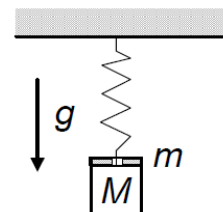


2025-2026 учебный год
Муниципальный этап Всероссийской олимпиады школьников по
физике
11 класс

Задача 1 На груз массы M , висящий на пружине, кладут перегрузок массы m , удерживая груз в первоначальном положении, а затем его отпускают. Найдите максимальное значение силы, действующей на перегрузок со стороны груза.



Решение Начальное условие равновесия дает $kx_0 = Mg$.

По закону сохранения энергии имеем: $\frac{kx_0^2}{2} + (M + m)g(x_{\max} - x_0) = \frac{kx_{\max}^2}{2}$

Подставляя $x_0 = Mg/k$, получаем $x_{\max} = \frac{(M + 2m)g}{k}$.

Из второго закона Ньютона получаем

$$ma = mg - N, (M + m)a = (M + m)g - kx.$$

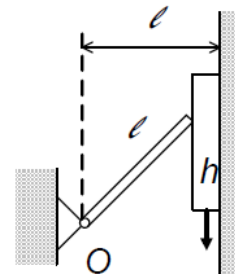
Отсюда $N = \frac{mkx}{(M + m)}$.

Следовательно $N_{\max} = \frac{mkx_{\max}}{(M + m)} = mg \frac{M + 2m}{M + m}$

Критерии оценивания

Записан закон сохранения энергии для системы	3 балла
Найдено условие равновесия для сил в начальный момент	2 балла
Найдено выражение для силы, действующей на перегрузок	3 балла
Получен ответ	2 балла

Задача 2. Жесткий стержень длины l может свободно поворачиваться вокруг оси O , закрепленной на расстоянии l от гладкой вертикальной стенки (рис.). Между стержнем и стенкой зажат брусок толщины h . При какой толщине бруска его невозможно протянуть вниз, если коэффициент трения между стержнем и бруском равен μ .



Решение Условие равновесия для моментов сил дает

$$F(l - h) = N\sqrt{l^2 - (l - h)^2} = N\sqrt{h(2l - h)},$$

где N - сила нормального давления, а F - сила трения.

Брусек не может двигаться при условии $F \leq \mu N = \frac{\mu F(l-h)}{\sqrt{h(2l-h)}}$.

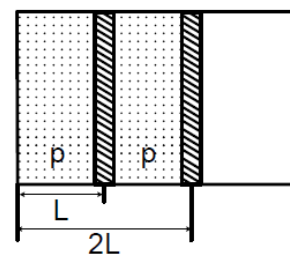
Отсюда получаем: $h^2 - 2lh + \frac{l^2 \mu^2}{(1 + \mu^2)} \geq 0$,

Знак « + » не годится, так как $h < l$. Следовательно, $h = l \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \mu^2}} \right)$.

Критерии оценивания

Найдено условие равновесие для моментов сил	4 балла
Найдено условие движения бруска	2 балла
Получено уравнение для нахождения толщины бруска	2 балла
Получен ответ	2 балла

Задача 3. В цилиндрической трубе на расстояниях L и $2L$ от закрытого торца находятся два поршня, которые могут перемещаться без трения (рис.). В левом отсеке находятся пары воды при давлении p , а в правом — воздух при том же давлении. Давление насыщенных паров воды равно $2p$. Правый поршень медленно вдвинули на расстояние l . На какое расстояние сдвинется левый поршень? Температуру паров воды и воздуха считать постоянной.



Решение Из-за отсутствия трения из условия равновесия для левого поршня давление p_1 слева и справа от него должно быть одним и тем же. Тогда и объемы в левом и правом отсеках до конденсации пара должны быть одинаковыми, т. е., пока $p_1 \leq 2p$, длина каждого отсека равна

$$(2L - l) / 2 = L - l / 2.$$

Таким образом, смещение левого поршня $x = l/2$ при $p_1 \leq 2p$ ($l \leq L$).

При дальнейшем вдвигании поршней пары воды конденсируются, и давление, одинаковое в обоих отсеках, будет постоянным и равным $2p$. Следовательно, и расстояние между поршнями l' будет постоянным и равным $L/2$, так как из закона Бойля — Мариотта имеем: $pL = 2pl'$. При этом $2L - l - L/2 = x$, откуда

$$x = 3L / 2 - l \text{ при } L \leq l \leq 3L/2$$

(объемом конденсировавшейся воды пренебрегаем),

$$x = L \text{ при } l > 3L / 2.$$

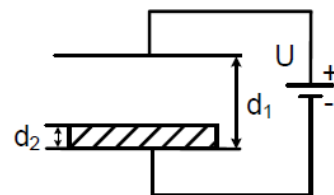
Критерии оценивания

Установлено смещение левого поршня в случае $l \leq L$	4 балла
Найдено условие конденсации пара	2 балла

Найдено расстояние между левым и правым поршнем в случае $l > L$	2 балла
Получен ответ	2 балла

11 класс

Задача 4. Плоский конденсатор подключен к источнику напряжения U (рис.). Пластины конденсатора имеют площадь S каждая, расстояние между пластинами равно d_1 . К нижней пластине прижата металлическая пластинка той же площади S , толщины d_2 , имеющая массу m . Металлическую пластинку отпускают. С какой скоростью она ударится о верхнюю пластину конденсатора? Силой тяжести пренебречь.



Решение заряд, который переносится металлической пластиной с одной на другую обкладку конденсатора, равен $q_0 = CU = \frac{\varepsilon_0 SU}{d_1 - d_2}$.

Работа источника расходуется на сообщение пластине кинетической энергии:

$$q_0 U = \frac{mv^2}{2} = \frac{\varepsilon_0 SU^2}{d_1 - d_2}.$$

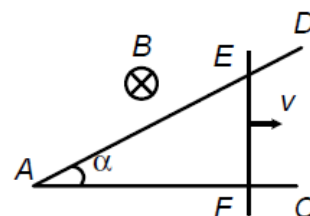
Отсюда находим искомую скорость:

$$v = U \sqrt{\frac{2\varepsilon_0 S}{m(d_1 - d_2)}}.$$

Критерии оценивания

Найден заряд, который переносится с одной обкладки на другую	4 балла
Использован закон сохранения энергии для нахождения скорости	3 балла
Получен ответ	3 балла

Задача 5. Проводник EF движется с постоянной скоростью V , замыкая два проводника AC и AD , образующих между собой угол α (рис.). Перпендикулярно плоскости системы проводников приложено постоянное однородное магнитное поле индукции B . Найти полное количество теплоты, выделившееся в цепи за время движения проводника EF от точки A до точки C . Сопротивление единицы длины проводника EF равно R_1 . Сопротивлением проводников AC и AD пренебречь. $AC = l_0$, $EF \perp AC$, $V \perp EF$.



Решение Используя закон Фарадея, получаем:

$$\varepsilon = B \frac{\Delta S}{\Delta t} = Blv, \text{ где } l = vt \operatorname{tg} \alpha, vt_0 = l_0.$$

Сопротивление проводника равно $R = lR_l = vt \operatorname{tg} \alpha R_l$.

Тогда мощность, выделившаяся в цепи, равна $P = \frac{\varepsilon^2}{R} = \frac{tB^2v^2 \operatorname{tg} \alpha}{R_l}$.

Окончательно находим с учетом линейной зависимости мощности от времени:

$$Q = \frac{1}{2} Pt_0 = \frac{\varepsilon^2 t_0}{2R} = \frac{B^2 v^2 t_0}{2R_l} \operatorname{tg} \alpha = \frac{B^2 v l_0}{2R_l} \operatorname{tg} \alpha$$

Критерии оценивания

Записан закон Фарадея для системы	2 балла
Получено выражение для мощности, выделяющейся в цепи	3 балла
Записано выражение для количества теплоты с учетом изменяющейся со временем мощности тока	3 балла
Получен ответ	2 балла