Школьный этап по физике

Физика. 11 класс. Ограничение по времени: 90 мин.

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

Я соглашаюсь с условиями

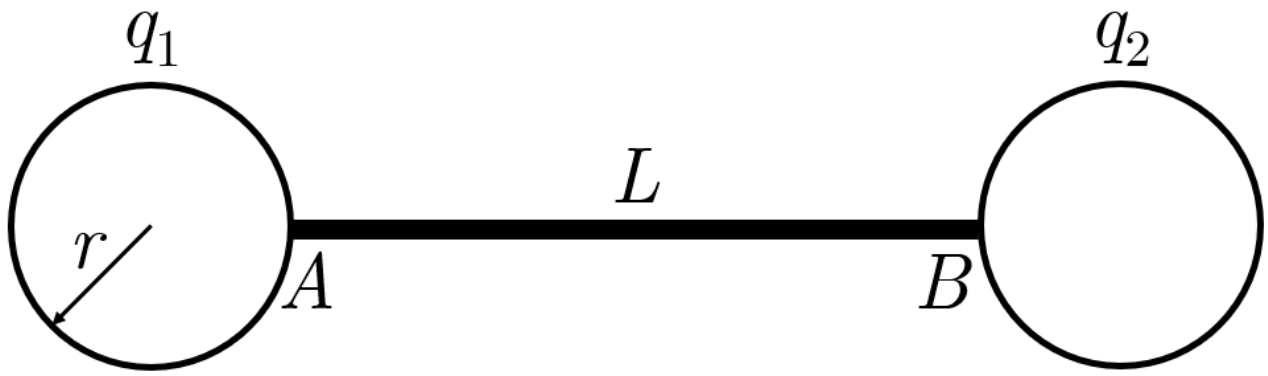
Задание

#1247072

В качестве ответа вводите целое число или конечную десятичную дробь. В качестве разделителя целой и дробной частей используйте точку либо запятую. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов), быть не должно. Пример: 3,14

При округлении чисел в промежуточных вычислениях сохраняйте не менее четырёх значащих цифр.

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.



Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

1. Как взаимодействуют между собой шарики с зарядами q_1 и q_2?

- ◯ притягиваются
- ◯ отталкиваются
- ◯ не взаимодействуют
- ◯ могут как притягиваться, так и отталкиваться

2 балла

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

Правильный ответ:

0.96

2 балла

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

Правильный ответ:

4.3

2 балла

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

4. 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.

Правильный ответ:

8.6

2 балла

5. 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 целых.

Правильный ответ:

3

2 балла

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

Решение задачи:

1. Заряды имеют разные знаки, поэтому они притягиваются.

2. Расстояние между центрами шариков равно длине стержня плюс два радиуса, так как шарики закреплены на концах: $d = L + 2r = 0.25 + 2 \cdot 0.012 = 0.274$ м.

Модуль силы Кулона:

$$F = k \cdot \frac{|q_1 \cdot q_2|}{d^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{2 \cdot 10^{-9} \cdot 4 \cdot 10^{-9}}{0.274^2} = 0.9590 \text{ мкН} \approx 0.96 \text{ мкН}.$$

3. Точка A находится на поверхности первого шарика, точка B — на поверхности второго. Расстояние от центра первого шарика до A равно r, от центра второго до B равно r, а расстояние между точками A и B равно L.

Потенциал в точке A создаётся зарядом q_1 (на расстоянии r) и зарядом q_2 (на расстоянии $L + r$):

$$\varphi_A = k \cdot \frac{q_1}{r} + k \cdot \frac{q_2}{L + r}.$$

Потенциал в точке B:

$$\varphi_B = k \cdot \frac{q_2}{r} + k \cdot \frac{q_1}{L + r}.$$

Разность потенциалов (по модулю):

$$\Delta\varphi = |\varphi_A - \varphi_B| = k \cdot |q_1 - q_2| \cdot \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{L+r}\right) = 9 \cdot 10^9 \cdot \left|2 \cdot 10^{-9} - (-4 \cdot 10^{-9})\right| \cdot \left(\frac{1}{0.012} - \frac{1}{0.262}\right) = 4284 \text{ В} \approx 4.3 \text{ кВ}.$$

4. Сила тока определяется законом Ома для участка цепи: $I = \dfrac{|\Delta\varphi|}{R} = \dfrac{4284}{500 \cdot 10^9} = 8.568 \cdot 10^{-9}$ А ≈ 8.6 нА.

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

5. В равновесии потенциалы точек A и B (концов стержня) становятся равными. В силу симметричности картинки это будет достигаться при равенстве зарядов $q_1' = q_2'$.

Закон сохранения заряда: $q_1' + q_2' = q_1 + q_2 = 2 + (-4) = -2$ нКл.

Отсюда $q_1' = q_2' = -1$ нКл.

Перетёкший заряд (по модулю) определим по изменению заряда первого шарика:

$|\Delta q| = |q_1' - q_1| = |-1 - 2| = 3$ нКл.

Ответ:

1. притягиваются
2. 0.96
3. 4.3
4. 8.6
5. 3

За решение задачи 10 баллов

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

Задание

#1247073

В качестве ответа вводите целое число или конечную десятичную дробь. В качестве разделителя целой и дробной частей используйте точку либо запятую. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов), быть не должно. Пример: 3,14

При округлении чисел в промежуточных вычислениях сохраняйте не менее четырёх значащих цифр.

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

Примечание (к 5 вопросу) :

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

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

1. 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.

Правильный ответ:

16.8

2 балла

2. Дело происходит зимой, поэтому температура воздуха вблизи оконного стекла значительно ниже, чем в основной части кабинета, и составляет $t_{\text{ст}} = 13.2\ ^\circ\text{C}$. Давление насыщенного водяного пара (в кПа) зависит от температуры t в градусах Цельсия по формуле Магнуса: $p_{\text{нас}}(t) = 0.611\ \text{кПа} \cdot e^{\frac{17.27 \cdot t}{t + 237.3}}$. Чему равно давление насыщенного водяного пара при температуре $t_{\text{ст}}$? Ответ выразите в килопаскалях, округлите до сотых.

Правильный ответ:

1.52

2 балла

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

3. 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.

Правильный ответ:

1.27

2 балла

4. 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.

Правильный ответ:

69

2 балла

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

5. Мощность тепловых потерь через окна составляет $P = 200$ Вт. Удельная теплота парообразования (конденсации) воды равна $L = 2.45$ МДж/кг. Учитывая примечание из условия задания, определите скорость конденсации воды на окнах. Ответ выразите в мл/мин, округлите до десятых.

Правильный ответ:

4.9

2 балла

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

Решение задачи:

1. Количество людей в кабинете: $N = 18 + 1 = 19$.

За 45 минут каждый человек испаряет $V_0 = 40$ мл воды, общая масса испарившейся воды:

$m = N \cdot V_0 \cdot \rho = 19 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 0.76$ кг.

Температура в Кельвинах: $T = 273 + 23 = 296$ К.

По уравнению Менделеева–Клапейрона изменение парциального давления пара:

$$\Delta p = \frac{m}{M} \cdot \frac{R \cdot T}{V} = \frac{0.76}{0.018} \cdot \frac{8.31 \cdot 296}{220} \approx 0.472 \text{ кПа}.$$

Начальное давление пара: $p_0 = \varphi_0 \cdot p_{\text{нас}} = 0.30 \cdot 2.81 = 0.843$ кПа.

Конечное давление: $p_1 = p_0 + \Delta p = 0.843 + 0.472 = 1.315$ кПа.

Конечная относительная влажность:
$\varphi_1 = \dfrac{p_1}{p_{\text{нас}}} \cdot 100\% = \dfrac{1.315}{2.81} \cdot 100\% \approx 46.8.$

Увеличение влажности в процентных пунктах:
$\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_0 = 46.8 - 30 = 16.8.$

2. По формуле Магнуса вычислим давление насыщенного водяного пара при температуре $t_{\text{ст}}$

$$p_{\text{нас}}(13.2) = 0.611 \cdot e^{\frac{17.27 \cdot 13{,}2}{13{,}2 + 237.3}} = 1.518 \text{ кПа} \approx 1.52 \text{ кПа}$$

3. Из решения вопроса 1 давление водяного пара в комнате через 45 минут составляет $p_{\text{комн}} = 1.315$ кПа при температуре $t = 23^\circ\text{C}$ ($T_{\text{комн}} = 296$ К).

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

Температура воздуха у окна $t_{ст} = 13.2°C$, что соответствует $T_{ст} = 273 + 13.2 = 286.2$ К.

Поскольку концентрация пара у окна такая же, как в комнате, а давление пропорционально абсолютной температуре, давление у окна:

$$p_{окна} = p_{комн} \cdot \frac{T_{ст}}{T_{комн}} = 1.315 \cdot \frac{286.2}{296} = 1.2715 \text{ кПа} \approx 1.27 \text{ кПа}.$$

4. Из вопроса 1 начальное давление пара в комнате при $t = 23°C$ ($T_{комн} = 296$ К) равно $p_0 = 0.843$ кПа.

В начальный момент концентрация пара у окна такая же, как в комнате, поэтому давление у окна при температуре стекла: $p_{окна}(0) = p_0 \cdot \frac{T_{ст}}{T_{комн}} = 0.843 \cdot \frac{286.2}{296} = 0.8151$ кПа.

Давление насыщения при температуре стекла (из вопроса 2) $p_{нас} = 1.5180$ кПа.

Из вопроса 3 через 45 минут давление у окна стало $p_{окна}(45) = 1.2715$ кПа.

Скорость роста давления у окна постоянна, так как количество воды в воздухе растет с постоянной скоростью, а концентрация водяного пара везде одинакова.

$$\frac{dp_{окна}}{d\tau} = \frac{p_{окна}(45) - p_{окна}(0)}{45} = \frac{1.2715 - 0.8151}{45} \approx 0.010142 \text{ кПа/мин}.$$

Время до достижения насыщения:

$$\tau = \frac{p_{нас} - p_{окна}(0)}{dp_{окна}/d\tau} = \frac{1.5180 - 0.8151}{0.010142} \approx 69 \text{ мин}.$$

5. При конденсации выделяется теплота, которая отводится

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

времени): $\frac{dm}{d\tau} = \frac{P}{L} = \frac{200}{2.45 \cdot 10^6} \approx 4.9$ г/мин.

Так как плотность воды $\rho = 1$ г/мл, объёмная скорость конденсации равна 4.9 мл/мин.

Ответ:

1. 16.8
2. 1.52
3. 1.27
4. 69
5. 4.9

За решение задачи 10 баллов

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

Задание

#1247074

В качестве ответа вводите конечную десятичную дробь. В качестве разделителя целой и дробной частей используйте точку либо запятую. Никаких иных символов, кроме используемых для записи числа (в частности, пробелов), быть не должно. Пример: 3,14

При округлении чисел в промежуточных вычислениях сохраняйте не менее четырёх значащих цифр.

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

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

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, $\pi = 3.14$.

1. 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.

Правильный ответ:

2.35

2 балла

2. 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 десятых.

Правильный ответ:

2.3

2 балла

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

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

Правильный ответ:

1.96

2 балла

4. 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.

Правильный ответ:

6.3

2 балла

5. 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.

Правильный ответ:

24.3

2 балла

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

Решение задачи:

1. Если принять, что нулевую потенциальную энергию вода имеет, находясь на уровне оси колеса, то изменение потенциальной энергии воды при падении можно вычислить по формуле $\Delta E_p = mgH$, где $m = \rho Qt$ – масса воды, падающей с плотины за данное время t. Объединим эти формулы и найдём ответ:

$$\Delta E_p = \rho QtgH = 1000 \cdot 0.04 \cdot 1 \cdot 9.8 \cdot 6 = 2352 \text{ Дж} \approx 2.35 \text{ кДж}$$

2. При абсолютно неупругом столкновении тела начинают двигаться с одинаковыми скоростями. Значит, вода после столкновения с лопастями колеса будет двигаться с такой же скоростью, что и они. При этом вода будет обладать кинетической энергией $E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{\rho Qtv^2}{2}$. Если теперь эту энергию вычесть из изменения потенциальной энергии воды при её падении на уровень колеса, то это и будет энергия, которую вода может передать колесу: $E = \Delta E_p - E_k = \rho QtgH - \frac{\rho Qtv^2}{2} = 2301$ Дж $\approx 2{,}3$ кДж

3. Рабочая часть молота при подъёме запасает потенциальную энергию тела, поднятого над землёй: $E_p = mgh$. Где $h = \frac{4}{5} L sin\alpha$ – высота на которую поднимается рабочая часть молота относительно горизонтального положения. Здесь учтено, что ось вращения молота делит рукоятку в отношении $1:4$ и в формулу подставлена только $\frac{4}{5}L$ от общей длины рукоятки молота.

Объединим формулы:

$$E_p = mg\frac{4}{5} L sin\alpha = 100 \cdot 9.8 \cdot \frac{4}{5} \cdot 5 \cdot 0{,}5 = 1960 \text{ Дж} \approx 1.96 \text{ кДж}$$

4. Если пренебречь сопротивлением воздуха, то вся потенциальная энергия, запасённая молотом при его поднятии, перейдёт в кинетическую. Приравняем эти энергии

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

$mg\frac{4}{5}Lsin\alpha = \frac{mu^2}{2}$. Сократим массы и выразим скорость молота перед ударом: $u = \sqrt{\frac{8}{5}gLsin\alpha} = \sqrt{\frac{8}{5}9{,}8 \cdot 5 \cdot 0{,}5} \approx 6{,}3$ м/с.

5. КПД равно отношению полезной работы к затраченной: $\eta = \frac{A_п}{A_з} \cdot 100\%$. В нашем случае полезной работой будет являться энергия, которую приобретала рабочая часть молота за время одного оборота колеса

$$A_п = 4 \cdot E_p = 4 \cdot mg\frac{4}{5}Lsin\alpha$$

Затраченная энергия – изменение потенциальной энергии воды за время одного оборота колеса: $T = \frac{2\pi R}{v}$

$$A_з = \rho \cdot Q \cdot T \cdot g \cdot H$$

Тогда КПД равно $\eta = \frac{4 \cdot mg\frac{4}{5}Lsin\alpha}{\rho \cdot Q \cdot \frac{2\pi R}{v} \cdot g \cdot H} \cdot 100\% \approx 24.3\%$.

Ответ:

1. 2.35

2. 2.3

3. 1.96

4. 6.3

5. 24.3

За решение задачи 10 баллов

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера

Продолжая пользоваться сайтом, вы соглашаетесь с условиями использования служебных файлов браузера