

ОЛИМПИАДА «Я – БАКАЛАВР»
ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ 5-11 КЛАССОВ

2025/2026 учебный год

ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП
ФИЗИКА

КЛАСС 10

Вариант 1

Задача 1 (20 баллов)

Лыжник разгоняется до скорости 25 м/с и съезжает с трамплина, который представляет собой наклонную плоскость длиной 80 м, установленную под углом 30° к горизонту. С конца трамплина (точка отрыва) лыжник взлетает под углом 12° к горизонту. Точка отрыва находится на высоте 50 м над точкой приземления. Определите, пренебрегая трением, на каком расстоянии от точки отрыва по горизонтали лыжник приземлится, и какова будет величина его скорости в момент приземления.

Разбор задания:

Дано:

$$\alpha = 12^\circ$$

$$\beta = 30^\circ$$

$$S = 80 \text{ м}$$

$$v_{\text{нач}} = 25 \text{ м/с}$$

$$H = 50 \text{ м}$$

$$v_{\text{кон}} - ?$$

$$L - ?$$

Решение:

Ускорение на наклонной плоскости

$$a = g \sin \beta$$

Скорость отрыва от трамплина $v_{\text{отр}}$.

$$v_{\text{отр}}^2 - v_{\text{нач}}^2 = 2aS$$

Запишем уравнения движения для полета после отрыва от трамплина:

$$x = v_{\text{отр}} t \cos \alpha$$

$$y = H + v_{\text{отп}} t \sin \alpha - (gt^2)/2$$

В момент приземления .

$$y(t_{\text{пол}}) = 0$$

Получаем квадратное уравнение относительно времени полета

$$\frac{gt^2}{2} - v_{\text{отп}} t \sin \alpha - H = 0$$

Находим время полета $t_{\text{пол}}$.

$$t_{\text{пол}} = \left(v_{\text{отп}} \sin \alpha + \sqrt{v_{\text{отп}}^2 \sin^2 \alpha + 2Hg} \right) / g$$

Найдем искомую дальность полета L

$$L = v_{\text{отп}} t_{\text{пол}} \cos \alpha = v_{\text{отп}} \cos \alpha \left(v_{\text{отп}} \sin \alpha + \sqrt{v_{\text{отп}}^2 \sin^2 \alpha + 2Hg} \right) / g$$

Найдем проекции $v_{\text{кон}}$ - скорости после полета

$$v_{\text{кон},x} = v_{\text{отп}} \cos \alpha$$

$$v_{\text{кон},y} = v_{\text{отп}} \sin \alpha - gt_{\text{пол}}$$

Найдем конечную скорость

$$v_{\text{кон}} = \sqrt{v_{\text{кон},x}^2 + v_{\text{кон},y}^2} = \sqrt{(v_{\text{отп}} \cos \alpha)^2 + (v_{\text{отп}} \sin \alpha - gt_{\text{пол}})^2}$$

Подставим численные значения из условия

Ответ:

$$v_{\text{кон}} = 48,9 \text{ м/с}$$

$$L = 150,1 \text{ м}$$

Задача 2 (20 баллов)

Однородная бетонная подпорная стенка высотой $H = 2$ м и толщиной $d = 0.4$ м имеет плотность $\rho_{\text{б}} = 2300$ кг/м³. Найти минимальный коэффициент трения μ между основанием стенки и фундаментом, при котором стенка не опрокинется под действием давления грунта, если равнодействующая сила давления грунта $F = 12000$ Н приложена на высоте $h = H/3$ от основания и направлена горизонтально.

Разбор задания:

Дано:

$$H = 2 \text{ м}$$

$$d = 0.4 \text{ м}$$

$$\rho_{\text{б}} = 2300 \text{ кг/м}^3$$

$$F = 12000 \text{ Н}$$

$$h = H/3$$

$$\mu_{\text{min}} \text{ -?}$$

Решение:

Сила тяжести стенки

$$P = \rho_6 \cdot (H \cdot d \cdot b) \cdot g$$

где b - условная длина стенки (вдоль линии ребра).

Уравнение моментов сил (для устойчивости)

$$F \cdot h = P \cdot \frac{d}{2}.$$

Подставляем выражение для P :

$$F \cdot h = (\rho_6 H d b g) \cdot \frac{d}{2}.$$

Находим минимальную длину b , при которой наступает предельное равновесие:

$$b = \frac{2Fh}{\rho_6 H d^2 g}.$$

Условие равновесия по горизонтали (чтобы стенка не сдвинулась)

$$F_{\text{тр}} \geq F.$$

Условие для силы трения покоя:

$$F_{\text{тр}} \leq \mu N.$$

В предельном случае (когда трение максимально):

$$F = \mu N.$$

Условие равновесия по вертикали:

$$N = P.$$

Объединяем:

$$F = \mu P.$$

Выражаем коэффициент трения:

$$\mu = \frac{F}{P}.$$

Подставляем выражение для P с найденной из условия по опрокидыванию шириной b :

$$P = \rho_6 H d b g = \rho_6 H d g \cdot \frac{2Fh}{\rho_6 H d^2 g}.$$

Упрощаем:

$$P = \frac{2Fh}{d}.$$

Находим коэффициент трения:

$$\mu = \frac{F}{P} = \frac{F}{\frac{2Fh}{d}} = \frac{d}{2h}.$$

Ответ в общем виде:

$$\mu_{\min} = \frac{3d}{2H}$$

Подставляем численные значения из условия

$$\mu_{min} = 0,3$$

Задача 3 (20 баллов)

Груз для забивки свай массой $m_1 = 300$ кг свободно падает с высоты $h = 5$ м на неподвижную сваю массой $m_2 = 100$ кг. Удар абсолютно неупругий. На какую глубину Δl свая войдёт в плотный грунт, если средняя сила сопротивления грунта движению сваи $F_c = 80000$ Н? Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с².

Трением сваи о направляющие и массой грунта, вытесненного при ударе, пренебречь.

Разбор задания:

Дано:

$$m_1 = 300 \text{ кг}$$

$$m_2 = 100 \text{ кг}$$

$$h = 5 \text{ м}$$

$$F_c = 80000 \text{ Н}$$

$$\Delta l - ?$$

Решение:

По закону сохранения энергии

$$m_1gh = \frac{m_1v_1^2}{2}$$

Скорость груза v_1 перед ударом:

$$v_1 = \sqrt{2gh}$$

По закону сохранения импульса

$$m_1v_1 = (m_1 + m_2)u$$

Скорость системы «груз+свая» сразу после удара

$$u = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

По обобщенному закону сохранения энергии

$$0 - \frac{(m_1 + m_2)u^2}{2} = A_T + A_c$$

Работа силы тяжести

$$A_T = (m_1 + m_2)g \cdot \Delta l$$

Работа силы сопротивления грунта

$$A_c = -F_c \cdot \Delta l$$

Составляем уравнение для Δl

$$-\frac{(m_1 + m_2)u^2}{2} = (m_1 + m_2)g\Delta l - F_c\Delta l$$

Получаем ответ в общем виде

$$\Delta l = \frac{(m_1 + m_2)u^2}{2(F_c - (m_1 + m_2)g)}$$

Подставляем числовые значения параметров задачи

$$\Delta l \approx 0.148 \text{ м}$$

Задача 4 (20 баллов)

При уплотнении грунта тяжелым катком в порах грунта, содержащих $\nu = 0,1$ моля воздуха ($\mu = 0,029$ кг/моль), происходит его быстрое сжатие. В начальном состоянии объем поры $V_1 = 0,025$ м³, температура $T_1 = 290$ К. После прохода катка объем поры уменьшился до $V_2 = 0,015$ м³. Считая процесс адиабатным, найти конечное давление воздуха P_2 , если начальное давление было равным атмосферному $P_1 = 105$ Па. Чему равна работа A , совершенная катком по сжатию воздуха?

Разбор задания:

Дано:

$$P_1 = 10^5 \text{ Па}$$

$$V_1 = 0,025 \text{ м}^3$$

$$T_1 = 290 \text{ К}$$

$$V_2 = 0,015 \text{ м}^3$$

$$\nu = 0,1 \text{ моль}$$

$$\gamma = 1,4$$

$$P_2 - ?$$

$$A - ?$$

Решение:

Работа, совершенная катком над газом

$$A = -A_{\text{газ}}$$

Используем первое начало термодинамики

$$\Delta U + A_{\text{газ}} = 0$$

Работа газа при адиабатном процессе

$$A_{\text{газ}} = -\Delta U = \frac{\nu R}{\gamma - 1} (T_1 - T_2)$$

Применим уравнения Пуассона

$$PV^\gamma = \text{const}$$

Установим связь начального и конечного давления

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma$$

Получим выражение для конечного давления

$$P_2 = P_1 V_1^\gamma / V_2^\gamma$$

Применим уравнение Менделеева –Клапейрона

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

Получим выражение для конечной температуры

$$T_2 = \frac{P_2 V_2}{\nu R} = \frac{P_1 V_1^\gamma}{\nu R V_2^{\gamma-1}}$$

Запишем ответ в общем виде

$$A = \frac{\nu R}{\gamma - 1} T_1 \left[\left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} - 1 \right]$$

Подставим численные значения из условия

$$P_2 = 2,043 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$A = 136,7 \text{ Дж}$$

Задача 5 (20 баллов)

Проводящий металлический брус массой $m = 10$ кг, перпендикулярный линиям ската, находится на наклонной плоскости с углом наклона $\alpha = 30^\circ$. Длина бруса $L = 1$ м. Коэффициент трения между брусом и наклонной плоскостью равен $\mu = 0,1$. Для удержания бруса от соскальзывания используется система магнитного торможения: по брусу пропускают ток силой $I = 100$ А, который, взаимодействуя с вертикальным однородным магнитным полем с индукцией $B = 10$ Тл, создает силу Ампера. За какое время эта сила поднимет брус на высоту 30 см?

Разбор задания:

Дано:

$$m = 10 \text{ кг}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$L = 1 \text{ м}$$

$$\mu = 0,1$$

$$I = 100 \text{ А}$$

$$B = 10 \text{ Тл}$$

$$h = 30 \text{ см}$$

$$t - ?$$

Решение:

Сила Ампера

$$\vec{F}_F = [\vec{L} \times \vec{B}]$$

Составляющая силы Ампера вдоль наклонной плоскости

$$F_{A,x} = ILB \cos \alpha$$

Составляющая силы Ампера, перпендикулярная к наклонной плоскости

$$F_{A,z} = -ILB \sin \alpha$$

Реакция опоры

$$N = mg \cos \alpha + ILB \sin \alpha$$

Сила трения

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu(mg \cos \alpha + ILB \sin \alpha)$$

Уравнение движения

$$ma = ILB \cos \alpha - mg \sin \alpha - \mu(mg \cos \alpha + ILB \sin \alpha)$$

Путь, пройденный вдоль наклонной плоскости

$$s = \frac{at^2}{2}$$

$$s = \frac{h}{\sin \alpha}$$

Получаем ответ в общем виде

$$t = \left\{ \frac{4h}{\sin 2\alpha [(ILB - \mu mg) - (mg + \mu ILB) \operatorname{tg} \alpha]} \right\}^{1/2}$$

Подставляем числовые значения параметров задачи

$$t = 0,126 \text{ с}$$