

Ответы к заданиям

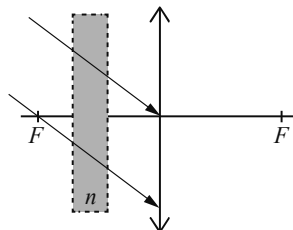
№ задания	Ответ
1	32,5
2	0,25
3	10
4	1600
5	14*
6	23
7	24
8	4
9	5
10	200
11	12*
12	22
13	влево
14	1080
15	4
16	25*
17	11
18	13
19	4960
20	2
21	43
22	7451
23	13*
24	45*
25	0,4
26	4

* Цифры в ответе могут быть приведены в любой последовательности

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

27

На тонкую собирающую линзу от удалённого источника падает пучок параллельных лучей (см. рисунок). Как изменится положение изображения источника, создаваемого линзой, если между линзой и её фокусом поставить плоскопараллельную стеклянную пластинку с показателем преломления n (на рисунке положение пластинки отмечено пунктиром)? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали. Сделайте рисунок, поясняющий ход лучей до и после установки плоскопараллельной стеклянной пластинки.



Возможное решение

1. Вначале изображением источника была точка в задней фокальной плоскости линзы, расположенная ниже главной оптической оси, так как все параллельные лучи линза собирает в одной точке фокальной плоскости. Положение этой точки определяется углом падения лучей на линзу (построение на рис. 1).

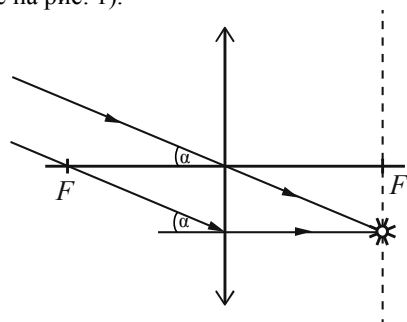


Рис. 1

2. Плоскопараллельная пластинка не нарушает параллельности лучей, а только смещает падающие лучи параллельно вверх (рис. 2).

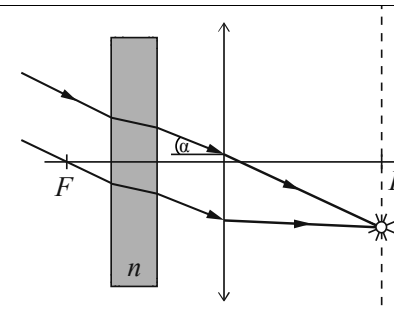


Рис. 2

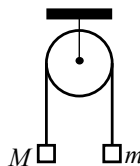
3. Так как угол падения лучей на линзу не изменился, то и положение изображения не изменится (построение на рис. 2)

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае п. 3) и полное верное объяснение (в данном случае п. 1, 2) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>законы построения изображения в линзе, прохождение параллельных лучей через плоскопараллельную пластину, два рисунка</i>)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков. 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.) И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	2

Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u> , содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

28

Два груза подвешены на достаточно длинной невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через идеальный блок (см. рисунок). Грузы удерживали неподвижно, а затем осторожно отпустили, после чего они начали двигаться равноускоренно. Опустившись на 2 м, левый груз приобрёл скорость 4 м/с. Определите силу натяжения нити, если масса правого груза $m = 1$ кг. Трением пренебречь.



$T = m \left(\frac{v^2}{2S} + g \right) = 1 \cdot \left(\frac{4^2}{2 \cdot 2} + 10 \right) = 14 \text{ Н.}$ Ответ: $T = 14 \text{ Н}$	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
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>второй закон Ньютона, формула пути при равноускоренном движении</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<u>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</u>); 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	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
Максимальный балл	2

Возможное решение

Запишем для двух грузов второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось:

$$Ma_1 = Mg - T_1;$$

$$ma_2 = T_2 - mg.$$

Так как нить невесома и нерастяжима, а блок идеальный, то

$$a_1 = a_2 = a$$

$$T_1 = T_2 = T.$$

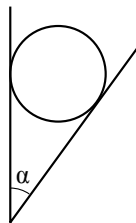
Для пути, который прошёл левый груз, можно записать соотношение

$$S = \frac{v^2}{2a}.$$

Тогда для силы натяжения нити получим:

29

Гладкий цилиндр лежит между двумя плоскостями, одна из которых вертикальна, а линия их пересечения горизонтальна (см. рисунок). Сила давления цилиндра на вертикальную стенку в $n = \sqrt{3}$ раза превышает силу тяжести, действующую на шар. Найдите угол α между плоскостями. Сделайте рисунок, на котором укажите силы, действующие на цилиндр.



Возможное решение

1. Поскольку цилиндр гладкий, силы трения отсутствуют. Все действующие на цилиндр силы проходят через его центр масс, поэтому момент сил относительно оси, проходящей через его центр масс, равен нулю.

2. Для того чтобы цилиндр в этом случае находился в равновесии, необходимо, чтобы векторная сумма сил, действующих на него, была равна нулю. Поэтому

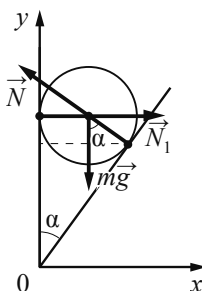
$$N_1 - N \cos \alpha = 0,$$

$$N \sin \alpha - mg = 0.$$

3. Решая систему уравнений с учётом того, что

$$N_1 = nmg, \text{ получим: } \operatorname{tg} \alpha = \frac{mg}{N_1} = \frac{1}{n}, \alpha = \arctg\left(\frac{1}{n}\right) = \arctg\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right) = 30^\circ.$$

$$\text{Ответ: } \alpha = \arctg\left(\frac{1}{n}\right) = 30^\circ$$



Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

3

I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *условие равновесия цилиндра, второй закон Ньютона*);

II) сделан правильный рисунок, на котором указаны силы, действующие на цилиндр;

III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);

IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);

V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.

2

Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.

И (ИЛИ)

В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.

И (ИЛИ)

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.

И (ИЛИ)

Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)

Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.

1

Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.

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

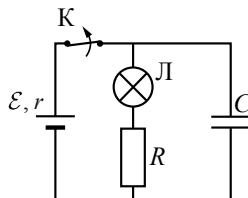
- 30** В вертикальном цилиндре, закрытом лёгким поршнем, находится бензол (C_6H_6) при температуре кипения $t = 80^\circ C$. При сообщении бензолу некоторого количества теплоты часть его превращается в пар, который при изобарном расширении совершает работу, поднимая поршень. Удельная теплота парообразования бензола $L = 396 \cdot 10^3$ Дж/кг, а его молярная масса $M = 78 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Какая часть подводимого к бензолу количества теплоты идёт на увеличение внутренней энергии системы? Объёмом жидкого бензола и трением между поршнем и цилиндром пренебречь.

Возможное решение	
1. В соответствии с первым началом термодинамики подводимое количество теплоты равно сумме изменения внутренней энергии системы и совершённой механической работы: $Q = \Delta U + A$. При кипении бензола происходит его изобарное расширение. Работа пара $A = p\Delta V$, где p – атмосферное давление, ΔV – изменение объёма. 2. Считая пар идеальными газом, воспользуемся уравнением Клапейрона – Менделеева для определения изменения объёма за счёт испарившегося бензола массой Δm: $p\Delta V = \frac{\Delta m}{M}RT$, где $M = 78 \cdot 10^{-3}$ кг/моль – молярная масса бензола, $T = 80 + 273 = 353$ К – температура кипения бензола. Отсюда $A = \frac{\Delta m RT}{M}$. 3. Количество теплоты Q, необходимое для испарения массы Δm бензола, пропорционально удельной теплоте парообразования $Q = \Delta m L$. 4. Искомая величина определяется отношением $\eta = \frac{\Delta U}{Q} = \frac{Q - A}{Q} = 1 - \frac{RT}{ML} = 1 - \frac{8,31 \cdot 353}{78 \cdot 10^{-3} \cdot 396 \cdot 10^3} \approx 0,905$. Ответ: $\eta = 0,905$	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
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>первое начало термодинамики, уравнение Клапейрона – Менделеева, выражение для теплоты парообразования данной массы вещества, формула для работы газа</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при	3

написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. 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. 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

31

К аккумулятору с ЭДС $\mathcal{E} = 60$ В и внутренним сопротивлением $r = 5$ Ом подключили лампу сопротивлением $R_{\text{л}} = 10$ Ом и резистор сопротивлением $R = 15$ Ом, а также конденсатор ёмкостью $C = 80$ мкФ (см. рисунок). Спустя длительный промежуток времени ключ К размыкают. Какое количество теплоты выделится после этого на лампе?



Возможное решение

1. До размыкания ключа электрический ток протекает через последовательно соединённые лампу и резистор. Общее сопротивление внешней цепи $R_0 = R_{\text{л}} + R = 10 + 15 = 25$ Ом, где $R_{\text{л}}$ – сопротивление лампы, R – сопротивление резистора.

2. Согласно закону Ома для полной цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R_0 + r} = \frac{60}{25 + 5} = 2$ А. При этом напряжение на конденсаторе $U = IR_0 = 2 \cdot 25 = 50$ В.

3. Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия $W = \frac{CU^2}{2} = \frac{80 \cdot 10^{-6} \cdot 50^2}{2} = 0,1$ Дж.

4. После размыкания ключа вся энергия, накопленная в конденсаторе, будет выделяться на последовательно включённых лампе и резисторе. Согласно закону Джоуля – Ленца количество теплоты, выделяющееся в промежуток времени Δt , прямо пропорционально сопротивлению, поскольку сила тока i , протекающего через лампу и резистор, в любой момент времени одна и та же: $Q_1 = i^2 R_{\text{л}} \Delta t$, $Q_2 = i^2 R \Delta t \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{R}{R_{\text{л}}}$ и $W = Q_1 + Q_2$.

Окончательно получим для количества теплоты, выделившегося на лампе:

$$Q_1 = \frac{WR_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R} = \frac{0,1 \cdot 10}{10 + 15} = 0,04 \text{ Дж} = 40 \text{ мДж}.$$

Ответ: $Q_1 = 40$ мДж

Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

3

I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *формула расчёта сопротивления последовательно соединённых элементов цепи, закон Ома для полной цепи и участка цепи, формула энергии заряженного конденсатора, закон Джоуля – Ленца*);

II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения

физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);

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

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.

Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.

И (ИЛИ)

В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.

И (ИЛИ)

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.

И (ИЛИ)

Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка

Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.

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.

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.

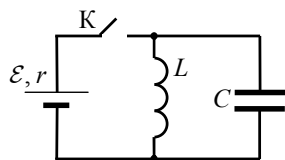
ИЛИ

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

Максимальный балл

- 32 В электрической цепи, показанной на рисунке, ключ К длительное время замкнут, $\mathcal{E} = 3 \text{ В}$, $r = 2 \text{ Ом}$, $L = 1 \text{ мГн}$, $C = 50 \text{ мкФ}$. В момент $t = 0$ ключ К размыкают. Каково напряжение U на конденсаторе в момент, когда в ходе возникших в контуре электромагнитных колебаний сила тока в контуре $I = 1 \text{ А}$? Сопротивлением проводов и активным сопротивлением катушки индуктивности пренебречь.



Возможное решение	
1. Непосредственно перед размыканием ключа К ток через конденсатор равен нулю, по катушке течёт ток $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{r}$, напряжение U_{0C} на конденсаторе равно напряжению на катушке, поэтому $U_{0C} = 0$.	
2. После размыкания ключа К в контуре возникают гармонические электромагнитные колебания. Энергия электромагнитных колебаний в контуре сохраняется: $\frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2}, \text{ откуда получаем: } U = \sqrt{\frac{L}{C}(I_0^2 - I^2)}.$ Учитывая, что $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{r}$, получим: $U = \sqrt{\frac{L}{C}\left(\frac{\mathcal{E}^2}{r^2} - I^2\right)} = \sqrt{\frac{10^{-3}}{5 \cdot 10^{-5}}\left(\frac{9}{4} - 1\right)} = 5 \text{ В}.$ Ответ: $U = 5 \text{ В}$	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
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>закон сохранения энергии, формулы энергии электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки индуктивности, закон Ома для полной цепи</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);	3

IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пунктам II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

Ответы к заданиям

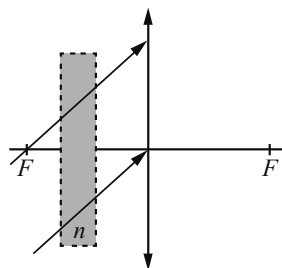
№ задания	Ответ
1	10
2	0,25
3	10
4	0,64
5	25*
6	23
7	34
8	4
9	0,75
10	5000
11	45*
12	11
13	вправо
14	3800
15	36
16	25*
17	32
18	43
19	5069
20	0,5
21	23
22	99,30,1
23	15*
24	12*
25	46,4
26	0,5

* Цифры в ответе могут быть приведены в любой последовательности

Критерии оценивания заданий с развёрнутым ответом

27

На тонкую собирающую линзу от удалённого источника падает пучок параллельных лучей (см. рисунок). Как изменится положение изображения источника, создаваемого линзой, если между линзой и её фокусом поставить плоскопараллельную стеклянную пластинку с показателем преломления n (на рисунке положение пластинки отмечено пунктиром)? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали. Сделайте рисунок, поясняющий ход лучей до и после установки плоскопараллельной стеклянной пластинки.



Возможное решение

1. Вначале изображением источника была точка в задней фокальной плоскости линзы, расположенная выше главной оптической оси, так как все параллельные лучи линза собирает в одной точке фокальной плоскости. Положение этой точки определяется углом падения лучей на линзу (построение на рис. 1).

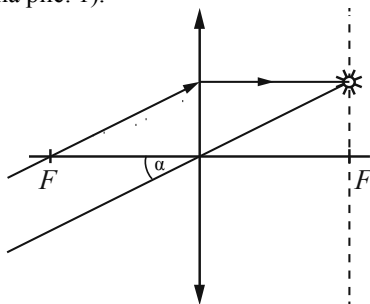


Рис. 1

2. Плоскопараллельная пластинка не нарушает параллельность лучей, а только смещает падающие лучи параллельно вниз (рис. 2).

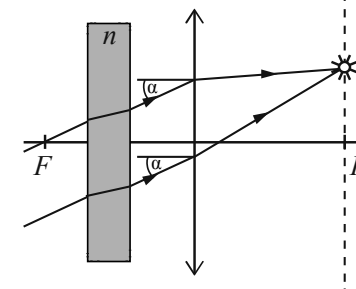


Рис. 2

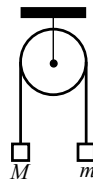
3. Так как угол падения лучей на линзу не изменился, то и положение изображения не изменится (построение на рис. 2)

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае п. 3) и полное верное объяснение (в данном случае п. 1, 2) с указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>законы построения изображения в линзе, прохождение параллельных лучей через плоскопараллельную пластину, два рисунка</i>)	3
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется один или несколько из следующих недостатков. 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.) И (ИЛИ) Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения	2
Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.	1

Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного объяснения. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца. ИЛИ Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки. ИЛИ Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

28

Два груза подвешены на достаточно длинной невесомой нерастяжимой нити, перекинутой через идеальный блок (см. рисунок). Грузы удерживали неподвижно, а затем осторожно отпустили, после чего они начали двигаться равноускоренно. Через $t = 1$ с после начала движения скорость правого груза (массой $m = 1$ кг) была направлена вертикально вверх и равна 4 м/с. Определите силу натяжения нити. Трением пренебречь.

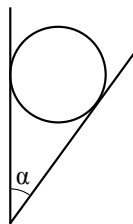


Возможное решение
Запишем для двух грузов второй закон Ньютона в проекциях на вертикальную ось: $Ma_1 = Mg - T_1;$ $ma_2 = T_2 - mg.$ Так как нить невесома и нерастяжима, а блок идеальный, то $a_1 = a_2 = a$ $T_1 = T_2 = T.$ Для скорости, которую приобрёл правый груз, можно записать соотношение $v = at.$ Тогда для силы натяжения нити получим: $T = m \left(\frac{v}{t} + g \right) = 1 \cdot \left(\frac{4}{1} + 10 \right) = 14 \text{ Н}.$ Ответ: $T = 14$ Н

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
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>второй закон Ньютона, формула скорости при равноускоренном движении</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<u>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</u>); 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	2
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла	0
Максимальный балл	2

29

Гладкий цилиндр лежит между двумя плоскостями, одна из которых вертикальна, а линия их пересечения горизонтальна (см. рисунок). Сила давления цилиндра на вертикальную стенку равна 10 Н и в $n = 3$ раза меньше, чем сила давления на цилиндр со стороны другой плоскости. Определите массу цилиндра. Сделайте рисунок, на котором укажите силы, действующие на цилиндр.



Возможное решение

1. Поскольку цилиндр гладкий, силы трения отсутствуют. Все действующие на цилиндр силы проходят через его центр масс, поэтому момент сил относительно оси, проходящей через его центр масс, равен нулю.

2. Для того чтобы цилиндр в этом случае находился в равновесии, необходимо, чтобы векторная сумма сил, действующих на него, была равна нулю. Поэтому

$$N_1 - N \cos \alpha = 0,$$

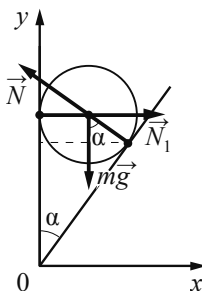
$$N \sin \alpha - mg = 0.$$

3. Решая систему уравнений с учётом того, что

$$N = nN_1, \text{ получим: } (N \cos \alpha)^2 + (N \sin \alpha)^2 = n^2 N_1^2 = N_1^2 + (mg)^2.$$

$$4. \text{ Искомая масса цилиндра } m = \frac{N_1}{g} \sqrt{n^2 - 1} = \frac{10}{10} \sqrt{3^2 - 1} \approx 2,8 \text{ кг.}$$

Ответ: $m \approx 2,8$ кг



Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

3

I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *условие равновесия цилиндра, второй закон Ньютона*);

II) сделан правильный рисунок, на котором указаны силы, действующие на цилиндр;

III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);

IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);

V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.

Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.

И (ИЛИ)

В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.

И (ИЛИ)

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.

И (ИЛИ)

Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)

Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.

Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.

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

Максимальный балл

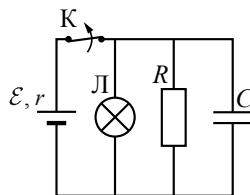
- 30 В вертикальном цилиндре, закрытом лёгким поршнем, находится ацетон (C_3H_6O) при температуре кипения $t = 56^\circ C$. В результате сообщения ацетону некоторого количества теплоты часть его превращается в пар, который при изобарном расширении совершает работу, поднимая поршень. Удельная теплота парообразования ацетона $L = 524 \cdot 10^3$ Дж/кг, а его молярная масса $M = 58 \cdot 10^{-3}$ кг/моль. Какая часть подводимого к ацетону количества теплоты превращается в работу? Объёмом жидкого ацетона и трением между поршнем и цилиндром пренебречь.

Возможное решение	
1. В соответствии с первым началом термодинамики подводимое количество теплоты равно сумме изменения внутренней энергии системы и совершённой механической работы: $Q = \Delta U + A$. При кипении ацетона происходит его изобарное расширение. Работа пара $A = p\Delta V$, где p – атмосферное давление, ΔV – изменение объёма. 2. Считая пар идеальными газом, воспользуемся уравнением Клапейрона – Менделеева для определения изменения объёма за счёт испарившегося ацетона массой Δm: $p\Delta V = \frac{\Delta m}{M}RT$, где $M = 58 \cdot 10^{-3}$ кг/моль – молярная масса ацетона, $T = 56 + 273 = 329$ К – температура кипения ацетона. Отсюда $A = \frac{\Delta mRT}{M}$. 3. Количество теплоты Q, необходимое для испарения массы Δm ацетона, пропорционально удельной теплоте парообразования: $Q = \Delta mL$. 4. Искомая величина определяется отношением $\eta = \frac{A}{Q} = \frac{RT}{ML} = \frac{8,31 \cdot 329}{58 \cdot 10^{-3} \cdot 524 \cdot 10^3} \approx 0,09$. Ответ: $\eta \approx 0,09$	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
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>первое начало термодинамики, уравнение Клапейрона – Менделеева, выражение для теплоты парообразования данной массы вещества, формула для работы газа</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии	3

задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. 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. 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

31

К аккумулятору с ЭДС $\mathcal{E} = 50$ В и внутренним сопротивлением $r = 4$ Ом подключили лампу сопротивлением $R_{\text{л}} = 10$ Ом и резистор сопротивлением $R = 15$ Ом, а также конденсатор ёмкостью $C = 100$ мкФ (см. рисунок). Спустя длительный промежуток времени ключ К размыкают. Какое количество теплоты выделится после этого на резисторе?



Возможное решение	
1. До размыкания ключа электрический ток протекает через параллельно соединённые лампу и резистор. Общее сопротивление внешней цепи $R_0 = \frac{R_{\text{л}} R}{R_{\text{л}} + R} = \frac{10 \cdot 15}{10 + 15} = 6$ Ом, где $R_{\text{л}}$ – сопротивление лампы, R – сопротивление резистора. 2. Согласно закону Ома для полной цепи $I = \frac{\mathcal{E}}{R_0 + r} = \frac{50}{6 + 4} = 5$ А. При этом напряжение на конденсаторе $U_c = IR_0 = 5 \cdot 6 = 30$ В. 3. Таким образом, до размыкания ключа в конденсаторе была накоплена энергия $W = \frac{CU_c^2}{2} = \frac{10^{-4} \cdot 900}{2} = 45 \cdot 10^{-3}$ Дж = 45 мДж. 4. После размыкания ключа вся энергия, накопленная в конденсаторе, будет выделяться на параллельно включённых лампе и резисторе. Согласно закону Джоуля – Ленца количество теплоты, выделяющееся в промежуток времени Δt, обратно пропорционально сопротивлению, поскольку напряжение на лампе и резисторе в любой момент времени одно и то же: $Q_1 = \frac{U^2}{R_{\text{л}}} \Delta t$, $Q_2 = \frac{U^2}{R} \Delta t \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{R_{\text{л}}}{R}$ и $W = Q_1 + Q_2$. Окончательно получим для количества теплоты, выделившегося на резисторе: $Q_2 = \frac{WR_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R} = \frac{45 \cdot 10^{-3} \cdot 10}{10 + 15} = 18 \cdot 10^{-3} = 18$ мДж. Ответ: $Q_2 = 18$ мДж	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
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>формула расчёта сопротивления параллельно соединённых элементов цепи, закон Ома для полной цепи и участка цепи, формула энергии заряженного</i>	3

конденсатора, закон Джоуля – Ленца);
II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);
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

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.

Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.

И (ИЛИ)

В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.

И (ИЛИ)

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.

И (ИЛИ)

Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка

Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.

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.

ИЛИ

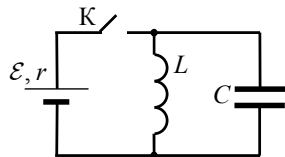
В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.

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

- 32 В электрической цепи, показанной на рисунке, ключ К длительное время замкнут, $\mathcal{E} = 6$ В, $r = 2$ Ом, $L = 1$ мГн. В момент $t = 0$ ключ К размыкают. В момент, когда в ходе возникших в контуре электромагнитных колебаний напряжение на конденсаторе равно ЭДС источника, сила тока в контуре $I = 2,4$ А. Найдите ёмкость конденсатора C . Сопротивлением проводов и активным сопротивлением катушки индуктивности пренебречь.



Возможное решение	
1. Непосредственно перед размыканием ключа К ток через конденсатор равен нулю, по катушке течёт ток $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{r}$, напряжение U_{0C} на конденсаторе равно напряжению на катушке, поэтому $U_{0C} = 0$. 2. После размыкания ключа К в контуре возникают гармонические электромагнитные колебания. Энергия электромагнитных колебаний в контуре сохраняется: $\frac{LI^2}{2} + \frac{CU^2}{2} = \frac{LI_0^2}{2}, \text{ откуда получаем: } C = \frac{L(I_0^2 - I^2)}{U^2}.$ Учитывая, что $U = \mathcal{E}$, $I_0 = \frac{\mathcal{E}}{r}$, получим: $C = L \left(\frac{1}{r^2} - \frac{I^2}{\mathcal{E}^2} \right) = 10^{-3} \cdot \left(\frac{1}{4} - 0,16 \right) = 90 \cdot 10^{-6} \text{ Ф}.$ Ответ: $C = 90$ мкФ	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: И) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон сохранения энергии, закон Ома для полной цепи, формулы для энергии электрического поля конденсатора и магнитного поля катушки индуктивности</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант,</i>	3

указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); 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	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют. И (ИЛИ) В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты. И (ИЛИ) В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3