

# МОШ, 2013/14, заключительный этап, 11 класс

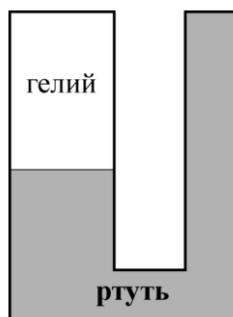
## Условия

### 1 Чемодан в тормозящем поезде

Подходящий к станции поезд движется со скоростью  $V = 36$  км/ч. Один из пассажиров поставил чемодан на пол длинного коридора вагона. Но тут поезд начал тормозить, двигаясь до полной остановки равнозамедленно с ускорением, равным по модулю  $a = 2$  м/с<sup>2</sup>. Чемодан при этом стал скользить по полу и прошёл до своей полной остановки путь  $S = 12$  м относительно вагона. Определите коэффициент трения между чемоданом и полом, а также модуль максимальной скорости, которую имел чемодан относительно вагона.

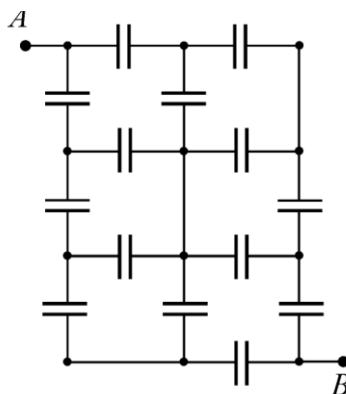
### 2 Гелий над ртутью

На рисунке изображены два вертикальных сообщающихся цилиндрических сосуда. Верх левого сосуда герметично запаян, и этот сосуд частично заполнен гелием. Правый сосуд до краёв наполнен ртутью так, что часть ртути находится в левом сосуде, и гелий заперт ею. Система помещена в вакуум. Гелию начинают медленно сообщать теплоту и продолжают нагревание до тех пор, пока ртуть остаётся в левом сосуде. Определите удельную теплоёмкость гелия в этом процессе.



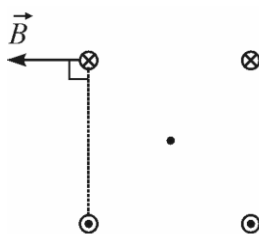
### 3 Участок цепи из конденсаторов

Участок  $AB$  электрической цепи состоит из одинаковых конденсаторов ёмкостью  $C$  каждый. Найдите общую ёмкость участка  $AB$ .



### 4 Четыре провода с током

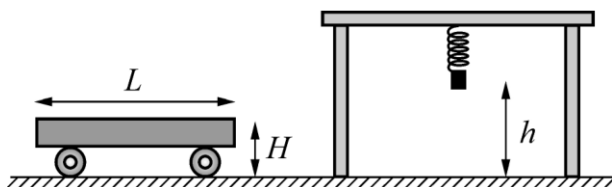
Как показали эксперименты Ж.-Б. Био и Ф. Савара 1820 года, магнитное поле длинного провода с током убывает обратно пропорционально расстоянию от длинного прямого провода. Четыре очень длинных прямых провода с протекающими по ним равными по модулю постоянными токами расположены параллельно друг другу так, как показано на рисунке (сечения проводов плоскостью рисунка находятся в вершинах квадрата). Известно, что модуль вектора индукции магнитного поля, создаваемого одним проводом в соседней с ним вершине этого квадрата, равен  $B$ , а поле самого провода на его оси равно нулю.



Найдите модуль суммарного вектора магнитной индукции в каждой вершине указанного квадрата. Найдите также модуль вектора индукции магнитного поля в центре этого квадрата.

### 5 Груз на пружине под столом

Тележка высотой  $H = 30$  см и длиной  $L = 40$  см должна проехать под столом по горизонтальному полу, двигаясь равномерно и прямолинейно. К крышке стола снизу прикрепили лёгкую пружину жёсткостью  $k = 50$  Н/м. К пружине прицепили маленький груз массой  $m = 0,4$  кг. При недеформированной пружине груз находился на высоте  $h = 42$  см над полом. Затем груз отпустили. С какой минимальной скоростью может двигаться тележка, чтобы она, проехав под столом, не задела груз?



## 6 Лодка с сопротивлением воды

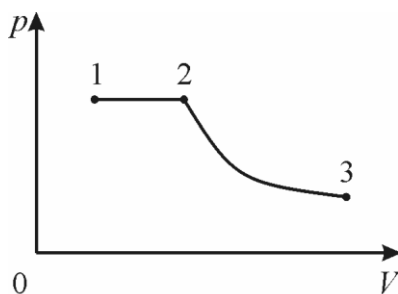
Лодку массой  $m$  отправили на другой берег речки, сообщив ей начальную скорость  $V_0$  в направлении, перпендикулярном течению. Ширина речки  $H$ , скорость её течения  $V_T$ , а время движения лодки от берега до берега  $t$ .

1. На какое расстояние  $l$  (вдоль берега) снесло лодку течением при переправе?
2. Чему был равен модуль скорости лодки относительно воды в конце переправы, если сила  $\vec{F}$  сопротивления движению, действующая на лодку со стороны воды, пропорциональна скорости  $\vec{V}_{\text{отн}}$  лодки относительно воды ( $\vec{F} = -k\vec{V}_{\text{отн}}$ , где  $k$  — известный постоянный коэффициент)?

Считайте, что скорость течения одинакова во всех точках речки.

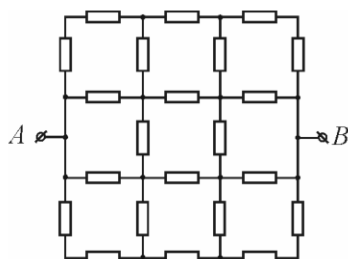
## 7 Жидкость и пар под поршнем

В гладком цилиндре под подвижным поршнем находятся в равновесии  $\nu$  молей жидкости и  $\nu$  молей её пара (состояние 1 на  $pV$ -диаграмме). Систему «жидкость–пар» сначала медленно нагрели в изобарическом процессе 1–2, при этом её абсолютная температура возросла в 2 раза. Затем систему медленно охладили в адиабатическом процессе 2–3 до температуры  $T_3$ . Какое количество теплоты получила система «жидкость–пар» в процессе 1–2, если работы, совершённые этой системой в процессах 1–2 и 2–3, были одинаковыми? Молярная теплота парообразования в процессе 1–2 равна  $r$ . В процессе 2–3 конденсация не происходит. Считать пар идеальным газом с молярной теплоёмкостью в изохорном процессе  $C_V = 3R$ . Объём жидкости в состоянии 1 считать пренебрежимо малым по сравнению с объёмом пара.



## 8 Мостик из резисторов

В схеме, изображённой на рисунке, все резисторы одинаковые и имеют сопротивление  $R$ . Найдите сопротивление между точками  $A$  и  $B$  этой схемы.



## 9 Сближение заряженных шариков

Небольшой шарик, заряженный зарядом  $q$ , покоится на гладком горизонтальном непроводящем столе. К шарiku присоединена горизонтальная пружина жёсткостью  $k$ , второй конец которой закреплён. Вдоль оси пружины к шарiku с большого расстояния очень медленно приближают такой же, но противоположно заряженный шарик. Найдите деформацию пружины в момент столкновения шариков.

## 10 Диод, катушка и конденсатор

В цепи, схема которой изображена на рисунке, катушка имеет индуктивность  $L$ , ёмкость конденсатора равна  $C$ , сопротивление источника, активное сопротивление катушки и сопротивления проводов пренебрежимо малы. Вольтамперная характеристика диода  $D$  изображена на графике ( $I_D$  — сила текущего через диод тока;  $U_D = \varphi_b - \varphi_a$ , где  $\varphi_a$  и  $\varphi_b$  — потенциалы соответствующих точек цепи). В начальный момент ключ  $K$  разомкнут, а конденсатор  $C$  не заряжен. Ключ  $K$  замыкают на время  $t_0 < \sqrt{LC}$ , а затем снова размыкают. Определите отношение ЭДС источника  $\mathcal{E}$  к напряжению  $U_0$ , при котором открывается диод, если заряд, прошедший через диод после размыкания ключа, в  $n$  раз больше заряда, прошедшего через катушку за время  $t_0$ , пока ключ был замкнут.

