

## МЕХАНИКА

### КИНЕМАТИКА

#### Равномерное движение:

1) Средняя скорость пути:

$$v_{cp} = \frac{l}{t}$$

2) Средняя скорость перемещения:

$$\bar{v}_{cp} = \frac{S}{t}$$

3) Мгновенная скорость:

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{x}}{t}$$

4) Уравнение координаты при равномерном движении:

$$x = x_0 + v_{0x}t$$

#### Равноускоренное движение:

Ускорение:

$$a = \frac{v - v_0}{t}$$

2) Уравнение координаты при равноускоренном движении:

$$x = x_0 + v_0t + \frac{at^2}{2}$$

3) Формула скорости при равноускоренном движении:

$$v = v_0 + at$$

4) Скалярная формула перемещения:

$$v_{2x}^2 - v_{1x}^2 = 2a_x(x_2 - x_1)$$

5) При движении в одном направлении путь

$$S = \frac{v_1 + v_2}{2} t$$

6) Скорость и ускорение в производных:

$$v(t) = x'(t) = \frac{dx}{dt}$$

$$a(t) = v'(t) = x''(t) = \frac{dv}{dt}$$

#### Движение под углом к горизонту:

1) Уравнения координаты в проекциях на оси:

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

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

2) Проекция скорости на оси:

$$v_x = v_0 \cdot \cos \alpha$$

$$v_y = v_0 \cdot \sin \alpha - gt$$

3) Формулы не входят в кодификатор, но обязательно нужно знать для быстрого решения первой части:

• время подъема на максимальную высоту:

$$v_y = v_0 \cdot \sin \alpha - gt$$

в верхней точке проекция скорости на Oy равна нулю

$$0 = v_0 \cdot \sin \alpha - gt \rightarrow t = \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

• время полета:

$$T = 2t = \frac{2v_0 \cdot \sin \alpha}{g}$$

• максимальная высота полета:

$$h = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2}$$

Подставим время подъема

$$h = v_0 \cdot \sin \alpha \cdot \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g} - \frac{g}{2} \cdot \left( \frac{v_0 \cdot \sin \alpha}{g} \right)^2$$

$$h = \frac{v_0^2 \cdot (\sin \alpha)^2}{2g}$$

• перемещение:

$$S = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot T$$

Подставляем формулу времени полета:

$$S = v_0 \cdot \cos \alpha \cdot \frac{2v_0 \cdot \sin \alpha}{g} = \frac{v_0^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g}$$

$$S = \frac{v_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$$

#### Движение по окружности:

1) Угловая скорость:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$$

2) Связь линейной и угловой скоростей:

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

3) Центробежное ускорение:

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

4) Длина окружности:

$$l = 2\pi R$$

5) Период:

$$T = \frac{l}{v} = \frac{2\pi R}{v}$$

6) Частота:

$$\nu = \frac{v}{l} = \frac{1}{T}$$

### ДИНАМИКА

1) Плотность вещества:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

2) Второй закон Ньютона:

$$\vec{F} = m\vec{a} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

3) Закон всемирного тяготения: сила взаимодействия между точечными массами:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

4) Сила тяжести. Сила тяжести в зависимости от высоты h над поверхностью планеты радиусом R<sub>0</sub>:

$$mg = G \frac{Mm}{(R_0 + h)^2}$$

5) Ускорение свободного падения для планеты (нет в кодификаторе):

на поверхности планеты:

$$g_0 = G \frac{M}{R_0^2}$$

сила тяжести на высоте h от поверхности планеты:

$$g = G \frac{M}{(R_0 + h)^2}$$

6) Вес тела:

$$P = N;$$

Невесомость (нет в кодификаторе):

$$P = m(g - a);$$

Перегрузка (нет в кодификаторе):

$$P = m(g + a);$$

7) Сила упругости (закон Гука):

$$F_{спр} = -kx$$

8) Сила трения:

сила трения скольжения:

$$F_{сп} = \mu N$$

сила трения покоя:

$$F_{сп} \leq \mu N$$

9) Давление:

$$p = \frac{F_{норм}}{S}$$

Где F<sub>норм</sub> – нормальная составляющая силы

### СТАТИКА

1) Момент силы:

$$M = Fl$$

2) Давление столба жидкости:

$$p = \rho gh$$

3) Давление столба жидкости на боковую часть сосуда (нет в кодификаторе):

$$p = \frac{\rho gh}{2}$$

4) Давление в жидкости в ИСО с учетом атмосферного давления (инерциальной системе отсчета):

$$p = p_0 + \rho gh$$

5) Сила Архимеда:

$$F_{Ар} = \rho_ж g V_{выт}$$

6) Отношение плотностей жидкости в сообщающихся сосудах (нет в кодификаторе):

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1}$$

7) Условия равновесия твёрдого тела в ИСО:

$$\begin{cases} M_1 + M_2 + \dots = 0 \\ \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = 0 \end{cases}$$

### ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

#### Импульс:

1) Импульс материальной точки:

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

2) Второй закон Ньютона в импульсной форме:

$$\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}$$

#### ЗСИ:

• абсолютно упругий удар:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$$

• абсолютно неупругий удар:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{u}$$

#### Энергия:

1) Кинетическая энергия:

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$$

2) Потенциальная энергия тела, поднятого на высоту h:

$$E_{п} = mgh$$

3) Потенциальная энергия сжатой (растянутой) пружины:

$$E_n = \frac{kx^2}{2}$$

4) Полная механическая энергия материальной точки:

$$E_{мех} = E_k + E_n = \frac{mv^2}{2} + mgh$$

5) Полная механическая энергия пружины:

$$E_{мех} = E_k + E_n = \frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2}$$

#### ЗСЭ:

• если не действуют непотенциальные силы:

$$\frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2$$

• если на тело действуют непотенциальные силы:

$$\frac{mv_1^2}{2} + mgh_1 = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2 + Q$$

### РАБОТА И МОЩНОСТЬ

1) работа силы на малом перемещении:

$$A = FS \cdot \cos \alpha$$

2) теорема об изменении кинетической энергии:

$$A = E_{к2} - E_{к1} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

3) теорема об изменении потенциальной энергии:

$$A = -\Delta E_{п} = mgh_1 - mgh_2$$

$$A = -\Delta E_{п} = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}$$

4) Мощность:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{FS \cdot \cos \alpha}{t} = Fv \cdot \cos \alpha$$

### МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

1) Уравнение колебаний координаты:

$$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

2) Уравнение колебаний скорости:

$$v(t) = x'(t) = A\omega \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$$

3) Уравнение колебаний ускорения:

$$a(t) = v'(t) = x''(t) = -A\omega^2 \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$$

4) Динамическое описание:

$$ma_x = -kx, k = m\omega^2$$

5) Энергетическое описание:

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{mv_{max}^2}{2} = \frac{kA^2}{2} = const$$

6) Период колебаний:

$$T = \frac{1}{\nu} = \frac{2\pi}{\omega}$$

7) Циклическая частота:

$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}$$

$\omega$  – циклическая частота,  $\nu$  – частота,  $\pi$  – число пи (которая 3,14)

8) Амплитуды величин:

максимальная координата:

$$x_{max} = A$$

максимальная скорость:

$$v_{max} = A\omega$$

максимальное ускорение:

$$a_{max} = A\omega^2$$

9) Период свободных колебаний математического маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

10) Период свободных колебаний пружинного маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

11) Скорость распространения механической волны:

$$v = \lambda\nu = \frac{\lambda}{T}$$

$\lambda$  – длина волны,  $\nu$  – частота.

### МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА. ТЕРМОДИНАМИКА

#### МКТ

1) Масса вещества:

$$m = m_0 N$$

2) Количество вещества:

$$\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M}$$

3) Концентрация вещества:

$$n = \frac{N}{V}$$

4) Основное уравнение МКТ:

$$p = \frac{1}{3} m_0 n v^2 = \frac{2}{3} n \cdot \left( \frac{mv^2}{2} \right) = \frac{2}{3} nE$$

5) Абсолютная температура:

$$T = t(^{\circ}C) + 273 K$$

6) Связь температуры газа со средней кинетической энергией поступательного теплового движения его частиц:

$$\bar{E} = \frac{m_0 v^2}{2} = \frac{3}{2} kT$$

7) Связь давления и температуры:

$$p = nkT$$

8) Средняя квадратичная скорость:

НЕТ В КОДИФИКАТОРЕ, ВО ВТОРОЙ ЧАСТИ НУЖЕН ВЫВОД ИЗ ФОРМУЛЫ №6

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$$

9) Уравнение Менделеева – Клапейрона

$$pV = \nu RT = \frac{m}{\mu} RT = NkT, \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}$$

10) Внутренняя энергия газа:

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NkT = \nu c_v T = \frac{3}{2} pV$$

#### ИЗОПРОЦЕССЫ

1) Закон Бойля – Мариотта (изотермический процесс):

$$pV = const$$

2) Закон Гей – Люссака (изобарный процесс):

$$\frac{V}{T} = const$$

3) Закон Шарля (изохорный процесс):

$$\frac{p}{T} = const$$

Относительная влажность:

$$\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\% \quad \text{или} \quad \varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%$$

$p_0$  ( $\rho_0$ ) – давление (плотность) насыщенного пара (Па); (кг/м<sup>3</sup>)

$p$  ( $\rho$ ) – давление (плотность) водяного пара (Па); (кг/м<sup>3</sup>)

#### ТЕРМОДИНАМИКА

1) Изменение внутренней энергии:

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T \quad \text{Или} \quad \Delta U = \frac{3}{2} \Delta \nu RT$$

2) Первый закон термодинамики:

$$Q = A + \Delta U = A + (U_2 - U_1)$$

Адиабата:

$$Q = 0 \Rightarrow A + \Delta U = 0 \Rightarrow A = -(U_2 - U_1)$$

3) Элементарная работа в термодинамике (только для изобарного процесса):

$$A = p \Delta V = p(V_2 - V_1)$$

4) Количество теплоты при нагревании:

$$Q = cm \Delta T = cm(t_2 - t_1)$$

5) Количество теплоты при плавлении вещества:

$$Q = \lambda m$$

6) Количество теплоты при парообразовании:

$$Q = Lm$$

7) Количество теплоты при сгорании топлива:

$$Q = qm$$

#### КПД

1) КПД тепловой машины:

$$\eta = \frac{A_{мех}}{Q_H} \cdot 100\% = \frac{Q_H - |Q_X|}{Q_H} \cdot 100\% = \left( 1 - \frac{|Q_X|}{Q_H} \right) \cdot 100\%$$

2) КПД идеальной тепловой машины (цикл Карно):

$$\eta = \frac{A_{мех}}{T_H} \cdot 100\% = \frac{T_H - |T_X|}{T_H} \cdot 100\% = \left( 1 - \frac{|T_X|}{T_H} \right) \cdot 100\%$$

#### ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

##### ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

1) Величина заряда:

$$q = N \cdot e$$

2) Закон Кулона (взаимодействие электрических зарядов):

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = \frac{1}{4\pi \epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

3) Напряженность электрического поля:

$$E = \frac{F_k}{q_{пробн}}$$

4) Поле точечного заряда:

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

5) Потенциальная энергия заряда в электрическом поле:

$$W = q\varphi$$

6) Работа электрического поля:

$$A = -\Delta W_{э} = q(\varphi_1 - \varphi_2) = -q\Delta\varphi = qU$$

7) Связь напряженности и разности потенциалов для однородного электростатического поля: