

# СОДЕРЖАНИЕ

<i>Предисловие</i> . . . . .	5
<b>1. Механика</b>	
1.1. Кинематика . . . . .	6
1.2. Динамика . . . . .	17
1.3. Статика . . . . .	29
1.4. Законы сохранения в механике . . . . .	33
1.5. Механические колебания и волны . . . . .	40
<b>2. Молекулярная физика. Термодинамика</b>	
2.1. Молекулярная физика . . . . .	50
2.2. Термодинамика . . . . .	68
<b>3. Электродинамика</b>	
3.1. Электрическое поле . . . . .	82
3.2. Законы постоянного тока . . . . .	93
3.3. Магнитное поле . . . . .	105
3.4. Электромагнитная индукция. . . . .	111
3.5. Электромагнитные колебания и волны . . . . .	117
3.6. Оптика . . . . .	133
<b>4. Основы специальной теории относительности</b>	
4.1. Инвариантность скорости света. Принцип относительности Эйнштейна . . . . .	148

4.2. Полная энергия . . . . .	150
4.3. Связь массы и энергии. Энергия покоя . . . . .	150
<b>5. Квантовая физика</b>	
5.1. Корпускулярно-волновой дуализм . . . . .	152
5.2. Физика атома . . . . .	159
5.3. Физика атомного ядра . . . . .	171
<b>6. Справочный материал</b>	
Физические постоянные . . . . .	186
Некоторые астрономические величины . . . . .	188
Множители и приставки СИ для образования десятичных кратных и дольных единиц и их наименований . .	188
Единицы для измерения малых длин . . . . .	189
Плотности веществ . . . . .	189
Удельная теплоемкость некоторых веществ . .	191

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Справочник представляет собой краткое изложение школьного курса физики для учащихся старших классов и абитуриентов и ориентирован на подготовку к единому государственному экзамену. В книгу включены материалы по пяти разделам школьной программы: «Механика», «Молекулярная физика. Термодинамика», «Электродинамика», «Основы специальной теории относительности», «Квантовая физика».

Справочник прост и удобен в использовании:

- ▶ материалы школьного курса систематизированы и изложены в конспективной, удобной для повторения и запоминания форме;
- ▶ в справочнике объединены теоретические материалы, соответствующие требованиям и формату ЕГЭ;
- ▶ используемые в справочнике QR-коды дают возможность получить максимально быстрый доступ к информационным ресурсам Интернета.

В каждом QR-коде зашифрована ссылка по конкретной теме на информационный ресурс, которую легко можно считать обычным мобильным телефоном, установив специальную программу типа Urpcode или ScanLife.

Издание подготовлено в соответствии с современными требованиями школьной программы и может быть полезно при выполнении домашних заданий, подготовке к самостоятельным и контрольным работам, единому государственному экзамену.

# 1 МЕХАНИКА

## 1.1. Кинематика

### 1.1.1. Механическое движение и его виды



**Механическое движение** — это изменение положения тела в пространстве относительно других тел с течением времени.

*Система отсчета* — это система координат, тело отсчета, с которым она связана, и прибор для измерения времени (часы) (рис. 1.1).

*Тело отсчета* — это тело, относительно которого рассматривается изменение положения других тел в пространстве.

*Поступательное движение* — это движение твердого тела, при котором прямая, соединяющая две любые точки тела, перемещается параллельно своему начальному направлению.

*Материальная точка* — объект пренебрежимо малых размеров, имеющий массу.

Тело, размерами которого в условиях рассматриваемой задачи можно пренебречь, можно считать материальной точкой.

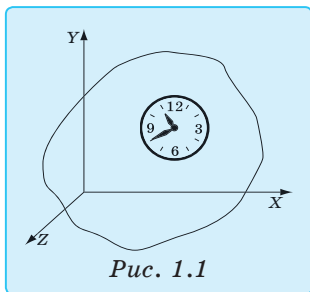


Рис. 1.1



*Траектория* — это линия, которую описывает тело при движении относительно выбранного тела отсчета.

Форма траектории зависит от выбора тела отсчета. Положение точки в пространстве задается двумя способами: 1) с помощью координат; 2) с помощью радиус-вектора.

Положение точки *с помощью координат* задается тремя проекциями точки  $x$ ,  $y$ ,  $z$  на оси декартовой системы координат  $OX$ ,  $OY$ ,  $OZ$ , связанные с телом отсчета (рис. 1.2).

Задание положения точки с помощью радиус-вектора осуществляется соединением точки  $A$  с началом координат  $O$ .

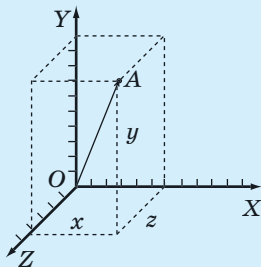
*Радиус-вектором* называется вектор, соединяющий начало отсчета с положением точки в произвольный момент времени.

Точка задана *радиус-вектором*, если известны его длина (модуль) и направление в пространстве.

Для случая движения на плоскости (рис. 1.3):

$$\begin{aligned}x &= r_x = r \cos \alpha, \\y &= r_y = r \sin \alpha.\end{aligned}$$

Если траекторией движения точки является прямая линия, то движение называется **прямолинейным**, а если кривая — **криволинейным**.



Например:  
 $x = 6$ ,  $y = 10$ ,  $z = 4,5$ ,  
тогда  $A(6; 10; 4,5)$

Рис. 1.2



Вектор  $\vec{r}$  возможно также разложить на составляющие по осям  $X$  и  $Y$ , т. е. представить в виде суммы двух векторов:

$$\vec{r} = \vec{r}_x + \vec{r}_y.$$

Таким образом, в соответствии со способами задания координат движение точки можно описать двумя способами: 1) координатным; 2) векторным.

При *координатном способе* описания движения изменение координат точки со временем записывается кинематическими уравнениями, т. е. функциями всех трех ее координат от времени:

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

где  $t$  — время;  $[t] = 1 \text{ с}$ .

Зная кинематические уравнения движения и начальные условия (т. е. положение точки в начальный момент времени), можно определить положение точки в любой момент времени.

При *векторном способе* описания движения точки изменение ее положения со временем задается зависимостью радиус-вектора от времени:

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

*Перемещение* — это вектор, соединяющий положения движущейся точки в начале и в конце некоторого промежутка времени:

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



*Путь* — это длина участка траектории, который пройден материальной точкой за данный промежуток времени.

Путь и перемещение могут совпадать только тогда, когда тело движется равномерно и прямолинейно.

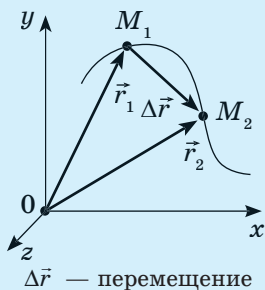


Рис. 1.4

### 1.1.2. Относительность механического движения

**Траектории движения тела будут различными в разных системах отсчета.** Так, например, любая точка на вращающемся пропеллере спускающегося на землю вертолета будет описывать окружность относительно вертолета и гораздо более сложную кривую — винтовую линию, относительно Земли.

*Путь, пройденный телом, также зависит от системы отсчета.* Путь, проделанный точкой на пропеллере относительно вертолета, намного меньше того пути, который она преодолела относительно Земли.



**Относительность** — зависимость механического движения тела от системы отсчета.

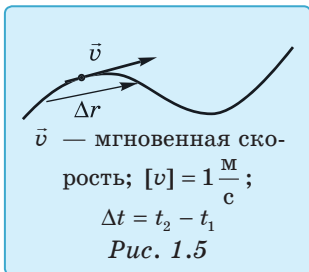


### 1.1.3. Скорость

**Мгновенная скорость точки** — это векторная величина, которая определяется как предел отношения перемещения  $\Delta \vec{r}$  к промежутку времени  $\Delta t$ , в течение которого это перемещение произошло, при стремлении  $\Delta t$  к нулю:

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}.$$

Вектор мгновенной скорости всегда направлен по касательной к траектории движения. Он указывает направление, по которому происходило бы движение тела, если бы с момента времени  $t$  на него перестали действовать любые другие тела (рис. 1.5).



**Средняя путевая скорость точки** — это

скалярная величина, которая равна отношению всего пройденного телом пути ко всему времени движения:

$$v_{\text{cp}} = \frac{\Delta s}{\Delta t},$$

где  $\Delta s$  — путь, пройденный телом;  $[s] = 1 \text{ м}$ .

**Средняя скорость перемещения точки** — это векторная величина, которая равна отношению перемещения точки к промежутку времени, в течение которого это перемещение произошло:

$$\vec{v}_{\text{cp}} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}.$$







Скорости тел относительно разных систем отсчета будут различны.

Если два тела движутся в одной и той же системе отсчета со скоростями  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$ , то скорость первого тела относительно второго  $\vec{v}_{12}$  равна разности скоростей этих тел:

$$\vec{v}_{12} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2.$$

В одном направлении:

$$v_{12} = v_1 - v_2.$$

Встречное движение:

$$v_{12} = v_1 + v_2.$$

### 1.1.4. Ускорение

**Мгновенное ускорение** — векторная физическая величина, равная пределу отношения изменения скорости к промежутку времени, за который это изменение произошло:



$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}.$$

Ускорение может быть разложено на две составляющие: *тангенциальное* — по касательной к траектории движения и *нормальное* — перпендикулярно траектории (рис. 1.6).

Модуль ускорения определяется по формуле:

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

где  $[a] = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ .

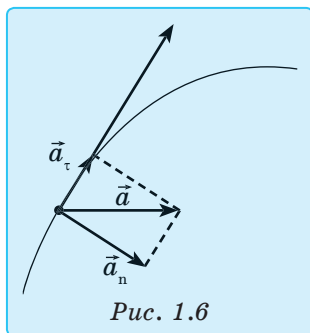


Рис. 1.6



### 1.1.5. Равномерное движение

**Равномерное движение точки** — это движение, при котором за любые равные промежутки времени она проходит равные пути:

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

*Путь* — это площадь под прямой  $v = \text{const}$ .

**Равномерное прямолинейное движение** — это движение, при котором тело перемещается с постоянной по модулю и направлению скоростью:

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



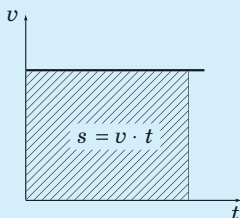
#### Закон равномерного движения точки

$$s = s_0 + vt,$$

где  $s$  — путь, пройденный точкой;

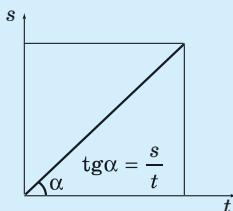
$s_0$  — значение  $s$  в начальный момент времени;

$t$  — время движения.



В данном случае путь — это площадь под прямой,  $v = \text{const}$

Рис. 1.7



Тангенс угла наклона  $\alpha$  прямой  $s(t)$  равен скорости

Рис. 1.8

**Скорость при равномерном прямолинейном движении** — это величина, равная отношению пути ко времени, за которое этот путь пройден:

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



Закон прямолинейного равномерного движения тела по оси  $Ox$ :

$$x = x_0 + v_x t.$$

Перемещение при равномерном прямолинейном движении определяется по формуле:

$$\vec{S} = \vec{v} \cdot t.$$

### 1.1.6. Прямолинейное равноускоренное движение



**Равнопеременное движение точки** — это движение с постоянным ускорением, которое равно изменению скорости за любой конечный интервал времени:

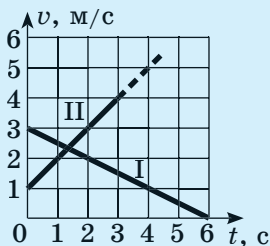
$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}; [a] = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Скорость при прямолинейном равнопеременном движении:

$$v = v_0 + at.$$

Путь при прямолинейном равнопеременном движении:

$$s = v_0 t + \frac{at^2}{2}.$$



I:  $\vec{a} \uparrow \uparrow \vec{v}$  —  
равноускоренное;  
II:  $\vec{a} \uparrow \downarrow \vec{v}$  —  
равнозамедленное

Рис. 1.9

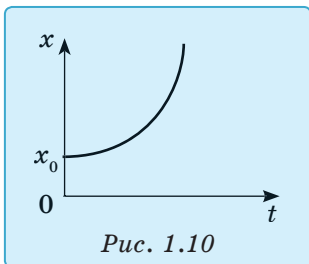


Рис. 1.10

Координаты при прямолинейном равнопеременном движении:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}.$$

В векторной форме:

$$\vec{r} = \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}.$$

### 1.1.7. Свободное падение (ускорение свободного падения)



**Свободное падение** — это движение тела, обусловленное притяжением Земли, при отсутствии начальной скорости и сопротивления среды.

Свободно падающее тело движется поступательно, прямолинейно и равноускоренно.

**Ускорение свободного падения** — это ускорение, с которым движется свободно падающее тело.

Ускорение свободного падения зависит от географической широты. Так, например вблизи полюса  $g = 9,83 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ , а на экваторе —  $g = 9,78 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$ .

**Ускорение свободного падения у поверхности Земли ( $g$ ):**

$$g = 9,8 \frac{\text{М}}{\text{с}^2} \approx 10 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}$$

Высота тела над землей:

$$h = \frac{gt^2}{2}.$$

Скорость тела:

$$v = \sqrt{2gh}.$$



### 1.1.8. Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью. Центробежное ускорение



1

При равномерном движении по окружности численное значение скорости остается постоянным.

*Линейная скорость вращения точки* — это скорость, которая направлена по касательной к траектории в этой точке (рис. 1.11).

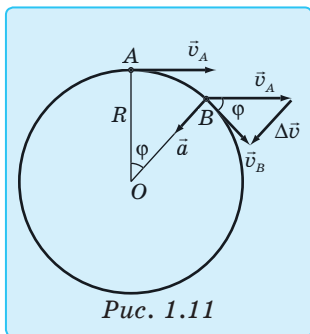
При равномерном вращении модуль скорости с течением времени не изменяется, однако направление скорости в свою очередь зависит от времени. Вследствие этого тело движется с некоторым ускорением. Это ускорение также меняется, поэтому его определяют как мгновенное ускорение, или ускорение в данный момент времени:

$$\vec{a}_{\text{мгнов}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}.$$

Величина этого ускорения равна:  $|\vec{a}_{\text{ц}}| = \frac{v^2}{R}$ , а направлено ускорение к центру окружности перпендикулярно к вектору скорости.

*Период обращения* — это время, за которое совершается один оборот:

$$T = \frac{l_{\text{окр}}}{v} = \frac{2\pi R}{v}.$$





*Частота* — это величина, обратная периоду, то есть число полных оборотов за единицу времени:

Например, точка равномерно движется вдоль окружности радиусом 5 м со скоростью 3 м/с. Тогда центростремительное ускорение равно:

$$a = \frac{(3 \text{ м/с})^2}{5 \text{ м}} = 1,8 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v = \frac{1}{T}; [v] = \frac{1}{\text{с}} = \text{с}^{-1}$$

*Центростремительное ускорение* — это величина, которая характеризует быстроту изменения направления линейной скорости:

$$a = \frac{v^2}{R} = \frac{4\pi^2 R}{T^2} = 4\pi^2 Rv^2.$$

*Угловая скорость тела* — это отношение угла поворота к интервалу времени, в течение которого этот поворот совершен:

$$\omega = \frac{\varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi v, [\omega] = 1 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Закон вращательного движения:

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

где  $\varphi$  — угол поворота тела;

$\varphi_0$  — значение угла поворота в начальный момент времени.

Связь между линейной и угловой скоростями и центростремительным ускорением:

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

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



## 1.2. Динамика

### 1.2.1. Инерциальные системы отсчета. Первый закон Ньютона



**Инерциальной системой отсчета (ИСО)** называется система от-

счета, в которой справедлив закон инерции: материальная точка, когда на нее не действуют никакие силы (или действуют силы, взаимно уравновешенные), находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.

*Свободное тело* — это тело, на которое не оказывают воздействия другие тела.

Любая система отсчета, движущаяся по отношению к инерциальной системе отсчета поступательно, равномерно и прямолинейно, также будет являться *инерциальной* системой отсчета, т. е. в ней выполняется первый закон Ньютона.

Система отсчета, движущаяся с ускорением

#### Первый закон Ньютона

Существуют системы отсчета, называемые инерциальными, относительно которых свободные тела движутся прямолинейно и равномерно.

