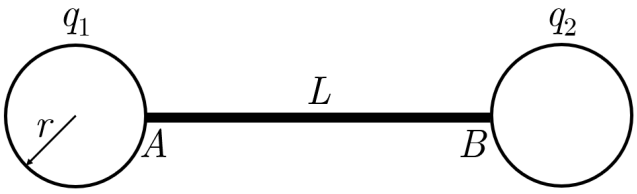
Инструкция

Не округляйте значения в промежуточных вычислениях. Если возникает необходимость использовать ранее найденное значение для последующих расчётов, не округляйте его или сохраняйте в нём не менее четырёх значащих цифр.

Задание 1.



Два диэлектрических шарика одинакового радиуса $r = 12$ мм закреплены на концах тонкого диэлектрического стержня длиной $L = AB = 25$ см. По объёму одного шарика равномерно распределили заряд $q_1 = +2$ нКл, по объёму другого — заряд $q_2 = -4$ нКл. Считайте, что шарики расположены в идеальной непроводящей среде. Значение постоянного коэффициента в законе Кулона $k = 9 \cdot 10^9$ Н·м^2/Кл^2.

а) Как взаимодействуют между собой шарики с зарядами q_1 и q_2?

- Притягиваются
- Отталкиваются
- Не взаимодействуют
- Могут как притягиваться, так и отталкиваться

б) Определите величину (модуль) силы электростатического взаимодействия шариков сразу после размещения зарядов на них. Ответ выразите в микроньютонах, округлите до сотых.

Ответ: _____

в) Определите модуль разности потенциалов между точками A и B — концами диэлектрического стержня сразу после размещения зарядов на шариках. Ответ выразите в киловольтах, округлите до десятых.

Ответ: _____

г) Диэлектрический стержень обладает гигантским сопротивлением $R = 500$ ГОм. Тем не менее по нему заряды могут перетекать от одного шарика к другому. Определите силу тока в стержне сразу после того, как шарики зарядили. Ответ выразите в наноамперах, округлите до десятых.

Ответ: _____

д) Спустя длительное время система зарядов приходит в равновесие и ток исчезает. Какой суммарный заряд перетечёт по стержню к моменту установления равновесия? Ответ выразите в нанокулонах, округлите до десятых.

Ответ: _____

Задание 2.

Учитель ведёт урок в закрытом кабинете объёмом $V = 220$ м^3. В кабинете находятся 18 учеников и сам учитель. Температура воздуха в помещении $t = 23\,^\circ$C остаётся постоянной на протяжении всего урока. Начальная относительная влажность воздуха $\varphi_0 = 30\,\%$.

Для восполнения водного баланса учитель за 45 минут урока должен выпивать $V_0 = 40$ мл воды, которая затем полностью испаряется с поверхности кожи и при дыхании. Считайте, что все люди в кабинете испаряют воду с одинаковой скоростью и что конвекция равномерно перемешивает воздух, так что концентрация водяного пара одинакова во всём помещении.

При расчётах используйте следующие значения:

- $R = 8.31$ Дж/(моль·К) — универсальная газовая постоянная;
- $M = 18$ г/моль — молярная масса водяного пара;
- $p_{\text{нас}} = 2.81$ кПа — давление насыщенного водяного пара при $23\,^\circ$C;
- $\rho = 1$ г/см^3 — плотность воды;
- $-273\,^\circ$C — абсолютный нуль температуры.

а) На сколько процентных пунктов увеличится относительная влажность воздуха в кабинете за 45 минут? Например, если начальная влажность была $20\,\%$, а стала $28\,\%$, ответом является 8. Ответ округлите до десятых. Считайте, что конденсация пара не происходит — вся испарившаяся вода остаётся в воздухе.

Ответ: _____

б) Дело происходит зимой, поэтому температура воздуха вблизи оконного стекла значительно ниже, чем в основной части кабинета, и составляет $t_{\text{ст}} = 13.2\,^\circ$C.

Давление насыщенного водяного пара (в кПа) зависит от температуры t в градусах Цельсия по формуле Магнуса:

$$p_{\text{нас}}(t) = 0.611\,\text{кПа} \cdot \exp\left[\frac{17.27t}{t + 237.3}\right].$$

Чему равно давление насыщенного водяного пара при температуре $t_{ст}$? Ответ выразите в килопаскалях, округлите до сотых.

Ответ: _____

в) Будем считать, что концентрация водяного пара в воздухе в центре помещения и возле окон одинаковая. Каким станет давление водяного пара вблизи оконного стекла спустя 45 минут после начала урока? Ответ выразите в килопаскалях, округлите до сотых.

Ответ: _____

г) Во время перемены учитель и все ребята остались на своих местах, чтобы обсудить подготовку к празднику, а сразу после обсуждения начался второй урок. Через какое время после начала первого урока окна начнут запотевать? Ответ выразите в минутах, округлите до целых.

Считайте, что скорость испарения воды остаётся неизменной, а конденсация начинается, как только давление водяного пара у окна достигает давления насыщенного пара при температуре стекла.

Ответ: _____

д) После начала запотевания концентрация водяного пара вблизи окон и в остальной части помещения может различаться: у стекла она остаётся на уровне насыщения, а в основной части помещения может продолжать увеличиваться. Считайте, что всё тепло, выделяющееся при конденсации, отводится через оконное стекло на улицу, при этом температуры стекла и воздуха в помещении остаются постоянными.

Мощность тепловых потерь через окна составляет $P = 200$ Вт. Удельная теплота парообразования (конденсации) воды равна $L = 2.45$ МДж/кг.

Определите скорость конденсации воды на окнах. Ответ выразите в мл/мин, округлите до десятых.

Ответ: _____

Задание 3.

Основным источником энергии на металлургических заводах XVIII века была энергия падающей воды. Обычно на реке строили плотину. Вода накапливалась в образовавшемся водоёме, а затем по специальным водоводам с высоты падала на водобойное колесо.

Колесо, вращаясь, поворачивало вал. На другом конце вала имелось несколько выступов, которые по очереди упирались в конец рукоятки большого молота. Рукоятка поворачивалась относительно неподвижной оси, и массивная рабочая часть молота поднималась вверх. Когда выступ соскальзывал с рукоятки, молот падал вниз и рабочей частью ударял по наковальне, располагаясь в этот момент горизонтально.



Даны характеристики завода в городе N.

Плотина: перепад высот между верхним краем плотины и осью колеса составляет $H = 6$ м. Объёмный расход воды, падающей на колесо, равен $Q = 40$ л/с. Скоростью воды в верхней части плотины пренебрегите, так как водохранилище имеет большую площадь.

Водяное колесо: радиус $R = 3.5$ м. Скорость, с которой движутся крайние точки колеса, $v = 1.6$ м/с.

Молот: масса рабочей части $m = 100$ кг, длина рукоятки $L = 5$ м. Ось вращения молота делит рукоятку в отношении 1 : 4 (как на рисунке). Массой рукоятки по сравнению с массой рабочей части пренебрегите.

Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м^3, ускорение свободного падения примите равным $g = 9.8$ м/с^2, $\pi = 3.14$.

а) Чему равно изменение потенциальной энергии воды, падающей с края плотины на уровень оси колеса за время $t = 1$ с? Ответ выразите в килоджоулях, округлите до сотых.

Ответ: _____

б) Столкновение воды с лопастями колеса можно считать абсолютно неупругим. Какое максимальное количество энергии (механической и тепловой) вода может передать колесу за время $t = 1$ с? Ответ выразите в килоджоулях, округлите до сотых.

Ответ: _____

в) Во время работы молота его рукоятка поворачивается на максимальный угол $\alpha = 30°$ относительно горизонтального положения. Какая энергия при этом запасается в рабочей части молота за один подъём? Ответ выразите в килоджоулях, округлите до сотых.

Ответ: _____

г) До какой скорости разгоняется рабочая часть молота при падении на наковальню? Силу трения в осях и сопротивление воздуха не учитывайте. Ответ выразите в м/с, округлите до десятых.

Ответ: _____

д) Чему равно КПД всего этого устройства (колесо и молот), если за один оборот колеса молот поднимается на максимальную высоту четыре раза? Полезной энергией считайте энергию удара молота, а затраченной — изменение потенциальной энергии воды. Ответ выразите в процентах, округлите до десятых.

Ответ: _____