

Задача 1

В спортивном зале высотой h бросают маленький мяч с начальной скоростью V_0 . Определите, какое максимальное расстояние по горизонтали может пролететь мяч после бросания до первого удара о пол, если соударение с потолком абсолютно упругое. Считайте, что мяч бросают с уровня пола. Пол и потолок горизонтальны, сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Ответ: максимальное расстояние полета мяча по горизонтали между двумя последовательными ударами о пол равно:

$$S = \frac{V_0^2}{g} \text{ при } V_0 \leq 2\sqrt{gh};$$

$$S = 4h\sqrt{\frac{V_0^2}{2gh} - 1} \text{ при } V_0 > 2\sqrt{gh}$$

Критерии оценок

Решение задачи оценивается из целого числа баллов от 0 до 15. Всякое полностью правильное решение оценивается в 15 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения. Ниже приведены критерии оценок частично правильных решений.

Хотя бы один раз правильно записана зависимость координаты от времени при равноускоренном движении - 1 балл

Максимальная дальность полета при достаточно высоком потолке составляет V_0^2/g - 3 балла

Формула V_0^2/g применима, если высота потолка больше $V_0^2/(4g)$ - 3 балла

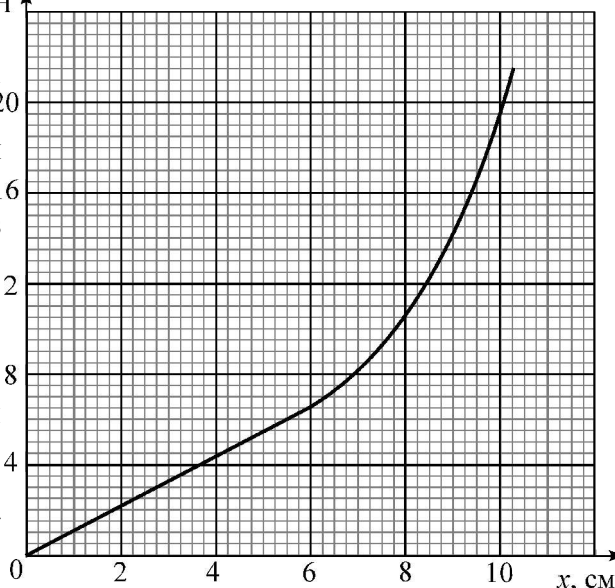
Обосновано, что при высоте потолка, меньшей чем $V_0^2/(4g)$, максимальная дальность полета будет достигаться, если траектория касается потолка - 3 балла

Найдена дальность полета для траектории, касающейся потолка - 5 баллов

Задача 2

На рисунке показан график $F, \text{ Н}$ зависимости модуля силы F растяжения пружины от ее удлинения x (при больших деформациях пружина не подчиняется закону Гука). Пружину прикрепляют одним концом к потолку. К другому концу пружины, не деформируя ее, аккуратно подвешивают груз массой $m = 650 \text{ г}$, после чего отпускают груз без начальной скорости. Оцените, на какую максимальную длину растянется пружина? Трением и массой пружины пренебречь, ускорение свободного падения принять равным $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Ответ: пружина растянется на максимальную длину $x_0 \approx 10 \text{ см}$.



Критерии оценок

Решение задачи оценивается из целого числа баллов от 0 до 15. Всякое полностью правильное решение оценивается в 15 баллов вне зависимости от выбранного участником

способа решения. Ниже приведены критерии оценок частично правильных решений.

Увеличение потенциальной энергии пружины (работа силы упругости) равно уменьшению потенциальной энергии груза (работе силы тяжести) - 3 балла

Правильное выражение для работы силы тяжести (или потенциальной энергии груза) - 2 балла

Увеличение потенциальной энергии пружины равно площади под графиком силы - 5 баллов

Получен правильный числовой ответ - 5 баллов при попадании в интервал 9,75-10,25 см, 2 балла при попадании в интервал 9-9,75 см или 10,25-11 см.

Задача 3

В комнате с температурой воздуха $t_k = 25^\circ\text{C}$ находится батарея аккумуляторов с суммарной ЭДС $U = 200\text{ В}$ и суммарным внутренним сопротивлением $r = 20\text{ Ом}$. Выводы батареи подсоединены к электрической розетке. Изначально в эту розетку был включен кипятильник номер 1 с сопротивлением $R = 200\text{ Ом}$, опущенный в стакан с холодной водой, которую он смог прогреть только до температуры $t_1 = 50^\circ\text{C}$. Потом кипятильник вынули из розетки и вставили в нее разветвитель питания (так называемый «тройник»). К первым двум его выходам подключили кипятильники номер 1 и номер 2 (такой же, как кипятильник 1), а к третьему – кипятильник номер 3, той же формы, изготовленный из тех же материалов, но все размеры которого в $n = 2$ раза меньше, чем у кипятильника номер 1. Эти кипятильники положили в стаканы с холодной водой: кипятильники 1 и 3 – в такие же, что и изначально, а кипятильник 2 – в стакан, все размеры которого в n раз меньше, чем у исходного стакана. До каких температур t_2 и t_3 , соответственно, нагреется за длительное время вода в стаканах, в которые помещены кипятильники 2 и 3? Мощность тепловых потерь через единицу площади поверхности считайте пропорциональной разности температур.

Ответ: в стакане, в который помещен кипятильник 2, вода нагреется до 100°C ; в стакане, в который помещен кипятильник 3, вода нагреется до температуры

$$t_3 = t_k + (t_1 - t_k)n \left(\frac{(r+R)}{(2n+1)r+nR} \right)^2 \approx 34,7^\circ\text{C}.$$

Критерии оценок

Решение задачи оценивается из целого числа баллов от 0 до 15. Всякое полностью правильное решение оценивается в 15 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения. Ниже приведены критерии оценок частично правильных решений.

Хотя бы один раз правильно использован закон Ома - 1 балл

Хотя бы один раз правильно использован закон Джоуля-Ленца - 1 балл

Записано выражение для мощности кипятильника в первом случае - 2 балла

Сопротивление третьего кипятильника в два раза больше - 2 балла

Записано выражение для мощности второго кипятильника во втором случае - 1 балл

Записано выражение для мощности третьего кипятильника во втором случае - 1 балл

Для кипятильников 1 и 3 разность температур пропорциональна мощности - 1 балл

При уменьшении размеров стакана в два раза мощность теплотерь уменьшается в четыре раза - 1 балл

Получен правильный числовой ответ для t_3 - 2 балла

Показано, что числовой ответ для t_2 превосходит 100 градусов Цельсия - 1 балл

Дана верная интерпретация ответа для t_2 - 2 балла

Задача 4

Знайка решил провести исследования Гей-Люссака для идеального газа, только более аккуратно. Для этих целей он взял цилиндрический сосуд большого объема с поршнем, который мог двигаться практически без трения, вынул поршень, и охладил их до температуры 200 К. Затем он вставил поршень обратно в сосуд так, что внутри оказался охлажденный до той же температуры воздух, обеспечил постоянное давление, и провел измерения зависимости объема V газа в сосуде от температуры T . По полученным результатам Знайка построил график (см. рис. 1).

Найденная зависимость мало напоминала результаты, полученные Гей-Люссаком. Знайка понял свою ошибку. Он вставил поршень в цилиндр при температуре 200 К и, очевидно, на дне сосуда при этом оказалось некоторое количество льда, который образовался из воды, сконденсировавшейся при охлаждении воздуха. Оцените массу льда, который оказался в цилиндре у Знайки, если давление в течение опыта было равно $2 \cdot 10^5$ Па. Молярная масса воды 18 г/моль.

Ответ: масса льда, который оказался в цилиндре у Знайки, равна 18 г.

Критерии оценок

Решение задачи оценивается из целого числа баллов от 0 до 15. Всякое полностью правильное решение оценивается в 15 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения. Ниже приведены критерии оценок частично правильных решений.

Хотя бы один раз правильно использовано уравнение идеального газа (произведение давления на объем равно произведению количества вещества на универсальную газовую постоянную и на температуру в кельвинах) - 1 балл

Указано, что при низких температурах (200-240 К) содержимое представляет собой практически сухой воздух, содержанием паров воды можно пренебречь - 2 балла

указано, что при высоких температурах (свыше 373 К) вода находится в газообразном состоянии - 2 балла

Получено выражение для кол-ва газообразного вещества в цилиндре в общем виде или записано выражение для вычисления углового коэффициента наклона прямой графика - 2 балла

Правильно вычислено кол-во газообразного вещества в начале процесса - 2 балла

Правильно вычислено кол-во газообразного вещества в конце процесса - 2 балла

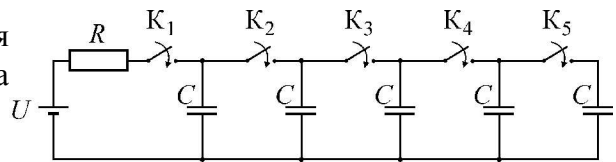
Указано, что различие в количестве вещества - это кол-во водяного пара, которое равно первоначальному кол-ву льда - 2 балла

Правильно вычислена масса льда - 2 балла

Задача 5

В цепи, схема которой изображена на рисунке, по очереди замыкают ключи $K_1 - K_5$, выжидая каждый раз достаточно длительное время до окончания процессов зарядки конденсаторов. Во сколько раз отличаются количества теплоты, выделившиеся в резисторе R после замыкания ключа K_1 и ключа K_5 ? До его замыкания все остальные ключи уже были замкнуты. Сопротивления всех проводов и источника тока пренебрежимо малы.

Ответ: количества теплоты, выделившиеся в резисторе R после замыкания ключа K_1 и ключа K_5 , отличаются в $Q_1/Q_5 = 5$ раз.



Критерии оценок

Решение задачи оценивается из целого числа баллов от 0 до 15. Всякое полностью правильное решение оценивается в 15 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения. Ниже приведены критерии оценок частично правильных решений.

Хотя бы один раз правильно использована формула для энергии конденсатора - 1 балл

Хотя бы один раз правильно использована формула для работы источника - 1 балл

Правильно подсчитано количество теплоты, выделяющееся на резисторе при зарядке первого конденсатора - 2 балла

Установлено, что при быстром перераспределении зарядов на конденсаторе энергия переходит не в тепло, выделяющееся на резисторе R, а в другие виды энергии - 4 балла

Хотя бы для одного случая верно подсчитано количество теплоты, выделяющееся при замыкании второго и последующих ключей на резисторе R - 3 балла

Получен правильный ответ - 4 балла