

**Ключи к заданиям муниципального этапа Всероссийской олимпиады школьников по физике
2022-2023 учебный год**

11 класс

Продолжительность олимпиады: 230 минут. Максимально возможное количество баллов: 50

Общие критерии оценок

Жюри олимпиады оценивает записи, приведенные в чистовике. Черновики не проверяются.

Правильный ответ, приведенный без обоснования или полученный из неправильных рассуждений, не учитывается. Если задача решена не полностью, то этапы ее решения оцениваются в соответствии с критериями оценок по данной задаче.

Если задача решена отличным от авторского способа, то решение оценивается согласно приведенных ниже критериев.

Таблица 1

Критерии проверки

Баллы	Правильность (ошибочность) решения
10	Полное верное решение
7-9	Верное решение. Имеются небольшие недочёты, в целом не влияющие на решение. Допущены арифметические ошибки
5-6	Задача решена частично, или даны ответы не на все вопросы
3-4	Решение содержит пробелы в обоснованиях, приведены не все необходимые для решения формулы
1-2	Рассмотрены отдельные важные случаи при отсутствии решения или при ошибочном решении
0	Решение неверно или отсутствует

Не допускается снижение оценок за плохой почерк, решение способом, отличным от авторского, и т.д. Все спорные вопросы рекомендуется решать в пользу школьника.

Рекомендуется проверять сначала первую задачу во всех работах, затем вторую и т.д.

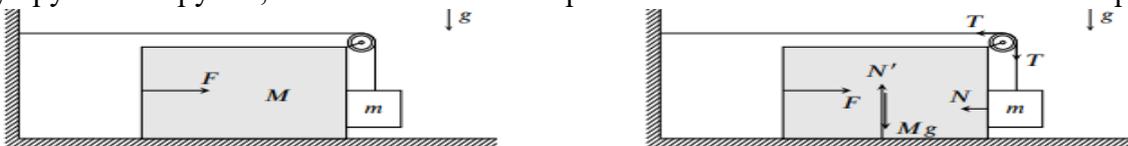
Все пометки в работе участника члены жюри делают только красными чернилами. Баллы за промежуточные выкладки ставятся около соответствующих мест в работе (это исключает пропуск отдельных пунктов из критериев оценок). Итоговая оценка за задачу ставится в конце решения. Кроме того, члены жюри заносит её в таблицу (см. табл. № 2) на первой странице работы и ставит свою подпись (с расшифровкой) под оценкой. В случае неверного решения необходимо находить и отмечать ошибку, которая к нему привела. Это позволит точнее оценить правильную часть решения и сэкономит время в случае апелляции

Таблица 2

№ задания	Набранные баллы
1	
2	
3	
4	
итого	

Задача № 1

На гладкой горизонтальной поверхности находится система, состоящая из бруска массой $M = 3$ кг с прикрепленным к нему невесомым блоком и груза массой $m = 0,5$ кг, привязанного с помощью нити к стене. С каким ускорением будет двигаться брусок, если его толкать с силой $F = 13$ Н, направленной вправо? Ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с². Между бруском и грузом, а также в оси блока трения нет. Нить считать невесомой и нерастяжимой.



Решение: Пусть a — ускорение бруска, тогда у груза ускорение имеет две составляющие, вертикальную (направленную вверх) и горизонтальную, равные по модулю a . Запишем 2й закон Ньютона для груза (N — сила взаимодействия груза и бруска, T — сила натяжения нити):

$$ma = N, \quad ma = T - mg.$$

Изобразим силы, действующие на брусок (рис. 11.3) и запишем 2й закон Ньютона в проекции на горизонтальную ось:

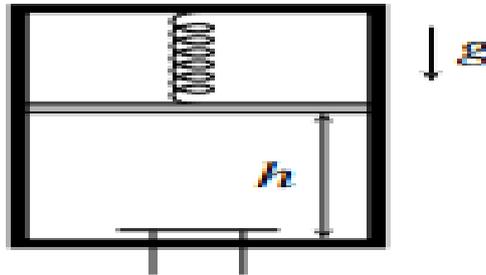
$$Ma = F - T - N.$$

Выражая T и N из предыдущих уравнений, получим

$$Ma = F - ma - mg - ma \Rightarrow a = \frac{F - mg}{M + 2m} = \frac{13 \text{ Н} - 5 \text{ Н}}{4 \text{ кг}} = 2 \text{ м/с}^2.$$

Задача № 2

В вертикальном цилиндрическом теплоизолированном сосуде находится горизонтальный поршень массой $m = 10$ кг, прикрепленный с помощью лёгкой пружины к его верхней стенке, и расположенный у нижнего основания миниатюрный нагреватель. Под поршнем находится идеальный одноатомный газ, а над поршнем — вакуум. В начальном положении поршень расположен на высоте $h = 80$ см от нижнего основания, пружина не деформирована. Определите жёсткость пружины k , если после передачи газу количества теплоты $Q = 130$ Дж, поршень поднялся на высоту $h/4$. Трением между поршнем и стенками пренебречь. Ускорение свободного падения принять равным $g = 10$ м/с²



Решение: В начальном положении давление газа под поршнем равно $p_0 = mg/S$, где S — площадь поршня. Если же в результате нагревания поршень поднялся на высоту $h/4$, давление газа под ним стало $p = p_0 + kh/(4S)$, а объём газа $V = 5Sh/4$. Работа по подъёму поршня на высоту $h/4$ определяется как изменение потенциальных энергий поршня и пружины

$$A = \frac{mgh}{4} + \frac{kh^2}{32},$$

в то время как изменение внутренней энергии равно

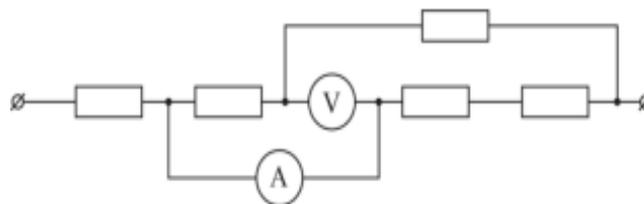
$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} (pV - p_0 Sh) = \frac{3}{2} \left(\frac{p_0 Sh}{4} + \frac{5kh^2}{16} \right) = \frac{3mgh}{8} + \frac{15kh^2}{32}.$$

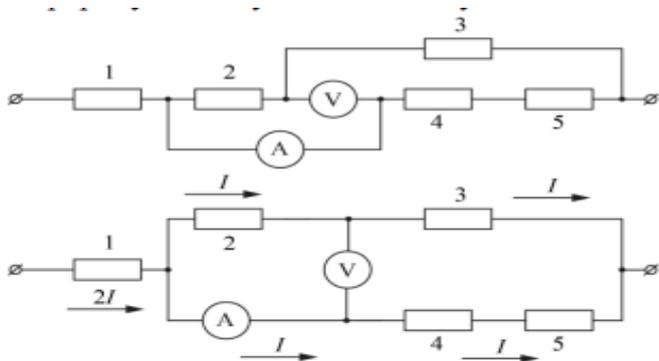
Отсюда получим, что

$$Q = \Delta U + A = \frac{5mgh}{8} + \frac{kh^2}{2} \Rightarrow k = \frac{2}{h^2} \left(Q - \frac{5mgh}{8} \right) = 250 \text{ Н/м}.$$

Задача № 3

Участок цепи, показанный на рисунке, подключён к идеальному источнику постоянного напряжения. Идеальные приборы показывают 2 А и 6 В. Все резисторы в цепи одинаковые. Определите: 1) сопротивление одного резистора R ; 2) напряжение источника U_0 ; 3) показания приборов, если их поменять местами; 4) тепловую мощность, выделяющуюся на крайнем левом резисторе, если приборы в цепи поменяют местами



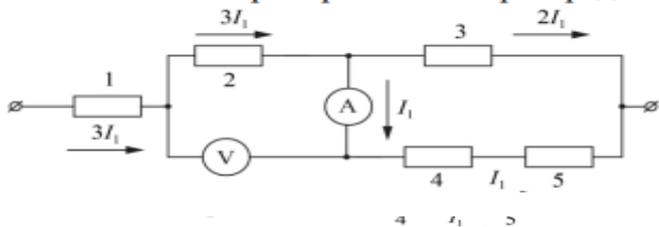


Так как идеальный вольтметр эквивалентен разрыву цепи, а падение напряжения на идеальном амперметре равно 0, то резисторы 2 и 3 параллельны резисторам 4 и 5. Из равенства сопротивлений резисторов следует, что амперметр показывает половину общего тока. Такой же ток бежит через резистор 2, напряжение на котором показывает вольтметр. Значит сопротивление резистора $R = 3 \text{ Ом}$.

Напряжение источника падает на резисторах 2 и 3 (по 6 В) и на резисторе 1 (12 В, так как сила тока через него в два раза больше).

$$U_0 = 24 \text{ В.}$$

Если поменять приборы местами распределение токов изменится:



Теперь резисторы 4 и 5 параллельны одному резистору 3, значит ток через них в 2 раза меньше. Через резисторы 1 и 2 бежит общий неразветвленный ток (в 3 раза больший чем через резистор 4), через амперметр ток отводится на ветку 4-5. Общее напряжение не изменилось. Запишем его как сумму падений напряжения на резисторах 1, 2 и 3:

$$U_0 = 3I_1 R + 3I_1 R + 2I_1 R$$

$$I_1 = \frac{U_0}{8R} = 1 \text{ А}$$

Это и покажет амперметр.

Показания вольтметра равны падению напряжения на резисторе 2:

$$U = 3I_1 R = 9 \text{ В}$$

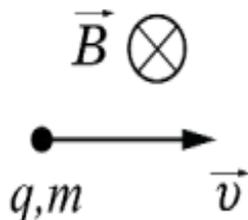
Тепловую мощность, выделяющуюся на резисторе 1 найдём из закона Джоуля-Ленца:

$$N = (3I_1)^2 R = 27 \text{ Вт}$$

Задача № 4

Частица с зарядом $q = 1,2 \text{ мкКл}$ и массой $m = 0,8 \text{ мг}$ движется со скоростью $v = 100 \text{ м/с}$ в однородном электромагнитном поле с индукцией $B = 1 \text{ мТл}$ и напряжённостью $E = 0$. На рисунке показано направление скорости частицы \vec{v} в рассматриваемый момент времени. Вектор \vec{B} перпендикулярен \vec{v} и направлен от нас. Описание ситуации сделано относительно некоторой инерциальной системы отсчёта. Перейдём в другую инерциальную систему отсчёта, движущуюся относительно первой со скоростью \vec{u} .

- 1) Определите направление и величину ускорения частицы \vec{a}' в рассматриваемый момент во второй системе отсчёта.
- 2) Определите направление и величину напряжённости поля \vec{E}' во второй системе отсчёта



Скорости частицы много меньше скорости света в вакууме, поэтому можно пользоваться законами классической механики. Известно, что масса и заряд инвариантны к смене СО. Так как мы переходим из одной ИСО в другую, то ускорение в ней будет тем же: $\vec{a}' = \vec{a}$.

В исходной ИСО это ускорение сообщает сила Лоренца $\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) = q\vec{v} \times \vec{B}$.

Тогда величина ускорения $|\vec{a}'| = F/m = 0,15 \text{ м/с}^2$.

Направления силы и ускорения определяются правилом правой руки. С учётом положительного знака заряда частицы – в плоскости рисунка перпендикулярно скорости вверх.

В новой системе отсчёта частица в начальный момент неподвижна, поэтому магнитная составляющая поля на неё не действует, но зато появляется сила со стороны электрической компоненты E' .

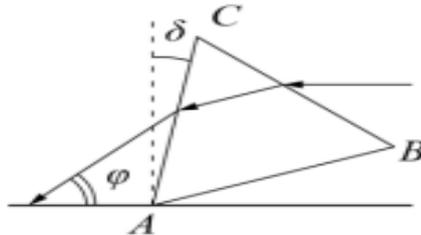
Сила, действующая на частицу в новой СО, $F' = ma'$.

Тогда модуль напряжённости $E' = F'/q = vB = 0,1 \text{ В/м}$.

Направление совпадёт с направлением ускорения.

Задача № 5

Луч света распространяется параллельно поверхности, на которой установлена равносторонняя треугольная стеклянная призма, грань AC которой образует угол $\delta = 18^\circ$ с нормалью к поверхности. Луч света преломившись, распространяется внутри призмы параллельно основанию AB. Определите: 1) угол φ между лучом, вышедшим из призмы, и поверхностью, на которой она установлена; 2) коэффициент преломления n стекла.



Возможное решение. $\gamma = 90^\circ - \delta - \beta = 12^\circ$

$\begin{cases} \gamma = \gamma_1 \\ \varphi = \varphi_1 \end{cases}$ как внутренние накрест лежащие ($EM \parallel DA$)

$\varphi = \gamma_1 + \gamma_2 = 2\gamma = 24^\circ$ по теореме о внешнем угле треугольника.

Угол падения луча EM на призму $\alpha_1 = 90^\circ - (60^\circ - \gamma) = 42^\circ$

Угол преломления $\alpha_2 = 30^\circ$ ($EF \parallel BA$)

$$n = \frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} \approx 1,34$$

