

**2 ноября 2024 г. 11 класс, третий отборочный тур олимпиады Физтех  
2025**

**Задача 1 Решение**

По условию модуль скорости санок изменяется с постоянной скоростью, тогда

$$V_1^2 - V_0^2 = 2a_\tau(S - 0), \quad V^2 - V_0^2 = 2a_\tau(kS - 0),$$

Отсюда

$$V = \sqrt{kV_1^2 + (1-k)V_0^2}.$$

**Задача 2 Решение**

Ускорение кольца направлено вверх и равно по модулю ускорению груза.

Второй закон Ньютона: для груза  $ma = mg - T$ , для кольца  $ma/2 = F_{\text{тр}} - mg/2$ .

Действующая на кольцо сила трения  $F_{\text{тр}}$  равна силе  $T$  натяжения нити. Из

приведенных соотношений следует  $F_{\text{тр}} = \frac{2}{3}mg$ .

**Задача 3 Решение**

Ежесекундно двигатели разгоняют газ массой  $m_1$  от состояния покоя до скорости  $U$  такой, что реактивная сила равна силе тяжести ракетной системы

$m_1U = Mg$ . Мощность двигателей  $P = \frac{m_1U^2}{2} = 0,5MgU$ .

**Задача 4 Решение**

При равномерном движении  $mg = k\Delta L$ . Амплитуда колебаний скорости груза равна скорости лифта, тогда амплитуда колебаний смещения равна

$$A = \frac{V}{\omega} = V \sqrt{\frac{m}{k}} = V \sqrt{\frac{\Delta L}{g}}.$$

**Задача 5 Решение**

Число соударений молекул со стенками в расчете на единицу площади

$j \sim n \sqrt{\frac{3RT}{\mu}} \sim \frac{\sqrt{T}}{V} = const$ . В процессе  $T \sim V^2$ , тогда в этом процессе давление

и объем прямо пропорциональны  $P = \alpha V$ , работа внешних сил над газом

$$A = \frac{P_1V_1}{2} - \frac{P_2V_2}{2} = 0,5\nu R|\Delta T|.$$

**Задача 6 Решение**

Для определенности будем считать все заряды положительными.

$$F_1 = qE(2R) = k \frac{Qq}{4R^2}.$$

Если однородно заряженный отрезок лежит на линии поля, то суммарная сила, действующая со стороны этого поля на заряженный отрезок, равна

$$F = \sum_{x_1 \leq x \leq x_2} \lambda \cdot \Delta x \cdot E_x(x) = \lambda \cdot \sum_{x_1 \leq x \leq x_2} E_x(x) \cdot \Delta x = \lambda \cdot (\varphi(x_1) - \varphi(x_2)).$$

В рассматриваемом случае  $(\varphi(2R) - \varphi(3R)) = \frac{kQ}{2R} - \frac{kQ}{3R} = \frac{kQ}{6R}$ .

Тогда  $F_2 = \lambda(\varphi(2R) - \varphi(3R)) = \frac{kQq}{6R^2} = \frac{2}{3} F_1$ .

### Задача 7 Решение

Замена индуцированного на плоскости заряда положительным точечным зарядом-изображением (таким же по модулю), расположенным зеркально, не нарушает условий на границе раздела «проводник-вакуум». В силу теоремы единственности не изменяется и электрическое поле в вакууме. Исходный и «отражённый» заряды создают электрическое поле, силовые линии которого перпендикулярны плоскости. Наибольшая величина напряженности

$$E_{MAX} = 2k \frac{q}{b^2}.$$

В точках плоскости, удаленных от точечного заряда на расстояние  $r$ ,

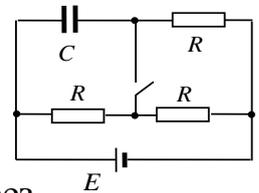
$$E_n = 2k \frac{q}{r^2} \frac{b}{r}.$$

Поверхностная плотность заряда, индуцированного на проводящей плоскости,

$$\sigma(r) = \varepsilon_0 E_n = \varepsilon_0 2k \frac{q}{b^2} \frac{b^3}{r^3} = \varepsilon_0 E_{MAX} \frac{b^3}{r^3} = \sigma_{MAX} \frac{b^3}{r^3}, \text{ отсюда } r = \sqrt[3]{n} \cdot b.$$

### Задача 8 Решение

До замыкания ключа конденсатор заряжен до напряжения  $E$ . Сразу после замыкания ключа заряд конденсатора мгновенно измениться не может. Отсюда следует, что напряжение на двух параллельно включенных резисторах равно нулю, и ток через эти резисторы не течет. Через



резистор, включенный параллельно конденсатору, и через перемычку течет ток разрядки конденсатора  $E/R$ . На этом резисторе рассеивается мощность  $P_1 = \frac{E^2}{R}$ . Далее в установившемся режиме: через источник будет течь ток  $\frac{E}{1,5R}$

, напряжение на конденсаторе  $U_C = \frac{E}{1,5R} R = \frac{2}{3} E$ . Сразу после размыкания

ключа напряжение на резисторе, соединенном последовательно с конденсатором, равно  $\frac{E}{3}$ , на этом резисторе рассеивается мощность  $\frac{E^2}{9R}$ , на

двух других резисторах в этот момент рассеивается мощность  $\frac{E^2}{2R}$ , суммарная мощность, рассеиваемая на резисторах,

$$P_2 = \frac{E^2}{2R} + \frac{E^2}{9R} = \frac{11}{18} \frac{E^2}{R} = \frac{11}{18} P_1.$$

### Задача 9 Решение

При качении колеса без проскальзывания линейная скорость точек шины в системе отсчета, связанной с велосипедом, равна скорости  $v$  оси колеса в лабораторной системе отсчета. Ротор динамо-машинки вращается с угловой скоростью  $\omega = \frac{2v}{d}$ , в этом случае амплитуда ЭДС индукции  $E_{MAX} = \omega NBS$ , по условию  $U_D = \frac{E_{MAX}}{\sqrt{2}}$ . Из приведенных соотношений следует  $v = \frac{U_D d}{\sqrt{2NBS}}$ .

### Задача 10 Решение

В момент завершения полета вертикальная координата, отсчитанная от горизонтальной площадки, равна нулю

$$H + V_0 \sin \alpha T - \frac{gT^2}{2} = 0.$$

Из треугольника скоростей следует  $gT = V_0 \cos \alpha (tg \alpha + tg \beta)$ .

Исключив продолжительность  $T$  полета из этих соотношений, находим

$$(V_0 \cos \alpha)^2 = \frac{2gH}{tg^2 \beta - tg^2 \alpha}.$$

Горизонтальное перемещение камня за время полета

$$S = V_0 \cos \alpha T = \frac{1}{g} (V_0 \cos \alpha)^2 (tg \alpha + tg \beta) = \frac{2H}{tg \beta - tg \alpha}.$$

