

# Формулы по физике для школьника, сдающего ГИА по ФИЗИКЕ (9 класс)

## Кинематика

Линейная скорость [м/с]:

- **путевая:**  $V_{п} = \frac{L}{\Delta t}$ ;
- **средняя:**  $\vec{V}_{CP} = \frac{\vec{S}}{\Delta t}$ ; в **проекции на ось X:**  $V_{CP\_X} = \frac{S_X}{\Delta t}$ , где  $S_X = x_{\Delta t} - x_0$ ;
- **мгновенная:**  $\vec{V}_{(t)} = \frac{\vec{S}}{\Delta t_{(\Delta t \rightarrow 0)}}$ , направление:  $\vec{V}_{(t)} \uparrow \uparrow$  касательная к траектории;

здесь:  $L$  – путь [м];  $\Delta t = t - t_0$  – интервал времени [с] (при  $t_0 = 0$ :  $\Delta t = t$ );  $S$  – перемещение [м];  $x_{\Delta t}$ ,  $x_0$  – конечная и начальная координаты [м].

Линейное ускорение [м/с<sup>2</sup>]:

среднее:  $\vec{a}_{CP} = \frac{\vec{V}_{\Delta t} - \vec{V}_0}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{V}}{\Delta t}$ ; в **проекции на ось X:**  $a_X = \frac{V_{\Delta X} - V_{0X}}{\Delta t}$ ;

здесь:  $V_{\Delta t}$ ,  $V_0$  – конечная и начальная скорости.

**Формула скоростей РУД:**  $V_{\Delta X} = V_{0X} + a_X \cdot \Delta t$ .

**Формула перемещения РУД:** **основная:**  $S_X = V_{0X} \cdot \Delta t + \frac{a_X \cdot \Delta t^2}{2}$ ;

вспомогательная:  $S_X = \frac{V_{\Delta X}^2 - V_{0X}^2}{2a_X}$ .

Уравнение РУД:  $x_{\Delta t} = x_0 + V_{0X} \cdot t + \frac{a_X \cdot t^2}{2}$ .

Теорема скоростей Галилея для перехода из одной СО в другую (в проекции на ось X):

$$V_{CO1x} = V_{CO2x} + V_{CO1,CO2x};$$

здесь: СО – система отсчета;  $V_{CO1x}$  – проекция скорости в СО1,  $V_{CO2x}$  – проекция скорости в СО2,  $V_{CO1,CO2x}$  – проекция скорости СО1 относительно СО2.

**Равномерное движение по окружности:**

- средняя угловая скорость [рад/с]:  $\omega_{CP} = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t}$ ,  $\Delta \varphi$  – изменение угловой координаты [рад];

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu; T - \text{период вращения [с], } \nu - \text{частота вращения [об/с].}$$

- связь между линейной и угловой скоростями:

$$V = \omega R, R - \text{длина радиус-вектора от центра вращения до движущейся точки.}$$

- **центростремительное ускорение:**

величина:  $a_{цс} = \frac{V^2}{R} = \omega^2 R$ ; направление:  $\vec{a}_{цс} \downarrow \uparrow \vec{R}$  (т.е. направлено к центру вращения).

## Динамика

**2-й закон Ньютона:**

- **основной:** для ИСО  $\rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots}{m}$ ;

здесь: ИСО – инерциальная СО (покоится или совершает прямолинейное равномерное движение).

- в проекциях на оси X и Y (2зН<sub>X</sub> и 2зН<sub>Y</sub>): 
$$\begin{cases} ma_X = F_{1X} + F_{2X} + \dots \\ ma_Y = F_{1Y} + F_{2Y} + \dots \end{cases}$$

здесь:  $m$  – масса тела [кг],  $F_1, F_2, \dots$  - силы, действующие на тело [Н].

**3-й закон Ньютона:** для ИСО  $\rightarrow \vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ ;  $F_{12}$  и  $F_{21}$  - силы взаимодействия между телами **1** и **2**.

Сила гравитации [Н]:

- величина (для шаров и материальных точек):  $F_{gp} = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$ ,

здесь:  $m_1$  и  $m_2$  – массы тел,  $R$  – расстояние между ними;  $G$  – гравитационная постоянная;

- направление – притяжение; по прямой, соединяющей точки (центры шаров).

Сила тяжести (для «плоской» Земли) [Н]:

- величина:  $F_{тяж} = mg$ , где  $g = \frac{GM_3}{R_3^2} = 9,8 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения на Земле;
- направление – вертикально вниз.

Сила упругости [Н]:

- величина (закон Гука):  $F_{упр} = k \cdot \Delta x$ ,

здесь:  $k$  – жёсткость упругого тела [Н/м],  $\Delta x$  - деформация тела по оси X [м];

- направление:  $\vec{F}_{упр} \downarrow \uparrow \Delta \vec{x}$ .

Сила трения скольжения [Н]:

- величина:  $F_{тр_ск} = \mu \cdot N$ ,  $\mu$  - коэффициент трения,  $N$  – реакция опоры [Н];
- направление:  $\vec{F}_{тр} \downarrow \uparrow \vec{V}$ .

**Импульс тела** [кг · м/с]:  $\vec{p} = m \cdot \vec{V}$ ; изменение импульса:  $\Delta \vec{p} = \vec{p}_{\Delta t} - \vec{p}_0$ .

2-й закон Ньютона в импульсной форме:  $\vec{p}_{\Delta t} - \vec{p}_0 = \vec{F} \cdot \Delta t$ ;

здесь:  $\Delta t$  – продолжительность действия силы  $F$ .

### Законы сохранения в механике

#### Закон сохранения импульса

- для ЗСТ  $\Rightarrow \Sigma \vec{p}_{i_0} = \Sigma \vec{p}_{i_{\Delta t}}$ ,

- в проекции на ось X (ЗСИ<sub>X</sub>): для ЗСТ<sub>X</sub>  $\Rightarrow \Sigma p_{i_0_X} = \Sigma p_{i_{\Delta t}_X}$ ,

здесь: ЗСТ<sub>X</sub> - замкнутая система тел (СТ) по оси X: сумма проекций на ось X действующих на СТ внешних сил равна нулю или время их действия мало;  $p_{i_0_X}$  и  $p_{i_{\Delta t}_X}$  – проекция на ось X импульса  $i$ -го тела из СТ до и после взаимодействия.

**Работа силы** [Дж] при прямолинейном движении:

$A_F = FS \cos \alpha$ ,  $\alpha$ - угол между  $\vec{F}$  и  $\vec{S}$ .

**Мощность** [Вт] (механическая):

- средняя:  $P_{cp} = \frac{A_F}{\Delta t}$ ;
- мгновенная:  $P(t) = FV \cos \alpha$ ,  $\alpha$  - угол между  $\vec{F}$  и  $\vec{V}$ .

Энергия [Дж]:

- кинетическая:  $E_K = \frac{mV^2}{2}$ ;

- потенциальная:

- гравитационного поля (консервативная сила – сила гравитации):  $E_{П\_ГРАВ} = mgh$ ,

здесь:  $h$  – высота, измеряемая от «нулевого» уровня [м];

- упругих сил (консервативная сила – сила упругости):  $E_{П\_УПР} = \frac{k \Delta x^2}{2}$ ;

- механическая:  $E_M = E_K + E_P$ .

Работа консервативной (потенциальной) силы при перемещении из т. 1 в т. 2:

$$A_{КОНС\_12} = E_{П\_1} - E_{П\_2}.$$

**Формула изменения механической энергии** тела при перемещении из т. 1 в т. 2 (ФИМЭ):

$$E_{K\_1} + E_{П\_1} + \sum A_{Fi-НЕКОНС\_12} = E_{K\_2} + E_{П\_2};$$

здесь:  $A_{Fi-НЕКОНС\_12}$  – работа  $i$ -й неконсервативной силы на участке 1 - 2.

**Закон сохранения механической энергии** тела при перемещении из т. 1 в т. 2 (ЗСМЭ):

если сумма работ неконсервативных сил равна нулю  $\Rightarrow E_{K\_1} + E_{П\_1} = E_{K\_2} + E_{П\_2}$ .

#### Статика, гидростатика

Момент силы  $F$  относительно точки  $A$  [Н·м]:  $M_{FA} = \pm F \cdot h_A$ ,

здесь:  $h_A$  – плечо силы относительно точки  $A$  [м]; правило знаков: «+» - при вращении против часовой стрелки, «-» - при вращении по часовой стрелке.

**Уравнения статики** для плоской системы сил: 
$$\begin{cases} \sum F_{i\_X} = 0; \\ \sum F_{i\_Y} = 0; \\ \sum M_{Fi\_A} = 0; \end{cases}$$

здесь: (X,Y) - любая система координат,  $A$  – любая точка тела.

Определение положения центра тяжести (ЦТ) тела – из равенства:

$\sum M_{mg\_ЦТ} = 0$ , где  $mg$  – силы тяжести фрагментов тела.

Давление [Па] среднее:  $p_{CP} = \frac{F_{Д\_n}}{S}$ ;

здесь:  $F_{Д\_n}$  – сила давления, перпендикулярная площадке,  $S$  – площадь площадки.

Закон Паскаля:

в любой точке покоящейся жидкости:  $p = const$  (ориентация площадки в пространстве).

Гидростатическое давление покоящейся жидкости:  $p = \rho_{Ж} gh$ ;

здесь:  $\rho_{Ж}$  - плотность жидкости [кг/м<sup>3</sup>] (вода:  $\rho_{В} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>),  $h$  - высота столба жидкости [м].

**Давление атмосферное** (баромерическая формула):  $p_A = \rho_{PT} gh_{PT.CT.} \approx 10^5$  Па;

здесь:  $\rho_{\text{рт}}$  – плотность ртути (13600 кг/м<sup>3</sup>);  $h_{\text{рт.ст}}$  - высота столба ртути (нормальное атмосферное давление: 760 мм. рт. ст.).

**Закон Архимеда** для покоящейся жидкости:

- сила Архимеда возникает только при наличии жидкости под телом;
- **величина силы Архимеда:**  $F_A = \rho_{\text{ж}} g V_{\text{выт}}$  ;

здесь:  $V_{\text{выт}}$  – объём вытесненной телом жидкости [м<sup>3</sup>];

- направление: вертикально вверх и приложена к центру тяжести погруженной в жидкость части тела.

Молекулярная физика и тепловые явления

**Уравнение теплового баланса:**  $|Q_{\text{отд}}| = Q_{\text{получ}}$  ;

здесь:  $Q_{\text{отд}}$  – теплота, отданная более горячим телом (телами) [Дж];  $Q_{\text{пол}}$  – теплота, полученная более холодным телом (телами) [Дж].

Теплота:

- при нагреве/охлаждении:  $Q_{\text{н/о}} = mc(T_2 - T_1)$  ;
- при плавлении/кристаллизации:  $Q_{\text{пл/кр}} = \lambda m$  ;
- при парообразовании (кипении)/конденсации:  $Q_{\text{пар/кон}} = rm$  ;

здесь:  $m$  – масса тела;  $T_1$  и  $T_2$  – начальная и конечная температуры тела [°C] ;  $c$  – удельная теплоемкость вещества [Дж/(кг·°C)] (табличное значение);  $\lambda$  – удельная теплота плавления вещества [Дж/кг] (табличное значение);  $r$  – удельная теплота парообразования вещества [Дж/кг] (табличное значение).

**Мощность** [Вт] (тепловая):  $P = \frac{Q}{\Delta t}$ .

**КПД теплового двигателя:**  $\eta_{\text{тд}} = \frac{Q_{\text{н}} - |Q_{\text{х}}|}{Q_{\text{н}}} = \frac{A_{\text{п}}}{Q_{\text{н}}}$  ;

здесь:  $Q_{\text{н}}$  – теплота, полученная от нагревателя;  $Q_{\text{х}}$  – теплота, отданная холодильнику;  $A_{\text{п}}$  – полезная работа двигателя.

Относительная влажность воздуха:  $\varphi(t^{\circ}) = \frac{\rho_{\text{п}} \cdot 100\%}{\rho_{\text{нас}}(t^{\circ})} \leq 100\%$  ;

здесь:  $\rho_{\text{п}}$  – плотность [г/м<sup>3</sup>] ненасыщенного водяного пара;  $\rho_{\text{нас}}(t^{\circ})$  - плотность насыщенного водяного пара при данной температуре (табличное значение).

Электрические и магнитные явления, постоянный электрический ток

**Закон сохранения электрического заряда:** для изолированной системы зарядов  $\Rightarrow q_{\text{сис}} = \text{const}(t)$  .

**Сила тока** [А]:  $I = \frac{q_{\text{прош}}}{\Delta t}$  ,  $q_{\text{прош}}$  – заряд, прошедший через проводник [Кл].

**Закон Ома** для участка цепи 1-2:  $I_{12} = \frac{U_{12}}{R_{12}}$  ;

здесь:  $U_{12}$  – напряжение между точками 1 и 2 [В];  $R_{12}$  – сопротивление участка цепи 1-2 [Ом].

**Сопротивление линейного проводника:**  $R_{12} = \rho_{эл} \frac{L_{12}}{S}$ ;

здесь:  $\rho_{эл}$  – удельное сопротивление материала проводника [Ом·м или Ом·мм<sup>2</sup>/м] (табличное значение);  $L_{12}$  – длина проводника [м];  $S$  – площадь поперечного сечения проводника [м<sup>2</sup> или мм<sup>2</sup>].  
Сопротивление магазина резисторов:

- **последовательного** соединения:  $R_{пос} = R_1 + R_2 + \dots$ ; для  $n$  одинаковых:  $R_{пос} = nR$  ;
- **параллельного** соединения:  $\frac{1}{R_{пар}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots$ ; для  $n$  одинаковых:  $R_{пар} = \frac{R}{n}$  .

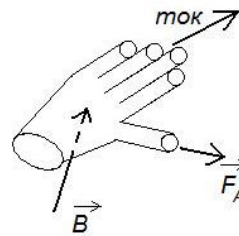
**Мощность электрического тока** [Вт]:  $P = U_{12} I_{12} = I_{12}^2 R_{12} = \frac{U_{12}^2}{R_{12}}$  .

Закон Джоуля-Ленца:

количество теплоты, выделившееся в проводнике с током за время  $\Delta t$ :  $Q = I_{12}^2 R_{12} \Delta t$  .

Сила Ампера, действующая на проводник с током в магнитном поле:

направление силы:  $\begin{cases} \vec{F}_A \perp \vec{B} \\ \vec{F}_A \perp \text{проводник} \\ \text{правило ЛЕВОЙ руки} : \end{cases}$



здесь:  $B$  – магнитная индукция поля [Тл].

### Колебания и волны, свет

Период колебаний [с]:  $T = \frac{1}{\nu}$ , здесь:  $\nu$  - частота колебаний [Гц].

**Формула связи длины волны и её периода:**  $V_B = \frac{\lambda}{T} = \lambda \nu$  ,

здесь:  $V_B$  – скорость волны,  $\lambda$  - длина волны [м],  $T$  и  $\nu$  - период и частота колебаний волны.

Скорость электромагнитной волны - ЭМВ (света) в веществе (в среде **1**):  $V_{ЭМВ-1} = \frac{c}{n_1}$  ,

здесь:  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с - скорость света в вакууме,  $n_1$  – абсолютный показатель преломления среды **1**.

**Закон отражения** волны:  $\alpha = \beta$  , где  $\alpha$  и  $\beta$  - углы падения и отражения лучей волны.

**Закон преломления** ЭМВ (света) при переходе из среды **1** в среду **2**:  $\frac{\sin \alpha_1}{\sin \gamma_2} = \frac{V_{ЭМВ-1}}{V_{ЭМВ-2}} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$  ;

здесь:  $\alpha_1$  - угол падения луча в среде **1**,  $\gamma_2$  - угол преломления луча в среде **2**,  $n_{21}$  - относительный показатель преломления среды **2** относительно среды **1**.

Оптическая сила тонкой линзы [дптр]:  $D = \frac{1}{F}$  ,  $F$  - фокусное расстояние линзы [м].