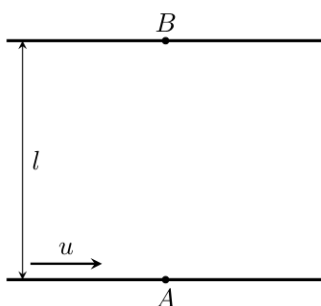


ВсОШ, 2024/25, заключительный этап, 10 класс, теоретический тур

Всероссийская олимпиада школьников по физике [Условия и ответы](#)

Задача 1 Переправа

Из пункта A , расположенного на одном берегу реки шириной l , переправляется на противоположный берег небольшая моторная лодка. Берега реки параллельны друг другу. Скорость течения реки везде одинакова и равна u . На противоположном берегу реки на одном перпендикуляре к берегам с пунктом A расположен пункт B . Скорость лодки **относительно воды** постоянна по величине и равна $2u$, а её вектор в течение всего времени переправы перпендикулярен прямой BC , где C — центр лодки. В некоторый момент времени t_1 скорость лодки **относительно берега** перпендикулярна линии берега.



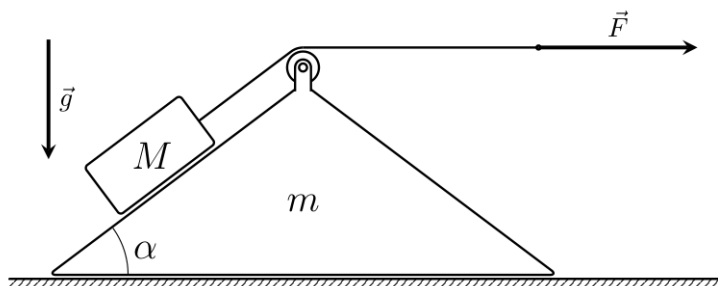
1. В каком направлении лодка начала движение из пункта A : по течению или против течения? Ответ обоснуйте.
2. Найдите угол $\angle ABC$ в момент времени t_1 .
3. На каком расстоянии от пункта B будет находиться лодка, когда она достигнет противоположного берега реки?
4. На каком расстоянии от пункта B будет находиться лодка в момент времени t_1 ?
5. Найдите радиус кривизны траектории лодки в системе отсчёта берега для двух случаев: а) в момент старта из пункта A ; б) в момент времени t_1 .

Ответ

- 1) против течения; 2) $\angle ABC = 60^\circ$; 3) $l/2$; 4) $2l/3$; 5) а) $R_A = l/2$, б) $R_1 = \frac{4\sqrt{3}}{9} l$.

Задача 2 Призма

На шероховатой горизонтальной поверхности стола находится система, состоящая из призмы массой m , снабжённой лёгким блоком, и бруска массой $M = 2m$ (см. рис.). Боковая поверхность призмы является гладкой, а угол между гранью, на которой находится брусок, и поверхностью стола равен α ($\sin \alpha = 3/5$). К бруску привязана лёгкая нерастяжимая нить, перекинута через блок, к противоположному концу которой приложена горизонтальная сила F . Известно, что ускорение призмы не зависит от величины этой силы.



1. Определите возможные значения коэффициента трения μ между призмой и поверхностью стола.
2. Для каждого из полученных в пункте 1 значений μ найдите ускорение призмы a .

Ускорение свободного падения равно g . Наклонный отрезок нити параллелен левой боковой грани призмы. Трение в оси блока отсутствует.

Ответ

1) $\mu = 1/3$ или $\mu \geq 8/19 \approx 0,42$; 2) при $\mu = 1/3$ $a = g/7$, при $\mu \geq 8/19$ $a = 0$.

Задача 3 Падающий поршень

В цилиндрическом сосуде, установленном вертикально в поле силы тяжести, под массивным горизонтальным поршнем массой $m = 100$ кг содержится одноатомный идеальный газ. Над поршнем – вакуум. Поршень находится в равновесии и может перемещаться вдоль стенок сосуда практически без трения. Поршень закрепляют в этом равновесном положении, после чего кладут на него гирю массой M . Затем поршень освобождают. При дальнейшем движении поршня с гирей его минимальное расстояние $h_{\min}$ до дна сосуда в два раза меньше исходного расстояния $h_0 = 1,0$ м. Определите:

1. массу гири M ;
2. модуль максимального ускорения $a_{\max}$ поршня с гирей в процессе движения;
3. модуль максимальной скорости $v_{\max}$ поршня с гирей в процессе движения.
4. Через длительное время поршень остановился. Найдите расстояние h до дна сосуда, на котором будет находиться поршень в состоянии нового термодинамического равновесия.

Теплоёмкость сосуда и поршня пренебрежимо мала, теплоотдача в окружающую среду отсутствует. При движении поршня от исходного положения до его первой остановки процессы в газе можно считать равновесными. Масса газа много меньше массы поршня. Ускорение свободного падения считайте равным $g = 10$ м/с².

Ответ

1) $M = (3(2^{2/3} - 1) - 1)m \approx 76$ кг; 2) $a_{\max} = g \left(\frac{2^{5/3}m}{M+m} - 1 \right) \approx 0,80g = 8$ м/с²; 3) $v_{\max} \approx \sqrt{0,14gh_0} \approx 1,2$ м/с; 4) $h = \frac{5m+2M}{5(M+m)} h_0 \approx 0,74$ м.

Задача 4 Квадрат vs круг

Из тонкой непроводящей плоской пластины вырезали пять фигур разной формы и размера. Каждую из них зарядили электрическим зарядом с постоянной, положительной и одинаковой для всех фигур поверхностной плотностью.

Первая фигура представляет собой квадрат со стороной $2a$, от которого с одного из углов отрезали квадрат со стороной a (см. рис. 1). Модуль напряжённости электрического поля, созданного в точке O зарядами на поверхности такой фигуры, равен E_0 .

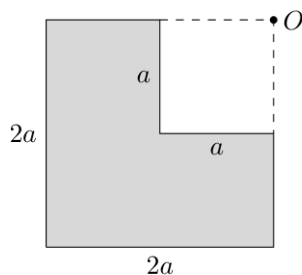


Рис. 1

1. Чему равно отношение E'/E_0 , где E' – модуль напряжённости электрического поля, созданного в точке O' второй заряженной фигурой, имеющей форму квадрата со стороной $2\lambda a$, от которого с одного из углов отрезали квадрат со стороной λa (рис. 2)? λ – некоторое положительное число.

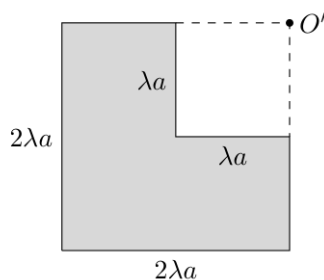


Рис. 2

2. Определите модуль и направление вектора напряжённости $\vec{E}_A$ электрического поля, созданного в точке A третьей заряженной фигурой, представляющей собой квадрат со стороной $8a$, от которого с одного из углов отрезали квадрат со стороной a (рис. 3). Модуль вектора $\vec{E}_A$ выразите через величину E_0 .

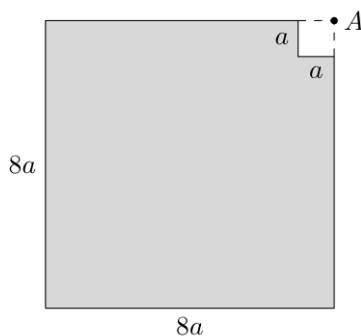


Рис. 3

3. Определите модуль и направление вектора напряжённости $\vec{E}_B$ электрического поля, созданного в точке B четвёртой заряженной фигурой, имеющей форму четверти кольца (рис. 4), внутренний радиус которого равен a , а внешний – $2a$. Модуль вектора $\vec{E}_B$ выразите через E_0 .

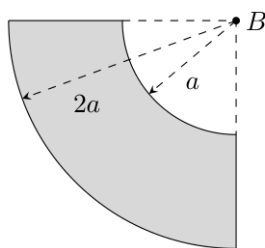


Рис. 4

4. Определите модуль и направление вектора напряжённости $\vec{E}_C$ электрического поля, созданного в точке C пятой заряженной фигурой, имеющей форму трапеции (рис. 5), одно основание которой равно a , второе – $2a$. Модуль вектора $\vec{E}_C$ выразите через E_0 . Углы при большем основании данной трапеции указаны на рисунке.

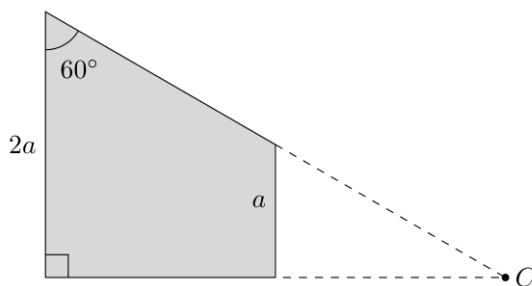


Рис. 5

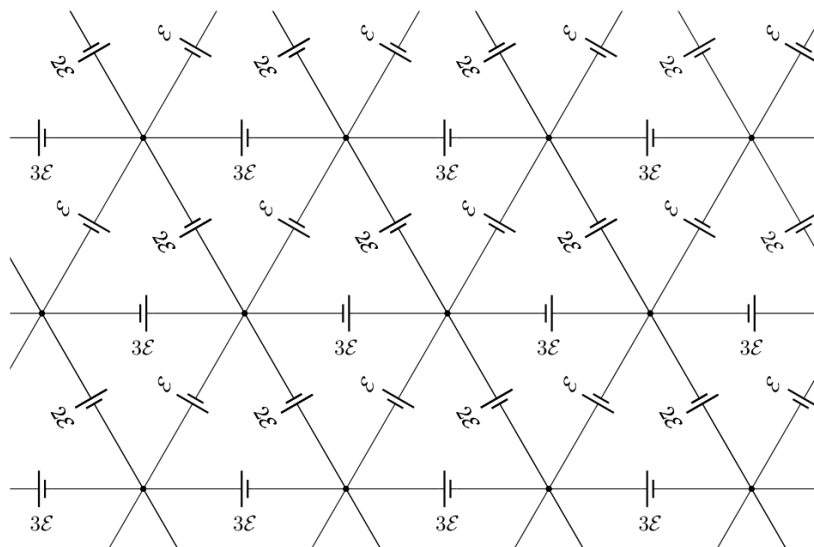
Точки O , O' , A , B и C находятся в одной плоскости с соответствующей фигурой.

Ответ

1) $E'/E_0 = 1$; 2) $E_A = 3E_0$, вверх и вправо вдоль оси симметрии фигуры; 3) $E_B = E_0$, вверх и вправо вдоль оси симметрии фигуры; 4) $E_C = \frac{E_0}{\sqrt{3} + 1}$, вдоль внешней биссектрисы угла $\angle C$.

Задача 5 Вай кодамо!

В бесконечной электрической цепи, фрагмент схемы которой представлен на рисунке, каждая треугольная ячейка содержит три источника с одинаковыми внутренними сопротивлениями r , но разными ЭДС ($\mathcal{E}$, $2\mathcal{E}$ и $3\mathcal{E}$), причём полярность подключения источников с одной и той же ЭДС периодически меняется (см. рис.).



1. Чему равны разности потенциалов ($\varphi_+ - \varphi_-$) между плюсом и минусом каждого источника в данной цепи?
2. Определите силы токов через все источники в данной цепи.
3. Какое сопротивление R_1 покажет омметр при подключении к плюсу и минусу источника с ЭДС $\mathcal{E}$, находящегося в данной цепи? Какие сопротивления R_2 и R_3 покажет прибор, если сделать то же самое с источниками $2\mathcal{E}$ и $3\mathcal{E}$ соответственно? Будут ли зависеть показания омметра от полярности его подключения?
4. Один из источников с ЭДС $2\mathcal{E}$ заменили другим источником с ЭДС, равной $\mathcal{E}$, и внутренним сопротивлением $r/2$. Какова в этом случае будет сила тока I , текущего через заменённый источник?

Величины $\mathcal{E}$ и r считайте известными. Сопротивлением соединительных проводов можно пренебречь.

Ответ

1) $\varphi_+ - \varphi_- = 0$; 2) $I_1 = \mathcal{E}/r$, $I_2 = 2\mathcal{E}/r$, $I_3 = 3\mathcal{E}/r$; 3) $R_1 = R_2 = R_3 = r/3$, от полярности не зависят; 4) $I = 0$ или $I = 2\mathcal{E}/r$ в зависимости от полярности подключения.