^2}} = 300\ с^{-1} \cdot 20\ с = 6000$$



ОТВЕТ: за время спуска лопасть совершит 6000 оборотов.

Источник - Онлайн школа Skysmart: https://skysmart.ru/articles/physics/mehanicheskoe-dvizhenie
https://studfile.net/preview/3963372/page:21/
https://spadilo.ru/mexanicheskoe-dvizhenie-i-ego-xarakteristiki/
Источник – Образавр: https://obrazavr.ru/fizika/7-klass/vzaimodejstvie-tel/mehanicheskoe-dvizhenie/traektoriya-i-put/
Источник: https://wika.tutoronline.ru/fizika/class/10/put-v-fizike
Источник: repetitor.org.ua
Источник: spacemath.xyz
Источник: https://wika.tutoronline.ru/fizika/class/7/vidy-skorosti-v-fizike-i-metody-ih-vychisleniya
https://wika.tutoronline.ru/fizika/class/7/vidy-skorosti-v-fizike-i-metody-ih-vychisleniya
https://nauchniestati.ru/spravka/mgnovennaya-i-srednyaya-skorost/
https://studfile.net/preview/2378372/page:4/