

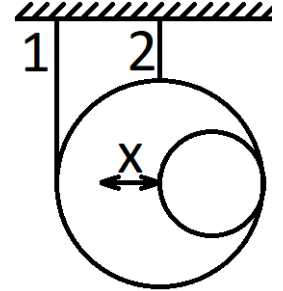
Министерство науки и высшего образования РФ
Совет ректоров вузов Томской области
Открытая региональная межвузовская олимпиада
2023-2024
ФИЗИКА

9 класс

1 Вариант. II этап.

Задача 1

Из тонкого листа жести вырезали диск радиусом r и массой m . В диске вырезали диск радиусом $r/2$ так, как это показано на рисунке. Диск подвесили на двух невесомых и нерастяжимых нитях (см. рисунок). Определите силы натяжения нитей T_1 и T_2 . На каком расстоянии x от центра диска будет находиться его центр массы? Ускорение свободного падения g считайте известным.



Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
1) Определена масса вырезанного диска радиусом $r/2$: $m_1 = m \frac{0.25\pi r^2}{\pi r^2} = \frac{1}{4}m$	2
2) Предложена идея рассматривать вырезанный диск радиуса $r/2$ как тело отрицательной массы.	2
3) Записана полная система уравнений, позволяющая определить T_1 и T_2 . Например, любые два уравнения из системы: $mg - m_1g = T_1 + T_2$ $mg r - m_1g \frac{3}{2}r = T_2 r$ $m_1g \frac{1}{2}r = T_1 r$	2+2
4) Из системы 3) найдены T_1 и T_2 : $T_1 = \frac{1}{8}mg$ $T_2 = \frac{5}{8}mg$	1+1
5) Записано правило моментов, из которого можно определить x . Например, любое из предложенных: $T_1(r - x) = T_2x$ $mgx - m_1g \left(x + \frac{r}{2}\right) = 0$	5
6) Из 5) найдено: $x = \frac{1}{6}r$	5
Итого	20

Задача 2

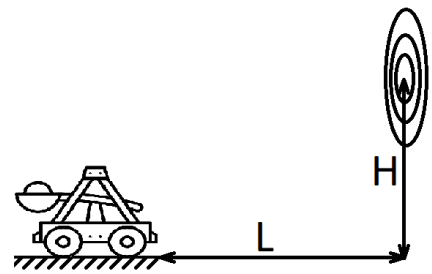
Мультиметр DT-838 в режиме вольтметра имеет внутреннее сопротивление $R_V = 1 \text{ МОм}$. В первом опыте батарею с некоторым внутренним сопротивлением подключают к резистору сопротивлением $R_1 = 1 \text{ кОм}$, а мультиметром в режиме вольтметра измеряют напряжение U_1 на резисторе. Во втором опыте батарею, мультиметр в режиме вольтметра и резистор сопротивлением $R_2 = 2 \text{ кОм}$ подключают последовательно. В такой цепи показания мультиметра составляют U_2 . Оказалось, что $U_1 = U_2$. Определите внутреннее сопротивление r батареи, считая её ЭДС \mathcal{E} постоянной, но неизвестной. Ответ дайте численно и в общем виде.

Решение:

Комментарии к <u>возможному</u> решению	Баллы
1) Указано на рисунке или в тексте, что в первой схеме резистор R_1 и мультиметр в режиме вольтметра подключены параллельно.	2
2) Величина тока I_1 , протекающего через источник в первой схеме определён при помощи закон Ома для полной цепи: $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{r + \frac{R_V R_1}{R_V + R_1}}$	2
3) Определены показания вольтметра в первой схеме: $U_1 = \frac{\mathcal{E} R_V R_1}{r(R_V + R_1) + R_V R_1}$ По свойствам параллельного соединения либо $U_1 = R_V I_V = R_1(I_1 - I_V)$, либо $U_1 = \mathcal{E} - I_1 r$	2
4) Величина тока I_2 , протекающего через источник во второй схеме определён при помощи закон Ома для полной цепи: $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{r + R_V + R_2}$	3
5) Определены показания вольтметра во второй схеме: $U_2 = R_V \frac{\mathcal{E}}{r + R_V + R_2}$	3
Критерии 2)-5) могут быть зачтены без получения общей формулы, например, если общее сопротивление части цепи было рассчитано численно.	
6) Решая совместно 3) и 5) получено искомое внутреннее сопротивление источника в общем виде: $r = \frac{R_2 R_1}{R_V}$	5
7) Решая совместно 3) и 5) получено искомое внутреннее сопротивление источника численно: $r = \frac{R_2 R_1}{R_V} = \frac{2000 \cdot 1000}{10^6} = 2 \text{ Ом}$	3
Итого	20

Задача 3

Небольшая катапульта умеет стрелять маленькими петардами под любым углом к горизонту. На расстоянии $L = 3$ м по горизонтали от катапульти и на высоте $H = 4$ м находится мишень. Петарда зажигается в момент запуска из катапульти, и проведя в полёте время $t = 1.2$ с, взрывается. С какой минимальной скоростью V нужно запускать петарды, чтобы они достигли мишени в момент взрыва? Под каким углом к горизонту следует запустить петарду, чтобы она находилась на минимальном расстоянии от мишени в момент взрыва, если начальная скорость петарды будет меньше V ? Ускорение свободного падения g считайте известным.

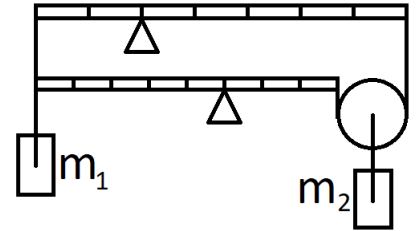


Решение:

Комментарии к возможному решению	Баллы
1) Записано перемещение петарды по горизонтали: $L = V \cos \alpha t$ Здесь α – угол между вектором начальной скорости петарды и горизонтом.	3
2) Записано перемещение петарды по вертикали: $H = V \sin \alpha t - \frac{gt^2}{2}$	3
Альтернативно 1) и 2): Рассмотрен векторных треугольник перемещений, из которого 3) становится очевидным.	
3) Получена начальная скорость петарды: $V = \frac{1}{t} \sqrt{\left(H + \frac{gt^2}{2}\right)^2 + L^2}$	4
4) Нарисован векторный треугольник перемещений: $\vec{r} = \vec{u}t + \frac{\vec{g}t^2}{2}$	4
5) Явным образом описано, что наименьшее расстояние между точкой взрыва петарды и мишени будет достигаться в том случае, когда вектор начальной скорости \vec{u} будет направлен вдоль прямой, соединяющей центр мишени и конец вектора $\frac{\vec{g}t^2}{2}$, отложенного от начальной точки.	4
6) Получен искомый угол: $\beta = \arctan \frac{2H + gt^2}{2L}$	2
Альтернативно 4-6:	
7) Записаны уравнения кинематики движения петарды: $x = u \cos \beta t$ $y = u \sin \beta t - \frac{gt^2}{2}$	2
8) Записано расстояние между точкой взрыва и центром мишени: $\Delta = \sqrt{(L - x)^2 + (H - y)^2}$	2
9) Предложено исследовать функцию $\Delta(\beta)$ на минимум или функцию $F(\beta) = 2ut(L \cos \beta + H \sin \beta + \frac{gt^2}{2} \sin \beta)$ на максимум.	2
10) Реализовано предложенное в 9) исследование функции: верно рассчитана производная от выбранной функции, определены критические точки в области $\beta \in \left[0, \frac{\pi}{2}\right]$, определены интервалы знакопостоянства производной, интервалы возрастания и убывания функции, верно определена критическая точка как точка минимума или максимума.	4
Итого	20

Задача 4

Система из двух грузов массами m_1 и m_2 , двух невесомых рычагов, двух опор, невесомого блока и невесомых и нерастяжимых нитей (см. рисунок) находится в равновесии. Нить, на которой закреплён груз массы m_1 , закреплена за оба рычага. Найдите массу m_1 , считая массу m_2 известной. Отметки на каждом рычаге указывают отрезки одинаковой длины



Решение:

Комментарии к возможному решению	Баллы
1) Указано, что в силу невесомости нити, проходящей через блок, её сила натяжения T_2 всюду на протяжении нити одинакова.	1
2) Указано, что в силу условия равновесия для невесомого блока $T_2 = \frac{1}{2}m_2g$.	2
3) Указано, что сила натяжения участка правой нити от нижнего рычага до груза массы m_1 равна m_1g .	1
Обозначим силу натяжения участка правой нити от нижнего рычага до верхнего рычага T_1 . В общем случае она не равна m_1g .	
4) Записано правило моментов (условие равновесия) для верхнего рычага относительно точки опоры: $2L_1T_1 = 5L_2T_2$ Альтернативно, записано правило моментов (условие равновесия) для верхнего рычага относительно любой другой точки И указано, что сумма сил, действующих на верхний рычаг равна 0.	6
5) Записано правило моментов (условие равновесия) для нижнего рычага относительно точки опоры: $5L_2(m_1g - T_1) = 3L_2T_2$ Альтернативно, записано правило моментов (условие равновесия) для нижнего рычага относительно любой другой точки И указано, что сумма сил, действующих на нижний рычаг равна 0.	6
6) Решая совместно 2), 4) и 5), получено искомое m_1 : $m_1 = \frac{31}{20}m_2$	4
Итого	20

Задача 5

В цилиндрическом сосуде высотой $h = 25$ см и площадью основания $S = 20$ см² находится лёд массой $m = 150$ гр и температурой $t_1 = -5^\circ\text{C}$. Сосуд закрыт сверху сеткой так, что лёд не покидает объём сосуда. Какую максимальную массу воды при температуре $t_2 = 15^\circ\text{C}$ можно медленно влить в сосуд так, чтобы вода не перелилась через край сосуда? Плотность льда $\rho_{\text{л}} = 900$ кг/м³, воды $\rho_{\text{в}} = 1000$ кг/м³, удельная теплоёмкость воды $c_{\text{в}} = 4200$ Дж/кг^oC, льда - $c_{\text{л}} = 2100$ Дж/кг^oC, удельная теплота плавления льда $\lambda = 330$ кДж/кг.

Решение:

Комментарии к возможному решению	Баллы
1) Обосновано, что при вливании максимального количества воды, лёд растает лишь частично. Пример обоснования. Для нагревания льда от температуры t_1 до 0°C необходимо тепло в количестве $mc_{\text{л}}(-t_1) = 1575$ Дж. Для плавления всего льда потребуется тепло в количестве $m\lambda = 49500$ Дж. Первоначально в сосуд можно налить воду массой 333.(3) гр, которая при остывании, передаст льду тепло в количестве $\rho_{\text{в}}(Sh - \frac{m}{\rho_{\text{л}}})c_{\text{в}}t_2 = 21000$ Дж. Этого тепла хватит, чтобы нагреть до 0°C весь лёд, и часть льда растает, а воду можно будет долить. При этом не реализуется ситуация, при которой часть воды замерзает. Пусть в сосуд медленно влили воду массы M . При этом растаял лёд массы Δm	5

<p>2) Записано условие того, что объём сосуда заполнен водой и льдом:</p> $Sh = \frac{M + \Delta m}{\rho_{\text{в}}} + \frac{m - \Delta m}{\rho_{\text{л}}}$ <p>Критерий также засчитывается, если показано, что при таянии льда массой Δm в сосуде освобождается объём $\Delta m \left(\frac{1}{\rho_{\text{л}}} - \frac{1}{\rho_{\text{в}}} \right)$</p>	5
<p>3) Записано условие теплового баланса:</p> $m c_{\text{л}}(-t_1) + \Delta m \lambda = M c_{\text{в}} t_2$	5
<p>4) Решая 2) и 3) совместно:</p> $M = \frac{Sh - m \left(\frac{1}{\rho_{\text{л}}} + \frac{c_{\text{л}}(-t_1)}{\lambda} \left(\frac{1}{\rho_{\text{л}}} - \frac{1}{\rho_{\text{в}}} \right) \right)}{\frac{1}{\rho_{\text{в}}} - \frac{c_{\text{в}} t_2}{\lambda} \left(\frac{1}{\rho_{\text{л}}} - \frac{1}{\rho_{\text{в}}} \right)} = 340 \text{ гр}$	5
<p>Решение в общем виде не требуется</p>	
<p>Итого</p>	20

Оценка заданий №№ 1 – 5 по 20 баллов

Внимание!

Задача считается решённой, если, помимо правильного ответа, приведены необходимые объяснения.

Решение оценивается поэтапно.

Желаем успеха!