

Задача 1

По горизонтальной плоскости скользит квадратная пластинка ABCD. В некоторый момент времени вершина A пластинки движется со скоростью \vec{V}_A , равной по модулю 5 м/с, а соседняя вершина B – со скоростью \vec{V}_B , равной по модулю 1 м/с. При этом скорость \vec{V}_O точки O – центра пластинки – направлена перпендикулярно прямой BD, являющейся диагональю квадрата. Найдите проекцию скорости \vec{V}_O на направление AC в данный момент времени.

Ответ: Проекция скорости \vec{V}_O на направление AC, то есть V_O , может быть в данный момент равной +4 м/с, +3 м/с, –4 м/с, –3 м/с.

Решение задачи оценивается из целого числа баллов от 0 до 10. Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения.

Критерии

Качественно указано, как скорости точек складываются из скоростей поступательного и вращательного движения – 2 балла

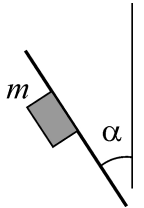
Записано уравнение для связи скоростей поступательного и вращательного движения и скорости точки B – 2 балла

Записано уравнение для связи скоростей поступательного и вращательного движения и скорости точки A – 2 балла

Решены уравнения и получены правильные ответы – 4 балла (по 1 баллу за указание каждого из возможных случаев)

Задача 2

Магнит массой m притягивается снизу к плоской металлической плите, образующей угол α с вертикалью, с постоянной силой $F = kmg$, где k – известный коэффициент ($k > 1$). Коэффициент трения между магнитом и плитой равен μ . Найдите модуль ускорения магнита.



Ответ: при $\mu \geq \frac{\cos \alpha}{k - \sin \alpha}$ ускорение равно нулю, при $\mu < \frac{\cos \alpha}{k - \sin \alpha}$ ускорение равно $a = g \cdot \cos \alpha - \mu g (k - \sin \alpha)$.

Решение задачи оценивается из целого числа баллов от 0 до 10. Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения.

Критерии

Указано, что возможны два случая: покой и движение с ускорением – 1 балл

Для покоящегося магнита записан второй закон Ньютона – 1 балл

Верно записано неравенство для силы трения покоя – 1 балл

Найдена нижняя граница коэффициента трения для покоящегося магнита – 2 балла

Найдена верхняя граница коэффициента трения для покоящегося магнита – 1 балл

Для движущегося магнита записан второй закон Ньютона – 1 балл

Верно записано равенство для силы трения покоя – 1 балл

Получен правильный ответ для ускорения – 2 балла

Задача 3

Есть гипотеза, согласно которой размеры насекомых ограничены тем, что они потребляют **воздух** трахеальными трубками, выходящими на поверхность тела (то есть их **воздухозабор** пропорционален площади поверхности тела). Расход же **кислорода**, в свою очередь, пропорционален массе тела. Таким образом, можно прийти к выводу, что при увеличении насекомого в длину, высоту и ширину в одинаковое число раз, можно добиться того, что оно начнет «задыхаться» от недостатка кислорода.

Известно, что в карбоновом (каменноугольном) геологическом периоде размах крыльев стрекозы меганевры достигал 65 см. По предположениям ученых, это было возможно потому, что концентрация кислорода в атмосфере тогда составляла 35%, а не 21%, как сейчас (при той же плотности воздуха). Считая, что для времен карбона это был максимально возможный размер, оцените максимально возможный размах крыльев современной стрекозы. Сейчас стрекозы имеют примерно ту же плотность и пропорции тела, что и стрекоза периода карбона, и требуют на единицу массы не меньшее количество кислорода.

Примечание: ответ будет несколько превышать реальные размеры современных стрекоз из-за наличия других факторов, ограничивающих размер стрекозы (например, конкуренция с птицами).

Ответ: максимально возможный размах крыльев современной стрекозы может быть оценен в 39 см.

Решение задачи оценивается из целого числа баллов от 0 до 10. Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения.

Критерии

Хотя бы один раз использовано, что объем пропорционален третьей степени размера – 1 балл

Хотя бы один раз использовано, что площадь пропорциональна квадрату размера – 1 балл

Доказано, что размер пропорционален концентрации кислорода – 6 баллов

Получен правильный численный ответ – 2 балла

Задача 4

В сосуде с не проводящими теплоту стенками под легким поршнем при атмосферном давлении $p = 10^5$ Па находится $m = 1,1$ г жидкой сверхтяжелой воды T_2O (молярная масса $\mu = 22$ г/моль) при температуре $T_1 = 0$ °С. Ядра трития (обозначаются Т, имеют атомную массу 3), входящие в состав сверхтяжелой воды, радиоактивны. При распаде одного моля ядер трития выделяется энергия $E = 1,79$ ГДж, при этом каждую секунду в каждом моле трития распадается $N = 1,07 \cdot 10^{15}$ его ядер. Молярная изобарная теплоемкость сверхтяжелой воды и ее пара почти такие же, как и у обычной воды ($C_v = 75,6$ Дж/(моль·К) и $C_p = 33,2$ Дж/(моль·К), соответственно). Температура кипения при нормальном давлении и молярная теплота испарения тоже близки к соответствующим значениям для обычной воды ($T_2 = 100$ °С и $L = 40$ кДж/моль). Сколько времени τ_1 потребуется, чтобы довести воду до кипения? В течение какого времени τ_2 вода будет кипеть? До какой температуры T_3 нагреется содержимое сосуда через время $\tau_3 = 2,5$ часа после начала эксперимента? Каким будет объем V сосуда к данному моменту времени? Считайте, что вся энергия, выделяющаяся при распаде трития, сообщается воде. Постоянная Авогадро $N_A = 6 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹, универсальная газовая постоянная $R = 8,3$ Дж/(моль·К).

Ответ чтобы довести воду до кипения, требуется время $\tau_1 \approx 1184$ с; кипение воды будет происходить в течение промежутка $\tau_2 \approx 6265$ с; спустя 2,5 часа после начала эксперимента водяной пар в сосуде будет находиться при температуре $T_3 \approx 671$ К, его объем будет равен $V \approx 2,8 \cdot 10^{-3}$ м³.

Решение задачи оценивается из целого числа баллов от 0 до 10. Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения.

Критерии

Показано, что за рассматриваемое время распадется малая часть трития – 2 балла

Найдена энергия, выделяющаяся при распаде трития за данное время – 1 балл

Найдено количество теплоты, требуемое для доведения воды до кипения – 1 балл

Найдено время нагревания воды до кипения - 1 балл

Найдено количество теплоты, требуемое для превращения воды в пар – 1 балл

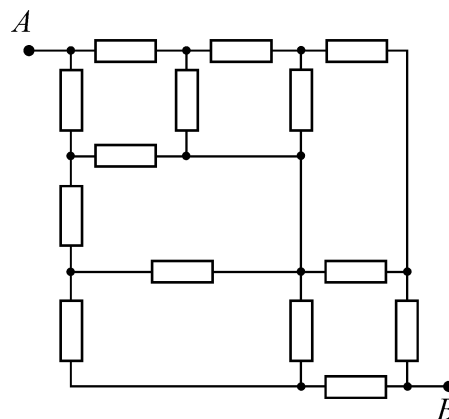
Найдено время кипения воды – 1 балл

Найдена конечная температура пара – 2 балла

Найден объем пара – 1 балл

Задача 5

Участок AB электрической цепи состоит из одинаковых резисторов с одинаковыми сопротивлениями R . Найдите общее сопротивление участка AB .



Ответ: сопротивление участка AB цепи равно $3R/2$.

Решение задачи оценивается из целого числа баллов от 0 до 10. Всякое полностью правильное решение оценивается в 10 баллов вне зависимости от выбранного участником способа решения.

Критерии

Хотя бы один раз правильно использован закон Ома или закон последовательного или параллельного соединения проводников – 1 балл

Указано, что токи через сопротивления R_1 и R_3 , R_2 и R_7 , R_8 и R_{11} , R_{13} и R_{14} , R_4 и R_5 , R_{10} и R_{12} равны (или указано на равенство потенциалов соответствующих пар точек – см. эквивалентную схему) – 3 балла

Указано, что ток через сопротивления R_6 и R_9 равен нулю – 3 балла

Получен правильный ответ для сопротивления участка цепи – 3 балла

