

КАРМАННЫЙ СПРАВОЧНИК

Сборник формул по физике

$$pV = \frac{m}{M}RT = \nu RT$$

УДК 373:53
ББК 22.3я721
Ф48

**Физика : сборник основных формул. — Мос-
Ф48** ква : АСТ: Астрель, 2013. — 222, [2] с.

ISBN 978-5-17-027669-1 (ООО «Издательство АСТ»)(Жёл.)

ISBN 978-5-271-10490-9 (ООО «Издательство Астрель»)(Жёл.)

ISBN 978-5-17-058993-7 (ООО «Издательство АСТ»)(ЕГЭ)

ISBN 978-5-271-23666-2 (ООО «Издательство Астрель»)(ЕГЭ)

В справочнике приведены все необходимые форму-
лы школьного курса физики.

**УДК 373:53
ББК 22.3я721**

Подписано в печать 03.04.2013. Формат 60×90¹/₃₂.

Усл. печ. л. 7,0. Печать офсетная.

(Жёл.) Доп. тираж 4000 экз. Заказ № .

(ЕГЭ) Доп. тираж 3000 экз. Заказ № .

ISBN 978-5-17-027669-1 (ООО «Издательство АСТ»)(Жёл.)

ISBN 978-5-271-10490-9 (ООО «Издательство Астрель»)(Жёл.)

ISBN 978-5-17-058993-7 (ООО «Издательство АСТ»)(ЕГЭ)

ISBN 978-5-271-23666-2 (ООО «Издательство Астрель»)(ЕГЭ)

© ООО «Издательство АСТ»

Содержание

Механика	5
Кинематика	5
Динамика	20
Законы сохранения	33
Статика, гидростатика, гидродинамика	46
Молекулярная физика. Термодинамика	57
Молекулярно-кинетическая теория	57
Термодинамика.	
Изменение агрегатного состояния вещества ...	68
Электродинамика	82
Электростатика точечных зарядов	82
Проводники и диэлектрики	
в электрическом поле. Емкость	92
Постоянный электрический ток	102
Работа и мощность тока	112
Электрический ток в различных средах	122
Магнитное поле	129
Электромагнитная индукция	138

Колебания и волны	145
Механические колебания	145
Механические волны	154
Электромагнитные колебания	160
Электромагнитные волны	171
Геометрическая и волновая оптика	174
Геометрическая оптика	174
Волновая оптика	188
Элементы специальной теории относительности	196
Квантовая физика	200
Световые кванты	200
Атомная физика	204
Элементарные частицы	209
Приложения	218

Механика

Кинематика

Основные понятия кинематики

Механическое движение — изменение положения тела в пространстве с течением времени.

Система отсчета — совокупность тела отсчета и связанной с ним системы координат, а также часов.

Материальная точка — идеальный объект (модель), размером которого можно пренебречь, т. е. в условиях конкретной задачи можно не учитывать размеры тела.

Абсолютно твердое тело — это тело, форма и размеры которого не меняются под воздействием других тел.

Поступательное движение — движение, при котором все части тела движутся одинаково.

Траектория — линия, вдоль которой движется тело.

Закон движения определяет положение материальной точки в любой момент времени:

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

или

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

Радиус-вектор $\vec{r}_0$ — вектор, проведенный из начала координат в ту точку, где находится тело (рис. 1).

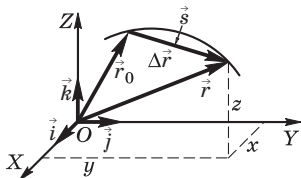


Рис. 1

Проекции радиус-вектора на оси координат совпадают с координатами точки:

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

Модуль радиус-вектора:

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

Вектор, проведенный из точки, где в начальный момент находилось тело, в точку, где оно находится в момент времени t , называется *перемещением* s тела:

$$\vec{s} = \Delta\vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0.$$

Проекции вектора перемещения s на оси координат:

$$s_x = \Delta x = x - x_0;$$

$$s_y = \Delta y = y - y_0;$$

$$s_z = \Delta z = z - z_0.$$

Модуль вектора перемещения:

$$\begin{aligned} s = |\vec{s}| &= \sqrt{s_x^2 + s_y^2 + s_z^2} = \\ &= \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 + (z - z_0)^2}. \end{aligned}$$

Пройденный путь l — длина дуги траектории, пройденной телом за время t .

Вектор средней скорости $\vec{v}_{\text{ср}}$ за интервал времени Δt :

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

Средняя путевая скорость за интервал времени Δt :

$$v_{\text{с}} = \frac{l}{\Delta t}.$$

Мгновенная скорость $\vec{v}$ определяется как предел, к которому стремится средняя скорость за бесконечно малый промежуток

времени Δt , т.е. производная вектора перемещения по времени:

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k};$$

проекции вектора мгновенной скорости на оси координат:

$$v_x = \frac{dx}{dt}; v_y = \frac{dy}{dt}; v_z = \frac{dz}{dt};$$

модуль вектора мгновенной скорости:

$$v = |\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}.$$

Модуль вектора мгновенной скорости:

$$v = \frac{|d\vec{r}|}{dt} = \frac{ds}{dt}.$$

Единица скорости: $[v] = 1 \text{ м/с}$.

Вектор среднего ускорения $\vec{a}_{\text{ср}}$ равен отношению изменения скорости $\Delta\vec{v}$ к интервалу времени Δt , за который это изменение произошло:

$$\vec{a}_{\text{ср}} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}.$$

Мгновенным ускорением (или просто ускорением) $\vec{a}$ тела называют предел отношения изменения скорости $\Delta\vec{v}$ к малому про-

межутку времени Δt , в течение которого происходило это изменение:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = a_x \vec{i} + a_y \vec{j} + a_z \vec{k};$$

проекции вектора ускорения на оси координат:

$$a_x = \frac{dv_x}{dt}; a_y = \frac{dv_y}{dt}; a_z = \frac{dv_z}{dt};$$

модуль вектора ускорения:

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

Единица ускорения: $[a] = 1 \text{ м/с}^2$.

Равномерное прямолинейное движение

Равномерным прямолинейным называют движение, при котором траектория — прямая линия, а тело за любые равные промежутки времени проходит равные пути.

Кинематические уравнения равномерного прямолинейного движения:

$$\begin{aligned}\vec{a} &= \text{const} = 0, \\ \vec{v} &= \vec{v}_0 = \text{const}, \\ \vec{r} &= \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t, \\ \vec{s} &= \Delta \vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0 = \vec{v}_0 t\end{aligned}$$

(здесь в момент времени $t_0 = 0$ радиус-вектор равен $\vec{r}_0$, а скорость тела равна $\vec{v}_0$).

Проекции кинематических уравнений на ось OX :

$$\begin{aligned}a_x &= \text{const} = 0, \\v_x &= v_{0x} = \text{const}, \\x &= x_0 + v_x t, \\s_x &= \Delta x = x - x_0 = v_x t.\end{aligned}$$

При прямолинейном движении пройденный путь l равен модулю вектора перемещения s :

$$l = s = |x - x_0| = |v_x|t = vt.$$

Равнопеременное прямолинейное движение

Равнопеременным прямолинейным называют движение по прямолинейной траектории с постоянным по модулю и направлению ускорением.

Кинематические уравнения равнопеременного прямолинейного движения:

$$\begin{aligned}\vec{a} &= \text{const}, \\\vec{v} &= \vec{v}_0 + \vec{a}t, \\\vec{r} &= \vec{r}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}, \\\vec{s} &= \Delta \vec{r} = \vec{r} - \vec{r}_0 = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}\end{aligned}$$

(здесь в момент времени $t_0 = 0$ радиус-вектор равен $\vec{r}_0$, а вектор скорости тела равен $\vec{v}_0$ и направлен параллельно вектору ускорения $\vec{a}$).

Проекции кинематических уравнений на ось OX :

$$a_x = \text{const},$$

$$v_x = v_{0x} + a_x t,$$

$$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{a_x t^2}{2},$$

$$s_x = \Delta x = x - x_0 = v_x t + \frac{a_x t^2}{2},$$

$$s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}.$$

Движение тела вблизи поверхности Земли

Свободным падением называют движение тела под действием притяжения Земли в отсутствие сопротивления воздуха.

Ускорение свободного падения $\vec{g}$ — постоянное по модулю и направлению ускорение, с которым тело движется вблизи поверхности Земли. В любой точке вблизи поверхности Земли вектор $\vec{g}$ направлен к центру; $\vec{g} = |\vec{g}| = 9,8 \text{ м/с}^2 \approx 10 \text{ м/с}^2$.

Траектория движения материальной точки с момента времени $t_0 = 0$, когда радиус-вектор равен $\vec{r}_0$, вектор скорости тела

равен $\vec{v}_0$ и направлен под углом α к горизонту, изображена на рис. 2.

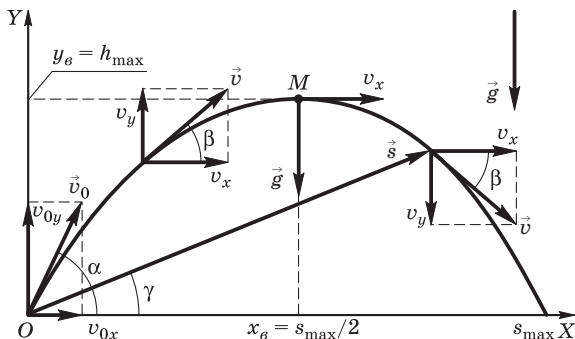


Рис. 2

Вектор мгновенной скорости, радиус-вектор в произвольный момент времени t , а также вектор перемещения материальной точки за время t :

$$\begin{aligned}\vec{v} &= \vec{v}_0 + \vec{g}t, \\ \vec{r} &= \vec{r}_0 + \vec{v}_0t + \frac{\vec{g}t^2}{2}, \\ \vec{s} = \Delta\vec{r} &= \vec{r} - \vec{r}_0 = \vec{v}_0t + \frac{\vec{g}t^2}{2}.\end{aligned}$$

Движение тел, брошенных под углом к горизонту, можно рассматривать как результат наложения двух одновременных движе-

ний по горизонтальной и вертикальной осям (OX и OY) произвольной неподвижной системы координат (см. рис. 2).

Проекции вектора ускорения $\vec{g}$ и вектора начальной скорости $\vec{v}_0$ на оси координат:

$$g_x = 0, g_y = -g, v_{0x} = v_0 \cos \alpha, v_{0y} = v_0 \sin \alpha.$$

Уравнения движения в проекциях на оси координат:

$$v_x = v_{0x} + g_x t = v_0 \cos \alpha,$$

$$x = x_0 + v_{0x} t + \frac{g_x t^2}{2} = v_0 t \cos \alpha,$$

$$v_y = v_{0y} + g_y t = v_0 \sin \alpha - gt,$$

$$y = y_0 + v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2} = v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}.$$

Время подъема t_{Π} на максимальную высоту:

$$t_{\Pi} = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}.$$

Максимальная высота подъема $h_{\max}$:

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

Время движения $t_{\text{д}}$:

$$t_{\text{д}} = \frac{2v_0 \sin \alpha}{g}.$$

Максимальная дальность полета s_{max} :

$$s_{\text{max}} = v_0 t_{\text{д}} \cos \alpha = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}.$$

Модуль вектора скорости в произвольный момент времени:

$$v = \sqrt{v_0^2 \cos^2 \alpha + (v_0 \sin \alpha - gt)^2},$$

а его направление определяется углом наклона β к горизонту:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v_0 \sin \alpha - gt}{v_0 \cos \alpha}.$$

Модуль вектора перемещения $\vec{s}$ за произвольный интервал времени равен:

$$s = \sqrt{v_0^2 t^2 \cos^2 \alpha + (v_0 \sin \alpha - gt)^2},$$

а его направление определяется углом наклона γ к горизонту:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{v_0 t \sin \alpha - \frac{gt^2}{2}}{v_0 t \cos \alpha}.$$

Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью

Произвольное движение материальной точки по криволинейной траектории можно представить как движение по дугам окружностей различных радиусов R (рис. 3).



Рис. 3

Если движение материальной точки происходит в плоскости (например, XOY), то вектор ускорения $\vec{a}$ можно разложить на две составляющие:

$$\vec{a} = \vec{a}_n + \vec{a}_\tau.$$

Здесь $\vec{a}_n$ — *нормальное (центростремительное) ускорение*, характеризующее быстроту изменения направления вектора скорости, а $\vec{a}_\tau$ — *тангенциальное ускорение*, характеризующее быстроту изменения модуля скорости материальной точки. Вектор центростремительного ускорения $\vec{a}_n$

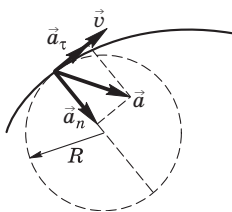


Рис. 4

всегда направлен к центру кривизны траектории (рис. 4), а вектор тангенциального ускорения $\vec{a}_\tau$ направлен по касательной к траектории в данной точке.

Модули полного центростремительного и тангенциального ускорений:

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

$$a_n = |\vec{a}_n| = \frac{v^2}{R},$$

$$a_\tau = \frac{dv}{dt}.$$

Если $a_n = 0$, то при любых значениях скорости движение точки происходит по прямой линии.

Если $a_n = 0$ и $a_\tau = 0$, но скорость отлична от нуля, то движение по прямой будет равномерным.

Если $a_n \neq 0$, то движение точки криволинейное.

Если $a_\tau = 0$, $a_n = \text{const}$, то точка движется по окружности с постоянной по модулю скоростью.

Положение точки A на окружности в любой момент времени однозначно определяется углом φ между осью OX и радиус-вектором $\vec{R}$, проведенным из центра к движущейся точке (рис. 5).

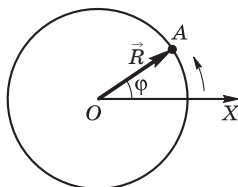


Рис. 5

Угловой скоростью ω при движении точки по окружности с постоянной по модулю скоростью называют отношение угла $\Delta\varphi$ поворота радиус-вектора к промежутку времени Δt , за который этот поворот произошел:

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

Единица измерения угловой скорости: $[\omega] = \text{рад/с}$.

Угол поворота радиус-вектора в произвольный момент времени t :

$$\varphi(t) = \varphi_0 + \omega t$$

(φ_0 — начальный угол в момент времени $t_0 = 0$).

Если при движении по окружности с постоянной по модулю скоростью точка совер-