

**Второй (заключительный) этап академического соревнования  
Олимпиады школьников «Шаг в будущее» по общеобразовательному предмету  
«Физика», весна 2018 г.**

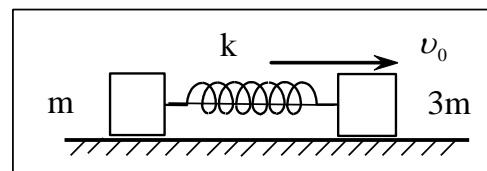
**Вариант № 27**

**ЗАДАЧА 1.**

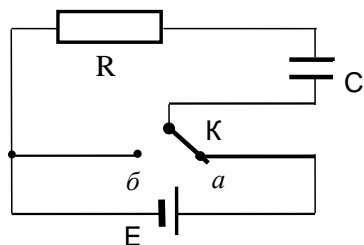
В стенке открытого бака с водой просверлены одно под другим два небольших отверстия. Одно отверстие расположено на глубине  $h$  от поверхности воды, второе – на глубине  $3h$ . Уровень воды в баке поддерживается постоянным. Найдите расстояние от уровня воды в баке по вертикали до точки пересечения струй, вытекающих из отверстий.

**ЗАДАЧА 2.**

Между брусками с массами  $m$  и  $3m$ , связанными нитью, вставлена легкая пружина жесткости  $k$ , сжатая на некоторую величину. Система движется со скоростью  $v_0$  вдоль прямой, проходящей через центры брусков. Нить пережигают, и в момент, когда деформация пружины становится равной нулю, один из брусков останавливается. Найдите начальную величину  $\Delta x$  сжатия пружины. Силами трения пренебречь.



**ЗАДАЧА 3.**

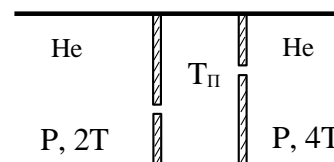


В цепи, схема которой показана на рисунке, ЭДС батареи  $E = 100$  В, её внутреннее сопротивление  $r = 10$  Ом, ёмкость конденсатора  $C = 400$  мкФ и сопротивление нагревателя  $R = 20$  Ом. Ключ А переключается между контактами  $a$  и  $b$  10 раз в 1 секунду. Когда ключ находится в положении  $a$ , конденсатор полностью заряжается, а при переброске его в положение  $b$ , конденсатор полностью разряжается. Найдите среднюю мощность электрического тока в нагревателе. Чему равен коэффициент полезного действия цепи?

нагревателе. Чему равен коэффициент полезного действия цепи?

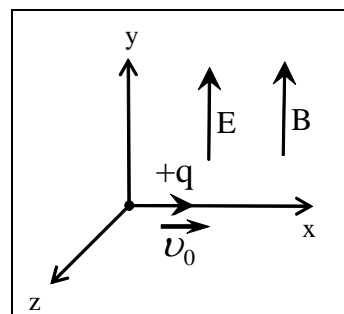
**ЗАДАЧА 4.**

Теплоизолированная полость соединена с двумя сосудами, содержащими газообразный гелий, одинаковыми отверстиями, размеры которых малы по сравнению с длиной свободного пробега молекул газа. Давление гелия в этих сосудах поддерживаются равными  $P$ , а температуры равны  $2T$  в одном сосуде и  $4T$  в другом. Найдите установившуюся температуру  $T_{II}$  внутри полости.



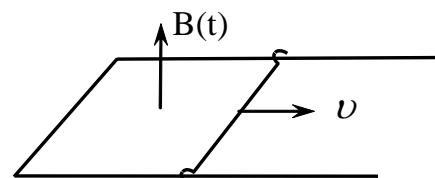
### ЗАДАЧА 5.

Из начала координат со скоростью  $v_0$ , направленной вдоль оси  $x$ , влетает положительно заряженная частица массы  $m$  с зарядом  $q$  в область, где созданы однородные, параллельные оси  $y$  электрическое и магнитное поля с напряженностью  $E$  и индукцией  $B$ . Определите, на каком расстоянии от начала координат частица в третий раз (не считая начального) пересечет ось  $y$ .



### ЗАДАЧА 6.

Два параллельных провода, расположенных в горизонтальной плоскости на расстоянии  $h$  друг от друга и имеющих каждый сопротивление  $r$  на единицу длины, замкнуты с одного конца накоротко. По проводам с момента времени  $t = 0$  от замкнутого конца начинает с постоянной скоростью  $v$  двигаться перемычка, сопротивлением которой можно пренебречь. Вертикальное однородное магнитное поле при этом изменяется со временем по закону  $B(t) = \frac{B_0}{\tau} t$ , где  $B_0$  и  $\tau$  – известные постоянные.



Определите количество теплоты, выделившееся в цепи за время, когда перемычка сместилась на расстояние  $L$ .

## Решение варианта № 27

### ЗАДАЧА 1.

Ответ:  $y = 4h$ .

Струи воды, вытекающие из отверстий 1 и 2, расположены в плоскости  $xu$ . Координаты точки пересечения струй определяются кинематическими соотношениями:

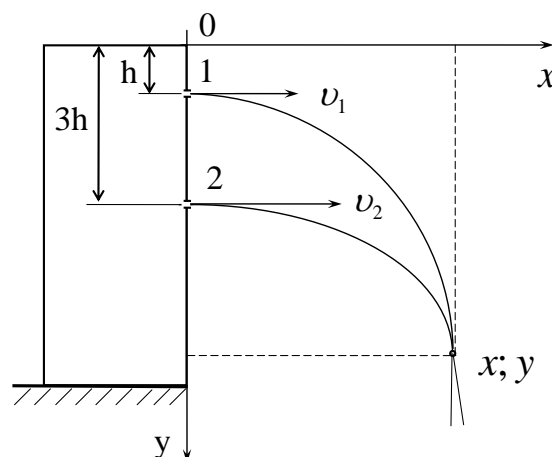
$$x = v_1 t_1 = v_2 t_2,$$

$$y = h + \frac{gt_1^2}{2} = 3h + \frac{gt_2^2}{2},$$

где скорости  $v_1 = \sqrt{2gh}$ ;  $v_2 = \sqrt{2g3h} = \sqrt{6gh}$ .

Из этих соотношения уравнений находим:

$$y = 4h.$$

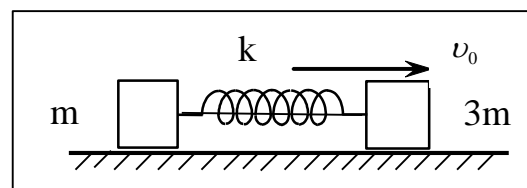


### ЗАДАЧА 2.

Ответ:  $\Delta x = 2v_0 \sqrt{\frac{m}{3k}}$ .

Используя законы сохранения импульса и энергии, найдём:

$$\Delta x = 2v_0 \sqrt{\frac{m}{3k}}.$$



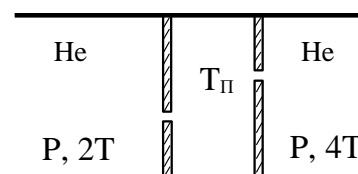
### ЗАДАЧА 3.

Ответ:  $\eta = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{R}{R+r} \right) \approx 0,83$ ;  $N = v \frac{CE^2}{2} \left( 1 + \frac{R}{R+r} \right) \approx 33,3 \text{ Вт}$ .

### ЗАДАЧА 4.

Ответ:  $T_{II} = 2\sqrt{2} \cdot T \approx 2,8T$

По условию задачи отверстия очень малы. Будем считать, что они малы по сравнению с длиной свободного пробега молекул гелия. Тогда все молекулы, попавшие на отверстие, переходят из одного сосуда в другой. Число молекул, сталкивающихся с



единицей поверхности, пропорционально концентрации и средней скорости молекул:

$$z \approx n\vec{v} \approx \frac{P\sqrt{T}}{T} = \frac{P}{\sqrt{T}}. \quad \text{Переносимая молекулами энергия пропорциональна } z \text{ и средней энергии}$$

молекул  $\omega \approx zT \approx P\sqrt{T}$ . Потоки молекул и потоки энергии из полости в стационарном состоянии уравниваются соответствующими потоками в полость из обоих сосудов:

$$\left. \begin{aligned} \frac{2P_{II}}{\sqrt{T_{II}}} &= \frac{P}{\sqrt{4T}} + \frac{P}{\sqrt{2T}} \\ 2P_{II}\sqrt{T_{II}} &= P\sqrt{4T} + P\sqrt{2T} \end{aligned} \right\}, \quad \left. \begin{aligned} 2P_{II} &= \sqrt{T_{II}}P\left(\frac{1}{2\sqrt{T}} + \frac{1}{\sqrt{2T}}\right) \\ 2P_{II} &= \frac{2P\sqrt{T} + P\sqrt{2T}}{\sqrt{T_{II}}} \end{aligned} \right\} \text{Решая эту систему уравнений, получаем}$$

$$\sqrt{T_{II}} \left( \frac{\sqrt{2T} + 2\sqrt{T}}{2\sqrt{T} \cdot \sqrt{2T}} \right) = \frac{2\sqrt{T} + \sqrt{2T}}{\sqrt{T_{II}}},$$

$$\text{откуда } T_{II} = \frac{(2\sqrt{T} + \sqrt{2T}) \cdot 2\sqrt{T} \cdot \sqrt{2T}}{2\sqrt{T} + \sqrt{2T}} = 2\sqrt{2} \cdot T. \quad T_{II} = 2\sqrt{2} \cdot T \approx 2,8T.$$

### ЗАДАЧА 5.

Ответ: 
$$h = \frac{18\pi^2 m \cdot E}{q \cdot B^2}.$$

### ЗАДАЧА 6.

Ответ: 
$$Q = \frac{B_0^2 \cdot h^2 \cdot L^2}{\tau^2 \cdot r \cdot \nu}.$$

$$\mathcal{E}_{\text{ИНД}} = -\frac{2B_0 \cdot h \cdot \nu}{\tau} t.$$

Тепловая мощность  $P = \frac{\mathcal{E}_{\text{ИНД}}^2}{R_{\text{общ}}}$ , тогда количество теплоты, выделившееся в цепи за

время, в течение которого индукция поля стала равной  $B_0$ , равно 
$$Q = \frac{B_0^2 \cdot h^2 \cdot L^2}{\tau^2 \cdot r \cdot \nu}.$$