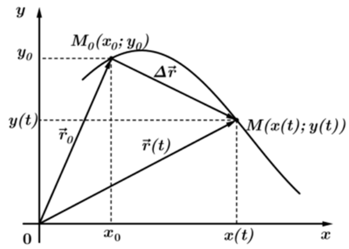
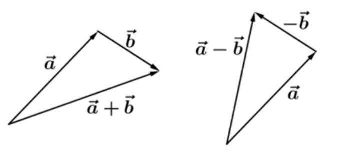
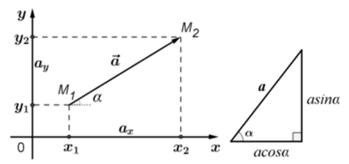
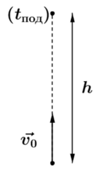
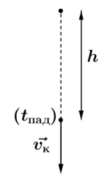
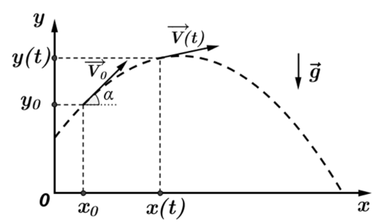
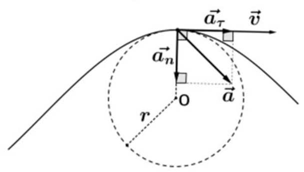
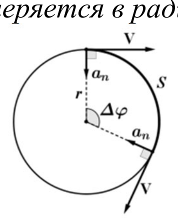
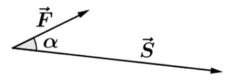
# Механика

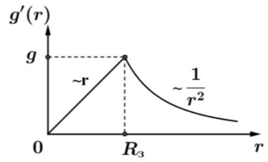
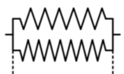
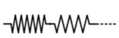
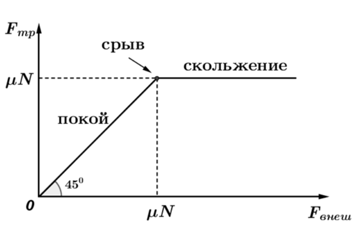
| | |
|---|---|
| Описание движения точки на плоскости | $\vec{r}(t)=\vec{r_0}+\Delta\vec{r}$<br>$r_x(t)=x(t)\,,\ r_{0x}=x_0$<br>$\vec{v}=\dot{\vec{r}}\,,\quad v_x=\dot{x}$<br>$\vec{a}=\dot{\vec{v}}=\ddot{\vec{r}}\,,\ \ a_x=\dot{v}_x=\ddot{x}$<br>*(аналогично для других осей)*<br> |
| Векторы | <br>$a_x=x_2-x_1=a\cos\alpha$<br>$a_y=y_2-y_1=a\sin\alpha$ |
| Равномерное прямолинейное движение | $\vec{r}(t)=\vec{r_0}+\vec{v_0}t$<br>$x(t)=x_0+v_{0x}t$<br>$\vec{v}(t)=\overrightarrow{const}\,,\ \ \vec{a}=0$ |
| Равноускоренное движение | $\vec{r}(t)=\vec{r_0}+\vec{v_0}t+\frac{\vec{a}t^2}{2}$<br>$x(t)=x_0+v_{0x}t+\frac{a_xt^2}{2}$<br>$\vec{v}(t)=\vec{v_0}+\vec{a}t$<br>$v_x(t)=v_{0x}+a_xt$<br>$\vec{a}=\overrightarrow{const}$<br>$\vec{v}_{ср}=\frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}\,,\ \ v_{ср.пут.}=\frac{S}{\Delta t}$<br>$S=\frac{\lvert v^2 - v_0^2\rvert}{2a}\,,\ \ S=v_0t\pm\frac{at^2}{2}$ - *при движении без разворотов*<br>$S=\sum_i\lvert\Delta x_i\rvert$, *движение вдоль оси x, на i-м промежутке нет разворотов* |

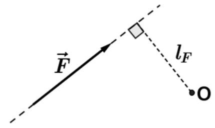
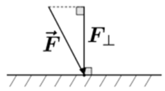
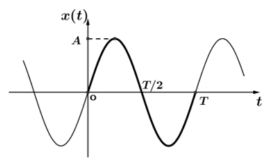
| | |
|---|---|
| Свободное падение. Движение тела, брошенного вертикально. | $y(t)=y_0\pm v_0t-\frac{gt^2}{2}$<br>$v_y(t)=\pm v_0-gt$<br>$a_y=-g$ *(ось y направлена вверх)*<br>*Подъем на высоту h:*<br>$h=\frac{v_0^2}{2g},\ v_0=\sqrt{2gh}$<br>$t_{под}=\frac{v_0}{g}=\sqrt{\frac{2h}{g}}$<br><br>*Падение с высоты h без начальной скорости:*<br>$h=\frac{v_к^2}{2g},\ v_к=\sqrt{2gh}$<br>$t_{пад}=\frac{v_к}{g}=\sqrt{\frac{2h}{g}}$<br> |
| Свободное падение. Движение тела, брошенного горизонтально. | $x(t)=x_0+v_0t\,,\ v_x(t)=v_0$<br>$y(t)=y_0-\frac{gt^2}{2}\,,\ v_y(t)=-gt$<br>$a_y=-g$ *(ось y направлена вверх)*<br>$t_{пад}=\sqrt{\frac{2y_0}{g}}$, *как и в случае падения без начальной скорости* |
| Свободное падение. Движение тела, брошенного под углом к горизонту. | $x(t)=x_0+v_0\cos\alpha\cdot t$<br>$y(t)=y_0+v_0\sin\alpha\cdot t-\frac{gt^2}{2}$<br>$v_x(t)=v_0\cos\alpha$<br>$v_y(t)=v_0\sin\alpha-gt\,,$<br>$a_y=-g$<br> |

| | |
|---|---|
| Разложение ускорения на тангенциальную и нормальную составляющие | $\vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$<br>$a_\tau = \dot{v}$ – *отвечает за изменение модуля скорости*<br>$a_n = \dfrac{v^2}{r}$ – *отвечает за изменение направления скорости*<br><br>*O - центр кривизны*<br>***r*** *- радиус кривизны* |
| Равномерное движение по окружности | $a_n = \dfrac{\mathrm{v}^2}{r} = \omega^2 r = \mathrm{v}\omega$<br>$\mathrm{v} = \omega r\,, \quad \nu = \dfrac{1}{T}$<br>$\omega = 2\pi\nu = \dfrac{2\pi}{T} = \dfrac{\Delta\varphi}{\Delta t} = \dot{\varphi}$<br>$S = \mathrm{v}t = r\Delta\varphi$<br>*(φ измеряется в радианах)*<br> |
| Преобразование скоростей при переходе в другую СО | $\vec{v}_{1отн2} = \vec{v}_1 - \vec{v}_2$ |
| Принцип суперпозиции сил | $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \ldots$ |
| Второй закон Ньютона (в ИСО) | $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ |
| Второй закон Ньютона в импульсной форме | $\vec{F} = \dfrac{d\vec{p}}{dt} = \dot{\vec{p}},$<br>$\vec{F} = const \rightarrow \vec{F} = \dfrac{\Delta\vec{p}}{\Delta t}$<br>$\Delta\vec{p}_{\vec{F}} = \vec{F}\cdot\Delta t$ - *импульс силы*<br>$(\vec{F} = const\,)$ |
| Импульс материальной точки | $\vec{p} = m\vec{v}$ |

| | |
|---|---|
| Работа постоянной силы $\vec{F}$ по перемещению $\vec{S}$ | $A = (\vec{F}\cdot\vec{S}) = \lvert\vec{F}\rvert\cdot\lvert\vec{S}\rvert\cdot\cos\alpha_{\vec{F},\vec{S}}$<br> |
| Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия двух тел | $E_{пот.грав.} = C - G\dfrac{mM}{R}$<br>*(C - произвольная константа)* |
| Потенциальная энергия гравитационного взаимодействия тела землей вблизи поверхности | $E_{пот.грав.} = mgh$<br>*(h - высота над произвольно выбранным нулевым уровнем потенциальной энергии)* |
| Потенциальная энергия пружины жесткостью $k$, деформированной на $\Delta x$ | $E_{пот.упр.} = \dfrac{k(\Delta x)^2}{2}$ |
| Кинетическая энергия | $E_{кин} = \dfrac{mv^2}{2} = \dfrac{p^2}{2m}$ |
| Мощность силы | $N = A/t = F\cdot v\cdot\cos\alpha$ |
| Теорема о кинетической энергии системы | $E_{кин2} - E_{кин1} = A^{всех}$<br>$A^{всех}$ - *работа всех (внутренних и внешних) сил, действующих на тела системы* |
| Закон сохранения полной механической энергии | *В ИСО, для системы, на которую и в которой действуют только потенциальные силы:*<br>$E_{кин1} + E_{пот1} = E_{кин2} + E_{пот2}$,<br>*или* $\Delta E_{полн.мех.} = 0$ |
| Изменение полной механической энергии (общий случай) | *В ИСО, для незамкнутой системы:*<br>$E_{кин1} + E_{пот1} + A^{непот} =$<br>$= E_{кин2} + E_{пот2}$<br>*или* $\Delta E_{полн.мех.} = A^{непот}$<br>$Q = -A^{диссип}$<br>*Q – выделившееся тепло* |

## Механика

| | |
|---|---|
| Закон всемирного тяготения | $F_{тяг} = G\dfrac{m_1 m_2}{r^2}$ |
| Сила тяжести вблизи поверхности Земли | $F_{тяж} = mg$ |
| Первая и вторая космические скорости | $v_{1к} = \sqrt{\dfrac{GM}{R}} = \sqrt{g_{пл}R}$ <br> $v_{2к} = \sqrt{\dfrac{2GM}{R}} = \sqrt{2g_{пл}R}$ <br> *для Земли* $v_{1к} \approx 7{,}9$ *км/с,* <br> $v_{2к} \approx 11{,}2$ *км/с* |
| Зависимость ускорения свободного падения от расстояния до центра Земли | *Под землей:* $g'(r) = \dfrac{GM_з}{R_з^3} \cdot r \sim r$ <br> *Над землей:* $g'(r) = \dfrac{GM_з}{r^2} \sim \dfrac{1}{r^2}$ <br> *На поверхности Земли:* <br> $g = \dfrac{GM_з}{R_з^2} \approx 9.8 м/с^2$ <br> *(аналогично для других планет)* <br>  |
| Закон Гука, связывающий деформацию в упругом теле и силу, приложенную к нему | $F_{упр} = k\Delta x$ <br> $F_{упр\ x} = -kx$ |
| Параллельное и последовательное соединение пружин |  $k_{общ} = k_1 + k_2 + \ldots$ <br>  $\dfrac{1}{k_{общ}} = \dfrac{1}{k_1} + \dfrac{1}{k_2} + \ldots$ |
| Сила трения | $F_{тр.пок.} = F_{внеш.}$, $F^{\max}_{тр.пок.} = \mu N$ <br> $F_{тр.ск.} = \mu N$ <br>  |

| | |
|---|---|
| Момент силы $\vec{F}$ относительно любой оси $O$ | $M_F = F \cdot l_F$ <br>  |
| Необходимые условия равновесия твердого тела | $\Sigma\vec{F} = 0$ *(в любой ИСО)* <br> $\Sigma M = 0$ *(относительно любой оси, привязанной к ИСО)* |
| Плотность | $\rho = \dfrac{m}{V}$ |
| Давление | $p = \dfrac{F_\perp}{S}$  |
| Выталкивающая сила (сила Архимеда) | $F_{Арх} = \rho_ж g V_т$ <br> *(приложена к геометрическому центру тела)* |
| Давление столба жидкости высоты $h$ | $p = \rho g h$ |
| Гармонические колебания | $x(t) = A\sin(\omega t + \varphi_0)$ <br> $v_x(t) = \dot{x}(t) = A\omega\cos(\omega t + \varphi_0)$ <br> $a_x = \dot{v}_x(t) = \ddot{x}(t) = -A\omega^2\sin(\omega t + \varphi_0)$ <br> *Дифференциальное уравнение гармонических колебаний:* $\ddot{x} + \omega^2 x = 0$ <br> $x_{\max} = A$, $v_{\max} = \omega A$, $a_{\max} = \omega^2 A$ <br>  |
| Математический маятник | $\omega_{мат} = \sqrt{\dfrac{g}{l}}$, <br> $T_{мат} = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}}$ |
| Пружинный маятник | $\omega_{пр} = \sqrt{\dfrac{k}{m}}$, $T_{пр} = 2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}$ |
| Связь скорости $v$, длины $\lambda$ и частоты $\nu$ гармонической волны | $v = \lambda\nu$ |