

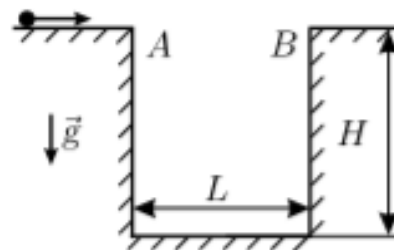
Муниципальный этап всероссийской олимпиады школьников

по физике

2019-2020 учебный год

11 класс

Задача 1. С какой скоростью упругий шарик должен приближаться к краю А прямоугольной ямы шириной L и глубиной H , чтобы точно попасть в её противоположный край В (см. рисунок)? Стенки и дно ямы абсолютно гладкие, потерь энергии нет.



Возможное решение. После n ударов о дно шарик вернется на первоначальную высоту в момент времени $t_n = 2n \sqrt{\frac{2H}{g}}$, где n – целое число.

В этот момент шарик должен находиться у правой стенки, то есть проделанный им в горизонтальном направлении путь равен $S_k = (2k + 1)L$, где $2k$ – это число ударов о вертикальные стенки ямы ($k \geq 0$). Отсюда скорость приближения шарика к краю ямы должна быть равна $v = \frac{S_k}{t_n} = \frac{2k+1}{2n} \sqrt{\frac{g}{2H}}$, где $k=0, 1, 2, 3 \dots; n=1, 2, 3, \dots$.

Критерии оценивания:

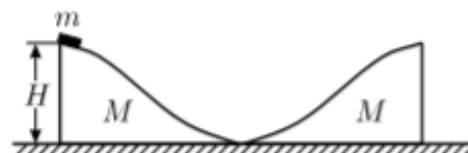
Найдено выражение для времен движения – 4 балла

Найдено выражение для общей длины пути в горизонтальном направлении – 4 балла

Получено итоговое выражение для искомой величины – 2 балла

Итого – 10 баллов

Задача 2. На гладкой горизонтальной плоскости стоят две одинаковые гладкие горки высотой H и массой M каждая. На вершине одной из них находится маленькая шайба массой $m \ll M$ (см. рисунок). Шайба соскальзывает без начальной скорости в направлении второй горки. Найдите скорости горок после завершения процесса всех столкновений



Возможное решение. Поскольку $m \ll M$, то при каждом столкновении шайбы с горкой ей передаётся лишь малая часть энергии шайбы, то есть

шайба будет долго «снывать» между двумя горками, постепенно теряя скорость. В конце процесса, очевидно, практически вся начальная потенциальная энергия шайбы перейдет в кинетическую энергию двух горок, которые будут разъезжаться с одинаковыми скоростями v : $mgH = 2 \frac{Mv^2}{2}$,

откуда $v = \sqrt{\frac{m}{M} gH}$.

Критерии оценивания:

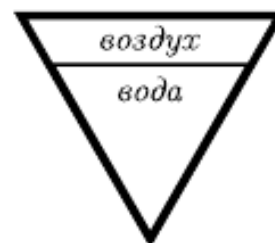
Установлено, что шайба в итоге остановится – 4 балла

Записан закон сохранения энергии для системы трех тел – 4 балла

Получено итоговое выражение для искомой величины – 2 балла

Итого – 10 баллов

Задача 3. В закрытом сосуде с жесткими стенками ёмкостью $V = 1$ литр находятся $V_1 = 0,8$ л воды и сухой воздух при атмосферном давлении p_0 и температуре $t_1 = +30$ °С. Сосуд представляет собой перевернутый основанием вверх конус (см. рисунок). Поверх воды налит тонкий слой



машинного масла, отделяющий воду от воздуха. Сосуд охлаждают до температуры $t_2 = -30$ °С, при этом вся вода замерзает. Плотность воды $\rho_1 = 1$ г/см³, плотность льда $\rho_2 = 0,9$ г/см³. Определите давление воздуха надо льдом.

Возможное решение. После охлаждения давление воздуха в сосуде изменится, во-первых, из-за понижения его температуры от +30 до -30 °С, и, во-вторых, из-за уменьшения занимаемого им объема от $V - V_1$ до некоторого V' (объем уменьшится вследствие расширения замерзшей воды). Из

закона Клайпейрона имеем $\frac{p_0(V - V_1)}{T_1} = \frac{pV'}{T_2}$, где через T_1 и T_2 обозначены

температура газа в кельвинах до и после охлаждения. Конечный объем газа V' может быть найден из условия равенства масс воды и льда

$V' = V - V_{\text{льда}} = V - \frac{\rho_1}{\rho_2} V_1$. С учетом последнего соотношения получим

$p = p_0 \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{V - V_1}{V - V_1 \frac{\rho_1}{\rho_2}} = 1,44 \cdot 10^5$ Па.

Критерии оценивания:

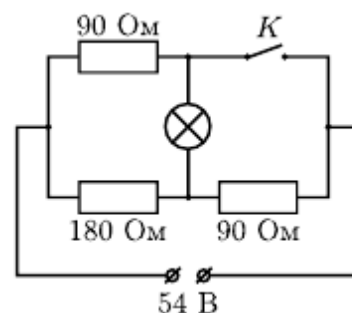
Учтено изменение давления из-за понижения температуры – 2 балла

Учтено изменение давления из-за изменения объема при кристаллизации воды в лед – 4 балла

Получено итоговое выражение для искомой величины – 4 балла

Итого – 10 баллов

Задача 4. В собранной схеме (см. рисунок) лампочка горит одинаково ярко как при замкнутом, так и при разомкнутом ключе К. Найдите напряжение на лампочке.

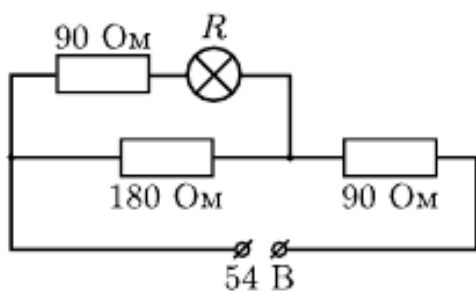


Возможное решение. Обозначим сопротивление лампочки через R , а искомое напряжение на ней — через U . Исходную электрическую цепь с незамкнутым ключом можно

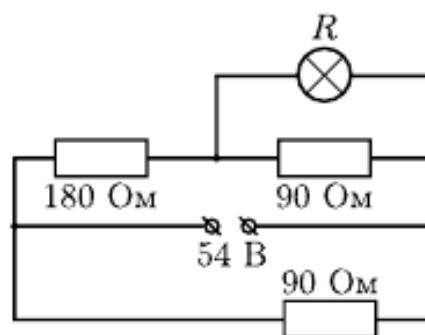
изобразить в эквивалентном виде, показанном на рисунке (А). Тогда напряжение на участке цепи, содержащем параллельное соединение, равно

$U_1 = U + 90 \frac{U}{R}$, сила текущего через этот участок тока составляет $\frac{U}{R} + \frac{U_1}{180}$, и

закон Ома для данной схемы дает: $U + 90 \frac{U}{R} + 90 \left(\frac{U}{R} + \frac{U + 90 \frac{U}{R}}{180} \right) = 54 \text{ В}$.



А



Б

После замыкания ключа цепь можно перерисовать как показано на рисунке (Б). Из него видно, что напряжение на верхнем участке цепи, содержащем два резистора и лампочку, составляет 54 В. Закон Ома для этого участка цепи

имеет вид: $U + 180 \left(\frac{U}{R} + \frac{U}{90} \right) = 54 \text{ В}$.

Решая полученные уравнения, найдем, что сопротивление лампочки равно 30 Ом, а напряжение на ней 6 В.

Критерии оценивания:

Найдены эквивалентные схемы с замкнутым и разомкнутым ключом – 2 балла

Записан закон Ома для схемы А – 3 балла

Записан закон Ома для цепи Б – 3 балла

Получено итоговое выражение для искомой величины – 2 балла

Итого – 10 баллов

Задача 5. Посередине между двумя плоскими зеркалами, параллельными друг другу, помещен точечный источник света. С какими одинаковыми скоростями должны двигаться оба зеркала, оставаясь параллельными друг другу, чтобы первые мнимые изображения источника в зеркалах сближались со скоростью 5 м/с?

Возможное решение. Расстояние между первыми мнимыми изображениями источника всегда равно удвоенному расстоянию между зеркалами, поэтому относительная скорость сближения зеркал в 2 раза меньше скорости сближения этих изображений. Зеркала должны двигаться навстречу друг другу со скоростями 1,25 м/с.

Критерии оценивания:

Указано соотношение между скоростями изображений и зеркал – 8 баллов

Получено итоговое выражение для искомой величины – 2 балла

Итого – 10 баллов