ЕН.Ф.06 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА
КИНЕМАТИКА
Учебное пособие

Данное учебное пособие имеет целью оказать учащимся помощь в систематизации, обобщении и углублении знаний по физике, освоении методов и приемов решения задач при подготовке к итоговой аттестации.

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ

Данное учебное пособие имеет целью оказать учащимся помощь в систематизации, обобщении и углублении знаний по физике, освоении методов и приемов решения задач при подготовке к итоговой аттестации.

Содержание учебного пособия соответствует программе по физике для студентов первого курса, обучающихся по специальностям 151901 Технология машиностроения, 190631 Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта, 260807 Технология продукции общественного питания.

Данное пособие включает:

- перечень рассматриваемых вопросов;
- систематизированное изложение основного теоретического материала (ориентирует учащихся на усвоение понятий, законов, закономерностей и т.д.);
- вопросы и задания для самоконтроля (они подобраны и сформулированы так, чтобы учащиеся могли проверить уровень своих знаний и умений по теме; вопросы и задания постепенно усложняются, что требует от учащихся для ответа и решения глубокого понимания физических законов, явлений и процессов, привлечения знаний из различных разделов физики);
- методические рекомендации по решению задач (последовательность действий, которые необходимо выполнить при решении задач, - от анализа условия задачи (его краткой записи, выполнение рисунка, схемы, чертежа, поясняющих условие задачи) до анализа и оценки полученного ответа);
- примеры решения задач (на примере решения наиболее типовых задач демонстрируется процесс построения и использования алгоритма решения задач на основе методических рекомендаций).

В приложении приведены тест и вариант контрольной работы, которую учащиеся выполняют самостоятельно.

Раздел механики курса физики начинается с кинематики. Эта дань традиции имеет исторические причины.

Механика была порождена деятельностью человека по механизации процессов производства. Пока люди не научились использовать энергию горючих ископаемых, центральную роль играли различные механизмы. И первой, естественно, была кинематика механизмов. Основная проблема здесь — преобразование вращательного движения в поступательное. Первые книги о механизмах появляются в XV в., их число постепенно увеличивается. В середине XVIII в. создается теоретическая база. Французский ученый Жан Даламбер

(1717—1783) в своей книге «Динамика» (1743) высказывает мысль, что механику надо изучать с движения как такового. Эту мысль развивает петербургский академик Леонард Эйлер (1707—1783) в знаменитой «Теории движения твердых тел». Он считает целесообразным разделить исследование движения твердого тела на две части: геометрическую и механическую, Перемещение точек тела надо исследовать, не рассматривая причин движения, для получения аналитических формул, определяющих перемещение. Выделяется, таким образом, чисто геометрический аспект проблемы, и это, естественно, дает методические преимущества, упрощая подходы и поиски решения.

Еще более определенно идея выделения кинематики сформулирована выдающимся деятелем Великой французской революции Л. Карно (1758—1823). Он писал: «Геометрия могла бы включить в себя движения, не связываемые с взаимодействием тел, ибо механика, собственно говоря, не наука о движении, а наука о сообщении движения... Не движение само по себе является предметом механики, а эффект видоизменений, которым оно подвергается».

Наконец, у великого французского ученого Андре Мари Ампера (1775—1836) появляется понятие «кинематика»: «Наука, которая рассматривает сами по себе движения, наблюдаемые нами в окружающих телах и, особенно, в устройствах, называемых машинами, я называю кинематикой...».

В «Опыте философии наук» Ампер утверждает, что кинематика должна быть и частью теоретической механики, и прикладной дисциплиной, в которой изучаются разнообразные механизмы.

Интересен его пример в обосновании дидактической ценности кинематики: «Чтобы составить себе ясное представление о том зубчатом зацеплении, с помощью которого минутная стрелка часов делает двенадцать оборотов, тогда как часовая делает только один, надо ли заниматься силой, приводящей часы в движение? Разве действие зацепления, поскольку оно регулирует отношение скоростей этих двух стрелок, не остается тем же, когда движение вызывается какой-либо силой, отличною от силы обычного двигателя, например, когда мы поворачиваем стрелку пальцем?»

Впервые раздел кинематики был четко выделен в курсе «Физической и экспериментальной механики» генералаПонселе. который читал его в Парижском университете с 1837 по 1848 г. Здесь рассматривались виды движений, сложение движений, скоростей и ускорений и после этого различного типа механизмы.

В итоге кинематика выделилась в качестве раздела теоретической механики. Но по традиции она осталась в курсах физики как вводная часть к динамике Ньютона и Эйнштейна. В кинематике два аспекта: теоретический и прикладной. Содержанием первого является формирование понятий о механическом движении, системах отсчета, скорости, ускорении, правилах сложения скоростей и ускорений. В прикладном аспекте рассматривались механизмы, преобразующие движения.

ОСНОВЫ КИНЕМАТИКИ

Механическое движение. Относительность движения. Система отсчета. Материальная точка. Траектория. Путь и перемещение. Средняя скорость. Мгновенная скорость. Ускорение. Равномерное и равноускоренное прямолинейное движение. Сложение скоростей.

Графики зависимости кинематических величин от времени в равномерном и равноускоренном движении.

Свободное падение тел. Ускорение свободного падения. Движение тела, брошенного горизонтально. Движение тела, брошенного под углом к горизонту.

Движение тела по окружности с постоянной по модулю скоростью. Ускорение при движении тела по окружности с постоянной по модулю скоростью (центростремительное ускорение).

1. Основные понятия кинематики

Кинематика — раздел механики, изучающий движение тел без учета причин, вызвавших это движение.

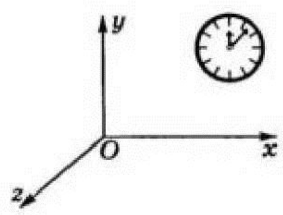


Рис. 1.1

Основной задачей кинематики является нахождение положения тела в любой момент времени, если известны его положение, скорость и ускорение в начальный момент времени.

Механическое движение — это изменение положения тел (или частей тела) относительно друг друга в пространстве с течением времени.

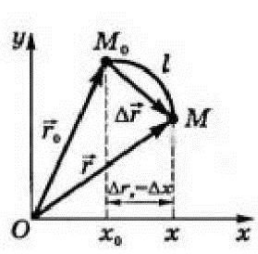


Рис. 1.2

Для описания механического движения надо выбрать систему отсчета.

Тело отсчета — тело (или группа тел), принимаемое в данном случае за неподвижное, относительно которого рассматривается движение других тел.

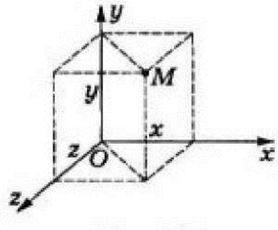


Рис. 1.3

Система отсчета — это система координат, связанная с телом отсчета, и выбранный способ измерения времени (рис. 1.1).

Положение тела можно определить с помощью радиус-вектора $\vec{r}$ или с помощью координат.

Радиус-вектор $\vec{r}$ точки М — направленный отрезок прямой, соединяющий начало отсчета Oс точкой М (рис. 1.2).

Координата x точки М — это проекция конца радиуса-вектора точки M на ось Ox. Обычно пользуются прямоугольной системой координат. В этом случае положение точки М на линии, плоскости и в пространстве определяют соответственно одним (x), двумя (x, y) и тремя (,x, y, z) числами — координатами (рис. 1.3).

В элементарном курсе физики изучают кинематику движения материальной точки.

Материальная точка — тело, размерами которого в данных условиях можно пренебречь.

Этой моделью пользуются в тех случаях, когда линейные размеры рассматриваемых тел много меньше всех прочих расстояний в данной задаче или когда тело движется поступательно.

Поступательным называется движение тела, при котором прямая, проходящая через любые две точки тела, перемещается, оставаясь параллельной самой себе. При поступательном движении все точки тела описывают одинаковые траектории и в любой момент времени имеют одинаковые скорости и ускорения. Поэтому для описания такого движения тела достаточно описать движение его одной произвольной точки.

В дальнейшем под словом "тело" будем понимать "материальная точка".

Линия, которую описывает движущееся тело в определенной системе отсчета, называется **траекторией**. На практике форму траектории задают с помощью математических формул (y=f(x) — уравнение траектории) или изображают на рисунке. Вид траектории зависит от выбора системы отсчета. Например, траекторией тела, свободно падающего в вагоне, который движется равномерно и прямолинейно, является прямая вертикальная линия в системе отсчета, связанной с вагоном, и парабола в системе отсчета, связанной с Землей.

В зависимости от вида траектории различают прямолинейное и криволинейное движение.

Путь s — скалярная физическая величина, определяемая длиной траектории, описанной телом за некоторый промежуток времени. Путь всегда положителен: s> 0.

Перемещение $\Delta\vec{r}$ тела за определенный промежуток времени — направленный отрезок прямой, соединяющий начальное (точка M_0) и конечное (точка M) положение тела (см. рис. 1.2):

$$\Delta\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0,$$

где $\vec{r}$ и $\vec{r}_0$— радиус-векторы тела в эти моменты времени.

Проекция перемещения на ось Ox:Δr_x –Δx – x-x_0, где x_0 иx — координаты тела в начальный и конечный моменты времени.

Модуль перемещения не может быть больше пути: $|\Delta\vec{r}| \leq s$.

Знак равенства относится к случаю прямолинейного движения, если направление движения не изменяется.

Зная перемещение и начальное положение тела, можно найти его положение в момент времени t:

$$\vec{r} = \vec{r_0} + \Delta\vec{r}$$

$$\begin{cases} x = x_0 + \Delta r_x \\ y = y_0 + \Delta r_y \end{cases}$$

Скорость — мера механического состояния тела. Она характеризует быстроту изменения положения тела относительно данной системы отсчета и является векторной физической величиной.

Средняя скорость $<\vec{v}>$ — векторная физическая величина, численно равная отношению перемещения к промежутку времени, за который оно произошло, и направленная вдоль перемещения (рис. 1.4):

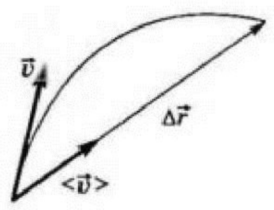


Рис. 1.4

$$\langle\vec{v}\rangle = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t};\ \langle\vec{v}\rangle \uparrow\uparrow \Delta\vec{r}$$

В СИ единицей скорости является метр в секунду $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$.

Средняя скорость, найденная по этой формуле, характеризует движение только на том участке траектории, для которого она определена. На другом участке траектории она может быть другой.

Иногда пользуются средней скоростью пути:

$\langle v\rangle = \frac{s}{\Delta t}$— где s – путь, пройденный за промежуток времени Δt. Средняя скорость пути — это скалярная величина.

Мгновенная скорость$\boldsymbol{\vec{v}}$ тела — скорость тела в данный момент времени (или в данной точке траектории). Она равна пределу, к которому стремится средняя скорость за бесконечно малый промежуток времени

$\vec{v} = \lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \vec{r}'$.

Здесь $\vec{r}'$ — производная от радиус-вектора по времени.

В проекции на ось *Ox:*

$$v_x = \lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta x}{\Delta t} = x'$$

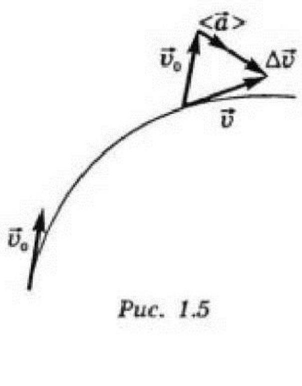


Рис. 1.5

Мгновенная скорость тела направлена по касательной к траектории в каждой ее точке в сторону движения (см. рис. 1.4).

Ускорение — векторная физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости. Оно показывает, на какую величину изменяется скорость тела за единицу времени.

Среднее ускорение — физическая величина, численно равная отношению изменения скорости ко времени, за которое оно произошло:

$$\langle\vec{a}\rangle = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v} - \overrightarrow{v_0}}{\Delta t}$$

Вектор $<\vec{a}>$ направлен параллельно вектору изменения скорости$\Delta\vec{v}$($<\vec{a}>\uparrow\uparrow\Delta\vec{v}$)в сторону вогнутости траектории (рис. 1.5).

Мгновенное ускорение:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \vec{v}'$$

В СИ единицей ускорения является метр на секунду в квадрате $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)$.

В общем случае мгновенное ускорение направлено под углом к скорости. Зная траекторию, можно определить направление скорости, но не ускорения. Направление ускорения определяется направлением равнодействующей сил, действующих на тело.

При прямолинейном движении с возрастающей по модулю скоростью(рис. 1.6,а) векторы $\vec{a}$ и $\overrightarrow{v_0}$ сонаправлены ($\vec{a}\uparrow\uparrow\overrightarrow{v_0}$) и проекция ускорения на направление движения положительна.

При прямолинейном движении с убывающей по модулю скоростью(рис. 1.6, б) направления векторов $\vec{a}$ и $\overrightarrow{v_0}$ противоположны ($\vec{a}\uparrow\downarrow\overrightarrow{v_0}$) и проекция ускорения на направление движения отрицательна.

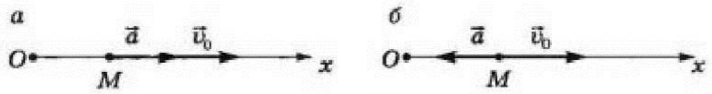


Рис. 1.6

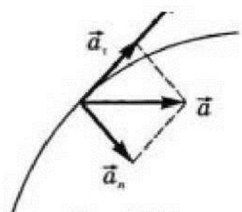


Рис. 1.7

Вектор $\vec{a}$ при криволинейном движении можно разложить на две составляющие, направленные вдоль скорости $\overrightarrow{a_\tau}$ и перпендикулярно скорости $\overrightarrow{a_n}$ (рис. 1.7), $\overrightarrow{a_\tau}$ — тангенциальное ускорение, характеризующее быстроту изменения модуля скорости при криволинейном движении, $\overrightarrow{a_n}$ — нормальное ускорение, характеризующее быстроту изменения направления вектора скорости при криволинейном движении Модуль ускорения

$$a = \sqrt{a_\tau^2 + a_n^2}.$$

2. Относительность движения. Сложение скоростей

Как отмечалось выше, для описания движения тела необходимо выбрать тело отсчета и связать с ним систему координат. В качестве тела отсчета может выступать любое тело.

В разных системах отсчета будут различны вид траектории, значения скорости, перемещения и других величин. В этом и заключается относительность движения.

Пример. Человек идет по палубе парохода со скоростью $\overrightarrow{v_1}$ относительно парохода. Пароход движется поступательно со скоростью $\overrightarrow{v_2}$ относительно берега. Найдем скорость $\vec{v}$ человека относительно берега.

Свяжем неподвижную систему отсчета (*xOy*) с Землей, а подвижную *(x'O'y')* — с пароходом.

Из рисунка 2.1 видно, что перемещение

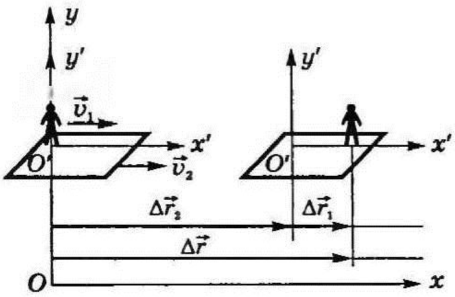


Рисунок 2.1

$\Delta\vec{r} = \Delta\overrightarrow{r_1} + \Delta\overrightarrow{r_2} \Rightarrow \Delta\vec{r} \neq \Delta\overrightarrow{r_1}$ (2.1)

где $\Delta\overrightarrow{r_1}$ — перемещение человека относительно парохода, $\Delta\overrightarrow{r_2}$ — перемещение парохода относительно берега, $\Delta\vec{r}$ — перемещение человека относительно берега.

Таким образом, *если тело одновременно участвует в нескольких движениях, то результирующее перемещение точки равно векторной сумме перемещений, совершаемых ею в каждом из движений.* В этом состоит установленный экспериментально *принцип независимости движений.*

Разделив уравнение (2.1) на промежуток времени, за который произошли перемещения человека и парохода, получим закон сложения скоростей:

$$\boldsymbol{\vec{v} = \overrightarrow{v_1} + \overrightarrow{v_2}}$$

Скорость $\boldsymbol{\vec{v}}$ *тела относительно неподвижной системы отсчета равна геометрической сумме скорости* $\boldsymbol{\overrightarrow{v_1}}$ *тела относительно подвижной системы отсчета и скорости* $\boldsymbol{\overrightarrow{v_2}}$ *самой подвижной системы отсчета относительно неподвижной.*

Закон сложения скоростей справедлив и для неравномерного движения, только в этом случае $\boldsymbol{\vec{v}}, \boldsymbol{\overrightarrow{v_1}}$ и $\boldsymbol{\overrightarrow{v_2}}$ — мгновенные скорости.

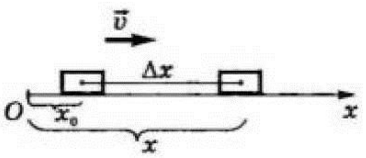
Этот закон был установлен Г. Галилеем. Он справедлив только для движений со скоростями, намного меньшими скорости света $c = 3 \cdot 10^8 \left(\frac{м}{с}\right)$. Такие скорости в физике называют *нерелятивистскими.*

3. Равномерное прямолинейное движение

Равномерное прямолинейное движение — это движение, при котором тело за любые равные промежутки времени совершает равные перемещения, т. е. это движение с постоянной по модулю и направлению скоростью:

$\vec{v} = const$ — уравнение скорости,

$\vec{a} = 0$ — уравнение ускорения.



-

Рисунок 3.1

Пусть в момент времени $t_0 = 0$ координата тела x_0, в момент *t* — *x* (рис. 3.1).

Тогда за промежуток времени $\Delta t = t - t_0 = t$ X координата тела изменилась на величину *Ax = x x₀*. Следовательно, проекция скорости тела

$v_x = \frac{x - x_0}{t}$,следовательно,

$x = x_0 + v_x t$— кинематическое уравнение равномерного движения (уравнение зависимости координаты от времени).

Проекция перемещения $\Delta r_x = x - x_0$ =>

$\Delta r_x = v_x t$— уравнение перемещения.

При равномерном прямолинейном движении направление скорости не изменяется, поэтому путь $s = |\Delta r_x|$. Следовательно, $s = |v_x| t$ — уравнениепути.

Зависимость кинематических величин от времени можно изобразить графически.

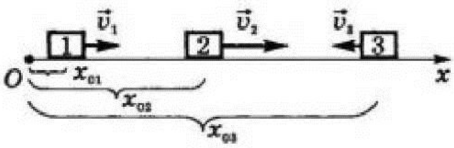


Рисунок 3.2

Изобразим графики скорости, перемещения, пути и координаты для трех тел: 1, 2, 3 (рис. 3.2). Тела *1*, *2* движутся в положительномнаправлении оси *Ox*, причем $v_2 > v_1$; тело 3 движется в направлении, противоположном оси *Ox;* их начальные координаты соответственно x_{01} , x_{02}, x_{03} . Графики скорости представлены на рисунке 3.3. Площадь заштрихованного прямоугольника численно равна пути s (модулю перемещения), пройденному телом 1 за время t_1. На рисунке 3.4 даны графики

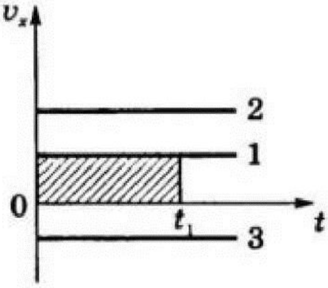


Рисунок 3.3

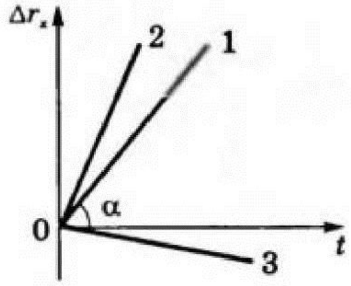


Рисунок 3.4

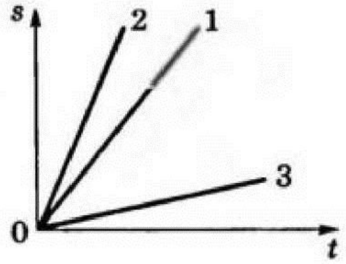


Рисунок 3.5

перемещения$\Delta r_x = f(t)$,на рисунке 3.5 — графики пути s=f(t)

Наклон графика $\Delta r_x = f(t)$,к оси времени зависит от модуля скорости:$tg\alpha = v_x$.

Графики движения (зависимости координаты от времени) изображены на рисунке 3.6.

С помощью графика движения можно определить:

1) координаты тела в любой момент времени;

2) путь, пройденный телом за некоторый промежуток времени;

3) время, за которое пройден какой-то путь;

4) кратчайшее расстояние между телами в любой момент времени;

5) момент и место встречи тел и др.

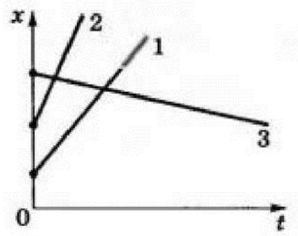


Рисунок 3.6

4. Равноускоренное прямолинейное движение

Равноускоренное прямолинейное движение — это движение, при котором скорость тела за любые равные промежутки времени изменяется одинаково, т. е. это движение с постоянным по модулю и направлению ускорением.

$\vec{a}$=const — уравнение ускорения.

По определению ускорения$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$.

Пусть в момент времени t_0 скорость тела равна $\overrightarrow{v_0}$, в момент времени t — $\vec{v}$. Тогда за промежуток времени Δt=t-t_0=t скорость изменилась на$\Delta\vec{v} = \vec{v} - \overrightarrow{v_0}$. Следовательно, ускорение $\vec{a} = \frac{\vec{v}-\overrightarrow{v_0}}{t}$

$\vec{v} = \overrightarrow{v_0} + \vec{a}t$ — уравнение скорости.

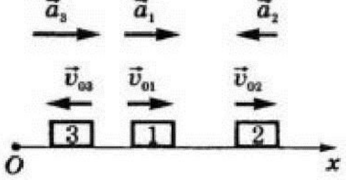


Рисунок 4.1

Или в проекциях:$v_x = v_{0x} + a_x t$.

Эти зависимости кинематических величин от времени изобразим графически для трех тел (рис. 4.1).

Графики ускорения $a_x = f(t)$ представлены на рисунке 4.2, а графики скорости $v_x = f(t)$ — на рисунке 4.3.

Для нахождения перемещения воспользуемся графиком скорости (рис. 4.4).Для малого промежутка времени Δt изменением величины скорости можно пренебречь и скорость можно считать постоянной. Тогда перемещение за промежуток времени Δt будет равно площади узкой густо заштрихованной полоски. Мысленно разбив все время движения тела на малые промежутки времени и найдя перемещение за каждый отдельный промежуток времени, суммируем эти перемещения. Модуль проекции перемещения за

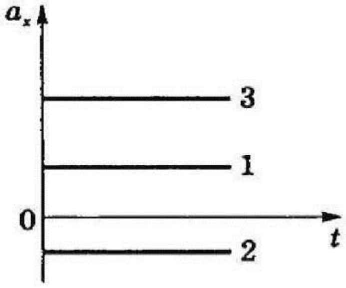


Рисунок 4.2

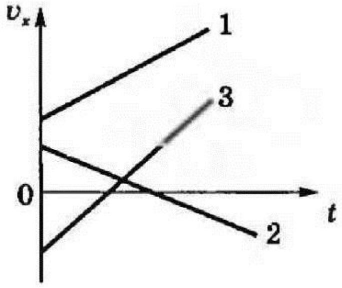


Рисунок 4.3

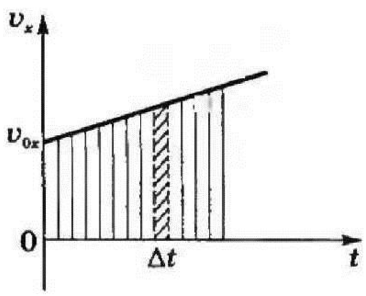


Рисунок 4.4

промежуток времени $\Delta t = t - t_0 = t$ в пределе численно равен площади заштрихованной трапеции.

Следовательно, $\Delta r_x = \frac{(v_{0x}+v_x)t}{2}$ (4.1)

Подставив значение $v_x = v_{0x} + a_x t$ в (4.1), получим:

$\Delta r_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ — уравнение перемещения в проекциях;

$\Delta\vec{r} = \vec{v_0}t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$ — уравнение перемещения в векторном виде.

Учитывая, что $x = x_0 + \Delta r_x$, имеем:

$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ — кинематическое уравнение равноускоренного движения.

Его векторный вид: $\vec{r} = \vec{r_0} + \vec{v_0}t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$

Исключаяиз уравнений скорости и перемещения время t, получим:

$\Delta r_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x} => v_x = \sqrt{v_{0x}^2 + 2a_x\Delta r_x}.$

Сравнивая выражение (4.1) с формулой $\Delta r_x = \langle v \rangle_x t$, найдем:

$\langle v \rangle_x = \frac{v_{0x}+v_x}{2}$- проекция средней скоростипри равноускоренном движении.

Графиком перемещения является парабола, положение вершины которой

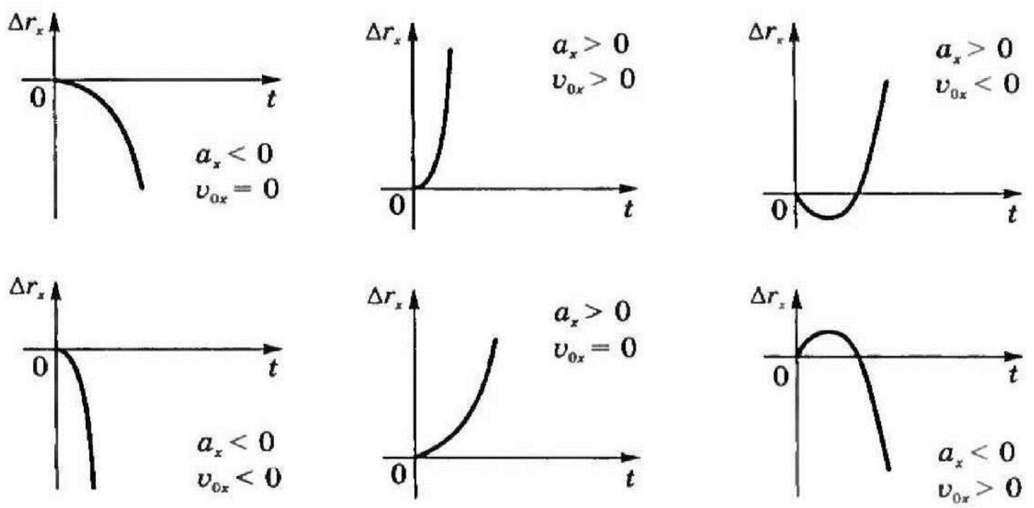


Рисунок 4.5

зависит от направлений начальной скорости и ускорения (рис. 4.5).

5. Свободное падение тел. Ускорение свободного падения

Свободное падение — это движение тела под действием только силы тяжести.

На тело, падающее в воздухе, кроме силы тяжести действует сила сопротивления воздуха, следовательно, такое движение не является свободным падением. Свободное падение — это падение тел в вакууме.

Ускорение $\vec{g}$, которое сообщает телу сила тяжести, называют ускорением свободного падения. Оно показывает, на какую величину изменяется скорость свободно падающего тела за единицу времени.

Ускорение свободного падения $\vec{g}$ направлено вертикально вниз.

Галилео Галилей установил (закон Галилея): *все тела падают на поверхность Земли под действием земного притяжения при отсутствии сил сопротивления с одинаковым ускорением, т. е. ускорение свободного падения не зависит от массы тела.*

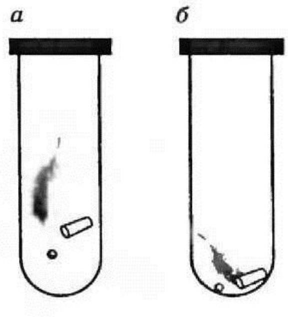


Рисунок 5.1

Убедиться в этом можно, используя трубку Ньютона или стробоскопический метод.

Трубка Ньютона представляет собой стеклянную трубку длиной около 1 м, один конец которой запаян, а другой снабжен краном (рис. 5.1.). Поместим в трубку три разных предмета, например дробинку, пробку и птичье перо. Затем быстро перевернем трубку. Все три тела упадут на дно трубки, но в разное время: сначала дробинка, затем пробка и, наконец, перо. Но так падают тела в том случае, когда в трубке есть воздух (рис. 5.1, а). Стоит только воздух откачать насосом и снова перевернуть трубку, мы увидим, что все три тела упадут одновременно (рис. 5.1, б).

В земных условиях g зависит от географической широты местности.

Наибольшее значение оно имеет на полюсеg=9,81 м/с^2 , наименьшее —на экваторе g=9,75 м/с^2. Причины этого:

1) суточное вращение Земливокруг своей оси;

2) отклонение формы Земли от сферической;

3) неоднородное распределение плотности земных пород.

Ускорение свободного падения зависит от высоты h тела над поверхностью планеты. Его, если пренебречь вращением планеты, можно рассчитать по формуле:

$$g_h = \frac{GM}{(R+h)^2}$$

гдеG — гравитационная постоянная, M — масса планеты,R — радиус планеты.

Как следует из последней формулы, с увеличением высоты подъема тела над поверхностью планеты ускорение свободного падения уменьшается. Если пренебречь вращением планеты, то на поверхности планеты радиусом R

$$g = \frac{GM}{(R)^2}$$

Для небольших высот (g<<h) можно считать g=const, для таких высот свободное падение является равноускоренным движением. Для его описания можно использовать формулы равноускоренного движения:

уравнение скорости: $\vec{v} = \overrightarrow{v_0} + \vec{g}t$

кинематическое уравнение, описывающее свободное падение тел:

$\vec{r} = \overrightarrow{r_0} + \overrightarrow{v_0}t + \frac{\vec{g}t^2}{2}$,

или в проекции на ось$y = y_0 + v_{0y}t + \frac{g_y t^2}{2}$.

6. Движение тела, брошенного вертикально

Свободно падающее тело может двигаться прямолинейно или по криволинейной траектории. Это зависит от начальных условий. Рассмотрим это подробнее.

Свободное падение без начальной скорости (v_0=0)(рис. 6.1).

При выбранной системе координат движение тела описывается уравнениями:$v_y = gt, y = \frac{gt^2}{2}$.

Из последней формулы можно найти время падения тела с высоты h:

$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$. Подставляя найденное время в формулу для скорости, получим модуль скорости тела в момент падения: $v = \sqrt{2hg}$.

Движение тела, брошенного вертикально вверх с начальной скоростью $\overrightarrow{v_0}$ (рис. 6.2)

Движение тела описывается уравнениями:

$$v_y = v_0 - gt, \qquad y = v_0 t - \frac{gt^2}{2}$$

Из уравнения скорости видно, что тело движется равнозамедленно вверх, достигает максимальной высоты, а затем движется равноускоренно вниз.

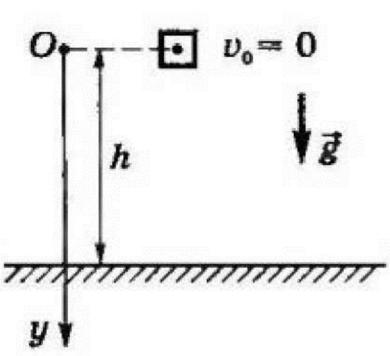


Рисунок 6.1

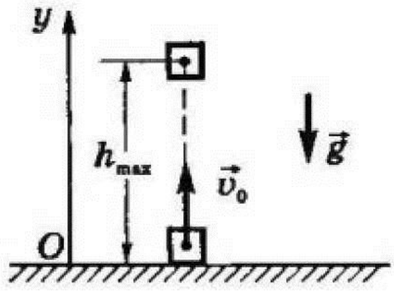


Рисунок 6.2

Учитывая, что при y=h_{max} скорость $v_y = 0$ и в момент достиженияtелом первоначального положения y=0, можно найти:

$t_1 = \frac{v_0}{g}$ — время подъема тела на максимальную высоту;

$h_{max} = \frac{v_0^2}{2g}$ — максимальная высота подъема тела;

$t_2 = 2t_1 = \frac{2v_0}{g}$ — время полета тела;

$v_{2y} = -v_0$ — проекция скорости в момент достижения телом первоначального положения.

7. Движение тела, брошенного горизонтально

Если скорость $\overrightarrow{v_0}$ направлена не вертикально, то движение тела будет криволинейным.

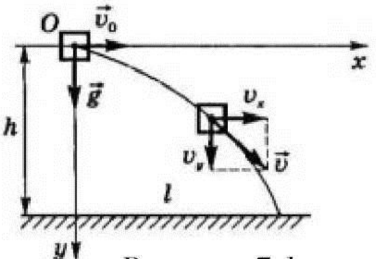


Рисунок 7.1

Рассмотрим движение тела, брошенного горизонтально с высоты h со скоростью v_0 (рис. 7.1). Сопротивлением воздуха будем пренебрегать. Для описания движения необходимо выбрать две оси координат — *Ox* и *Oy*. Начало отсчета координат совместим с начальным положением тела. Из рисунка 7.1 видно, что$v_{0x} = v_0$,$v_{0y} = 0$, $g_x = 0$, $g_y = g$.

Тогда движение тела опишется уравнениями:

$$v_x = v_0, x = v_0 t \tag{7.1}$$

$$v_y = gt, y = \frac{gt^2}{2} \tag{7.2}$$

Анализ этих формул показывает, что в горизонтальном направлении скорость тела остается неизменной, т. е. тело движется равномерно. В вертикальном направлении тело движется равноускоренно с ускорением g, т. е.

так же, как тело, свободно падающее без начальной скорости. Найдем уравнение траектории. Для этого из уравнения (7.1) найдем время

$t = \frac{x}{v_0}$и, подставив его значение в формулу (7.2), получим:$y = \frac{g}{2v_0^2}x^2$

Это уравнение параболы. Следовательно, тело, брошенное горизонтально, движется по параболе. Скорость тела в любой момент времени направлена по касательной к параболе (см. рис. 7.1). Модуль скорости можно рассчитать по теореме Пифагора:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + (gt)^2}$$

Зная высоту h, с которой брошено тело, можно найти времяt_1, через которое тело упадет на землю. В этот момент координата *y* равна высотеy_1=h. Из уравнения (7.3) находим:$h = \frac{gt_1^2}{2}$Отсюда

$$t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}} \qquad (7.4)$$

Формула (7.4) определяет время полета тела. За это время тело пройдет в горизонтальном направлении расстояние *l*, которое называют дальностью полета и которое можно найти на основании формулы (7.1), учитывая, что$l=x_1$. Следовательно,$l = v_0\sqrt{\frac{2h}{g}}$ — дальность полета тела. Модуль скорости тела в этот момент $v_1 = \sqrt{v_0^2 + 2gh}$.

8. Движение тела, брошенного под углом к горизонту

Пусть тело брошено под углом α к горизонту со скоростью v_0. Как и в предыдущих случаях, будем пренебрегать сопротивлением воздуха. Для описания движения необходимо выбрать две оси координат — *Ox* и*Oy* (рис. 8.1). Начало отсчета совместим с начальным положением тела. Проекции начальной скорости на оси*Oy* и *Ox*: $v_{0x} = v_0 \cos\alpha$, $v_{0y} = v_0 \sin\alpha$. Проекции ускорения: $g_x = 0$, $g_y = -g$

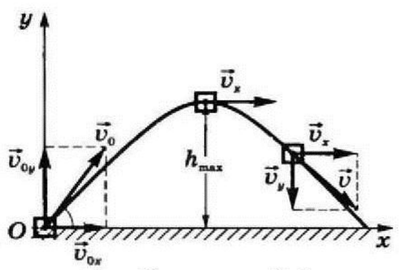


Рисунок 8.1

Тогда движение тела будет описываться уравнениями:

$$x = v_0 \cos\alpha\, t \qquad (8.1)$$

$$v_x = v_0 \cos\alpha \qquad (8.2)$$

$$y = v_0 \sin\alpha\, t - \frac{gt^2}{2} \qquad (8.3)$$

$$v_y = v_0 \sin\alpha - gt \qquad (8.4)$$

Из этих формул следует, что в горизонтальном направлении тело движется равномерно , а в вертикальном — равноускоренно.

Траекторией движения тела будет парабола. Учитывая, что в верхней точке параболы $v_y = 0$, можно найти время подъема тела до верхней точки параболы:

$$0 = v_0 \sin\alpha - gt_1$$

$$t_1 = \frac{v_0 \sin\alpha}{g} \qquad (8.5)$$

Подставив значение t_1 в уравнение (8.3), найдем максимальную высоту подъема тела:

$$h_{max} = y_1 \sin\alpha \frac{v_0 \sin\alpha}{g} - \frac{g}{2}\frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{g^2}$$

$h_{max} = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g^2}$ — максимальная высота подъема тела.

Время полета тела находим из условия, что при$t=t_2$ координата y_2=0. Следовательно, $v_0 \sin\alpha\, t_2 - \frac{gt_2^2}{2} = 0$. Отсюда, $t_2 = \frac{2v_0 \sin\alpha}{g}$ — времяполета тела. Сравнивая эту формулу с формулой (8.5), видим, что$t_2=2t_1$.

Время движения тела с максимальной высоты $t_3=t_2-t_1=2t_1-t_1=t_1$ Следовательно, сколько времени тело поднимается на максимальную высоту, столько времени оно опускается с этой высоты. Подставляя в уравнение координаты x (8.1) значение времени t_2, найдем:

$l = \frac{2v_0 \cos\alpha v_0 \sin\alpha}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$ — дальность полета тела.

Мгновенная скорость в любой точке траектории направлена по касательной к траектории (см. рис. 8.1), модуль скорости определяется по формуле

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 \cos^2\alpha + (v_0 \sin\alpha - gt^2)^2} = \sqrt{v_0^2 - 2v_0 gt \sin\alpha + g^2 t^2}$$

Таким образом, движение тела, брошенного под углом к горизонту или в горизонтальном направлении, можно рассматривать как результат двух независимых движений — горизонтального равномерного и вертикального равноускоренного (свободного падения без начальной скорости или движения тела, брошенного вертикально вверх).

9. Движение тела по окружности с постоянной по модулю скоростью

Движение тела по окружности с постоянной по модулю скоростью — это движение, при котором тело за любые равные промежутки времени описывает одинаковые дуги.

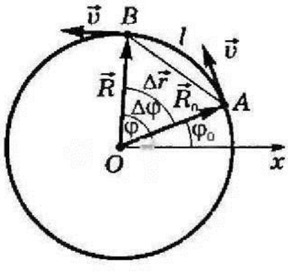


Рисунок 9.1

Положение тела на окружности определяется радиусом-вектором $\vec{r}$, проведенным из центра окружности. Модуль радиуса-вектора равен радиусу окружности*R* (рис. 9.1).

За время Δt тело, двигаясь из точки *A* в точку *B*, совершает перемещение $\Delta\vec{r}$, равное хорде AB, и проходит путь, равный длине дуги *l*.

Радиус-вектор поворачивается на угол Δφ. Угол выражают в радианах.

Скорость $\vec{v}$ движения тела по траектории (окружности) направлена по касательной к траектории. Она называется **линейной скоростью**. Модуль линейной скорости равен отношению длины дуги окружности *l* к промежутку времени Δt, за который эта дуга пройдена:

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

Скалярная физическая величина, численно равная отношению угла поворота радиуса-вектора к промежутку времени, за который этот поворот произошел, называется **угловой скоростью**:

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

В СИ единицей угловой скорости является радиан в секунду $\left(\frac{\text{рад}}{\text{с}}\right)$.

При равномерном движении по окружности угловая скорость и модуль линейной скорости — величины постоянные: ω=const; *v*=const.

Положение тела можно определить, если известен модуль радиуса-вектора $\vec{r}$ и угол φ, который он составляет с осью *Ox* (угловая координата). Если в начальный момент времени $t_0=0$ угловая координата равна φ_0, ав момент времени t она равна φ, то угол поворота Δφрадиуса-вектора за время $\Delta t=t-t_0$ равен $\Delta\varphi=\varphi-\varphi_0$. Тогда из последней формулы можно получить **кинематическое уравнение движения материальной точки по окружности**:

$\varphi=\varphi_0+\omega t$

Оно позволяет определить положение тела в любой момент времени t.

Учитывая, что $\Delta\varphi = \frac{1}{R}$, получаем:

$$\omega = \frac{l}{R\Delta t} = \frac{v}{R} =>$$

$v = \omega R$— формула связи между линейнойи угловой скоростью.

Промежуток времени *T*, в течение которого тело совершает один полный оборот, называется **периодом вращения**:

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

Где N – число оборотов, совершенных телом за время Δt.

За время Δt=T тело проходит путь *l*=2πR. Следовательно,

$$v = \frac{2\pi R}{T};\ \omega = \frac{2\pi}{T}$$

Величина**ϑ**, обратная периоду, показывающая, сколько оборотов совершает тело за единицу времени, называется **частотой вращения**:

$$\vartheta = \frac{1}{T} = \frac{N}{\Delta t}$$

Следовательно,

$$v = 2\pi\vartheta R;\ \omega = 2\pi\vartheta.$$

10. Ускорение при движении тела по окружности с постоянной по модулю скоростью (центростремительное ускорение)

При равномерном вращении по окружности модуль скорости движения тела не изменяется, но направление скорости изменяется непрерывно. Следовательно, данное движение — движение с ускорением. Оно характеризует быстроту изменения скорости по направлению.

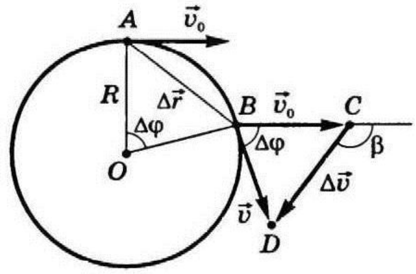


Рисунок 10.1

По определению среднего ускорения $\langle\vec{a}\rangle = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$. Треугольники *OAB* и*BCD* — равнобедренные (рис. 10.1). Углы при вершинах — одинаковые (как углы с соответственно перпендикулярными сторонами). Отсюда следует, что*ΔOAB* подобен *ΔBCD.*

Из подобия $\frac{|\Delta\vec{v}|}{v} = \frac{|\Delta\vec{r}|}{R} \Rightarrow |\Delta\vec{v}| = \frac{v|\Delta\vec{r}|}{R}$

Тогда $\langle a\rangle = \frac{v}{R}\cdot\frac{|\Delta\vec{r}|}{\Delta t}$

Мгновенное ускорение

$$a = \lim_{\Delta t\to 0}\langle a\rangle = \frac{v}{R}\lim_{\Delta t\to 0}\frac{|\Delta\vec{r}|}{\Delta t} = \frac{v^2}{R}$$

β — угол между $\overrightarrow{v_0}$ и $\Delta\vec{v}(\langle\vec{a}\rangle)$ —внешний по отношению к *ΔBCD:*

$$\beta = \Delta\varphi + \frac{180-\Delta\varphi}{2} = 90 + \frac{\Delta\varphi}{2}$$

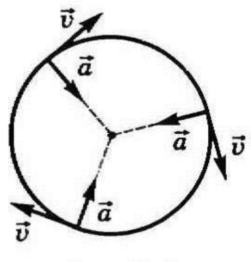


Рисунок 10.2

При Δt→0 угол Δφ→0 и, следовательно, β→90°. Перпендикуляром к касательной к окружности является радиус. Следовательно, $\vec{a}$ направлено по радиусу к центру и поэтому называется **центростремительным ускорением**:

$$a = \frac{v^2}{R}$$

Модуль $a = const$, направление $\vec{a}$ непрерывно изменяется (рис. 10.2). Поэтому данное движение не является равноускоренным.

11. Вращательное движение абсолютно твердого тела вокруг неподвижной оси

Абсолютно твердое тело — тело, изменением размеров и формы которого можно пренебречь.

Для кинематического описания вращательного движения абсолютно твердого тела вокруг неподвижной оси используются те же величины, что и для описания движения материальной точки по окружности.

Промежуток времени, в течение которого тело совершает один полный оборот вокруг оси, — период вращения. Величина, обратная периоду, — частота вращения.

При вращательном движении абсолютно твердого тела вокруг неподвижной оси *углы поворота радиуса-вектора различных точек тела одинаковы.*

Угол поворота и угловая скорость характеризуют движение всего абсолютно твердого тела в целом. *Линейная скорость какой-либо точки абсолютно твердого тела пропорциональна расстоянию точки от оси вращения:*

$$v = \omega R = 2\pi\vartheta R = \frac{2\pi}{T}R$$

При равномерном вращении абсолютно твердого тела *углы поворота тела за любые равные промежутки времени одинаковы, тангенциальные ускорения у различных точек тела отсутствуют, а нормальное ускорение точки тела зависит от ее расстояния до оси вращения:*

$$a_n = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = 4\pi^2\vartheta^2 R = \frac{4\pi^2}{\mathrm{T}^2}\mathrm{R}$$

Вектор $\overrightarrow{a_n}$ направлен по радиусу траектории точки к оси вращения. При неравномерном вращении абсолютно твердого тела быстроту изменения угловой скорости со временем характеризует **угловое ускорение**:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{\omega_2 - \omega_1}{\Delta t}$$

Если ε=const, то тело совершает *равноускоренное* вращение и в момент времени t угловая скорость

$\omega=\omega_0+\varepsilon t$

Угол поворота φ тела вокруг оси за время t при равнопеременном движении определяется по формуле

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

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Несмотря на большое разнообразие задач по кинематике, можно предложить следующий алгоритм их решения:

1. Сделать схематический рисунок, изобразив начальное положение тел и их начальное состояние, т. е. $\overrightarrow{v_0}$ и $\overrightarrow{a_0}$.

2. Выбрать систему отсчета на основании анализа условия задачи. Для этого нужно выбрать тело отсчета и связать с ним систему координат, указав начало отсчета координат, направление осей координат, момент начала отсчета времени. При выборе положительных направлений руководствуются направлением движения (скорости) или направлением ускорения.

3. Составить на основании законов движения систему уравнений в векторном виде для всех тел, а затем в скалярной форме, спроецировав на координатные оси эти векторные уравнения движения. При записи этих уравнений следует обратить внимание на знаки "+" и"-" проекций входящих в них векторных величин.

4. Ответ необходимо получить в виде аналитической формулы (в общем виде), а в конце произвести числовые расчеты.

ПРИМЕРЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ

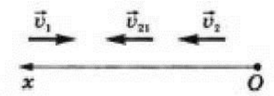
Задача 1.

Сколько времени пассажир, сидящий у окна поезда, который идет со скоростью 54 км/ч, будет видеть проходящий мимо него встречный поезд, скоростькоторого 36 км/ч, а длина 250 м?

Дано: $v_1 = 15\ \frac{м}{с}, v_2 = 10\ \frac{м}{с}, l = 250$ м.

Найти: t.

Решение.неподвижную систему отсчета свяжем с Землей, подвижную – с поездом, в котором находится пассажир. Согласно закону сложения скоростей $\overrightarrow{v_2} = \overrightarrow{v_{21}} + \overrightarrow{v_1}$, где $\overrightarrow{v_{21}}$ - скорость встречного поезда относительно первого. В проекциях на ось Ox:



$v_2 = v_{21} - v_1 => v_{21} = v_1 + v_2$.

Так как путь, пройденный встречным поездом относительно первого, равен длине поезда, то время

$t = \frac{l}{v_{21}} = \frac{l}{v_1+v_2}$, t=10 с.

Задача 2.

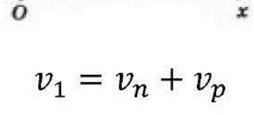
Пароход идет от Нижнего Новгорода до Астрахани 5,0 суток, а обратно — 7,0 суток. Как долго будет плыть плот от Нижнего Новгорода до Астрахани? Стоянки и задержки в движении исключить.

Дано: t_1=5 сут, t_2=7сут.

Найти: t_3

Решение. Неподвижную систему отсчета свяжем с берегом, подвижную – с водой. Будем считать, что скорость воды на всем пути одинакова и скорость парохода относительно воды постоянна и равна модулю мгновенной скорости парохода относительно воды.

Так как плот движется относительно берега со скоростью течения реки $\overrightarrow{v_p}$, то время его движения $t_3 = \frac{s}{v_p}$, где s – расстояние между городами. При движении парохода по течению его скорость согласно закону сложения скоростей $\overrightarrow{v_1} = \overrightarrow{v_n} + \overrightarrow{v_p}$, или в проекциях на ось Ox:



$v_1 = v_n + v_p$ (1)

где v_1 - скорость парохода относительно берега, v_n - скорость парохода относительно реки.

Зная время движения, можно найти скорость:

$v_1 = \frac{s}{t_1}$ (2)

Из формул (1) и (2) имеем:

$\frac{s}{t_1} = v_n + v_p$ (3)

При движении парохода против течения $\overrightarrow{v_2} = \overrightarrow{v_n} + \overrightarrow{v_p}$, или в проекциях на ось Ox $v_2 = v_n - v_p$, где v_2 - скорость парохода относительно берега.

С другой стороны, $v_2 = \frac{s}{t_2}$. Тогда

$\frac{s}{t_2} = v_n - v_p$ (4)

Решая систему уравнений (3) и (4) относительно v_p, получим:

$$\begin{cases} \frac{s}{t_1} = v_n + v_p \\ \frac{s}{t_2} = v_n - v_p \end{cases} \Rightarrow v_p = \frac{s(t_2 - t_1)}{2t_1 t_2}$$

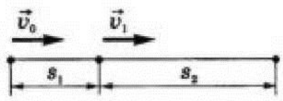
Найдем время движения плота: $t_3 = \frac{s}{v_p} = \frac{2t_1 t_2}{t_1 - t_2}$, t_3=35 сут.

Задача 3.

При равноускоренном движении тело проходит за два первых равных последовательных промежутка времени по 4,0 с каждый пути s_1 = 24 м и s_2=64 м соответственно. Определите начальную скорость и ускорение тела.

Дано:t_1=t_2= 4,0 с, s_1 = 24 м, s_2 = 64 м.

Найти:v_0, a.



Решение. Запишем уравнения пути для s_1 и (s_1+s_2) соответственно. Так как начальная скорость в этом случае одинакова, то

$$\begin{cases} s_1 = v_0 t_1 + \frac{a t_1^2}{2} \\ s_1 + s_2 = v_0(t_1 + t_2) + \frac{a(t_1 + t_2)^2}{2} \end{cases} \quad (1)$$

Так как t_1=t_2, то

$s_1 + s_2 = 2v_0 t_1 + 2a t_1^2$ (2)

Выразив из (1) v_0 и подставив ее в (2), получим:

$$a = \frac{s_2 - s_1}{t_1^2}, a = 2.5\ \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Тогда начальная скорость $v_0 = \frac{2s_1 - a t_1^2}{2t_1}$, $v_0 = 1\ \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Задача 4.

Автомобиль, двигаясь по прямолинейной траектории равноускоренно сначальной скоростью 5,0 м/с , прошел за первую секунду путь, равный 6,0 м.Найдите ускорение автомобиля, мгновенную скорость в конце второй секунды и перемещение за 2,0 с.

Дано: $v_0 = 5\frac{\text{м}}{\text{с}}, s_1 = 6\text{м}, t_1 = 1c, t_2 = 2c$

Найти: a, v_2, s

Решение. Зная путь, пройденный телом за первую секунду, можно найти ускорение:

$$s_1 = v_0 t_1 + \frac{at_1^2}{2} => a = \frac{2(s - v_0 t_1)}{t_1^2}, a = 2\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Скорость в конце второй секунды найдем по формуле

$$v_2 = v_0 + at_2, v_2 = 9\frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Перемещение за 2 с можно рассчитать по формулам:

$$\Delta r = v_0 t_2 + \frac{at_2^2}{2} \text{ или } \Delta r = \frac{v_2^2 - v_0^2}{2a}, \Delta r = 14 \text{ м}$$

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Что понимают под системой отсчета? системой координат? радиус-вектором?
2. Укажите, в каких нижеследующих случаях тело можно принять за материальную точку:

   а) при установке ракеты на старте;
   б) при расчете траектории ракеты;
   в) при расчете угловой скорости суточного вращения Земли вокруг оси.
3. Какие существуют способы описания движения материальной точки?
4. Мяч упал с высоты 5 м, отскочил от пола и поднялся на 2 м. Найдите путь и перемещение мяча.
5. Какие кинематические величины зависят от выбора системы отсчета? одинаковы в различных системах отсчета?
6. Может ли человек, находясь на движущемся эскалаторе метро, быть в покое в системе отсчета, связанной с поверхностью Земли?
7. Совпадает ли направление ускорения с направлением скорости материальной точки при равноускоренном движении? при равнозамедленном движении?
8. Какие кинематические характеристики движения остаются постоянными при равномерном прямолинейном движении? при равноускоренном движении?
9. Какие величины, характеризующие движение, можно определить по графику скорости?
10. Два поезда идут навстречу друг другу; один ускоренно на север, другой замедленно на юг. Как будут направлены векторы ускорений поездов?
11. Чем отличаются движения, уравнения которых приведены ниже?

    x_1=3-5t-2t^2; x_2=-3+5t-2t^2
12. Сравните время падения тела, брошенного горизонтально с некоторой высоты и свободно падающего с той же высоты.
13. Три тела брошены так: первое — вниз без начальной скорости, второе — вниз с начальной скоростью, третье — вверх. Что можно сказать об ускорениях этих тел при их движении?
14. Как будет изменяться дальность полета снарядов при увеличении угла наклона орудия к горизонту?

15. Как направлено ускорение при криволинейном движении?

16. Как направлена мгновенная скорость материальной точки при криволинейном движении?

17. Является ли движение по окружности с постоянной по модулю скоростью равноускоренным?

18. Автомобиль движется на повороте. Одинаковые ли расстояния проходят при этом правые и левые колеса автомобиля?

19. Велосипедист движется по прямолинейному участку дороги со скоростью $\vec{v}$ (рис. 1). С какой скоростью движутся точки A, B, C, D колеса велосипеда относительно оси? относительно дороги?

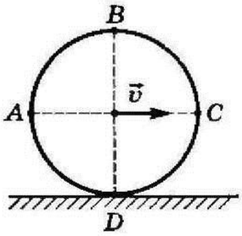


Рисунок 1

20. Выразите в радианах угол поворота часовой стрелки за 1 ч, 3 ч, 6 ч, 12 ч, 24 ч.

21. Колесо вращается вокруг неподвижной оси, проходящей через его центр. Обладает ли любая точка на ободе колеса тангенциальным и нормальным ускорениями, если вращение происходит с постоянной угловой скоростью? с постоянным угловым ускорением?

22. Катер со спортсменом на водных лыжах движется по окружности. Спортсмен может следовать за ним по той же окружности, а также вне и внутри этой окружности. Каково соотношение скоростей спортсмена и катера в этих случаях?

23. Частица движется вдоль оси OX, проходя за каждую секунду по одному метру. Будет ли движение частицы равномерным?

24. На рисунке 2 представлены графики зависимости координат тел от времени. Напишите уравнения движения тел. Нарисуйтеграфики $v_x(t)$.

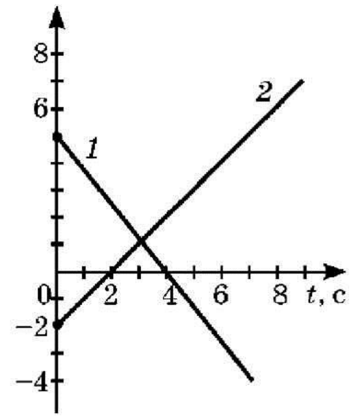


Рисунок 2

25. Два тела одновременно начинают двигаться прямолинейно. Уравнения их движения имеют вид: x_1=6—2t; x_2=4t (величины, входящие в уравнение, заданы в СИ).

   a. Нарисуйте траектории движения тел.
   b. Определите время встречи и координату меставстречи тел.
   c. Нарисуйте графики $v_{1x}(t)$, $v_{2x}(t)$, $x_1(t)$, $x_2(t)$.

26. Тело начало двигаться вдоль оси OX с постоянной скоростью v= 2 м/с из точки с координатой x_0=—4 м. Напишите уравнение движения точки.

Через какое время точка достигнет начала координат? Через какое время координата точки x_2 станет равной 8 м?

27. Два велосипедиста движутся навстречу друг другу. Модуль скорости первого велосипедиста увеличивается, а модуль скорости второго — уменьшается.

28. Различаются ли направления ускорений велосипедистов относительно дороги?

29. Скорость автомобиля за 10 с уменьшилась от 20 до 10 м/с. С каким ускорением двигался автомобиль?

30. Проекция скорости материальной точки при прямолинейном движении изменяется по закону $v_x=4-2t$(все величины заданы в СИ). Найдите модуль скорости точки через 5 с. Постройте графики зависимости $v_x(t)$, $a(t)$.

31. Как направлен вектор ускорения в случаях *а* и *б*, представленных на рисунке 3?

Рисунок 3

32. Тело движется прямолинейно. График зависимости $v_x(t)$ представлен на рисунке 4. Постройте график зависимости a (t).

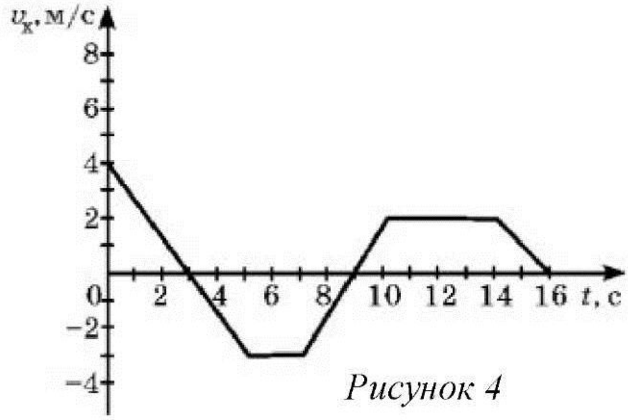


Рисунок 4

33. Мяч бросили с начальной скоростью 5 м/с. Через 2 с мяч упал на землю. Определите высоту, с которой был брошен мяч, если его начальная скорость направлена вертикально: а) вверх; б) вниз.

34. Сколько времени пассажир, сидящий у окна поезда, который идет со скоростью 54 км/ч, будет видеть проходящий мимо него встречный поезд, скорость которого 36 км/ч, а длина 250 м?

35. При равноускоренном движении тело проходит за два первых равных последовательных промежутка времени по 4 с каждый пути 24 м и 64 м соответственно. Определите начальную скорость и ускорение тела.

36. С вертолета, находящегося на высоте 300 м, сброшен груз. Найдите, через какое время груз достигнет Земли, если вертолет: 1) неподвижен; 2) опускается со скоростью 5 м/с; 3) поднимается со скоростью 5 м/с.

37. К валу, радиус которого 5 м, прикреплена нить. Через 5 с после начала равномерного вращения вала на него намоталось 10 м нити. Чему равна угловая скорость вращения?

ПРИЛОЖЕНИЕ

Тест.

1) Эскалатор в метрополитене поднимается со скоростью 1 м/с. Может ли человек, находящийся на нем, быть в состоянии покоя в системе отсчета, связанной с Землей?

   А) Может, если движется в противоположную сторону со скоростью 1 м/с.

   Б) Может, если движется в ту же сторону со скоростью 1 м/с.

   В) Может, если стоит на эскалаторе.

   Г) Не может ни при каких условиях.

2) Два автомобиля движутся в одном направлении по прямому шоссе с одинаковыми скоростями **v**. Чему равна скорость первого автомобиля относительно второго?

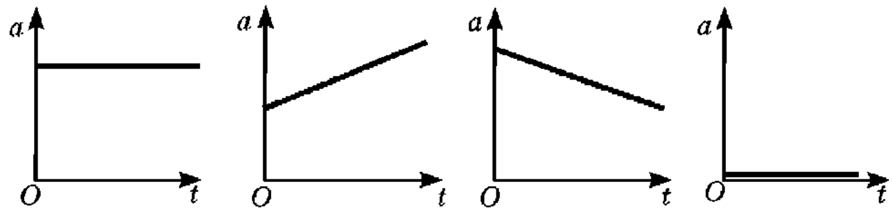
   А) 0.

   Б) v

   В) v.

   Г) -v.

3) На рисунках изображены графики зависимости модуля ускорения от времени для разных видов движения. Какой из графиков соответствует равномерному движению?



   А) 1

   Б) 2

   В) 3

   Г) 4

4) Автомобиль, трогаясь с места, движется с ускорением 3 м/с^2. Через 4 с скорость автомобиля будет равна:

   А) 12 м/с;

   Б) 0,75 м/с;

   В) 48 м/с;

   Г) 6 м/с.

5) Зависимость координаты от времени для некоторого тела описывается уравнением x=8t—t^2. В какой момент времени проекция скорости тела на ось ОХбудет равна нулю?

А) 8 с.

Б) 4 с.

В) 3 с.

Г) 0 с.

6) От высокой скалы откололся и стал свободно падать камень. Какую скорость он будет иметь через 3 с после начала падения?

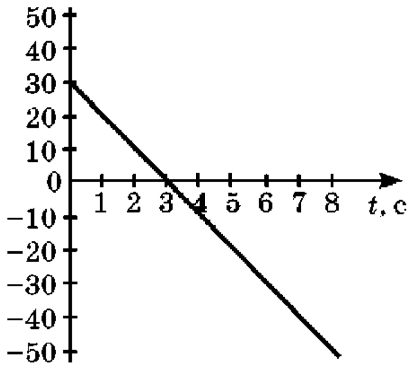
А) 30 м/с.

Б) 10 м/с.

В) 3 м/с.

Г) 2 м/с.

7) Стрела пущена вертикально вверх. Проекция ее скорости на вертикальное направление меняется со временем согласно графику на рисунке. В какой момент времени стрела достигла максимальной высоты?



А) 1,5 с.

Б) 3 с.

В) 4,5 с.

Г) 6 с.

8) Трамвайный вагон движется на повороте по закруглению радиусом 40 м. Рассчитайте скорость трамвая, если центростремительное ускорение равно 0,4 м/с^2.

А) 2 м/с.

Б) 1 м/с.

В) 4 м/с.

Г) 5 м/с.

9) Какова частота вращения тела, движущегося по окружности радиусом 5 м со скоростью 5я м/с?

А) 2 Гц

Б) 0,5 Гц

В) 4 Гц

Г) 0,2 Гц

10) Какие из перечисленных ниже величин являются векторными?

А) Путь

Б) Скорость

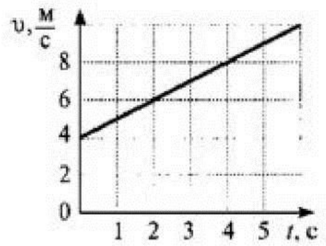
В) Масса

Г) Все перечисленные величины векторные

Контрольная работа

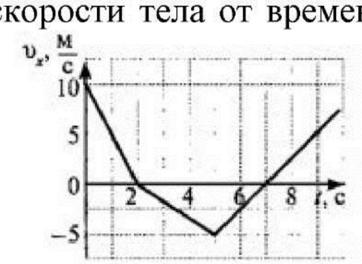
ЧАСТЬ А*Выберите один верный ответ.*

1) Плот равномерно плывет по реке со скоростью 6 км/ч. Человек движется поперек плота со скоростью 8 км/ч. Чему равна скорость человека в системе отсчета, связанной с берегом?
   А) 10 км/ч
   Б) 7 км/ч
   В) 14 км/ч
   Г) 2 км/ч

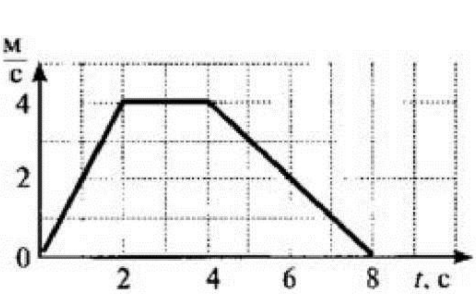


2) Используя график зависимости скорости движения телаот времени, определите скорость тела в конце 7-ой секунды, считая, что характер движения тела не изменится.
   А) 8 м/с
   Б) 11 м/с
   В) 16 м/с
   Г) 18 м/с

3) На рисунке представлена зависимость проекции скорости тела от времени. Модуль ускорения имеет максимальное значение на участке
   А) от 0 с до 2 с
   Б) от 2 с до 5 с
   В) от 2 с до 7 с
   Г) ускорение на всех участках одинаково



4) Зависимость пути от времени для прямолинейно движущегося тела имеет вид: $S(t)=2t+t^2$**,** где все величины выражены в СИ. Ускорение тела равно
   А) 1 м/с^2
   Б) 2 м/с^2
   В) 3 м/с^2
   Г) 6 м/с^2



5) На рисунке представлен график зависимости проекции скорости тела от времени. Какой путь прошло тело за интервал времени от 2 до 8 с?
   А) 32м
   Б) 20 м
   В) 16 м
   Г) 8 м

6) Тело упало с некоторой высоты с нулевой начальной скоростью и при ударе о землю имело скорость 40 м/с. Чему равно время падения? Сопротивлением воздуха пренебречь**.**

А) 0,25 с
Б) 4с
В) 40 с
Г) 400 с

7) Материальная точка движется по окружности с постоянной скоростью. Как изменится центростремительное ускорение точки, если скорость увеличить в 2 раза и радиус окружности увеличить в 2 раза?
А) уменьшится в 2 раза
Б) увеличится в 2 раза
В) увеличится в 4 раза
Г) уменьшится в 8 раз

ЧАСТЬ В

8. Используя условие задачи, установите соответствия величин из левого столбца таблицы с их соотношениями в правом столбце.

Две материальные точки равномерно движутся по окружностям с радиусами R_1 и $R_2>R_1$, не меняя взаимного расположения относительно друг друга.

Величина	**Изменение**
А. угловая скорость	1) у первой больше, чем у второй
Б. центростремительное ускорение	2) у первой меньше, чем у второй
В. период обращения по окружности	3) одинаковы
Г. частота обращения по окружности	

Решите задачи.

9. Тело свободно падает с высоты 45 м. Чему равна скорость тела у поверхности земли?

10. Мотоциклист и велосипедист одновременно начинают равноускоренное движение из состояния покоя. Ускорение мотоциклиста в 3 раза больше, чем ускорение велосипедиста. Во сколько раз больше времени понадобится велосипедисту, чтобы достичь скорости 50 км/ч?

<u>ЧАСТЬС</u>

Решите задачи.

11. Автомобиль, идущий со скоростью 36 км/ч, начинает двигаться с ускорением 0,2 м/с^2. Какой путь пройдет автомобиль за десятую секунду от начала движения?

ЛИТЕРАТУРА

1. Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественнонаучного профилей: учебник. – 2011.
2. Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественнонаучного профилей: сборник задач. – 2011.
3. Дмитриева В.Ф. Задачи по физике: учеб.пособие. – М., 2006.
4. Дмитриева В.Ф. Физика: учебник. – М., 2006.
5. Генденштейн Л.Э., Дик Ю.И. Физика. Учебник для 10 кл. – М., 2005.
6. Генденштейн Л.Э. Дик Ю.И. Физика. Учебник для 11 кл. – М., 2005.
7. Громов С.В. Физика: Механика. Теория относительности. Электродинамика: Учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений. – М., 2001.
8. Громов С.В. Физика: Оптика. Тепловые явления. Строение и свойства вещества: Учебник для 11 кл. общеобразовательных учреждений. – М., 2001.
9. Громов С.В. Шаронова Н.В. Физика, 10—11: Книга для учителя. – М., 2004.
10. Кабардин О.Ф., Орлов В.А. Экспериментальные задания по физике. 9—11 классы: учебное пособие для учащихся общеобразовательных учреждений. – М., 2001.
11. Касьянов В.А. Методические рекомендации по использованию учебников В.А.Касьянова «Физика. 10 кл.», «Физика. 11 кл.» при изучении физики на базовом и профильном уровне. – М., 2006.
12. Лабковский В.Б. 220 задач по физике с решениями: книга для учащихся 10—11 кл. общеобразовательных учреждений. – М., 2006.
13. Федеральный компонент государственного стандарта общего образования / Министерство образования РФ. – М., 2004.
14. Касьянов В.А. Физика. 10 кл.: Учебник для общеобразовательных учебных заведений. – М., 2001.
15. Касьянов В.А. Физика. 11 кл.: Учебник для общеобразовательных учебных заведений. – М., 2001.
16. Самойленко П.И., Сергеев А.В. Сборник задач и вопросы по физике: учеб.пособие. – М., 2003.