

Прочитайте вступление к учебной лекции.

Если читали ранее – можно пропустить этот блок информации.

Учебная лекция в ДО – это учебный материал для конспектирования

Инструкция для работы с учебным материалом (для конспектирования):

1. Первый раз прочитайте всю лекцию, ничего не записывая.
2. Ответьте мысленно на вопрос, что главное в лекции, из скольких основных частей лекция состоит (*на сколько частей ее можно мысленно разбить*), придумайте название для каждой части – это будет план конспекта.
3. Откройте тетрадь для лекций и запишите в тетради тему, дату лекции и план конспекта.
4. Второй раз начинайте читать лекцию и приступайте к конспектированию: в соответствии с планом – в каждой части плана пишите определения величин, формулы законов, формулировки законов, делайте рисунки к разбираемым примерам или другому. Чем больше будет ваших записей, поясняющих о чем идет речь, тем лучше вы поймете и запомните учебный материал.

Внимание! Важно обращать внимание на то, что вы описываете – явление, закон, величину или другое понятие (например, модель объекта).

Руководствуйтесь правилами:

А) если описываете явление – запишите особенности рассматриваемого явления (*в чем заключается явление, каковы условия его возникновения, какие законы и величины используются для исследования явления*)

В) если описываете величину – запишите определение величины (*укажите физическая скалярная или векторная величина, формулу/ы для определения величины, единицу величины, поясните, что характеризует и, если векторная величина, то она как направлена*),

С) если описываете понятие (не величину) – запишите одно предложение, которое раскрывает смысл понятия (*для примера см. система отсчета, материальная точка, система материальных точек и др.*),

Д) если описываете закон – название, формулу, формулировку, физический смысл запишите закона. **Помните, что при записи формулы надо расшифровать названия величин, входящих в данную формулу.**

ВВЕДЕНИЕ. КИНЕМАТИКА ПОСТУПАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ

Физические модели. Система отсчета. Кинематическое описание движения.

Введение

Физика – наука о формах движения материи и об основных закономерностях этого движения. Формы движения и закономерности исследуются с помощью моделей (абстрактного представления) о них.

Самая простая форма движения материи – механическое движение.

○ *Механическое движение* – это перемещение одних тел относительно других в пространстве с течением времени.

В классической механике механическое движение можно исследовать или описать с помощью таких разделов физики, как кинематика и динамика, при этом в динамике можно выделить два подхода: «силовой» и «энергетический».

В первую очередь необходимо определить, какие модели используются в механике для описания наблюдаемого физического объекта. Это следующие модели:

○ *Материальная точка (МТ)* – тело, размерами которого можно пренебречь по сравнению с масштабом движения или в условиях данной задачи.

○ *Абсолютно твердое тело (ТТ)* – недеформируемое тело, т.е. тело, расстояние между любыми точками которого не изменяется в любых условиях.

○ *Система материальных точек (СМТ)* – совокупность МТ, выделенных в некоторую систему.

○ Сплошная среда – континуум МТ, механическая система, обладающая бесконечным числом внутренних степеней свободы (физика сплошных сред применяется в теории упругости, гидро- и аэродинамике, физике плазмы). Континуум – это физический объект, который можно непрерывно подразделить на бесконечно малые элементы, свойства которых соответствуют свойствам объемного материала. **В этом курсе физики сплошная среда не рассматривается.**

Для исследования движения любого объекта (МТ, ТТ, СМТ) необходимо выбрать систему отсчета.

○ *Система отсчета* (СО) – совокупность тела отсчета (принимаемого за неподвижное) и устройства для измерения времени. С телом отсчета связывают систему координат (см.рис.1).

Основной базовый вопрос при измерениях физических величин и решении задач – это вопрос о выборе единиц величин. **Основные, используемые в физике, единицы величин, опираются на международную систему измерений (СИ): 1 метр (м), 1 килограмм (кг), 1 секунда (с), 1 ампер (А), 1 моль (моль), 1 кельвин (К), 1Ка (кандела). Все остальные величины имеют единицы измерения, являющиеся производными (произведенными) от основных единиц. Обратите внимание, все законы физики мы изучаем, используя эти единицы. Если использовать не международную систему измерений, например, СГС, то законы будут выглядеть по другому. В данном курсе физики используется только СИ. Вывод: при решении задач в формулы подставляем значения величин в единицах СИ (килограмм, метр, секунда).**

Все явления происходят в пространстве с течением времени. Пространство и время в классической механике являются независимыми. Характеристики пространства– оно трехмерно, однородно (одинаковые свойства в любой точке) и изотропно (одинаковые свойства в любом направлении), характеристики времени – оно одномерно и однородно.

Кинематические характеристики движения

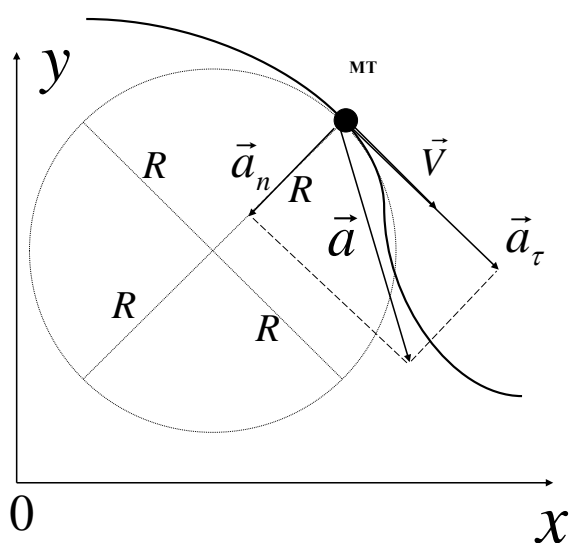


Рис.1. Графическое представление криволинейного движения материальной точки.

● *Перемещение* $\Delta \vec{r}$ – физическая векторная величина, которая характеризует изменение положения тела в пространстве, численно равная

$$\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1,$$

где \vec{r}_1 – это радиус-вектор, соединяющий точку начала координат и начальное положение **МТ** пространстве, \vec{r}_2 – радиус-вектор, соединяющий точку начала координат и конечное положение **МТ** пространстве.

Формулу для перемещения можно представить и в таком виде $\Delta \vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0$, тогда \vec{r}_0 и \vec{r} – радиус-векторы, которые указывают начальное и конечное положение **МТ**.

$\Delta \vec{r}$ – это вектор, который соединяет начальное и конечное положение **МТ**, он всегда указывает направление перемещения.

Единица измерения перемещения – основная $[\Delta r] = 1\text{ м}$.

Положение **МТ** в пространстве можно задать двумя способами:

векторным и координатным. Первый использует понятие радиус-вектора \vec{r} , а второй – его проекции на оси координат Ox , Oy , Oz :

$$\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$$

Поэтому при решении задач могут использоваться, как минимум, два способа описания положения МТ в пространстве – векторный и координатный (указан в фигурных скобках:

$$\Delta\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0 \left\{ \begin{array}{l} \Delta x = x - x_0 \\ \Delta y = y - y_0 \\ \Delta z = z - z_0 \end{array} \right\}$$

Связь между ними всегда представляется векторной форме:

$$\Delta\vec{r} = \Delta x \vec{i} + \Delta y \vec{j} + \Delta z \vec{k} .$$

И в скалярной форме:

$$|\Delta\vec{r}| = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2}$$

То есть в механике необходимо уметь записывать оба представления вектора. Например, вектор перемещения и модуль вектора перемещения записываются с помощью уже указанных формул:

$$\Delta\vec{r} = \Delta x \vec{i} + \Delta y \vec{j} + \Delta z \vec{k} , \quad |\Delta\vec{r}| = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2} .$$

● *Путь* - физическая скалярная величина, которая характеризует перемещение тела вдоль траектории движения, численно равная длине траектории, пройденной телом.

! Универсальной формулы для определения пути не существует, она зависит от вида движения.

! При малом перемещении обнаруживается связь с малым отрезком пути $d\vec{r} = dS \cdot \vec{\tau}$, где $\vec{\tau}$ (тау) – единичный вектор касательной.

Единица измерения – основная $[S] = 1\text{ м}$.

● *Скорость (мгновенное)* – физическая векторная величина, которая характеризует быстроту изменения положения МТ в пространстве в любой момент, численно равная первой производной от радиуса-вектора по времени:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} \left\{ \begin{array}{l} v_x = \frac{dx}{dt} \\ v_y = \frac{dy}{dt} \\ v_z = \frac{dz}{dt} \end{array} \right\}$$

$\vec{V} = V_x \vec{i} + V_y \vec{j} + V_z \vec{k}$, где V_x – скорость движения вдоль оси OX и т.д.

Модуль вектора скорости, представляемого в проекциях на оси OX, OY и OZ, всегда определяется по формуле

$$|\vec{V}| = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$$

Вектор скорости материальной точки направлен по касательной к траектории в сторону движения (см.рис.1).

Единица измерения – производная от основных $[V] = 1 \text{ м/с}$.

! Если учесть, что при малом перемещении обнаруживается связь с малым отрезком пути $d\vec{r} = dS \cdot \vec{\tau}$, то формула для скорости может быть

представлена в виде $\vec{V} = \frac{dS}{dt} \vec{\tau}$.

● *Средняя скорость* – физическая векторная величина, которая характеризует быстроту изменения положения МТ в пространстве за определенный промежуток времени, численно равная отношению вектора перемещения $\Delta\vec{r}$ к длительности промежутка времени Δt , за которое оно произошло $\langle \vec{V} \rangle = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$.

Вектор средней скорости сонаправлен с вектором перемещения

$$\langle \vec{V} \rangle \uparrow \uparrow \Delta\vec{r}$$

Единица величины $[\langle V \rangle] = 1 \text{ м/с}$.

● *Ускорение (мгновенное)* – физическая векторная величина, которая характеризует быстроту изменения вектора скорости в пространстве в любой момент, численно равная первой производной от вектора скорости по времени

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt}, \left\{ \begin{array}{l} a_x = \frac{dV_x}{dt} \\ a_y = \frac{dV_y}{dt} \\ a_z = \frac{dV_z}{dt} \end{array} \right.$$

$$\vec{a} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k}$$

$$|\vec{a}| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$

! Заметим, что первая производная от скорости – это вторая производной от радиуса-вектора по времени

$$\vec{a} = \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$$

$$[a] = 1\text{м/с}^2$$

Не всегда удобно использовать представление вектора ускорения в виде векторной суммы его проекций по координатам OX, OY, OZ. Есть еще один способ представления вектора ускорения МТ. В случае криволинейного движения вектор ускорения можно разложить на два избранных направления:

1) тангенциальное ускорение (вектор направлен по касательной линии к траектории),

2) нормальное ускорения (вектор направлен по нормали к касательной линии).

Полный вектор ускорения и составляющие его нормальное и тангенциальное ускорение численно равны:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{V}}{dt} \quad a_n = \frac{V^2}{R} \quad \vec{a} = a_n\vec{n} + a_\tau\vec{\tau}$$
$$a_\tau = \frac{dV}{dt} \quad a = \sqrt{a_n^2 + a_\tau^2}$$

\vec{n} – единичный вектор нормали.

$$\vec{a} = a_n\vec{n} + a_\tau\vec{\tau}$$

Запишите самостоятельно определения тангенциального и нормального ускорения по схеме определения ускорения и изучите рисунок 2.

● *Тангенциальное ускорение – это ...*

● *Нормальное ускорение – это ...*

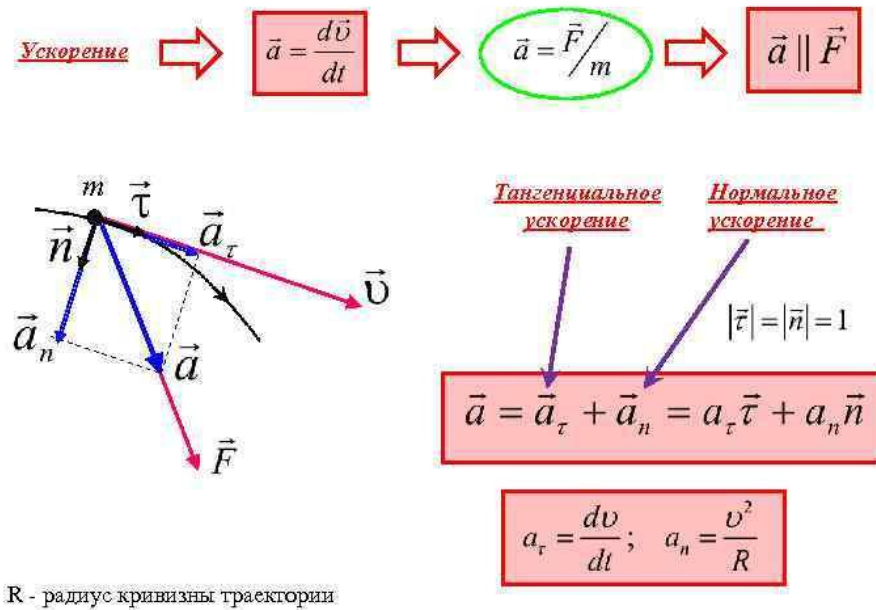


Рис.2. Ускорение, тангенциальное и нормальное ускорения материальной точки.

● *Среднее ускорение* – физическая векторная величина, характеризует быстроту изменения вектора скорости за определенный промежуток времени, численно равная отношению приращению вектора скорости $\Delta\vec{V}$ к длительности промежутка времени, за который оно произошло Δt :

$$\langle \vec{a} \rangle = \frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t} \quad [\langle a \rangle] = 1 \text{ м/с}^2$$

$$\langle \vec{a} \rangle \uparrow \uparrow \Delta\vec{V}$$

!! Если скорость или ускорение при движении МТ изменяются линейно, то для определения среднего их значения за определенный промежуток времени можно использовать теорему о среднем:

$$\langle \mathbf{V} \rangle = \frac{\mathbf{V}_1 + \mathbf{V}_2}{2} \quad \langle \mathbf{a} \rangle = \frac{\mathbf{a}_1 + \mathbf{a}_2}{2}$$

Таким образом, рассмотрены кинематические характеристики движения:

$$\Delta\vec{r}, S, \vec{V}, \langle \vec{V} \rangle, \vec{a}, \vec{a}_n, \vec{a}_\tau, \langle \vec{a} \rangle.$$

Уравнения (законы) движения в кинематике

Перейдем к законам движения в кинематике. Кинематические уравнения движения (законы движения кинематики) – это зависимости кинематических величин от времени.

Они выводятся из определений мгновенных скорости и ускорения (см. выше). Например, для случая $\vec{a} = \text{const}$ получаем:

$$\boxed{\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{a}t} \quad \text{– кинематическое уравнение для скорости.}$$

$$\boxed{\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{V}_0t + \frac{a\vec{t}^2}{2}} \quad \text{– кинематическое уравнение движения для радиус-}$$

вектора.

То есть кинематические уравнения движения для случая $\vec{a} = \text{const}$ – это зависимости \vec{V} и \vec{r} от времени t , имеющие вид:

$$\boxed{\begin{aligned} \vec{r} &= \vec{r}_0 + \vec{V}_0t + \frac{a\vec{t}^2}{2}, \\ \vec{V} &= \vec{V}_0 + \vec{a}t \end{aligned}} \quad (1)$$

В проекции на ось ОХ уравнения движения предстают в виде:

$$\boxed{\begin{aligned} x &= x_0 + V_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} \\ V_x &= V_{0x} + a_x t \end{aligned}} \quad (2)$$

Уравнение траектории движения

Для того, чтобы получить уравнение траектории движения, необходимо исключить параметр t (время) из уравнений вида $x(t)$ и $y(t)$.

Пример: движение МТ в поле Земли с постоянным ускорением g в случае, когда оно брошено по горизонтально с некоторой высоты h с начальной скоростью V_0 .

Движение тела, брошенного горизонтально

На брошенное тело в отсутствии силы сопротивления движению действует только сила тяжести.

Движение тела, брошенного горизонтально со скоростью \vec{v}_0 , является плоским (двухмерным) видом движения.

Вдоль оси Ox тело движется **равномерно** со скоростью \vec{v}_0 и **равноускоренно** вдоль оси Oy с ускорением свободного падения \vec{g} .

Траектория движения тела представляет **параболу**.

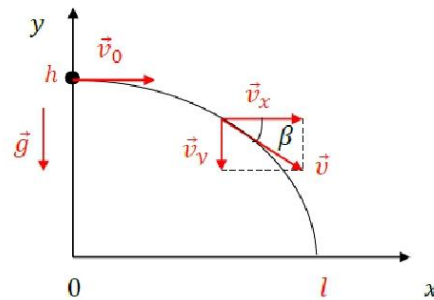


Рис.3. К решению задачи о траектории движения материальной точки.

Применим уравнения движения к решению задачи о нахождении уравнения траектории тела (материальной точки), брошенного горизонтально (см.рис.3):

1. Кинематические уравнения движения в общем виде для этого случая ($a=\text{const}$, $a=g$):

$$\vec{V} = \vec{V}_0 + \vec{g}t$$

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{V}_0 t + \frac{\vec{g}t^2}{2}$$

2. Кинематические уравнения движения в частном виде для случая, когда МТ брошено с некоторой высоты h по горизонтали:

$$x = V_0 t$$

$$y = h - \frac{gt^2}{2}$$

3. Выразим t из первого уравнения пункта 2:

$$t = \frac{x}{V_0}$$

4. Подставим выражение, полученное в пункте 3, во второе уравнение пункта 2

$$y = h - \frac{gx^2}{2V_0^2}, \text{ получим}$$

$y = -\frac{g}{2V_0^2}x^2 + h$ – уравнение траектории для рассматриваемого случая движения, в этом случае траектория – парабола, оси которой направлены вниз.

Выводы:

1. Для описания движения МТ, а также для описания поступательного движения ТТ необходимо использовать кинематические характеристики $\vec{V}, \vec{a}, \vec{a}_n, \vec{a}_r, \vec{r}$, характеризующие движение МТ или ТТ в любой момент времени. А также можно использовать $\langle \vec{V} \rangle, \langle \vec{a} \rangle, S, \Delta \vec{r}$, характеризующие движение МТ или ТТ за определенный промежуток времени.
2. Кинематические уравнения движения – это зависимости кинематических величин от времени.
3. Для исследования движения тел в пространстве необходимо выбрать систему координат и использовать определенный метод решения задач (будет рассмотрен на практическом занятии).
4. Для нахождения уравнения траектории необходимо исключить время из кинематических уравнений движения.