

# Олимпиада «Покори Воробьёвы горы!» по физике

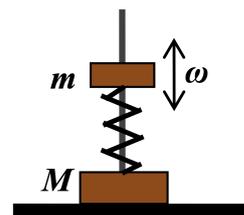
11 класс, 2020 год

Билет 5

## Задание 1

**ВОПРОС.** Как связаны между собой законы изменения координаты и ускорения тела, совершающего гармонические колебания вдоль одной прямой?

**ЗАДАЧА.** Две шайбы с массами  $m$  и  $M = 2m$  насажены на гладкий закреплённый вертикально стержень и соединены пружиной, как показано на рисунке. Тело массы  $M$  опирается на горизонтальную поверхность, а тело массы  $m$  совершает гармонические колебания по вертикали с частотой  $\omega$  и амплитудой  $A$ . Пружина невесома. Найдите отношение наибольшей  $F_{\max}$  и наименьшей  $F_{\min}$  сил давления системы на плоскость стола. Ускорение свободного падения равно  $g$ .



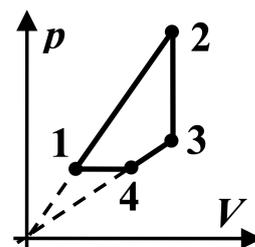
$$F_{\max} = \frac{3 + \omega^2 A}{3 - \omega^2 A} F_{\min}$$

## Задание 2

**ВОПРОС.** Пусть уравнение процесса с одноатомным идеальным газом  $p = \alpha V$  ( $\alpha = \text{const}$ ). Как в этом процессе связаны работа газа и сообщаемое ему количество теплоты?

$$Q = 4A$$

**ЗАДАЧА.** На диаграмме в координатах давление-объём показан цикл постоянного количества одноатомного идеального газа, являющегося рабочим телом тепловой машины. Цикл состоит из изохоры, изобары и двух процессов, линии которых на диаграмме — прямые, проходящие через начало координат. Температура в точке 4 в  $k = 1,5$  раза, а в точке 3 — в  $n = 6$  раз больше, чем минимальная температура газа в цикле. Во сколько раз максимальная температура в цикле больше минимальной? Найдите КПД этого цикла.



$$\eta \approx \frac{1}{6} = \frac{(1 - \gamma) \gamma}{(1 - \gamma)(1 - u)} = \gamma = \gamma u = \frac{1}{6}$$

## Задание 3

**ВОПРОС.** Пусть у нас есть два элемента, у которых зависимость тока от напряжения описывается заданными функциями:  $I = f_1(U)$  и  $I = f_2(U)$ . Как следует вычислять силу тока в цепи из двух этих элементов, подключенных последовательно к источнику с ЭДС  $\mathcal{E}$  и внутренним сопротивлением  $r$ ?

$$(I)_1 = \mathcal{E} + (I)_1 r = \mathcal{E} - \mathcal{E}$$

ЗАДАЧА. Лампы накаливания обычно являются *нелинейными* элементами электрических цепей — ток в них не пропорционален напряжению. Допустим, у нас есть набор ламп, для которых связь тока и напряжения даётся формулой  $I(U) = I_0 \sqrt{\frac{U}{U_0}}$ , где значения  $I_0$  и  $U_0$  соответствуют номинальному режиму. Кроме того, мы можем использовать набор одинаковых батарей с ЭДС  $\mathcal{E} = U_0$ . Если подключить одну лампу к одной батарее, на лампе будет выделяться мощность  $P = \frac{27}{64} P_0$  ( $P_0$  — номинальная мощность). Из какого *минимального* количества последовательно соединённых ламп надо составить гирлянду, чтобы при подключении её к некоторому количеству последовательно соединённых батарей все лампы гирлянды работали в точности в номинальном режиме? Сколько батарей нужно будет для этого использовать?

$$\boxed{\text{нз на } U_0 \text{ и } I_0 \text{ — члваоеяюши дэдуо онжлн 'пнвг } \mathcal{E} = U_0 \text{ ен}} \quad \text{12 батареи}$$

### Задание 4

ВОПРОС. Как изменяется поперечное увеличение небольшого светящегося предмета в зависимости от расстояния между предметом и линзой?

$$\boxed{\left| \frac{d-v}{d} \right| = |M|}$$

ЗАДАЧА. На экране с помощью тонкой линзы получено резкое изображение небольшого предмета с поперечным увеличением  $|M_1| = 2$ . Предмет передвинули на  $s = 3$  см, не сдвигая линзу. Для того, чтобы вновь получить резкое изображение, пришлось передвинуть экран. При этом поперечное увеличение оказалось равным  $|M_2| = 5$ . На какое расстояние  $s'$  пришлось передвинуть экран?

$$\boxed{\text{нс оэ } s = s' |M_1| = 30 \text{ см}}$$