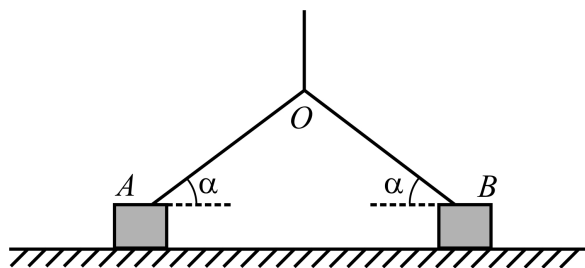


Задача 1

На горизонтальном столе находятся два одинаковых груза, связанные невесомой и нерастяжимой нитью, образующей равнобедренный треугольник AOB (см. рис.). Углы при основаниях треугольника равны α . В точке O к этой нити привязана другая нить, которую удерживают вертикально слегка натянутой. С каким минимальным ускорением нужно начать поднимать точку O , чтобы грузы оторвались от стола в момент начала своего движения?



Ответ: Точку O нужно начать поднимать с минимальным ускорением $a = g \cdot \operatorname{ctg}^2 \alpha$.

Критерии

Правильно записано условие отрыва груза от стола – 1 балл.

Правильно записано уравнение движения груза в проекции на стол – 1 балл.

Найдена связь между a_x и углом α – 2 балла.

Найдена связь между a_x и a_y – 3 балла.

Получен правильный ответ – 1 балл.

Всего: 8 баллов

Задача 2

В системе, изображенной на рисунке, все блоки – невесомые и вращаются без трения, все нити – невесомые и нерастяжимые (их жесткость велика по сравнению с жесткостью пружины). Пружина также невесома. Система находится в покое. При какой массе груза M груз 1 сразу после пережигания нити в точке А будет иметь ускорение большее, чем g ?

Ответ: $M > 6m$.

Критерии

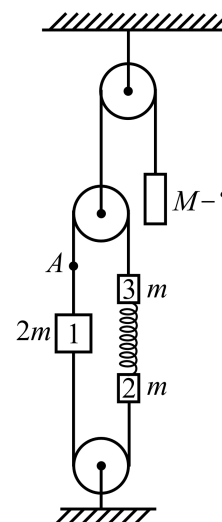
Правильно найдено соотношение между ускорениями грузов 1 и 2 – 2 балла.

Правильно найдено минимальное значение силы упругости пружины – 2 балла.

Правильно записано условие равновесия груза 3 до пережигания нити – 2 балла.

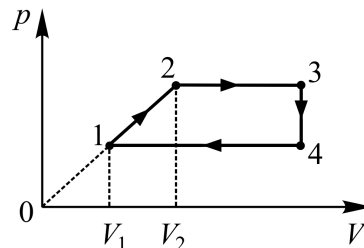
Получен правильный ответ – 2 балла.

Всего: 8 баллов



Задача 3

С одним молем одноатомного идеального газа совершают циклический процесс 1-2-3-4-1, как показано на рисунке в координатах p – V (давление-объем). Известно, что температура газа в точках 1 и 3 равна, соответственно, $T_1 = 300$ К и $T_3 = 1500$ К, а отношение объемов газа в точках 1 и 2 равно $V_2/V_1 = 2$. Чему равна работа, совершаемая газом за цикл?



Ответ: $A = \frac{\nu R}{2} (T_3 - 3T_1) = 2493$ Дж.

Критерии

Правильно записано общее выражения для работы за цикл – 1 балл.

Найдена связь между давлениями и объемами газа в состояниях 1 и 2, а также 3 и 4 – 2 балла.

Работа выражена через температуры в точках 1, 2 и 4 – 2 балла.

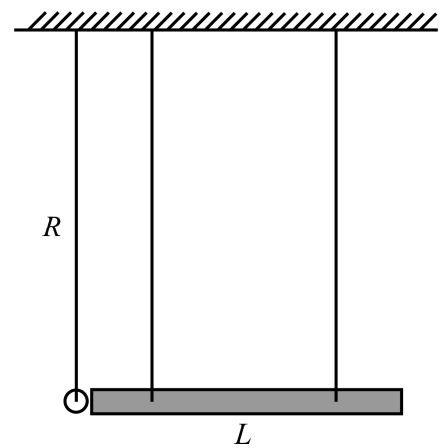
Найдена связь между температурами в точках 3 и 4, а также в точках 1 и 2 – 2 балла.

Получен правильный ответ – 1 балл.

Всего: 8 баллов

Задача 4

Маленький шарик и тонкий непроводящий стержень длиной L , массы которых m одинаковы, подвешены к потолку на нитях одинаковой большой длины $R \gg L$ (см. рис.). Нити позволяют шару и стержню двигаться только в одной вертикальной плоскости. Сначала шарик и стержень не были заряжены и висели так, что почти соприкасались друг с другом, причем шарик находился возле одного из концов стержня. Шару и стержню сообщили одинаковые электрические заряды Q , причем заряд на стержне распределили равномерно по его длине. На каком расстоянии x окажутся в положении равновесия шарик и тот конец стержня, возле которого шарик сначала находился? Считайте, что диаметр шарика много меньше x , а x много меньше длины стержня.



Ответ: $x \approx Q \sqrt{\frac{2kR}{mgL}} = Q \sqrt{\frac{R}{2\pi\epsilon_0 mgL}}$.

Критерии

Способ 1 (энергетический).

Найдена связь между горизонтальной проекцией силы натяжения нити и силой отталкивания нити и стержня – 1 балл.

Записана связь между работой силы и изменением потенциальной энергии – 1 балл.

Проведено разбиение стержня на элементы и показано, что изменение потенциальной энергии взаимодействия шарика со стержнем может быть найдено как разность энергий взаимодействия шарика с двумя точечными зарядами – 2 балла.

Правильно найдена убыль энергии взаимодействия шарика со стержнем – 3 балла.

Получена правильная формула для расстояния x – 1 балл.

Всего: 8 баллов

Способ 2 (прямое интегрирование).

Найдена связь между горизонтальной проекцией силы натяжения нити и силой отталкивания нити и стержня – 1 балл.

Проведено разбиение стержня на элементы и найдена сила взаимодействия шарика с точечным элементом – 2 балла.

Проведено интегрирование по длине стержня и получен правильный ответ – 4 балла. За ошибки при вычислении определенного интеграла снимается 2 балла.

Получена правильная формула для расстояния x – 1 балл.

Всего: 8 баллов

Задача 5

В N -полюснике (схеме с N клеммами) каждая клемма соединена с каждой другой при помощи резистора сопротивлением R (схема типа «многоугольник»). Известно, что эта схема эквивалентна схеме типа «звезда» с N клеммами, в которой N резисторов номиналом r имеют в центре общий контакт, а другим контактом соединены с соответствующей клеммой (каждый резистор соединен с одной клеммой).

Как связаны друг с другом R и r ?

Ответ: $R = Nr$.

Критерии

Доказано, что часть резисторов из схемы можно удалить, т.к. они соединяют точки с равными потенциалами – 4 балла.

Найдено сопротивление между двумя любыми клеммами исходной схемы – 2 балла.

Найдено сопротивление между двумя любыми клеммами схемы типа «звезда» – 1 балл.

Получен правильный ответ – 1 балл.

Всего: 8 баллов