

Ответы к заданиям

№ задания	Ответ
13	влево
19	54; 74
22	$2,4 \pm 0,1 \text{ В}$

Ответы к заданиям

№ задания	Ответ
13	вправо
19	62; 88
22	$2,50 \pm 0,25 \text{ А}$

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

28

Школьник решил проверить целостность вторичной обмотки повышающего трансформатора, который был ему нужен для проведения опытов по электродинамике. Для этого он собрал последовательную цепь, состоящую из батарейки, низковольтной лампочки и исследуемой обмотки трансформатора. После замыкания этой цепи лампочка (не сразу) загорелась, что говорило об отсутствии обрывов во вторичной обмотке трансформатора. Однако, когда школьник стал размыкать эту цепь, держась двумя руками за изоляцию скрученных проводников, он заметил, что в момент размыкания между концами проводников проскочила яркая искра. Объясните, руководствуясь известными физическими законами и закономерностями, почему в таких цепях даже при малых напряжениях батарейки это может происходить.

Возможное решение

1. Индуктивность L вторичной обмотки повышающего трансформатора может быть очень велика – до нескольких Генри.
2. Поэтому после замыкания цепи и возникновения в обмотке ЭДС самоиндукции $\varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$, препятствующей быстрому возрастанию тока, лампочка даже в замкнутой цепи, не имеющей повреждений, загорается не сразу.
3. Согласно закону электромагнитной индукции Фарадея, быстрое размыкание цепи, собранной школьником, то есть большая величина скорости изменения тока $\frac{dI}{dt}$, даже при малом токе в этой цепи при наличии в ней большой индуктивности вызывает появление очень большой ЭДС самоиндукции.
4. Эта ЭДС и вызывает пробой воздуха между размыкаемыми проводами, то есть появление искры.

Ответ: быстрое размыкание цепи, содержащей большую индуктивность, даже при малых токах в ней вызывает появление большой ЭДС самоиндукции

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>указана причина возникновения высокого напряжения при размыкании низковольтной цепи, содержащей большую индуктивность</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и закономерностей (в данном случае:	3

<i>использование закона электромагнитной индукции Фарадея для объяснения появления большой ЭДС самоиндукции при быстром размыкании тока в цепи)</i>	
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

29

Грузик массой $m = 100$ г неподвижно висит на лёгкой абсолютно упругой гибкой резинке с коэффициентом упругости $k = 100$ Н/м в поле силы тяжести с ускорением свободного падения g . Грузик поднимают из этого положения вертикально вверх на высоту $h = 80$ см, меньшую длины резинки, и отпускают без начальной скорости. Найдите время движения грузика вниз до точки его остановки. Начальной деформацией резинки при покоящемся грузике можно пренебречь.

Возможное решение

1. Введём неподвижную декартову систему координат с вертикальной осью OX , направленной вниз, причём начало координат поместим на уровне начального положения грузика.
2. После подъёма и отпускания грузика его движение вниз в поле силы тяжести разбивается на две стадии: вначале он свободно падает с ускорением g с высоты h до точки $x = 0$ (поскольку начальной деформацией резинки можно пренебречь) за время $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ – это следует из формул кинематики равноускоренного движения.
3. Затем резинка начинает растягиваться, а грузик – тормозиться вплоть до остановки в нижней точке его движения. Поскольку начальное растяжение резинки компенсирует вес грузика, то на второй стадии можно считать, что действует только упругая сила, и уравнение движения (второй закон Ньютона) в проекции на ось OX имеет вид: $m\ddot{x} = -kx$, что является уравнением гармонических колебаний с периодом $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.
4. С учётом начальных условий закон движения грузика на втором этапе представляет собой $1/4$ часть периода синусоиды и происходит за время $t_2 = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}$.
5. Таким образом, искомое время движения грузика вниз до точки остановки равно $t = t_1 + t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} + \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}$.
6. Подставляя численные данные из условия, получаем:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,8}{10}} + \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{0,1}{100}} \approx 0,4 + 0,0496 \approx 0,45 \text{ с.}$$

Ответ: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} + \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k}} \approx 0,45 \text{ с}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона в проекции на вертикальную ось, формулы кинематики для свободного падения, уравнение гармонических колебаний и формула для их периода</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи</p>	1

ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	
ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

30

Один моль идеального одноатомного газа сначала перевели в изобарическом процессе из состояния с объёмом $V_1 = 15$ л и давлением $p_1 = 10^5$ Па в состояние с объёмом $V_2 = 30$ л, а затем сжали его до начального объёма V_1 в процессе, происходящем по закону $p = kV$, где k – некоторый постоянный коэффициент. Какую работу A совершил газ за весь процесс?

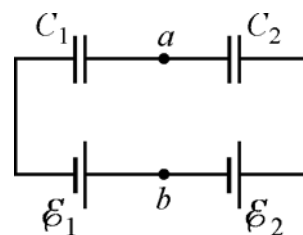
Возможное решение
<ol style="list-style-type: none"> 1. На первом, изобарическом, участке газ совершил положительную работу $A_1 = p_1(V_2 - V_1) = 1500$ Дж. 2. Чтобы найти неизвестный коэффициент пропорциональности k, заметим, что в состоянии с объёмом V_2 давление равно p_1, и в то же время эта точка является началом второго процесса $p = kV$, так что $k = p_1/V_2 = (1/3) \cdot 10^7$ Па/м³. 3. В конце второго процесса объём газа уменьшился и опять стал равным V_1, а давление снизилось до $p_2 = kV_1 = 5 \cdot 10^4$ Па. 4. Поскольку объём газа во втором процессе уменьшается по линейному закону, на этом участке работа газа отрицательна и равна $A_2 = (1/2)(p_1 + p_2)(V_1 - V_2) = -1125$ Дж. 5. Таким образом, за весь процесс газ совершил работу $A = A_1 + A_2 = 375$ Дж. <p>Ответ: $A = 375$ Дж</p>

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>выражения для работы газа на различных участках процесса и математические соотношения между объёмом и давлением</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи</p>	1

<p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	3

31

В цепи, изображённой на *рисунке*, к конденсаторам ёмкостью $C_1 = 2$ мкФ и $C_2 = 3$ мкФ подключена цепочка из двух последовательно соединённых батареек с ЭДС $\varepsilon_1 = 5$ В и $\varepsilon_2 = 4$ В. Найдите разность потенциалов $\Delta\varphi_{ab}$ между точками a и b цепи.



Возможное решение
<ol style="list-style-type: none"> Заряды последовательно соединённых конденсаторов одинаковы: $q_1 = q_2$. По формуле для связи заряда и напряжения U на конденсаторе $q = CU$ имеем: $C_1 U_1 = C_2 U_2$. Сумма напряжений на конденсаторах равна сумме ЭДС батареек: $U_1 + U_2 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$. Из уравнений, написанных выше, получаем: $U_1 = \frac{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)C_2}{C_1 + C_2}.$ Искомая разность потенциалов, таким образом, равна: $\Delta\varphi_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = U_1 - \varepsilon_1 = \frac{\varepsilon_2 C_2 - \varepsilon_1 C_1}{C_1 + C_2} = 0,4 \text{ В}.$ <p>Ответ: $\Delta\varphi_{ab} = \frac{\varepsilon_2 C_2 - \varepsilon_1 C_1}{C_1 + C_2} = 0,4 \text{ В}$</p>

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формулы для равенства зарядов последовательно соединённых конденсаторов, для связи заряда и напряжения на конденсаторе, для равенства суммарного напряжения на конденсаторах и суммарной ЭДС, для разности потенциалов между точками цепи</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p>	1

<p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

32

Дедушка Пети плохо видит вблизи из-за дальнозоркости, и для чтения книг на расстоянии наилучшего зрения ($d_0 = 25$ см) ему приходится использовать очки силой $D_1 = +2$ дптр. Если предмет расположен ближе 25 см, например на расстоянии $d_1 = 15$ см, то какие очки (с какой оптической силой D_2) дедушке придётся надеть вместо обычных, чтобы чётко видеть предмет (например, игольное ушко)?

Напоминание: при сложении тонких линз их оптические силы складываются.

Возможное решение
<ol style="list-style-type: none"> 1. Обозначим оптическую силу дедушкиного глаза, считая его тонкой линзой, D_0, а расстояние от неё до сетчатки – f. Без очков, когда глаз дальнозоркий, оптической силы D_0 не хватает, и изображение получается нерезким, позади сетчатки. 2. Запишем формулу тонкой линзы в первом случае, с очками силой D_1: $1/d_0 + 1/f = D_0 + D_1$. Тут мы учли сложение оптических сил глаза и первых очков, которые дают возможность фокусировки изображения текста на сетчатке при его расстоянии от глаза и очков d_0. 3. Во втором случае, с очками силой D_2 и расстоянием до предмета d_1, эта формула выглядит аналогично: $1/d_1 + 1/f = D_0 + D_2$. 4. Вычитая из второго уравнения первое, имеем: $1/d_1 - 1/d_0 = D_2 - D_1$, откуда $D_2 = D_1 + 1/d_1 - 1/d_0 \approx 2 + 6,67 - 4 \approx 4,7$ дптр.
<p>Ответ: $D_2 = D_1 + 1/d_1 - 1/d_0 \approx 4,7$ дптр</p>

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>записана формула тонкой линзы и правильно применена формула сложения оптических сил тонких линз</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи</p>	1

<p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	<i>3</i>

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

28

Школьник решил проверить целостность вторичной обмотки повышающего трансформатора, который был ему нужен для проведения опытов по электродинамике. Для этого он собрал последовательную цепь, состоящую из батарейки, низковольтной лампочки и исследуемой обмотки трансформатора. После замыкания этой цепи лампочка (не сразу) загорелась, что говорило об отсутствии обрывов во вторичной обмотке трансформатора. Однако, когда школьник стал размыкать эту цепь, держась двумя руками за скрученные проводники, он получил сильный удар током. Объясните, руководствуясь известными физическими законами и закономерностями, почему в таких цепях даже при малых напряжениях батарейки это может происходить.

Возможное решение

1. Индуктивность L вторичной обмотки повышающего трансформатора может быть очень велика – до нескольких Генри.
2. Поэтому после замыкания цепи и возникновения в обмотке ЭДС самоиндукции $\varepsilon = -L \frac{dI}{dt}$, препятствующей быстрому возрастанию тока, лампочка даже в замкнутой цепи, не имеющей повреждений, загорается не сразу.
3. Согласно закону электромагнитной индукции Фарадея, быстрое размыкание цепи, собранной школьником, то есть большая величина скорости изменения тока $\frac{dI}{dt}$ даже при малом токе в этой цепи при наличии в ней большой индуктивности вызывает появление очень большой ЭДС самоиндукции.
4. Если держаться при этом за оголённые концы размыкаемых проводов, то можно получить сильный удар током, что и произошло с неаккуратным школьником!

Ответ: быстрое размыкание цепи, содержащей большую индуктивность, даже при малых токах в ней вызывает появление большой ЭДС самоиндукции

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: <i>указана причина возникновения высокого напряжения при размыкании низковольтной цепи, содержащей большую индуктивность</i>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием	3

наблюдаемых явлений и закономерностей (в данном случае: <i>использование закона электромагнитной индукции Фарадея для объяснения появления большой ЭДС самоиндукции при быстром размыкании тока в цепи</i>)	
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т. п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

29

Грузик массой $m = 200$ г неподвижно висит на лёгкой абсолютно упругой гибкой резинке с коэффициентом упругости $k = 200$ Н/м в поле силы тяжести с ускорением свободного падения g . Грузик поднимают из этого положения вертикально вверх на высоту $h = 45$ см, меньшую длины резинки, и отпускают без начальной скорости. Найдите время движения грузика вниз до точки его остановки. Начальной деформацией резинки при покоящемся грузике можно пренебречь.

Возможное решение

1. Введём неподвижную декартову систему координат с вертикальной осью OX , направленной вниз, причём начало координат поместим на уровне начального положения грузика.
2. После подъёма и отпускания грузика его движение вниз в поле силы тяжести разбивается на две стадии: вначале он свободно падает с ускорением g с высоты h до точки $x = 0$ (поскольку начальной деформацией резинки можно пренебречь) за время $t_1 = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ – это следует из формул кинематики равноускоренного движения.
3. Затем резинка начинает растягиваться, а грузик – тормозиться вплоть до остановки в нижней точке его движения. Поскольку начальное растяжение резинки компенсирует вес грузика, то на второй стадии можно считать, что действует только упругая сила, и уравнение движения (второй закон Ньютона) в проекции на ось OX имеет вид: $m\ddot{x} = -kx$, что является уравнением гармонических колебаний с периодом $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.
4. С учётом начальных условий закон движения грузика на втором этапе представляет собой $1/4$ часть периода синусоиды и происходит за время $t_2 = \frac{T}{4} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}$.
5. Таким образом, искомое время движения грузика вниз до точки остановки равно $t = t_1 + t_2 = \sqrt{\frac{2h}{g}} + \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k}}$.
6. Подставляя численные данные из условия, получаем:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,45}{10}} + \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{0,2}{200}} \approx 0,3 + 0,0496 \approx 0,35 \text{ с.}$$

Ответ: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}} + \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{m}{k}} \approx 0,35 \text{ с}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>второй закон Ньютона в проекции на вертикальную ось, формулы кинематики для свободного падения, уравнение гармонических колебаний и формула для их периода</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т. п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи</p>	1

ИЛИ В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	
ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

30

Один моль идеального одноатомного газа сначала перевели в изобарическом процессе из состояния с объёмом $V_1 = 10$ л и давлением $p_1 = 10^5$ Па в состояние с объёмом $V_2 = 25$ л, а затем сжали его до начального объёма V_1 в процессе, происходящем по закону $p = kV$, где k – некоторый постоянный коэффициент. Какую работу A совершил газ за весь процесс?

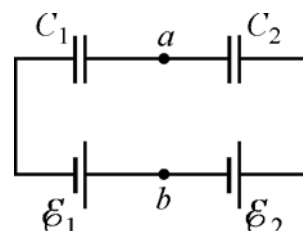
Возможное решение
<ol style="list-style-type: none"> 1. На первом, изобарическом, участке газ совершил положительную работу $A_1 = p_1(V_2 - V_1) = 1500$ Дж. 2. Чтобы найти неизвестный коэффициент пропорциональности k, заметим, что в состоянии с объёмом V_2 давление равно p_1, и в то же время эта точка является началом второго процесса $p = kV$, так что $k = p_1/V_2 = 4 \cdot 10^6$ Па/м³. 3. В конце второго процесса объём газа уменьшился и опять стал равным V_1, а давление снизилось до $p_2 = kV_1 = 4 \cdot 10^4$ Па. 4. Поскольку объём газа во втором процессе уменьшается по линейному закону, на этом участке работа газа отрицательна и равна $A_2 = (1/2)(p_1 + p_2)(V_1 - V_2) = -1050$ Дж. 5. Таким образом, за весь процесс газ совершил работу $A = A_1 + A_2 = 450$ Дж.
Ответ: $A = 450$ Дж

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>выражения для работы газа на различных участках процесса и математические соотношения между объёмом и давлением</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p>	1

В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.	
ИЛИ В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

31

В цепи, изображённой на рисунке, к конденсаторам ёмкостью $C_1 = 5$ мкФ и $C_2 = 4$ мкФ подключена цепочка из двух последовательно соединённых батареек с ЭДС $\varepsilon_1 = 3$ В и $\varepsilon_2 = 4$ В. Найдите разность потенциалов $\Delta\varphi_{ab}$ между точками a и b цепи.



Возможное решение

1. Заряды последовательно соединённых конденсаторов одинаковы: $q_1 = q_2$. По формуле для связи заряда и напряжения U на конденсаторе $q = CU$ имеем: $C_1 U_1 = C_2 U_2$.
2. Сумма напряжений на конденсаторах равна сумме ЭДС батареек: $U_1 + U_2 = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$.
3. Из уравнений, написанных выше, получаем:

$$U_1 = \frac{(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)C_2}{C_1 + C_2}.$$

4. Искомая разность потенциалов, таким образом, равна:

$$\Delta\varphi_{ab} = \varphi_a - \varphi_b = U_1 - \varepsilon_1 = \frac{\varepsilon_2 C_2 - \varepsilon_1 C_1}{C_1 + C_2} = 1/9 \text{ В} \approx 0,111 \text{ В}.$$

Ответ: $\Delta\varphi_{ab} = \frac{\varepsilon_2 C_2 - \varepsilon_1 C_1}{C_1 + C_2} = 1/9 \text{ В} \approx 0,111 \text{ В}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формулы для равенства зарядов последовательно соединённых конденсаторов, для связи заряда и напряжения на конденсаторе, для равенства суммарного напряжения на конденсаторах и суммарной ЭДС, для разности потенциалов между точками цепи</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи</p>	1

<p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

32

Дедушка Пети плохо видит вблизи из-за дальнозоркости, и для чтения книг на расстоянии наилучшего зрения ($d_0 = 25$ см) ему приходится использовать очки силой $D_1 = +2,5$ дптр. Если предмет расположен ближе 25 см, например на расстоянии $d_1 = 10$ см, то какие очки (с какой оптической силой D_2) дедушке придётся надеть вместо обычных, чтобы чётко видеть предмет (например, игольное ушко)?

Напоминание: при сложении тонких линз их оптические силы складываются.

Возможное решение
<ol style="list-style-type: none"> 1. Обозначим оптическую силу дедушкиного глаза, считая его тонкой линзой, D_0, а расстояние от неё до сетчатки – f. Без очков, когда глаз дальнозоркий, оптической силы D_0 не хватает, и изображение получается нерезким, позади сетчатки. 2. Запишем формулу тонкой линзы в первом случае, с очками силой D_1: $1/d_0 + 1/f = D_0 + D_1$. Тут мы учли сложение оптических сил глаза и первых очков, которые дают возможность фокусировки изображения текста на сетчатке при его расстоянии от глаза и очков d_0. 3. Во втором случае, с очками силой D_2 и расстоянием до предмета d_1, эта формула выглядит аналогично: $1/d_1 + 1/f = D_0 + D_2$. 4. Вычитая из второго уравнения первое, имеем: $1/d_1 - 1/d_0 = D_2 - D_1$, откуда $D_2 = D_1 + 1/d_1 - 1/d_0 = 2,5 + 10 - 4 = 8,5$ дптр.
<p>Ответ: $D_2 = D_1 + 1/d_1 - 1/d_0 = 8,5$ дптр</p>

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>записана формула тонкой линзы и правильно применена формула сложения оптических сил тонких линз</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи</p>	1

<p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	<i>3</i>