

ЛII Всероссийская олимпиада школьников по физике

I (школьный) этап, г. Саратов

Условия и решения

7 класс

№1

В населенных пунктах Великобритании максимальная разрешенная скорость движения автомобилей составляет 30 миль/час. Выразите эту скорость в км/ч и в м/с. В 1 миле 1609 метров.

Решение

$30 \text{ миль/час} = 30 \cdot 1,609 \text{ км/час} = 48,27 \text{ км/час} = 48,27 \cdot 1000 \text{ м/3600 с} = 13,4 \text{ м/с}$.

Ответ: 48 км/час, 13 м/с.

Критерии оценивания: по 5 баллов за ответ в км/час и м/с. Допускается округление в разумных пределах (в частности, ответ 50 км/ч). Допускается менее подробное описание хода вычислений (в частности, использование как известного равенства $1 \text{ м/с} = 3,6 \text{ км/час}$).

№2

1 лист офисной бумаги формата А4 имеет размер 210 мм на 297 мм, при этом 1 м^2 такой бумаги весит 80 г. Определите массу пачки (500 листов) такой бумаги в килограммах.

Решение

Площадь одного листа $210 \cdot 297 = 62370 \text{ мм}^2 = 0,06237 \text{ м}^2$. Масса одного листа $80 \text{ г/м}^2 \cdot 0,06237 \text{ м}^2 = 4,9896 \text{ г}$. Тогда масса пачки $500 \cdot 4,9896 \text{ г} \approx 2,5 \text{ кг}$.

(Альтернативный способ решения: найти суммарную площадь 500 листов и потом умножить на поверхностную плотность).

Ответ: 2,5 кг

Критерии оценивания

Найдена площадь одного листа	3 балла
<i>1 способ</i>	
Найдена масса одного листа	4 балла
Найдена масса пачки	3 балла
<i>2 способ</i>	
Найдена площадь 500 листов	3 балла
Найдена масса пачки	4 балла

За избыточную точность ответа (например, 2,4948 кг) баллы не снижать.

№3

Первые сравнительно точные измерения скорости звука в воде были проведены в 1827 году швейцарскими физиками Ж.-Д. Колладоном и Ш.-Ф. Штурмом на Женевском озере. Штурм, находившийся в лодке, проводил удары по опущенному в воду колоколу, одновременно с этим производя вспышку пороха. Колладон, находясь на значительном расстоянии от Штурма, измерял время между появлением вспышки и ударом колокола, который он слышал через опущенную в воду слуховую трубу. На каком расстоянии друг от друга находились исследователи, если интервал времени между наблюдением Колладоном вспышки и звука колокола, составлял 8,5 с? Скорость распространения света в воздухе 300 000 км/с, скорость распространения звука в воде 1400 м/с.

Решение

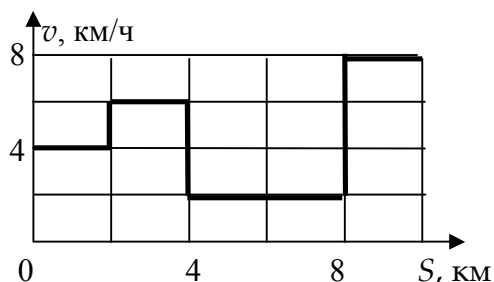
Поскольку скорость света значительно превышает скорость звука, временем, которое требуется свету от вспышки, чтобы достичь наблюдателя, можно пренебречь. Тогда искомое расстояние равно произведению скорости звука в воде на время запаздывания, т.е. $1400 \text{ м/с} \cdot 8,5 \text{ с} = 11900 \text{ м} \approx 12 \text{ км}$

Ответ: 12 км

Критерии оценивания

Обоснование того, что временем распространения света можно пренебречь	3 балла
Расчет расстояния	7 баллов

Если при решении участник не пренебрегает временем распространения света, но все расчеты проводит верно, оно должно быть оценено полным баллом



№4

На рис. приведен график зависимости скорости движения группы туристов от пройденного ими пути. Определите, за какое время группа прошла 10 км.

Решение

Из графика видно, что путь группы состоял из четырех участков, движение на каждом из которых было равномерным. Тогда время прохождения каждого участка можно найти, разделив его протяженность на скорость движения. В этом случае имеем: на участке 0–2 км $t=2/4=1/2$ часа, на участке 2–4 км $t=2/6=1/3$ часа, на участке 4–8 км $t=4/2=2$ часа, на участке 8–10 км $t=2/8=1/4$ часа. Тогда общее время $t=1/2+1/3+2+1/4=3+1/12$ часа=3 ч. 5 мин.

Ответ: 3 ч 5 мин

Критерии оценивания

Идея вычисления общего времени как суммы времен прохождения участков	2
Способ нахождения времени прохождения одного участка	2
Расчет времени прохождения отдельных участков	4 (по 1 баллу за участок)
Расчет общего времени	2

В случае ошибки в расчете времени прохождения отдельных участков, но правильного последующего суммирования баллы за расчет общего времени начисляются полностью.

8 класс

№1

Деревянный столб (см. рис.) имеет квадратное основание и массу 40 кг. Определите массу изготовленного из такого же материала столба, высота которого больше в 4 раза, а каждая из сторон основания – меньше в 2 раза.

Решение

Поскольку материал столбов одинаковый, то их массы относятся так же, как их объемы. Если сторона основания равна a , а высота h , то объем столба равен a^2h . Из этой формулы следует, что объем нового столба такой же, как и старого, поэтому и масса его будет такой же.

Ответ: 40 кг

Критерии оценивания

Указано, что масса столба пропорциональна его объему	2
Указано, что объем столба пропорционален высоте	2
Указано, что объем столба пропорционален квадрату стороны основания	3
Ответ	3

№2

Группа туристов идет, растянувшись цепочкой на 200 м, со скоростью 5 км/ч. Вдоль нее от последнего туриста к первому и обратно бежит собачка со скоростью 10 км/ч. Через какие промежутки времени собачка оказывается около последнего туриста?

Решение

Пусть $L=200$ м – длина группы, $v_T=5$ км/ч – скорость туристов, $v_C=10$ км/ч – скорость собачки. Тогда от последнего туриста к первому собачка пробегает за время $L/(v_C - v_T)=0,2/5=1/25$

часа, а от первого к последнему – за время $L/(v_c + v_t) = 0,2/15 = 1/75$ часа. Поэтому около последнего туриста она будет оказываться через $1/25 + 1/75 = 4/75$ часа = 240/75 минут = 3 мин 12 с

Ответ: через 3 мин 12 с (допускается ответ 192 с или 4/75 часа)

Критерии оценивания

Найдено (м.б., в общем виде) время движения собачки от последнего туриста к первому	4
Найдено (м.б., в общем виде) время движения собачки от первого туриста к последнему	4
Получен ответ	2

№3

Две улитки участвовали в соревнованиях по скоростному ползанию. Стартовав одновременно, они также одновременно финишировали, однако первая улитка всю дистанцию проползла с постоянной скоростью 36 мм/мин, а вторая первые 4 см дистанции проползла с постоянной скоростью 30 мм/мин, а оставшуюся часть дистанции – с постоянной скоростью 45 мм/мин. Определите длину дистанции.

Решение

Пусть L – длина всей дистанции, $S = 4$ см, $v_1 = 36$ мм/мин, $v_{21} = 30$ мм/мин, $v_{22} = 45$ мм/мин. Тогда первая улитка проползла всю дистанцию за время L/v_1 (*), а вторая – за время $S/v_{21} + (L - S)/v_{22}$ (**). Приравнявая эти времена, получаем уравнение, из которого находим $L = 8$ см.

Ответ: 8 см

Критерии оценивания

Записано выражение (*)	2
Записано выражение (**)	4
Получен ответ	4

№4

Деревянный куб с длиной ребра 10 см облепили со всех сторон пластилином так, что получился куб с длиной ребра 12 см. Утонет ли этот куб в воде? Плотность дерева 800 кг/м^3 , пластилина 1370 кг/м^3 , воды 1000 кг/м^3 .

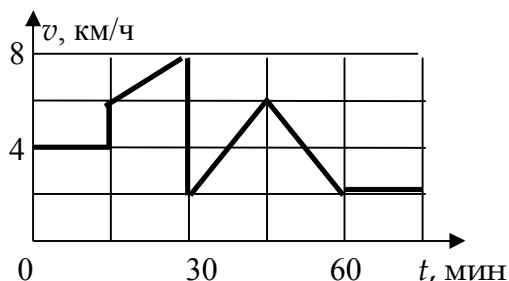
Решение

Полный объем куба $12^3 = 1728 \text{ см}^3$, из них дерева 1000 см^3 , а пластилина 728 см^3 . Тогда масса обмазанного куба $1000 \cdot 0,8 + 728 \cdot 1,37 = 1797$ г. Это больше, чем масса воды, вытесняемой кубом при полном погружении (1728 г), поэтому куб утонет.

Ответ: утонет

Критерии оценивания

Определен объем пластилина	2
Определена масса куба	3
Определено, утонет ли куб	5



9 класс

№1

На рис. приведен график зависимости скорости группы туристов от времени. Определите путь, который прошла группа за все время движения.

Решение

1 способ: путь можно определить как площадь под графиком зависимости скорости от времени. Эта площадь составляет 10,5 клеточек. Каждая клеточка соответствует $15 \text{ мин} \cdot 2 \text{ км/час} = 0,5 \text{ км}$. Соответственно, весь путь равен 5,25 км.

2 способ: Можно подсчитать путь на каждом из 5-ти участков по 15 минут, на первом и последнем движение равномерное, на остальных – равноускоренное.

Ответ: 5,25 км.

Критерии оценивания

<i>1 способ:</i>	
Указано, что путь можно найти как площадь под графиком (обоснование этого не требуется)	5
Найдена площадь под графиком в клеточках	2
Найден путь, соответствующий одной клеточке	2
Получен ответ	1
<i>2 способ</i>	
По 2 балла за определение пути на каждом из участков по 15 минут	

№2

Чугунный шарик в воздухе весит 4,9 Н, а в воде – 3,9 Н. Сплошной этот шарик или полый? Если полый, то определите объем полости. Плотность чугуна 7000 кг/м³, воды 1000 кг/м³.

Решение

Вес шарика в воздухе равен силе тяжести, т.е. $P_1 = m_{\text{ч}}g$ (1), а в воде – разности сил тяжести и Архимеда $P_2 = m_{\text{ч}}g - \rho_{\text{в}}(V_{\text{ч}} + V_{\text{п}})g$ (2). Учитывая, что $V_{\text{ч}} = m_{\text{ч}}/\rho_{\text{ч}}$ (3), из полученных уравнений можно найти объем полости $V_{\text{п}} = (P_1 - P_2)/g\rho_{\text{в}} - P_1/g\rho_{\text{ч}}$. Подставляя числовые данные, получаем $V_{\text{п}} = 30 \text{ см}^3$. Поскольку объем получился положительный, это означает, что полость есть.

Ответ: полость есть, 30 см³

Критерии оценивания

Записано уравнение (1) или аналогичное ему	2
Записано уравнение (2) или аналогичное ему	4
Записано уравнение (3) или аналогичное ему	2
Найден объем полости	2
Если участник отвечает только на вопрос «есть ли полость?» (например, показывая, что сила Архимеда больше, чем если бы шарик был сплошной), но не рассчитывает ее объем, то решение нужно оценивать из 5 баллов.	

№3

Некоторая установка, развивающая мощность 30 кВт, охлаждается проточной водой, текущей по спиральной трубке сечением 1 см². При установившемся режиме работы проточная вода нагревается на 15⁰С. Определите скорость течения воды, предполагая, что вся энергия, выделяющаяся при работе установки, идет на нагревание воды. Удельная теплоемкость воды 4200 Дж/(кг·°С), плотность воды 1000 кг/м³.

Решение

За некоторое время τ из трубки вытекает $m = \rho v S \tau$ (1) воды, в которой уносится $c \rho v S \tau \Delta T$ (2) тепла. За то же время τ в установке выделяется $P \tau$ (3) теплоты. В стационарном режиме эти количества теплоты должны совпадать, поэтому $P \tau = c \rho v S \tau \Delta T$ (4), откуда находим $v \approx 0,5 \text{ м/с}$.

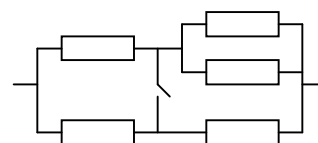
Ответ: 0,5 м/с.

Критерии оценивания

Записана формула (1) или аналогичная ей	3
Записана формула (2) или аналогичная ей	1
Записана формула (3) или аналогичная ей	1
Записано уравнение (4) или аналогичное ему	3
Получен числовой ответ	2

№4

В приведенной на рис. схеме все резисторы одинаковы, а сопротивление соединительных проводов много меньше сопротивления резисторов. Определите сопротивление этой схемы при разомкнутом ключе, если при замкнутом ключе оно равно 35 Ом.



Решение

При замкнутом ключе схема состоит из двух последовательно соединенных групп, в первой из которых 2 параллельно включенных резистора, а во второй – 3. Если сопротивление одного резистора R , то сопротивление всей схемы при замкнутом ключе $1/2 R + 1/3 R = 5/6 R$ (1)

При разомкнутом ключе схема состоит из двух параллельных ветвей, сопротивления которых равны $1,5R$ и $2R$ соответственно. Тогда ее сопротивление $1,5 \cdot 2/3,5 R = 6/7 R$ (2). Комбинируя (1) и (2), находим, что сопротивление при разомкнутом ключе равно 36 Ом.

Ответ: 36 Ом

Критерии оценивания

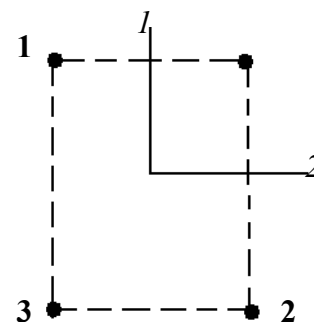
Получено выражение (1)	4 (2– за способ расчета, 2– за его реализацию)
Получено выражение (2)	4 (2– за способ расчета, 2– за его реализацию)
Получен ответ	2

№5

Постройте все изображения точечного источника в системе двух взаимно перпендикулярных зеркал (см. рис.)

Решение

Изображения показаны на рис. Изображения 1 и 2 получаются отражением источника в 1 и 2 зеркалах соответственно. Изображение 3 получается двукратным отражением (сначала в первом зеркале, а затем во втором или наоборот). Других изображений быть не может, т.к. при перпендикулярных зеркалах луч после двукратного отражения идет параллельно входящему и, таким образом, не может вновь упасть на зеркало. (Другой возможный вариант объяснения: изображение 3 лежит "с обратной стороны" от обоих зеркал и поэтому отразиться в них не может).



Ответ: см. рис.

Критерии оценивания

Построены изображения 1 и 2	2 (по 1 баллу за каждое)
Имеется изображение 3	2
Указано, что оно получается при двукратном отражении	2
указано, что порядок отражения не важен, т.к. соотв. изображения совпадают	1
Обосновано, что других изображений не будет	3

Обоснование вида «других изображений не будет, потому что при дальнейших отражениях они будут совпадать с уже имеющимися» не является верным.

10 класс

№1

Экспериментатор Глюк сбросил два тяжелых шара с крыши дома высотой 45 м, причем второй шар он сбросил через 1 с после первого. Найдите расстояние между шарами в момент удара первого шара о землю. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Решение

Полное время падения с высоты 45 м определяется как $\sqrt{2h/g} \approx 3$ с, поэтому первый шар ударится о землю через 2 с после сбрасывания второго. К этому моменту второй шар успеет пролететь $gt^2/2=20$ м. Следовательно, расстояние между шарами в этот момент $45-20=25$ м.

Ответ: 25 м.

Критерии оценивания

Найдено время падения с указанной высоты	4
Найден путь, пройденный вторым шаром к моменту удара первого о землю	4
Получен ответ	2

№2

См. задачу 9-2

№3

В калориметре при температуре 0°C находятся вода массой 500 г и лед массой 300 г. Какая температура установится в калориметре, если долить в него 100 г кипятка? Удельная теплоемкость воды $4200 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$; удельная теплота плавления льда $330 \text{ кДж}/\text{кг}$.

Решение

1 способ

Для того, чтобы растопить весь лед, нужно потратить $330 \text{ кДж}/\text{кг}\cdot 0,3 \text{ кг}=99 \text{ кДж}$ тепла. При охлаждении кипятка до нуля выделится $4,2 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})\cdot 100^{\circ}\text{C}\cdot 0,1 \text{ кг}=42 \text{ кДж}$. Следовательно, весь лед не растает и в калориметре будет 0°C .

2-й способ

Пусть в калориметре установилась температура T . Тогда уравнение теплового баланса имеет вид $\lambda m_{\text{л}} + c_{\text{в}}(m_{\text{в}} + m_{\text{л}})(T - 0^{\circ}\text{C}) = c_{\text{в}}m_{\text{г.в.}}(100^{\circ}\text{C} - T)$. Получаемая из этого уравнения температура отрицательна, что означает, что в действительности отданной кипятком энергии даже при охлаждении до нуля не хватит для того, чтобы растопить лед. Таким образом, в системе установится температура 0°C .

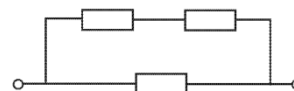
Критерии оценивания

<i>1 способ:</i>	
Подсчитано количество теплоты, необходимое для плавления льда	3
Подсчитано количество теплоты, выделившееся при охлаждении кипятка	3
Обосновано, что в калориметре будет 0°C	4
<i>2 способ</i>	
Записано уравнение теплового баланса	5
Показано, что его решение дает отрицательную температуру	1
Обосновано, что в калориметре будет 0°C	4

Если в качестве ответа указана отрицательная температура, оценка не выше 4 баллов.

№4

Электроплитка имеет три секции с одинаковыми сопротивлениями. Если секции соединены так, как показано на рисунке, то вода в чайнике закипает за 12 мин. Через какое время закипит вода той же массы и той же начальной температуры при параллельном соединении секций. Считайте, что все выделяющееся на сопротивлениях тепло идет на нагрев воды в чайнике.



Решение

При постоянном напряжении сети выделяющаяся тепловая мощность обратно пропорциональна сопротивлению элемента. Если сопротивление одного элемента R , то в первом случае общее сопротивление всех секций равно $2/3R$, а во втором – $1/3R$. Поэтому во втором случае мощность вдвое больше, и чайник закипит в два раза быстрее.

Ответ: за 6 минут

Критерии оценивания

Указана связь между выделяющейся теплотой и сопротивлением резистора <i>или</i> приведена формула для тепловой мощности	3
Рассчитано сопротивление исходной схемы <i>или</i> выделяющаяся в ней мощность	3
Рассчитано сопротивление новой схемы <i>или</i> выделяющаяся в ней мощность	2
Получен ответ	2

№5

См. задачу 9-5

11 класс

№1

Жонглер бросает шарики вертикально вверх с одинаковой начальной скоростью 5 м/с через равные промежутки времени, при этом первый шарик он ловит сразу после того, как бросил пятый. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определите максимальное расстояние между двумя брошенными последовательно шарами.

Решение

1 способ. Выберем в качестве начала отсчета времени момент броска первого из двух последовательно брошенных шариков. Тогда законы движения первого и второго шариков имеют вид $h_1=v_0t-gt^2/2$ и $h_2=v_0(t-\tau)-g(t-\tau)^2/2$, где τ – интервал времени между бросками; а расстояние между шариками $h=|h_1-h_2|=|v_0\tau-gt\tau+g\tau^2/2|$. Из условия следует, что полное время полета шарика равно 4τ , тогда $\tau=v_0/2g$ и $h=|5v_0^2/8g-v_0t/2|$. Полученная функция линейно зависит от времени, поэтому максимумов будет достигать на краях интервала, т.е. в моменты времени $t=\tau$ и $t=4\tau$. Значения функции в этих точках одинаковы и равны $h=3v_0^2/8g\approx 0,94$ м.

2 способ. Поскольку скорость шарика с высотой убывает, скорость верхнего шарика всегда меньше скорости нижнего, и при движении расстояние между ними будет уменьшаться вплоть до момента встречи шариков. Вследствие обратимости времени после момента встречи закон изменения расстояния будет точно таким же, как и до встречи. Из этих рассуждений понятно, что максимальное расстояние между шариками достигается в начальный (или конечный) момент; тогда оно равно расстоянию, на которое поднимается шарик за время между бросками. Его можно найти, определив (как описано в 1 способе) интервал между бросками и подставив его в приведенное в 1 способе уравнение для h_1 .

Ответ: 0,94 м.

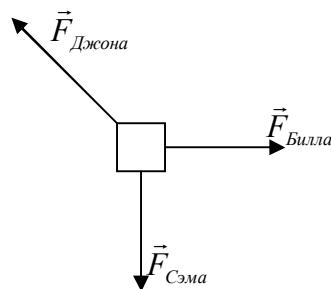
Критерии оценивания

<i>1 способ.</i> Записаны законы движения шариков: одного	1
двух	3
Записана зависимость расстояния между шариками от времени	2
Записана связь интервала между бросками с начальной скоростью	2
Найден максимум расстояния	3
<i>2 способ.</i> Показано, что максимум достигается в начальный (конечный) момент	6
Записана связь интервала между бросками с начальной скоростью	2
Записан закон движения первого шарика	1
Получен ответ	1

№2

Три пирата нашли сундук с кладом массой 100 кг и тянут его в разные стороны: Билл – на восток с силой 200 Н, Джон – на северо-запад с силой 250 Н, Сэм – на юг с силой 200 Н. В каком направлении и с каким ускорением движется сундук? Трением сундука о песок пренебречь, сундук можно считать материальной точкой.

Решение



На рисунке приведены силы, с которыми пираты действуют на сундук. Поскольку силы Билла и Сэма равны по модулю и направлены перпендикулярно друг другу, то их равнодействующая будет направлена на юго-восток и равна $200\text{ Н}\cdot\sqrt{2}=283\text{ Н}$. Эта сила направлена противоположно силе, прикладываемой Джоном, и больше ее, поэтому равнодействующая всех трех сил направлена на юго-восток и равна $283-250=33\text{ Н}$. Тогда ускорение сундука также направлено на юго-восток и равно $0,33\text{ м/с}^2$

Ответ: на юго-восток с ускорением $0,33\text{ м/с}^2$

Критерии оценивания

Сделан рисунок	3
Найдено направление равнодействующей	2
Найден модуль равнодействующей	3
Получен ответ	2

№3

Баллон для технического кислорода изготовлен из стали и имеет массу 47 кг и внутренний объем 40 л, внутри содержится кислород (O_2 , молярная масса 32 г/моль) при давлении 20 МПа и температуре $20^\circ C$. Оцените, на сколько повысится температура кислорода внутри баллона, если его уронить с высоты 10 м. Удельная теплоемкость стали 460 Дж/(кг·К). Считайте, что при ударе вся механическая энергия переходит во внутреннюю.

Решение

Найдем массу кислорода $m_0 = pVM/RT \approx 10$ кг. Найдем удельную теплоемкость кислорода: $c_0 = 2,5R/M \approx 650$ Дж/(кг·К). При падении и ударе потенциальная энергия стали и кислорода mgh переходит в их внутреннюю энергию:

$(c_0 m_0 + cm)\Delta T = (m + m_0)gh$, откуда $\Delta T \approx 0,2^\circ C$.

Ответ: $0,2^\circ C$

Критерии оценивания

рассчитана масса кислорода	3
рассчитана удельная теплоемкость кислорода	4 (если используется формула $1,5R/M$, то 2 балла)
Записано уравнение энергетического баланса	2
Получен ответ	1

Нужно заметить, что, поскольку удельные теплоемкости стали и кислорода одного порядка, вносимая учетом кислорода поправка составляет чуть менее 10%, поэтому при составлении энергетического баланса только для баллона будет получен практически такой же числовой ответ. Тем не менее, если в решении никак не комментируется возможность пренебрежения массой и/или теплоемкостью кислорода, следует оценивать его не выше 3 баллов. При наличии таких комментариев следует выставлять баллы в зависимости от их корректности.

№4

В приведенной на рис. цепи сопротивление резистора R , емкость конденсатора C , ЭДС источника E , изначально ключ разомкнут, а конденсатор не заряжен. Определите количество теплоты, которые выделятся на резисторе, если замкнуть ключ и дождаться прекращения тока в цепи.



Решение

При замыкании ключа через резистор идет ток, который заряжает конденсатор. Ток прекращается, когда напряжение на конденсаторе станет равно ЭДС источника. В этом случае заряд конденсатора равен $Q = CE$. За время зарядки этот заряд прошел через источник, который при этом совершил работу $QE = CE^2$. Эта работа пошла на изменение энергии поля в конденсаторе $CE^2/2$ и на джоулево тепло, выделившееся на резисторе, которое, таким образом, равно $CE^2 - CE^2/2 = CE^2/2$.

Ответ: $CE^2/2$.

Критерии оценивания

Найдено напряжение конденсатора	1
Найден заряд конденсатора	1
Найдена работа источника	4
Найдена энергия поля в конденсаторе	2
Получен ответ	2

Максимально возможная оценка за работы, в которых выделившееся тепло приравнивается к энергии поля в конденсаторе – 4 балла

№5

См. задачу 9-5

Составители: Г.В. Ересько, Т.А. Каширина, Л.В. Конакова, Н.А. Лишаева, В.М. Перченко, А.В. Савин, Т.А. Томаш.

Под редакцией А.В. Савина.