

Разбор заданий пригласительного этапа ВсОШ по физике

для 10 класса

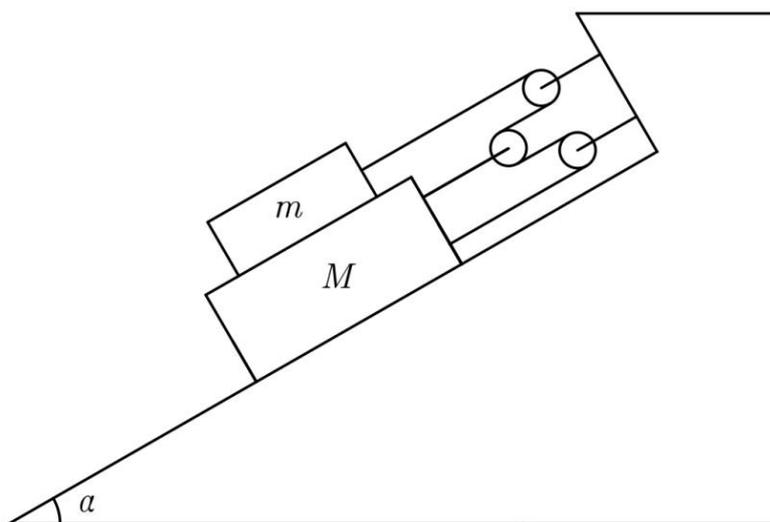
2022/23 учебный год

Максимальное количество баллов — 30

Задание № 1.1

Общее условие:

На неподвижном клине с углом $\alpha = 30^\circ$ при основании удерживают два бруска с массами m и M , связанные невесомыми нерастяжимыми нитями и системой из блоков, как показано на рисунке. Все отрезки нитей, не касающиеся блоков, параллельны наклонной плоскости. Блоки невесомые и могут вращаться на своих осях без трения. Трением между брусками, между брусками и наклонной плоскостью также можно пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.



Условие:

Как будут двигаться бруски относительно наклонной плоскости клина, если их отпустить?

Ответ:

- Оба бруска будут двигаться вниз
- Брусок M будет двигаться вниз, брусок m — вверх
- Брусок M будет двигаться вверх, брусок m — вниз
- Бруски будут двигаться в противоположных направлениях.
Направление движения брусков при этом зависит от соотношения их масс

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему равно отношение модулей скоростей брусков $\frac{v_m}{v_M}$ в процессе движения?

Ответ:

- 1/3
- 1/2
- 1
- 2
- 3

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Предположим, что брусок m удерживают неподвижным, прикладывая к нему внешнюю силу, направленную параллельно наклонной плоскости. Чему равна сила натяжения нити, привязанной к бруску m , если масса бруска M составляет 2 кг? Ответ выразите в ньютонах, округлите до десятых.

Ответ: 3.3 (засчитывается ответ в диапазоне [3.1; 3.5])

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Теперь $m = 1$ кг, $M = 2$ кг. Чему будет равен модуль ускорения бруска m , если бруски отпустить? Ответ выразите в м/с^2 , округлите до десятых.

Ответ: 1.4 (засчитывается ответ в диапазоне [1.3; 1.5])

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение.

Для решения всей задачи принципиальным является тот факт, что суммарная длина горизонтальных участков нити 1, 2, 3 и 4 (рис. 1), параллельных наклонной плоскости, сохраняется, так как нити нерастяжимы.

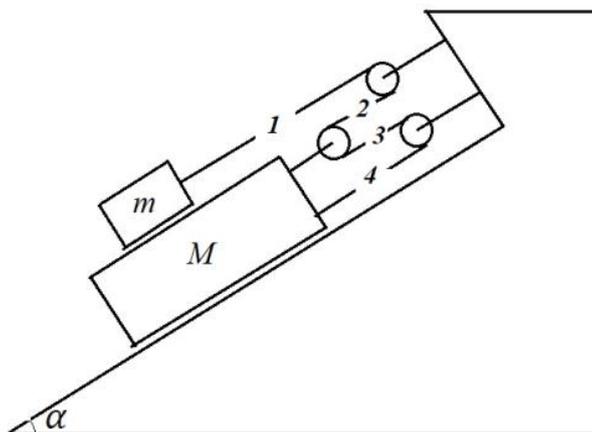


Рисунок. 1.

Вопрос 1.

При движении бруска m вниз длина участка 1 будет увеличиваться. Длины участков 2, 3 и 4 меняются при этом одинаково и должны уменьшаться.

Следовательно, брусок M будет двигаться вверх. Если же брусок m будет двигаться вверх, длина участка 1 будет уменьшаться, а длины участков 2, 3 и 4 — увеличиваться. Поэтому в любом случае бруски движутся в противоположных направлениях. Направление их движения будет зависеть от соотношения масс брусков, так как очевидно, что при очень маленькой массе бруска m вниз будет двигаться брусок M , и наоборот, при очень тяжёлом бруске m и лёгком бруске M вниз будет двигаться брусок m .

Вопрос 2.

Сумма длин горизонтальных участков 1, 2, 3 и 4 должна сохраняться. Изменения длин участков 2, 3 и 4 одинаковые. Это значит, что перемещения брусков m и M соотносятся как 3:1. Точно так же соотносятся и модули скоростей брусков m и M , то есть $\frac{v_m}{v_M} = 3$.

Вопрос 3.

Если брусок m не движется, остаётся в покое и брусок M . Следовательно, сумма действующих на него сил равна нулю.

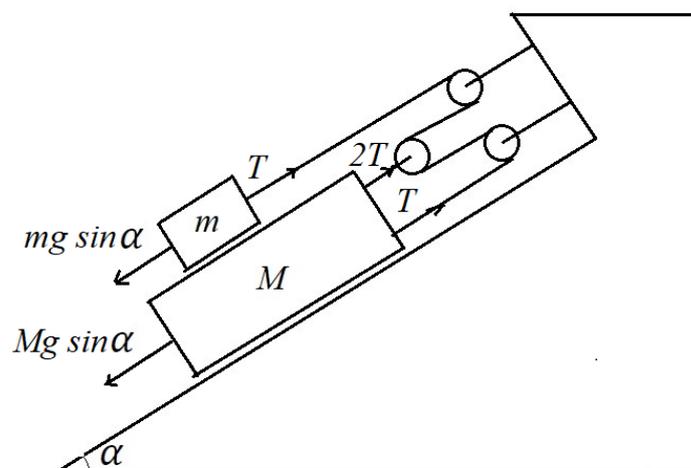


Рисунок 2.

Помимо силы, удерживающей брусок m , проекции на прямую, параллельную плоскости, имеют действующие на бруски силы тяжести и силы натяжения нитей (рис. 2). Условие равновесия для бруска M выглядит так: $M \cdot g \cdot \sin\alpha = 3T$. Отсюда $T = \frac{M \cdot g \cdot \sin\alpha}{3} \approx 3.3 \text{ Н}$.

Вопрос 4.

Если брусок m движется вниз с ускорением a , то брусок M будет двигаться вверх с ускорением $\frac{a}{3}$, так как скорости брусков в любой момент времени соотносятся как $\frac{v_m}{v_M} = 3$ и точно так же соотносятся ускорения (рис. 3).

Уравнения второго закона Ньютона для брусков в проекциях на прямую, параллельную наклонной плоскости, выглядят следующим образом:

$$m \cdot a = m \cdot g \cdot \sin\alpha - T$$

$$M \frac{a}{3} = 3T - M \cdot g \cdot \sin\alpha$$

Решая совместно эти уравнения, получаем

$$a = \frac{9m-3M}{9m+M} g \cdot \sin\alpha \approx 1.4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

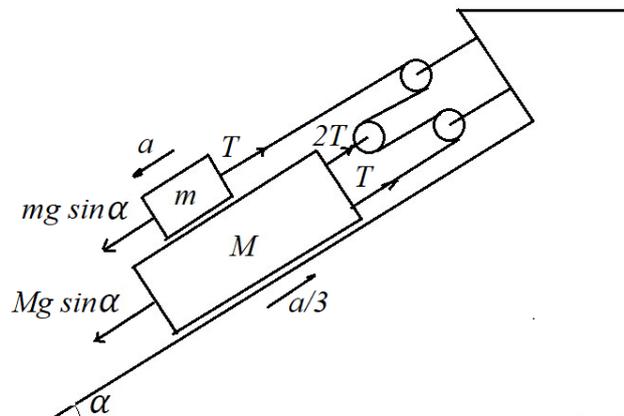
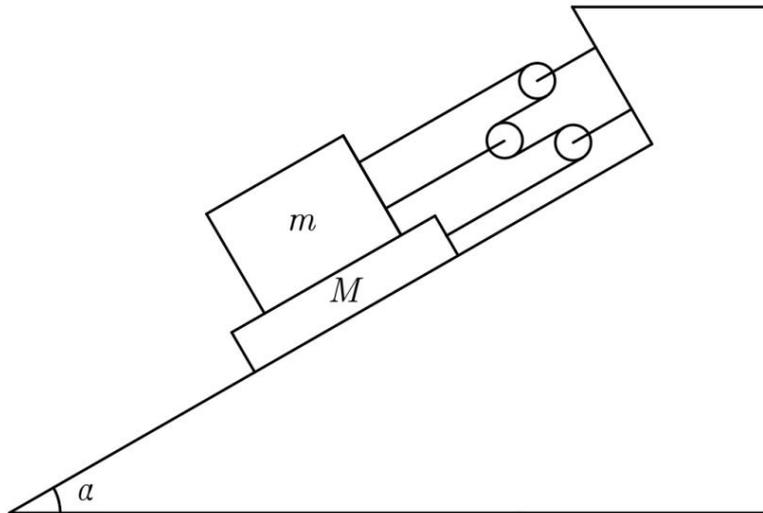


Рисунок 3.

Задание № 1.2

Общее условие:

На неподвижном клине с углом $\alpha = 30^\circ$ при основании удерживают два бруска с массами m и M , связанные невесомыми нерастяжимыми нитями и системой из блоков, как показано на рисунке. Все отрезки нитей, не касающиеся блоков, параллельны наклонной плоскости. Блоки невесомые и могут вращаться на своих осях без трения. Трением между брусками, между брусками и наклонной плоскостью также можно пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.



Условие:

Как будут двигаться бруски относительно наклонной плоскости клина, если их отпустить?

Ответ:

- Оба бруска будут двигаться вниз
- Брусок M будет двигаться вниз, брусок m — вверх
- Брусок M будет двигаться вверх, брусок m — вниз

- ✓ Бруски будут двигаться в противоположных направлениях.
Направление движения брусков при этом зависит от соотношения их масс

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему равно отношение модулей скоростей брусков $\frac{v_m}{v_M}$ в процессе движения?

Ответ:

- ✓ 1/3
 1/2
 1
 2
 3

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Предположим, что брусок m удерживают неподвижным, прикладывая к нему внешнюю силу, направленную параллельно наклонной плоскости. Чему равна сила натяжения нити, привязанной к бруску M , если масса бруска M составляет 2 кг? Ответ выразите в ньютонах, округлите до десятых.

Ответ: 10 (засчитывается ответ в диапазоне [9.9; 10.2])

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Теперь $m = 3$ кг, $M = 2$ кг. Чему будет равен модуль ускорения бруска M , если бруски отпустить? Ответ выразите в м/с^2 , округлите до десятых.

Ответ: 2.1 (засчитывается ответ в диапазоне [2; 2.2])

Точное совпадение ответа — 3 балла

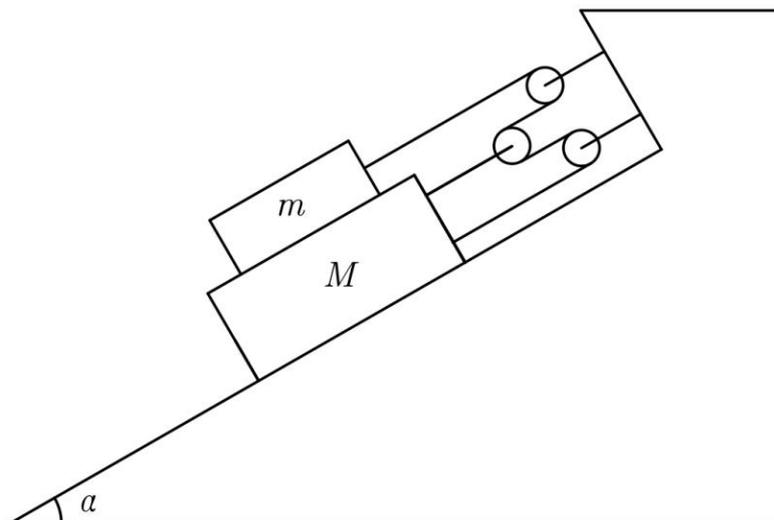
Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение по аналогии с заданием № 1.1.

Задание № 1.3

Общее условие:

На неподвижном клине с углом $\alpha = 30^\circ$ при основании удерживают два бруска с массами m и M , связанные невесомыми нерастяжимыми нитями и системой из блоков, как показано на рисунке. Все отрезки нитей, не касающиеся блоков, параллельны наклонной плоскости. Блоки невесомые и могут вращаться на своих осях без трения. Трением между брусками, между брусками и наклонной плоскостью также можно пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.



Условие:

Как будут двигаться бруски относительно наклонной плоскости клина, если их отпустить?

Ответ:

- Брусок M будет двигаться вниз, брусок m — вверх
- Бруски будут двигаться в противоположных направлениях. Направление движения брусков при этом зависит от соотношения их масс

- Брусок M будет двигаться вверх, брусок m — вниз
- Оба бруска будут двигаться вниз

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему равно отношение модулей скоростей брусков $\frac{v_m}{v_M}$ в процессе движения?

Ответ:

- 1/3
- 1/2
- 1
- 2
- 3

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Предположим, что брусок M удерживают неподвижным, прикладывая к нему внешнюю силу, направленную параллельно наклонной плоскости. Чему равна сила натяжения нити, привязанной к бруску m , если масса бруска m составляет 2 кг? Ответ выразите в ньютонах, округлите до десятых.

Ответ: 10.1 (засчитывается ответ в диапазоне [9.9; 10.2])

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Теперь $m = 2$ кг, $M = 1$ кг. Чему будет равен модуль ускорения бруска m , если бруски отпустить? Ответ выразите в м/с^2 , округлите до десятых.

Ответ: 3.9 (засчитывается ответ в диапазоне [3.7; 4.1])

Точное совпадение ответа — 3 балла

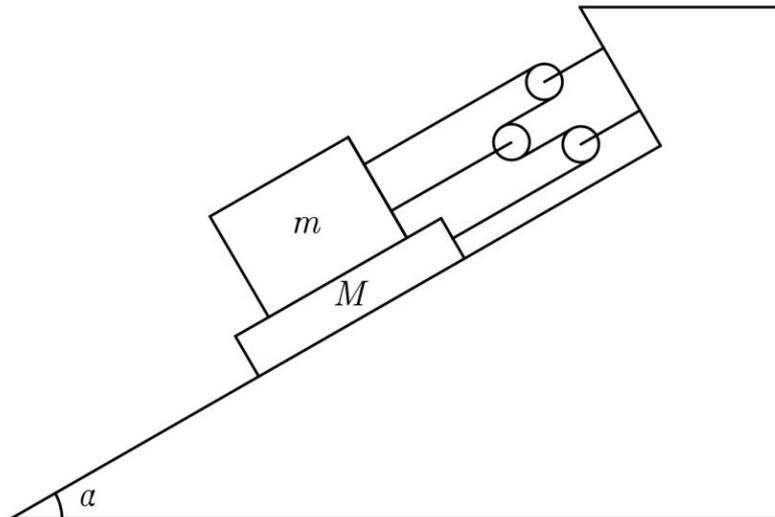
Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение по аналогии с заданием № 1.1.

Задание № 1.4

Общее условие:

На неподвижном клине с углом $\alpha = 30^\circ$ при основании удерживают два бруска с массами m и M , связанные невесомыми нерастяжимыми нитями и системой из блоков, как показано на рисунке. Все отрезки нитей, не касающиеся блоков, параллельны наклонной плоскости. Блоки невесомые и могут вращаться на своих осях без трения. Трением между брусками, между брусками и наклонной плоскостью также можно пренебречь. Ускорение свободного падения $g = 10 \text{ м/с}^2$.



Условие:

Как будут двигаться бруски относительно наклонной плоскости клина, если их отпустить?

Ответ:

- Брусок M будет двигаться вниз, брусок m — вверх
- Брусок M будет двигаться вверх, брусок m — вниз

- ✓ Бруски будут двигаться в противоположных направлениях. Направление движения брусков при этом зависит от соотношения их масс
- Оба бруска будут двигаться вниз

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему равно отношение модулей скоростей брусков $\frac{v_m}{v_M}$ в процессе движения?

Ответ:

- ✓ 1/3
- 1/2
- 1
- 2
- 3

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Предположим, что брусок M удерживают неподвижным, прикладывая к нему внешнюю силу, направленную параллельно наклонной плоскости. Чему равна сила натяжения нити, привязанной к бруску M , если масса бруска m составляет 3 кг? Ответ выразите в ньютонах, округлите до десятых.

Ответ: 5.0 (засчитывается ответ в диапазоне [4.8; 5.2])

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Теперь $m = 6$ кг, $M = 2$ кг. Чему будет равен модуль ускорения бруска M , если бруски отпустить? Ответ выразите в м/с^2 , округлите до десятых.

Ответ: 0

Точное совпадение ответа — 3 балла

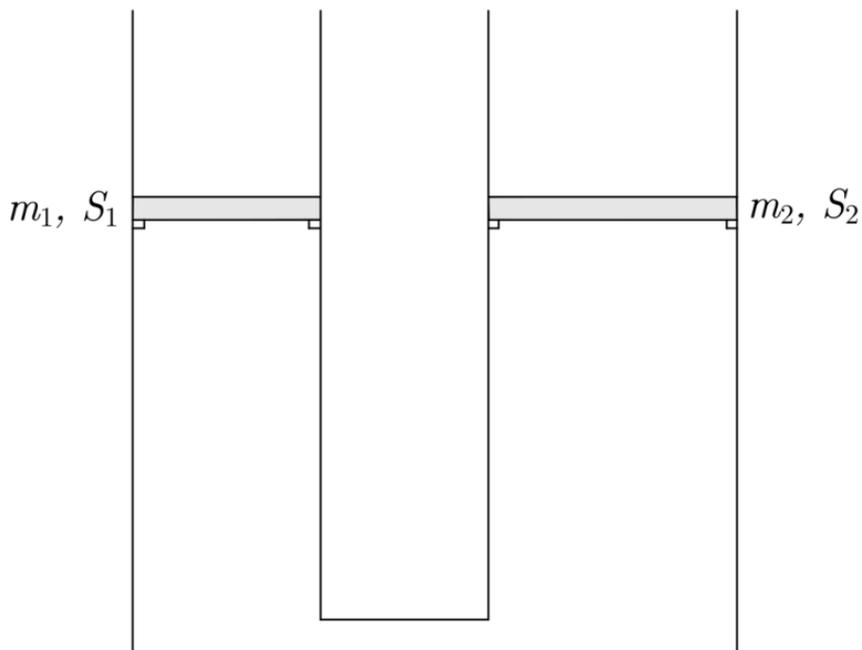
Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение по аналогии с заданием № 1.1.

Задание № 2.1

Общее условие:

Два вертикальных цилиндрических сосуда соединены в нижней части трубкой пренебрежимо малого объёма. Внутри цилиндров установлены поршни, которые могут перемещаться без трения. Пространство под поршнями заполнено гелием. В средней части цилиндров на высоте $h = 20$ см имеются упоры, ограничивающие движение поршней вниз. Площади поперечного сечения цилиндров $S_1 = 100 \text{ см}^2$, $S_2 = 300 \text{ см}^2$, массы поршней $m_1 = 5 \text{ кг}$, $m_2 = 20 \text{ кг}$. Цилиндры теплоизолированы. Теплообменом между газом и цилиндрами с поршнями в условиях задачи можно пренебречь. Внешнее давление равно атмосферному $P_0 = 10^5 \text{ Па}$, внутри цилиндров давление гелия изначально равно атмосферному. Начальная температура газа под поршнями равна $27 \text{ }^\circ\text{C}$.



Внутри одного из цилиндров установлен нагреватель мощностью $N = 10 \text{ Вт}$, включая который, можно изменять температуру газа в цилиндрах. Через некоторое время после включения нагревателя объём газа под поршнями

начинает увеличиваться. Универсальная газовая постоянная $R = 8.31$ Дж/(моль·К), ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Цилиндры высокие, и за время эксперимента поршни остаются внутри них (не «выскакивают»). Параметры газа (давление и температуру) можно считать одинаковыми в обоих цилиндрах при любых процессах.

Условие:

В каком порядке поршни начинают двигаться?

Ответ:

- Оба поршня приходят в движение одновременно
- Сначала начинает двигаться левый поршень, через некоторое время после него — правый
- Сначала начинает двигаться правый поршень, через некоторое время после него — левый
- В движение приходит только левый поршень, правый всё время остается на месте
- В движение приходит только правый поршень, левый всё время остается на месте

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

При каком давлении гелия под поршнями объём гелия начнёт увеличиваться? Ответ выразите в килопаскалях, округлите до целых.

Ответ: 105 (засчитывается ответ в диапазоне [104; 106])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

На сколько градусов необходимо увеличить температуру гелия под поршнями, чтобы его объём начал увеличиваться? Ответ выразите в градусах Цельсия, округлите до целых.

Ответ: 15 (засчитывается ответ в диапазоне [14; 16])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Через какое время после включения нагревателя объём гелия начнёт увеличиваться? Ответ выразите в секундах, округлите до целых.

Ответ: 6

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

С какой скоростью будет изменяться объём гелия под поршнями с момента, когда один или оба поршня придут в движение? Ответ выразите в см³/с, округлите до целых.

Ответ: 38 (засчитывается ответ в диапазоне [37; 39])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение.

Вопрос 1.

Для того, чтобы какой-либо из поршней пришёл в движение, разность давлений снизу и сверху поршня должна составлять величину $\Delta P = \frac{mg}{S}$, где

m — масса поршня, S — его площадь. При включении нагревателя температура и давление под поршнями начинают расти, и как только давление под поршнями достигнет значения $P = P_0 + \Delta P$, где ΔP соответствует наименьшему из значений $\frac{m_1 g}{S_1}$ и $\frac{m_2 g}{S_2}$, соответствующий поршень начнёт двигаться. С этого момента давление под поршнями остаётся постоянным и равным $P_0 + \Delta P$. Так как этого давления недостаточно, чтобы в движение пришёл другой поршень с большим значением отношения $\frac{mg}{S}$, то этот поршень останется неподвижным. При данных в условии задачи $\frac{m_1 g}{S_1} = 5$ кПа, $\frac{m_2 g}{S_2} \approx 6.67$ кПа. Поэтому в движение приходит левый поршень, а правый останется лежать на упорах и двигаться не будет.

Вопрос 2.

При ответе на вопрос 1 уже было определено значение $\Delta P = \frac{m_1 g}{S_1} = 5$ кПа, при котором левый поршень приходит в движение. Давление под поршнями при этом составляет $P = P_0 + \Delta P = 105$ кПа.

Вопрос 3.

До момента начала движения одного из поршней при нагреве газа происходит изохорный процесс ($V = const$). Для изохорного процесса $\frac{P_0 + \Delta P}{P_0} = \frac{T_0 + \Delta T}{T_0}$, где $T_0 = t + 273K = 300K$ — начальная температура гелия в градусах Кельвина, ΔT — изменение температуры к моменту начала движения поршня. Отсюда

$$\Delta T = \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} T_0 - T_0 = 15K.$$

Вопрос 4.

Количество теплоты, подведённое к гелию от нагревателя при известной мощности нагревателя, определяется выражением $Q = N\tau$, где N — мощность нагревателя, τ — время его работы. Из первого начала термодинамики это же количество теплоты $Q = \Delta U + A$, где ΔU — изменение внутренней энергии гелия, A — совершённая им работа. До момента начала движения поршня нагрев происходит при постоянном объёме, следовательно, $A = 0$. Тогда

$$N\tau = \Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}\Delta PV,$$
$$\tau = \frac{3\Delta PV}{2N} = \frac{3\Delta P(S_1 + S_2)h}{2N} = 6 \text{ с.}$$

Вопрос 5.

С момента начала движения поршня процесс в гелии является изобарным. В этом случае изменение внутренней энергии равняется $\Delta U = \frac{3}{2}\nu R\Delta T = \frac{3}{2}(P + \Delta P)\Delta V$, а работа гелия $A = (P + \Delta P)\Delta V$. Количество подводимого тепла при изменении объёма на ΔV

$$Q = \Delta U + A = \frac{5}{2}(P + \Delta P)\Delta V.$$

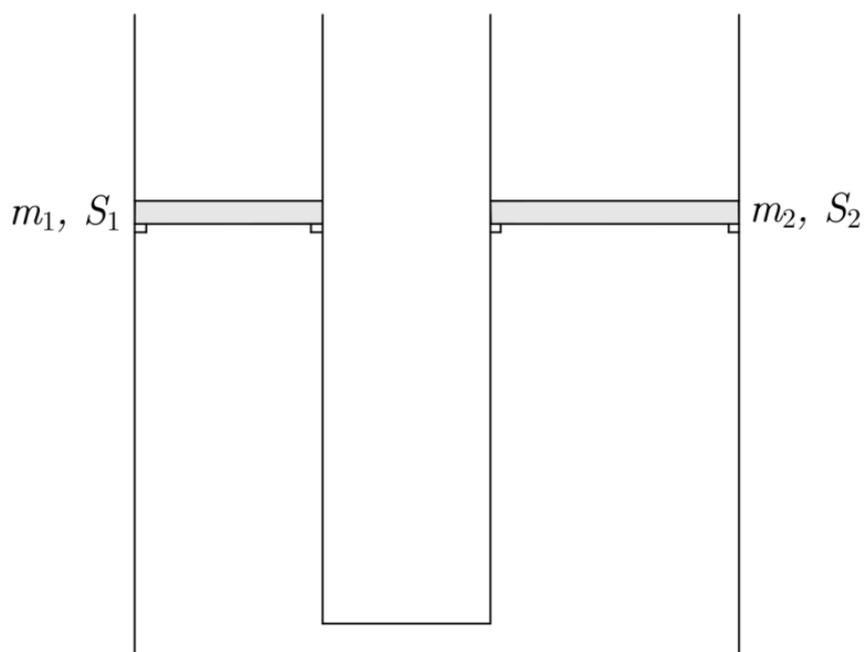
С другой стороны, $Q = N\Delta\tau$, где $\Delta\tau$ — интервал времени, за который подведено тепло Q , а объём газа изменился на ΔV . Поэтому из $Q = N\Delta\tau = \frac{5}{2}(P + \Delta P)\Delta V$ получаем

$$\frac{\Delta V}{\Delta\tau} = \frac{2N}{5(P + \Delta P)} \approx 38 \text{ см}^3/\text{с.}$$

Задание № 2.2

Общее условие:

Два вертикальных цилиндрических сосуда соединены в нижней части трубкой пренебрежимо малого объёма. Внутри цилиндров установлены поршни, которые могут перемещаться без трения. Пространство под поршнями заполнено гелием. В средней части цилиндров на высоте $h = 25$ см имеются упоры, ограничивающие движение поршней вниз. Площади поперечного сечения цилиндров $S_1 = 150$ см², $S_2 = 250$ см², массы поршней $m_1 = 16$ кг, $m_2 = 25$ кг. Цилиндры теплоизолированы. Теплообменом между газом и цилиндрами с поршнями в условиях задачи можно пренебречь. Внешнее давление равно атмосферному $P_0 = 10^5$ Па, внутри цилиндров давление гелия изначально равно атмосферному. Начальная температура газа под поршнями равна 27 °С.



Внутри одного из цилиндров установлен нагреватель мощностью $N = 5$ Вт, включая который, можно изменять температуру газа в цилиндрах. Через некоторое время после включения нагревателя объём газа под поршнями

начинает увеличиваться. Универсальная газовая постоянная $R = 8.31$ Дж/(моль·К), ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Цилиндры высокие, и за время эксперимента поршни остаются внутри них (не «выскакивают»). Параметры газа (давление и температуру) можно считать одинаковыми в обоих цилиндрах при любых процессах.

Условие:

В каком порядке поршни начинают двигаться?

Ответ:

- Оба поршня приходят в движение одновременно
- Сначала начинает двигаться левый поршень, через некоторое время после него — правый
- Сначала начинает двигаться правый поршень, через некоторое время после него — левый
- В движение приходит только левый поршень, правый всё время остается на месте
- В движение приходит только правый поршень, левый всё время остается на месте

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

При каком давлении гелия под поршнями объём гелия начнёт увеличиваться? Ответ выразите в килопаскалях, округлите до целых.

Ответ: 110 (засчитывается ответ в диапазоне [109; 111])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

На сколько градусов необходимо увеличить температуру гелия под поршнями, чтобы его объём начал увеличиваться? Ответ выразите в градусах Цельсия, округлите до целых.

Ответ: 30 (засчитывается ответ в диапазоне [29; 31])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Через какое время после включения нагревателя объём гелия начнёт увеличиваться? Ответ выразите в секундах, округлите до целых.

Ответ: 30 (засчитывается ответ в диапазоне [29; 31])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

С какой скоростью будет изменяться объём гелия под поршнями с момента, когда один или оба поршня придут в движение? Ответ выразите в $\text{см}^3/\text{с}$, округлите до целых.

Ответ: 18 (засчитывается ответ в диапазоне [17; 19])

Точное совпадение ответа — 2 балла

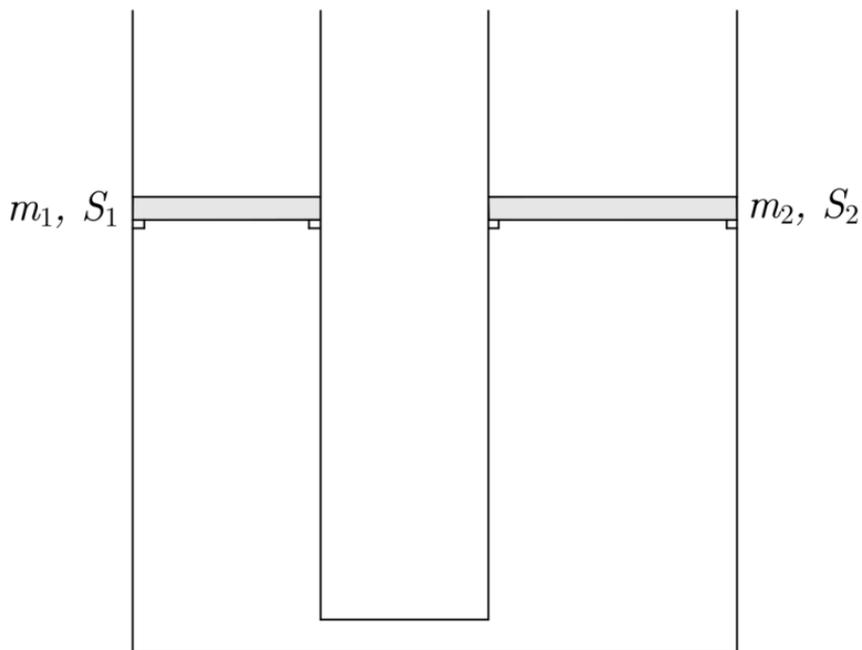
Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение по аналогии с заданием № 2.1.

Задание № 2.3

Общее условие:

Два вертикальных цилиндрических сосуда соединены в нижней части трубкой пренебрежимо малого объёма. Внутри цилиндров установлены поршни, которые могут перемещаться без трения. Пространство под поршнями заполнено гелием. В средней части цилиндров на высоте $h = 30$ см имеются упоры, ограничивающие движение поршней вниз. Площади поперечного сечения цилиндров $S_1 = 120 \text{ см}^2$, $S_2 = 180 \text{ см}^2$, массы поршней $m_1 = 18 \text{ кг}$, $m_2 = 24 \text{ кг}$. Цилиндры теплоизолированы. Теплообменом между газом и цилиндрами с поршнями в условиях задачи можно пренебречь. Внешнее давление равно атмосферному $P_0 = 10^5 \text{ Па}$, внутри цилиндров давление гелия изначально равно атмосферному. Начальная температура газа под поршнями равна $27 \text{ }^\circ\text{C}$.



Внутри одного из цилиндров установлен нагреватель мощностью $N = 15 \text{ Вт}$, включая который, можно изменять температуру газа в цилиндрах. Через некоторое время после включения нагревателя объём газа под поршнями

начинает увеличиваться. Универсальная газовая постоянная $R = 8.31$ Дж/(моль·К), ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Цилиндры высокие, и за время эксперимента поршни остаются внутри них (не «выскакивают»). Параметры газа (давление и температуру) можно считать одинаковыми в обоих цилиндрах при любых процессах.

Условие:

В каком порядке поршни начинают двигаться?

Ответ:

- Оба поршня приходят в движение одновременно
- Сначала начинает двигаться левый поршень, через некоторое время после него — правый
- Сначала начинает двигаться правый поршень, через некоторое время после него — левый
- В движение приходит только левый поршень, правый всё время остается на месте
- В движение приходит только правый поршень, левый всё время остается на месте

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

При каком давлении гелия под поршнями объём гелия начнёт увеличиваться? Ответ выразите в килопаскалях, округлите до целых.

Ответ: 113 (засчитывается ответ в диапазоне [112; 114])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

На сколько градусов необходимо увеличить температуру гелия под поршнями, чтобы его объём начал увеличиваться? Ответ выразите в градусах Цельсия, округлите до целых.

Ответ: 40 (засчитывается ответ в диапазоне [39; 41])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Через какое время после включения нагревателя объём гелия начнёт увеличиваться? Ответ выразите в секундах, округлите до целых.

Ответ: 12

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

С какой скоростью будет изменяться объём гелия под поршнями с момента, когда один или оба поршня придут в движение? Ответ выразите в $\text{см}^3/\text{с}$, округлите до целых.

Ответ: 53 (засчитывается ответ в диапазоне [52; 54])

Точное совпадение ответа — 2 балла

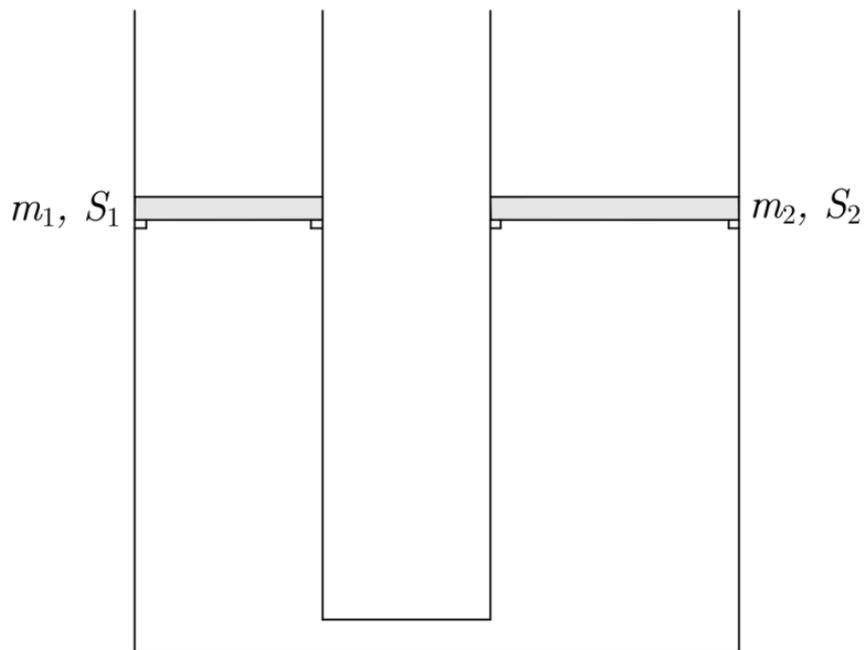
Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение по аналогии с заданием № 2.1.

Задание № 2.4

Общее условие:

Два вертикальных цилиндрических сосуда соединены в нижней части трубкой пренебрежимо малого объёма. Внутри цилиндров установлены поршни, которые могут перемещаться без трения. Пространство под поршнями заполнено гелием. В средней части цилиндров на высоте $h = 40$ см имеются упоры, ограничивающие движение поршней вниз. Площади поперечного сечения цилиндров $S_1 = 100$ см², $S_2 = 150$ см², массы поршней $m_1 = 25$ кг, $m_2 = 40$ кг. Цилиндры теплоизолированы. Теплообменом между газом и цилиндрами с поршнями в условиях задачи можно пренебречь. Внешнее давление равно атмосферному $P_0 = 10^5$ Па, внутри цилиндров давление гелия изначально равно атмосферному. Начальная температура газа под поршнями равна 27 °С.



Внутри одного из цилиндров установлен нагреватель мощностью $N = 15$ Вт, включая который, можно изменять температуру газа в цилиндрах. Через некоторое время после включения нагревателя объём газа под поршнями

начинает увеличиваться. Универсальная газовая постоянная $R = 8.31$ Дж/(моль·К), ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Цилиндры высокие, и за время эксперимента поршни остаются внутри них (не «выскакивают»). Параметры газа (давление и температуру) можно считать одинаковыми в обоих цилиндрах при любых процессах.

Условие:

В каком порядке поршни начинают двигаться?

Ответ:

- Оба поршня приходят в движение одновременно
- Сначала начинает двигаться левый поршень, через некоторое время после него — правый
- Сначала начинает двигаться правый поршень, через некоторое время после него — левый
- В движение приходит только левый поршень, правый всё время остается на месте
- В движение приходит только правый поршень, левый всё время остается на месте

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

При каком давлении гелия под поршнями объём гелия начнёт увеличиваться? Ответ выразите в килопаскалях, округлите до целых.

Ответ: 125 (засчитывается ответ в диапазоне [124; 126])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

На сколько градусов необходимо увеличить температуру гелия под поршнями, чтобы его объём начал увеличиваться? Ответ выразите в градусах Цельсия, округлите до целых.

Ответ: 75 (засчитывается ответ в диапазоне [74; 76])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Через какое время после включения нагревателя объём гелия начнёт увеличиваться? Ответ выразите в секундах, округлите до целых.

Ответ: 25 (засчитывается ответ в диапазоне [24; 26])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

С какой скоростью будет изменяться объём гелия под поршнями с момента, когда один или оба поршня придут в движение? Ответ выразите в $\text{см}^3/\text{с}$, округлите до целых.

Ответ: 48 (засчитывается ответ в диапазоне [47; 49])

Точное совпадение ответа — 2 балла

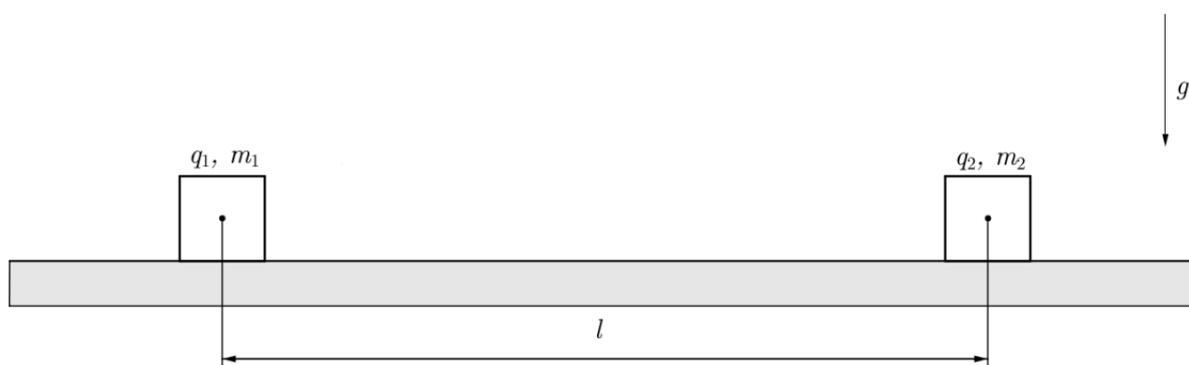
Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение по аналогии с заданием № 2.1.

Задание № 3.1

Условие:

Два маленьких кубика массами $m_1 = 0.1$ кг и $m_2 = 0.2$ кг, заряженные положительными зарядами $q_1 = 10$ мкКл и $q_2 = 20$ мкКл, удерживают на шероховатой горизонтальной поверхности на расстоянии $l = 2$ м друг от друга. Коэффициент трения $\mu = 0.3$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Значение $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ (Н·м²)/ Кл². Кубики одновременно отпускают.



Условие:

Что происходит с кубиками сразу после того, как их отпускают?

Ответ:

- Кубик m_1 начинает двигаться вправо, кубик m_2 начинает двигаться влево
- Кубик m_1 начинает двигаться влево, кубик m_2 начинает двигаться вправо
- Кубик m_1 начинает двигаться влево, кубик m_2 остаётся на месте
- Кубик m_1 остаётся на месте, кубик m_2 начинает двигаться вправо
- Оба кубика остаются на месте

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Заряд кубика m_2 уменьшили в два раза, то есть $q_1 = 10$ мкКл, $q_2 = 10$ мкКл. После освобождения кубики остаются в покое на горизонтальной поверхности. Кубик m_1 начинают медленно перемещать с постоянной скоростью по прямой в направлении кубика m_2 , прикладывая для этого к нему постепенно увеличивающуюся силу F .

На какое расстояние придётся передвинуть кубик m_1 от его исходного положения до момента, когда кубик m_2 придёт в движение? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

Ответ: 78 (засчитывается ответ в диапазоне [76; 80])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему равно значение силы F в момент времени, когда кубик m_2 придёт в движение? Ответ выразите в ньютонах, округлите до десятых.

Ответ: 0.9 (засчитывается ответ в диапазоне [0.8; 1])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Какую работу совершит сила F к моменту, когда кубик m_2 придёт в движение? Ответ выразите в джоулях, округлите до сотых.

Ответ: 0.51 (засчитывается ответ в диапазоне [0.48; 0.54])

Точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение.

Вопрос 1.

Кубики отталкиваются друг от друга с силой, которая определяется законом Кулона:

$$F_{\text{эл}} = \frac{kq_1q_2}{l^2} = 0.45\text{Н}.$$

Предельные значения сил трения для кубиков соответствуют силам трения скольжения и составляют

$$F_{\text{тр1}} = \mu m_1 g = 0.3\text{ Н} \text{ и } F_{\text{тр2}} = \mu m_2 g = 0.6\text{ Н}$$

для первого и второго кубиков соответственно. Так как сила электростатического взаимодействия больше максимального значения силы трения, действующей на первый кубик, и меньше, чем для второго, то первый кубик начнёт двигаться влево, а второй останется на месте.

Вопрос 2.

Для того, чтобы второй кубик начал двигаться, значение $F_{\text{эл}}$ должно превысить значение $F_{\text{тр2}}$. Расстояние между кубиками при этом l_1 можно определить из уравнения

$$\frac{kq_1q_2}{l_1^2} = \mu m_2 g,$$
$$l_1 = \sqrt{\frac{kq_1q_2}{\mu m_2 g}} \approx 1.22\text{ м}.$$

Первый кубик, таким образом, придётся передвинуть на $\Delta l = l - l_1 \approx 78\text{ см}$.

Вопрос 3.

Для перемещения первого кубика в направлении второго приходится преодолевать электростатическую силу $F_{\text{эл}}$ и силу трения $F_{\text{тр1}}$, то есть

$$F = F_{\text{эл}} + F_{\text{тр1}}.$$

Так как в момент начала движения второго кубика $F_{\text{эл}} = F_{\text{тр2}}$,

$$F = F_{\text{эл}} + F_{\text{тр}1} = F_{\text{тр}2} + F_{\text{тр}1} = \mu(m_2 + m_1)g = 0.9 \text{ Н.}$$

Вопрос 4.

Работа силы F расходуется на работу против сил трения $A_{\text{тр}} = \mu m_1 g \cdot \Delta l$ и на увеличение потенциальной энергии электростатического взаимодействия $A_{\text{эл}} = \frac{kq_1q_2}{l_1} - \frac{kq_1q_2}{l}$. При определении $A_{\text{эл}}$ здесь использована известная формула для потенциальной энергии взаимодействия точечных зарядов $E_{\text{п}} = \frac{kq_1q_2}{r}$. Окончательно

$$A = A_{\text{тр}} + A_{\text{эл}} = \mu m_1 g \cdot \Delta l + \frac{kq_1q_2}{l_1} - \frac{kq_1q_2}{l} \approx 0.52 \text{ Дж.}$$

Задание № 3.2

Условие:

Два маленьких кубика массами $m_1 = 0.15$ кг и $m_2 = 0.15$ кг, заряженные положительными зарядами $q_1 = 5$ мкКл и $q_2 = 15$ мкКл, удерживают на шероховатой горизонтальной поверхности на расстоянии $l = 1$ м друг от друга. Коэффициент трения $\mu = 0.3$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Значение $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ (Н·м²)/Кл². Кубики одновременно отпускают.



Условие:

Что происходит с кубиками сразу после того, как их отпускают?

Ответ:

- Кубик m_1 начинает двигаться вправо, кубик m_2 начинает двигаться влево
- Кубик m_1 начинает двигаться влево, кубик m_2 начинает двигаться вправо
- Кубик m_1 начинает двигаться влево, кубик m_2 остаётся на месте
- Кубик m_1 остаётся на месте, кубик m_2 начинает двигаться вправо
- Оба кубика остаются на месте

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Заряд кубика m_2 уменьшили в три раза, то есть $q_1 = 5$ мкКл, $q_2 = 5$ мкКл. После освобождения кубики остаются в покое на горизонтальной поверхности. Кубик m_1 начинают медленно перемещать с постоянной скоростью по прямой в направлении кубика m_2 , прикладывая для этого к нему постепенно увеличивающуюся силу F .

На какое расстояние придётся передвинуть кубик m_1 от его исходного положения до момента, когда кубик m_2 придёт в движение? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

Ответ: 29 (засчитывается ответ в диапазоне [28; 30])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему равно значение силы F в момент времени, когда кубик m_2 придёт в движение? Ответ выразите в ньютонах, округлите до десятых.

Ответ: 0.9 (засчитывается ответ в диапазоне [0.8; 1])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Какую работу совершит сила F к моменту, когда кубик m_2 придёт в движение? Ответ выразите в джоулях, округлите до сотых.

Ответ: 0.22 (засчитывается ответ в диапазоне [0.2; 0.24])

Точное совпадение ответа — 4 балла

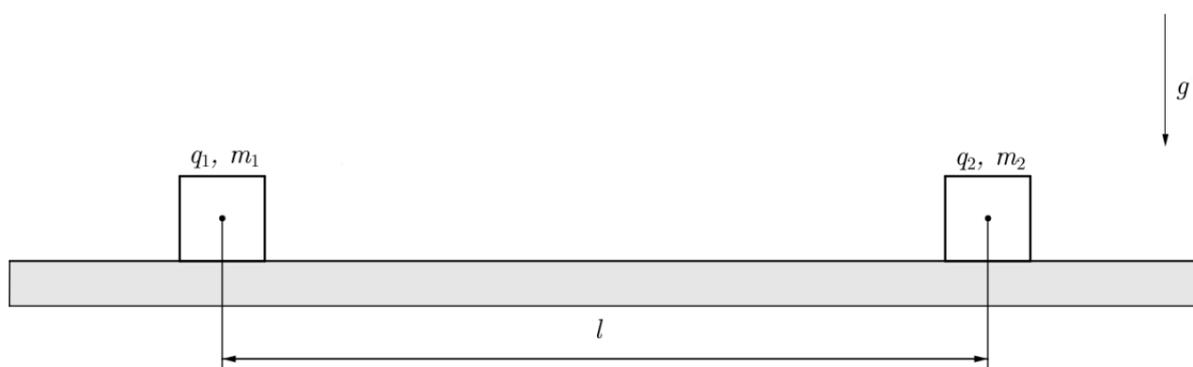
Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение по аналогии с заданием № 3.1.

Задание № 3.3

Условие:

Два маленьких кубика массами $m_1 = 0.2$ кг и $m_2 = 0.1$ кг, заряженные положительными зарядами $q_1 = 5$ мкКл и $q_2 = 10$ мкКл, удерживают на шероховатой горизонтальной поверхности на расстоянии $l = 1$ м друг от друга. Коэффициент трения $\mu = 0.2$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Значение $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ (Н·м²)/ Кл². Кубики одновременно отпускают.



Условие:

Что происходит с кубиками сразу после того, как их отпускают?

Ответ:

- Кубик m_1 начинает двигаться вправо, кубик m_2 начинает двигаться влево
- Кубик m_1 начинает двигаться влево, кубик m_2 начинает двигаться вправо
- Кубик m_1 начинает двигаться влево, кубик m_2 остаётся на месте
- Кубик m_1 остаётся на месте, кубик m_2 начинает двигаться вправо
- Оба кубика остаются на месте

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Заряд кубика m_2 уменьшили в пять раз, то есть $q_1 = 5$ мкКл, $q_2 = 2$ мкКл. После освобождения кубики остаются в покое на горизонтальной поверхности. Кубик m_1 начинают медленно перемещать с постоянной скоростью по прямой в направлении кубика m_2 , прикладывая для этого к нему постепенно увеличивающуюся силу F .

На какое расстояние придётся передвинуть кубик m_1 от его исходного положения до момента, когда кубик m_2 придёт в движение? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

Ответ: 33 (засчитывается ответ в диапазоне [32; 34])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему равно значение силы F в момент времени, когда кубик m_2 придёт в движение? Ответ выразите в ньютонах, округлите до десятых.

Ответ: 0.6 (засчитывается ответ в диапазоне [0.5; 0.7])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Какую работу совершит сила F к моменту, когда кубик m_2 придёт в движение? Ответ выразите в джоулях, округлите до сотых.

Ответ: 0.18 (засчитывается ответ в диапазоне [0.17; 0.19])

Точное совпадение ответа — 4 балла

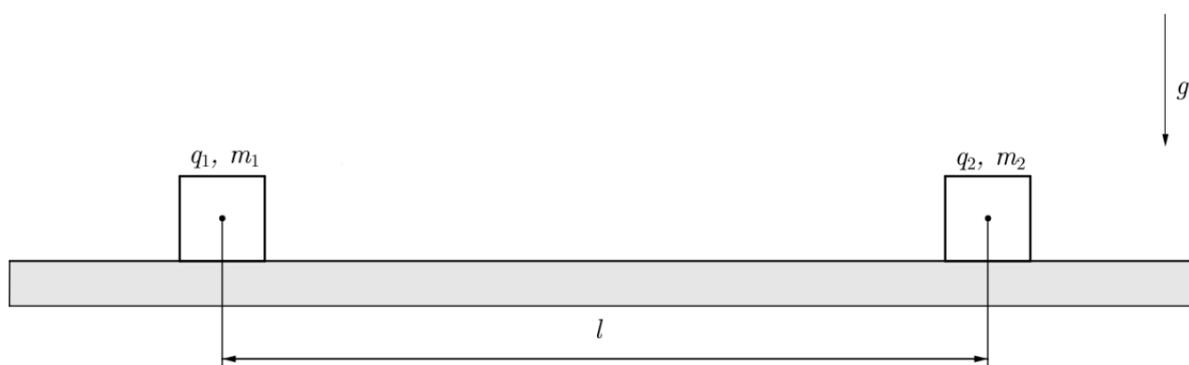
Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение по аналогии с заданием № 3.1.

Задание № 3.4

Условие:

Два маленьких кубика массами $m_1 = 0.3$ кг и $m_2 = 0.2$ кг, заряженные положительными зарядами $q_1 = 20$ мкКл и $q_2 = 20$ мкКл, удерживают на шероховатой горизонтальной поверхности на расстоянии $l = 2$ м друг от друга. Коэффициент трения $\mu = 0.25$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Значение $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9$ (Н·м²)/Кл². Кубики одновременно отпускают.



Условие:

Что происходит с кубиками сразу после того, как их отпускают?

Ответ:

- Кубик m_1 начинает двигаться вправо, кубик m_2 начинает двигаться влево
- Кубик m_1 начинает двигаться влево, кубик m_2 начинает двигаться вправо
- Кубик m_1 начинает двигаться влево, кубик m_2 остаётся на месте
- Кубик m_1 остаётся на месте, кубик m_2 начинает двигаться вправо
- Оба кубика остаются на месте

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Заряд кубика m_2 уменьшили в четыре раза, то есть $q_1 = 20$ мкКл, $q_2 = 5$ мкКл. После освобождения кубики остаются в покое на горизонтальной поверхности. Кубик m_1 начинают медленно перемещать с постоянной скоростью по прямой в направлении кубика m_2 , прикладывая для этого к нему постепенно увеличивающуюся силу F .

На какое расстояние придётся передвинуть кубик m_1 от его исходного положения до момента, когда кубик m_2 придёт в движение? Ответ выразите в сантиметрах, округлите до целых.

Ответ: 66 (засчитывается ответ в диапазоне [64; 68])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему равно значение силы F в момент времени, когда кубик m_2 придёт в движение? Ответ выразите в ньютонах, округлите до сотых.

Ответ: 1.25 (засчитывается ответ в диапазоне [1.15; 1.35])

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Какую работу совершит сила F к моменту, когда кубик m_2 придёт в движение? Ответ выразите в джоулях, округлите до сотых.

Ответ: 0.72 (засчитывается ответ в диапазоне [0.69; 0.75])

Точное совпадение ответа — 4 балла

Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение по аналогии с заданием № 3.1.