

Задания отборочного этапа 2023/2024 г.

Группа туристов идет по горному маршруту. Первые 3 часа они шли по дороге со средней скоростью 3.5 км/ч. После этого туристы 90 минут поднимались по сложному участку длиной 250 метров, а затем, отдохнув 1 час, прошли по тропинке оставшиеся 1.25 км со скоростью 2.5 км/ч. Определите, чему была равна средняя скорость туристов за день. Ответ выразите в км/ч округлив до десятых.

Ответ: 2

Юный Беллерофонт тренирует Пегаса в круглом манеже радиусом 8 метров. Чтобы Пегас не хулиганил Беллерофонт постоянно смотрит на него стоя в центре манежа. До какой скорости потребуется разогнаться бегающему по кругу Пегасу для того, чтобы Беллерофонт не смог за ним уследить?

Считайте, что при вращении с частотой больше 2 оборотов в секунду у Беллерофонта начинает кружиться голова.

Ответ выразите в метрах в секунду и округлите до десятков.

Ответ: 100

На заводе производятся пружины из 100 витков жесткостью 60 Н/м. Из-за поломки прибора, отмеряющего длину проволоки, жесткость одной партии пружин оказалась равна 80 Н/м. Определите, сколько витков было в этих пружинах.

Ответ выразите в штуках округлив до целых.

Ответ: 75

Определите какое количество снега растапливается при скатывании с горки высотой 3м, если масса саней с ребенком равна 60 кг, а конечная скорость равна 7 м/с?

Ответ выразите в граммах и округлите до целых.

Начальную температуру снега считайте равной 0 °С. Нагревом саней пренебечь, удельная теплота плавления льда равна $\lambda=330$ кДж/кг.

Ускорение свободного падения считайте равным 10 [м/с²]

Ответ: 1

Для того, чтобы избежать переполнения емкости, в ней установлен механизм слива воды. Механизм включает легкую присоску, закрывающую сливное отверстие, легкий рычаг и шероховатый поплавок, стоящий на дне емкости. Определите при каком минимальном уровне воды произойдет срабатывание механизма, если площадь присоски в три раза меньше площади основания поплавка, а высота поплавок равна 20 см. Ответ выразите в сантиметрах, округлив до десятых. Плотность воды равна 1000 кг/м³, плотность поплавка равна 200 кг/м³, рычаг делится присоской в пропорции 1 к 2.

Ответ: 4,5

Из плоского кусочка пластика ученик вырезал плоско-выпуклую линзу (линза 1 на схеме). Расположив линзу над столом, он увидел на его поверхности четкое изображение потолочной лампы размером 2 см. Изображение показалось ему слишком маленьким и поэтому он расположил посередине между линзой и столом оставшуюся часть пластиковой заготовки, имеющую форму плоско-вогнутой линзы (линза 2 на схеме). К сожалению, хотя изображение и стало крупнее, оно перестало быть четким. Определите, на каком расстоянии ниже уровня стола изображение было бы четким? Ответ выразите в см округлив до десятых. Расстояние от лампы до поверхности стола считайте равным 180 см. Диаметр лампы считайте равным 8 см. Ход лучей считайте близким к вертикальному.

Ответ: 30

“Умный” светильник, подключаемый к источнику постоянного напряжения, имеет два режима: яркий для использования в рабочее время и тусклый чтобы оставлять его включенным на всю ночь. Для переключения между режимами используется ключ К (см. схему). Определите, на сколько Ом уменьшается сопротивление цепи при замыкании ключа К? Ответ выразите в Омах и округлите до десятых. $R_1 = 74 \text{ Ом}$, $R_2 = 111 \text{ Ом}$.

Ответ: 0,6

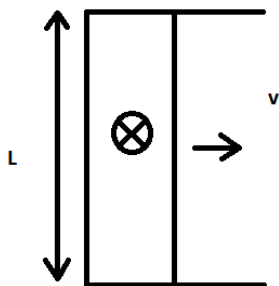
Автомобиль ехал $t_1 = 3$ часа со скоростью $v_1 = 150 \text{ км/ч}$, затем $t_2 = 2$ часа простоял в пробке, почти не двигаясь. Наконец, оставшиеся $S_3 = 550 \text{ км}$ пути он прошел со средней скоростью $v_3 = 110 \text{ км/ч}$. Найти среднюю скорость движения автомобиля на протяжении всего пути. Ответ выразить в км/ч, округлив до целых.

Ответ: 100

Когда на размещенную вертикально пружинку положили грузик, она сжалась на 2 миллиметра. Назовем эту высоту положением равновесия. После этого на грузик надавили, опустив его еще на 3 сантиметра, после чего отпустили. С какой скоростью он пройдет положение равновесия? Ответ дать в м/с, округлив до целых. Пружинка невесома и абсолютно упруга. Ускорение свободного падения g считать равным 10 м/с^2

Ответ: 2

Есть собранные из проволоки “рельсы” (см. рисунок). Сопротивление на метр, т.е. т.н линейное сопротивление проволоки, составляет $\lambda = 1 \text{ Ом/м}$. Через какое время начала движения стержня из такой же проволоки, который двигают со скоростью $v = 2 \text{ м/с}$, ток, идущий по проводу, достигнет 15 мА ? Магнитное поле $B = 0.03 \text{ Тл}$, промежуток между рельсами составляет $L = 2 \text{ м}$. Если это произойдет сразу, то ответ - 0. Ответ дать в секундах, округляя до целых.



Ответ: 1

Расположенный на расстоянии $a = 15 \text{ см}$ от линзы предмет формирует изображение, увеличенное в $\Gamma_1 = 4$ раза. На каком расстоянии от линзы нужно разместить объект, чтобы увеличение стало равно $\Gamma_2 = 3$? Ответ дать в сантиметрах, округлив до целых.

Ответ: 16

Минутная стрелка в $n = 3$ раза длиннее часовой. Во сколько раз медленнее движется конец часовой стрелки по сравнению с минутной? Движение стрелок считать равномерным.

Ответ: 180

По Волге из одного места начали плыть лодка и плот. Проплыв 50 минут, капитан лодки заметил, что плот проплывает то место, где он был 30 минут назад. Во сколько раз скорость лодки больше скорости плота?

Ответ: 2,5

Кенгуру Адам может передвигаться по ровному участку поверхности так, что за каждый прыжок Адам преодолевает расстояния 10м от точки взлета. Если кенгуру отрывается от земли под углом 20 градусов, какова его скорость при взлете?

Ускорение свободного падения принять равным $9,8 \text{ м/с}^2$. Ответ дать в м/с, округляя до целых

Ответ: 12

При падении стального молота массой $m_m = 35 \text{ кг}$ на свинцовый шар массой m_{Pb} с 5 этажа, что примерно равно 15 метрам, шар нагревается с 53°C до температуры его плавления - 327°C . Какой массы m_{Sn} был оловянный шар? Удельную теплоёмкость свинца принять за $c = 127,5 \text{ Дж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$. Только 53% энергии соударения молота с шаром переходит в тепловую энергию. Ответ дать в килограммах и округлить до сотых.

Ответ: 0,08

Футболисты во время тренировок чередуют равномерные ускорения с замедлениями. Во время ускорения футболист за 10 секунд развивает скорость 7 м/с . Потом замедляется до скорости $10,8 \text{ км/ч}$, пробегая 25 м, а оставшиеся 105 м бежит равномерно. Какая средняя скорость футболиста во время такой тренировки. Ответ дать в м/с, округлив до десятых.

Ответ: 4,1

Мама разрешает Ване кататься на беговеле только по площадке. Ваня решил кататься по самому большому кругу. Его скорость была 4 м/с , но на пути мальчика была скамейка и произошла авария. Ване пришлось кататься по окружности меньшего радиуса, но его угловая скорость не изменилась. На сколько уменьшилось ускорение мальчика, если его скорость изменилась в 2 раза? Ответ дать в м/с^2 . Ширина скамейки 1м.

Ответ: 6

Чтобы указать положение объекта, лежащего на дне моря, рядом с ним устанавливают сигнальные буй - поплавки на якорях. Спасатели нашли затонувший ледокольный пароход, лежащий на плоском дне на глубине 50 метров. Рядом с местом гибели парохода установили буй с длиной троса, позволяющей ему отклоняться от положения якоря на 20 метров. Определите при какой минимальной силе со стороны течения буй сорвется с места, если масса якоря равна 300 [кг], а коэффициент трения якоря о дно* равен 0.25. Считайте, что течение действует на буй постоянно в одном направлении. Ускорение свободного падения считайте равным 10 м/с^2 . Сила, необходимая для разрыва цепи равна 20 кН. Плотность стали равна 7500 кг/м^3 , плотность воды равна 1000 кг/м^3 .

*Переворачиванием якоря и его закапыванием в грунт пренебречь.

Ответ: 400

В некотором будущем пилотируемый космический корабль пролетает мимо астероида А со скоростью $v_0 = 300 \text{ км/с}$. Включив сразу после этого двигатель, сообщающий ему ускорение $a = 250 \text{ м/с}^2$, он движется по прямой к астероиду В, находящемуся в 37800 км. Найти время полета в минутах, округлив до целых.

Ответ: 2

В разреженной атмосфере находится кубик из стали стороной $a=7.2$ см, имеющий начальную температуру $t_0 = -10^\circ\text{C}$. С целью дальнейшего охлаждения на него медленно капает эфир температурой $t_1 = 0^\circ\text{C}$. Какой объем жидкого эфира нужно испарить на кубике, чтобы его температура опустилась на еще $\Delta t = 1^\circ\text{C}$? Плотность стали $\rho_s = 7800$ кг/м³, удельная теплоемкость стали $c_s = 460$ Дж/(кг·°C), удельная теплоемкость эфира $c_1 = 2300$ Дж/(кг·°C), удельная теплота парообразования эфира $L = 400$ КДж/кг, плотность эфира $\rho_1 = 700$ кг/м³. Ответ дать в см³, округлив до целых. *Примечание: эфир при данных температурах не замерзает.*

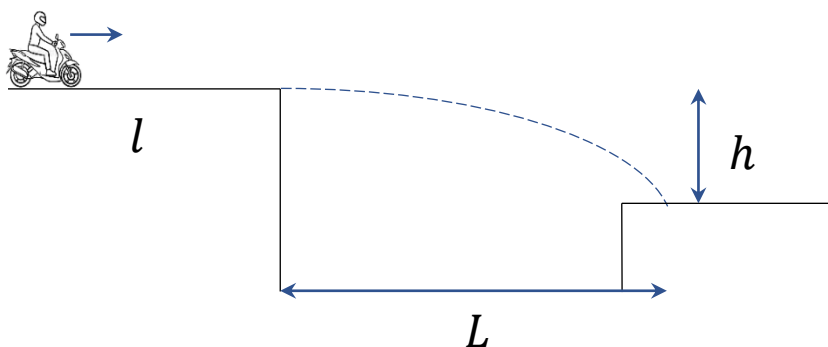
Ответ: 5

Задания заключительного этапа

Вариант 1

1. Прыжок каскадера

На съемках каскадер на мощном мотоцикле должен, разогнавшись, сделать прыжок через «пропасть» (см. рис 1), причем точка приземления находится на расстоянии $h = 1.25$ м ниже точки старта. Длина дорожки для разгона определяется условиями съемок и всегда равна $l = 12$ м. По расчету, максимально разогнавшись, каскадер мог прыгнуть на расстояние $L_0 = 8$ м. Но на мотоцикле оказались шины с коэффициентом трения о дорожку на 0.25 меньше расчетного. На какое расстояние L теперь может прыгнуть каскадер?



Решение:

При разгоне: $N = mg$

$$ma \leq F_{\text{тр}} \leq \mu mg \Rightarrow a \leq \mu g$$

Максимальный разгон: $a = \mu g$

$$\frac{v^2}{2a} = l \Rightarrow v_{\text{max}}^2 = 2a_{\text{max}} \cdot l = 2\mu gl$$

При прыжке: $\frac{gl^2}{2} = h \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0,5 \text{ с}$

$$L = v_{\text{max}} \cdot t = \sqrt{2\mu gl} \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2\sqrt{\mu hl}$$

$$\text{Итак, } L = 2\sqrt{\mu hl} \Rightarrow L_0 = 2\sqrt{\mu_0 hl} \Rightarrow \mu_0 = \frac{L_0^2}{4hl}$$

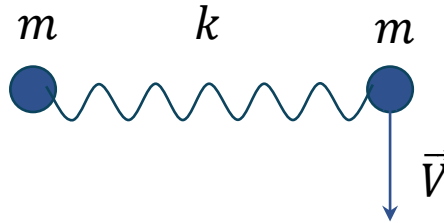
$$L = 2\sqrt{(\mu_0 + \Delta\mu)hl}$$

$$\text{Ответ: } L = \sqrt{L_0^2 + 4\Delta\mu hl}$$

$$\text{Вариант 1: } L = \sqrt{8^2 - 4 \cdot 0,25 \cdot 1,25 \cdot 12} = 7 \text{ (м)}$$

2. Шарики и пружинка

Два шарика массами m каждый были соединены легкой пружинкой с жесткостью $k = 44 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ и летали в невесомости в космосе. В некоторый момент времени пружинка была нерастянута и имела длину $l = 0.5$ м, при этом один шарик покоился, а другой двигался перпендикулярно пружинке со скоростью $V = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. (рис.2) Наблюдение показало, что во время движения максимальная длина пружинки равнялась $L = 0.6$ м. Найдите массы шариков.



Решение:

В система отсчета центра масс:

$$\vec{v}_{\text{цм}} = \frac{m\vec{v}}{m+m} = \frac{\vec{v}}{2}$$

$$\vec{v}_1 = -\vec{v}_2 = \vec{v} = \frac{\vec{v}}{2}$$

Пусть при наибольшем растяжении $x = L - l$ скорости шариков $\vec{v}_1^1 = -\vec{v}_2^1 = \vec{u}$

$$\text{3.С. энергии: } 2 \cdot \frac{mv^2}{2} = 2 \cdot \frac{mu^2}{2} + \frac{kx^2}{2}$$

$$\text{3.С. момент импульса: } 2 \cdot mv \cdot \frac{l}{2} = 2mu \cdot \frac{l}{2} \Rightarrow vl = uL \Rightarrow$$

$$\Rightarrow mv^2 = mv^2 \cdot \frac{l^2}{L^2} + \frac{k(L-l)^2}{2} \Rightarrow m \frac{v^2}{4} \left(1 - \frac{l^2}{L^2}\right) = k \frac{(L-l)^2}{2} \quad \text{-- общее соотношение (*)}$$

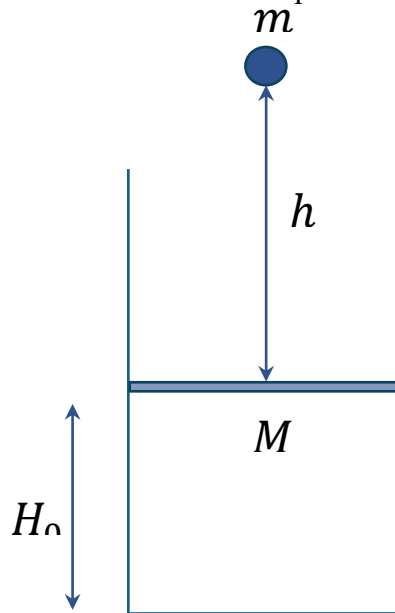
Используя общее соотношение (*) получаем:

$$\text{Вариант 1: } m = \frac{2kl^2}{v^2} \cdot \frac{L-l}{L+l} = 80 \text{ (г)}$$

3. Мяч и сосуд

В лаборатории с высоты h уронили мяч массы m на поршень массы M , который закрывал на высоте H_0 (см. рис 3) сосуд с v молями гелия при температуре T_0 . Какой станет температура газа в сосуде спустя долгое время? Система в целом тепло-изолирована, мяч отскакивает от поршня практически упруго, а общее изменение внутренней энергии

поршня и мяча в $N = 5$ раз больше изменения энергии гелия в процессе. Воздух из лаборатории откачан.



Решение:

Уравнение состояния газа до падения мяча (навесное):

$$\gamma R T_0 = P_0 V_0 = \frac{Mg}{S} \cdot H_0 S = Mg H_0 \quad (1^*)$$

Уравнение состояния газа после остановки мяча и поршня на высоте H (равновесное):

$$\gamma R T = P V = \frac{(M+m)g}{S} \cdot H S = (M + m)g H \quad (2^*)$$

Вычитая из (2*) уравнение (1*) получим:

$$\gamma R (T - T_0) = Mg(H - H_0) + mgH \quad (3^*)$$

Закон сохранения энергии (до и после падения)

$$mg(h + H_0) + \frac{3}{2}\gamma R T_0 + Mg H_0 = (m + M)gH + \frac{3}{2}\gamma R T + Q \quad (4^*),$$

где Q – изменение внутренней энергии системы мяч + поршень

По условию $Q = N \cdot \frac{3}{2}\gamma R (T - T_0)$

Преобразовав (4*) и подставив Q , получим:

$$mgh = (m + M)g(H - H_0) + \frac{3}{2}(N + 1)\gamma R (T - T_0) \quad (5^*)$$

Выразив из (3*) $Mg(H - H_0)$ через $\gamma R (T - T_0)$, получим:

Вариант 1 ($N=5$): $mgh = \left(\frac{3}{2}N + \frac{5}{2}\right)\gamma R (T - T_0) = 10\gamma R (T - T_0),$

откуда: $T = T_0 + \frac{mgh}{10\gamma R}$

Отметим, что даже если $h=0$ некоторый нагрев газа будет, т.к. сначала мяч не давил на поршень.

4. Влажность воздуха

Воздух при определенной температуре и атмосферном давлении $P_0 = 10^5$ Па имел относительную влажность $\alpha = 60\%$. Когда его изотермически сжали в $n = 5$ раз, давление возросло в $k = 4$ раза. Найдите давление насыщенного пара $P_{\text{нас}}$ при этой температуре. Считайте воздух практически идеальным газом, а объем возможно образовывавшейся в процессе воды пренебрежимо малым.

Решение:

Пусть сначала парциальное давление молекул собственно воздуха составляло P_B , а давление пара было $P_{\text{П}} = \alpha \cdot P_{\text{нас}}$, по условию: $P_B + P_{\text{П}} = P_B + \alpha P_{\text{нас}} = P_0$ (1*)

При изотермическом сжатии в n раз парциальное давление молекул воздуха возрастет в n раз, а общее P_0 – по условию в k раз;

Поскольку часть пара сконденсируется, он станет насыщенным:

$$nP_B + P_{\text{нас}} = kP_0 \quad (2^*)$$

Исбавившись в системе (1*), (2*) от P_B , получим:

$$(n - k)P_0 = (n\alpha - 1)P_{\text{нас}} \quad (3^*)$$

Из уравнения (3*) получим:

$$\text{Вариант 1: } P_{\text{нас}} = \frac{(n-k)P_0}{n\alpha-1} = \frac{1}{2}P_0 = 50 \text{ кПа}$$

5. Подзарядка конденсатора

Плоский конденсатор емкости $C = 10$ мкФ заполнен диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 5,65$ и был исходно заряжен до некоторого небольшого напряжения. Оказалось, что само вещество диэлектрика пропускает слабый ток (ток утечки) и имеет удельное сопротивление $\rho = 2 \cdot 10^8$ Ом·м. Поэтому конденсатор автоматически подзаряжают. Когда ток утечки падает на $\delta = 5\%$ по сравнению с ситуацией после предыдущей подзарядки, автоматически включается новая подзарядка, быстро добавляя конденсатору заряд $q = 1$ мкКл. Было проведено много циклов подзарядки. Каким будет максимальная сила тока утечки в такой системе?

Решение:

Пусть после первой зарядки напряжение на конденсаторе станет u_n , а заряд на нём cu_n . Когда ток утечки упадет на долю δ , напряжение упадет во столько же раз, то есть станет $u_n(1 - \delta)$, а заряд $cu_n(1 - \delta)$, то таким образом после следующей подзарядки получаем заряд $q_{n+1} = cu_{n+1} = cu_n(1 - \delta) + q$

Заряд (и напряжение) перестанут расти от зарядки к зарядке, когда $cu = cu(1 - \delta) + q$, откуда $u = \frac{q}{c\delta}$ – максимальное напряжение в системе (установится после многих

подзарядок). Максимальный же ток утечки: $I = \frac{u}{R} = \frac{uS}{\rho \cdot d} \Rightarrow I = \frac{uc}{\rho \epsilon \epsilon_0} = \frac{q}{\delta \rho \epsilon \epsilon_0}$

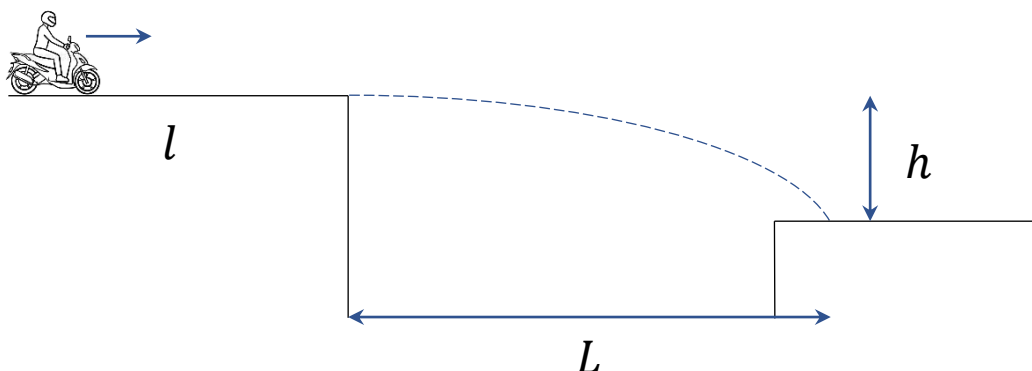
$$\text{А емкость } C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

Вариант 1: $I = 2$ мА

Вариант 2

1. Прыжок каскадера

На съемках каскадер на мощном мотоцикле должен, разогнавшись, сделать прыжок через «пропасть» (см. рис 1), причем точка приземления находится на расстоянии $h = 1.25$ м ниже точки старта. Длина дорожки для разгона определяется условиями съемок и всегда равна $l = 10$ м. Максимально разогнавшись, каскадер прыгнул на расстояние $L_0 = 7$ м. Затем он сменил шины, увеличив их коэффициент трения о дорожку на 0.3. На какое расстояние L теперь максимально прыгнет каскадер?



Решение:

При разгоне: $N = mg$

$$ma \leq F_{\text{тр}} \leq \mu mg \Rightarrow a \leq \mu g$$

Максимальный разгон: $a = \mu g$

$$\frac{v^2}{2a} = l \Rightarrow v_{\text{max}}^2 = 2a_{\text{max}} \cdot l = 2\mu gl$$

При прыжке: $\frac{gl^2}{2} = h \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0,5 \text{ с}$

$$L = v_{\text{max}} \cdot t = \sqrt{2\mu gl} \cdot \sqrt{\frac{2h}{g}} = 2\sqrt{\mu hl}$$

Итак, $L = 2\sqrt{\mu hl} \Rightarrow L_0 = 2\sqrt{\mu_0 hl} \Rightarrow \mu_0 = \frac{L_0^2}{4hl}$

$$L = 2\sqrt{(\mu_0 + \Delta\mu)hl}$$

Ответ: $L = \sqrt{L_0^2 + 4\Delta\mu hl}$

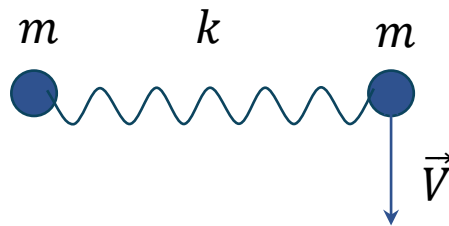
Вариант 2: $L = \sqrt{7^2 + 4 \cdot 0,3 \cdot 1,25 \cdot 10} = 8 \text{ (м)}$

2. Шарики на пружинке

Два шарика массами $m = 90$ г каждый были соединены легкой пружинкой жесткости k и летали

в невесомости в космосе. В некоторый момент времени пружинка была nerастянута и имела длину $l = 0.4$ м, при этом один шарик покоился, а другой двигался

перпендикулярно пружинке со скоростью $V = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$. (рис. 2) Наблюдение показало, что максимальная длина пружинки во время движения равнялась $L = 0.6$ м. Найдите жесткость пружинки.



Решение:

В система отсчета центра масс:

$$\vec{v}_{\text{цм}} = \frac{m\vec{v}}{m+m} = \frac{\vec{v}}{2}$$

$$\vec{v}_1 = -\vec{v}_2 = \vec{v} = \frac{\vec{v}}{2}$$

Пусть при наибольшем растяжении $x = L - l$ скорости шариков $\vec{v}_1^1 = -\vec{v}_2^1 = \vec{u}$

$$\text{З.С. энергии: } 2 \cdot \frac{mv^2}{2} = 2 \cdot \frac{mu^2}{2} + \frac{kx^2}{2}$$

$$\text{З.С. момент импульса: } 2 \cdot mv \cdot \frac{l}{2} = 2mu \cdot \frac{l}{2} \Rightarrow vl = uL \Rightarrow$$

$$\Rightarrow mv^2 = mv^2 \cdot \frac{l^2}{L^2} + \frac{k(L-l)^2}{2} \Rightarrow m \frac{v^2}{4} \left(1 - \frac{l^2}{L^2}\right) = k \frac{(L-l)^2}{2} \quad \text{-- общее соотношение (*)}$$

Используя общее соотношение (*) получаем:

$$\text{Вариант 2: } k = \frac{mV^2}{2L^2} \cdot \frac{L+l}{L-l} = 90 \left(\frac{\text{Н}}{\text{м}}\right)$$

3. Мяч и сосуд

В лаборатории с высоты h уронили мяч массы m на поршень массы M , который закрывал на высоте H_0 (см. рис 3) сосуд с v молями газа аргона. Спустя долгое время аргон приобрел температуру T . Какой была начальная температура газа T_0 ? Система в целом тепло-изолирована, мяч отскакивает от поршня практически упруго, а общее изменение

m



внутренней энергии поршня и мяча в $N = 7$ раз больше изменения внутренней энергии гелия в процессе.

Решение:

Уравнение состояния газа до падения мяча (навесное):

$$\gamma RT_0 = P_0 V_0 = \frac{Mg}{S} \cdot H_0 S = MgH_0 \quad (1^*)$$

Уравнение состояния газа после остановки мяча и поршня на высоте H (равновесное):

$$\gamma RT = PV = \frac{(M+m)g}{S} \cdot HS = (M+m)gH \quad (2^*)$$

Вычитая из (2*) уравнение (1*) получим:

$$\gamma R(T - T_0) = Mg(H - H_0) + mgH \quad (3^*)$$

Закон сохранения энергии (до и после падения)

$$mg(h + H_0) + \frac{3}{2}\gamma RT_0 + MgH_0 = (m + M)gH + \frac{3}{2}\gamma RT + Q \quad (4^*),$$

где Q – изменение внутренней энергии системы мяч + поршень

$$\text{По условию } Q = N \cdot \frac{3}{2}\gamma R(T - T_0)$$

Преобразовав (4*) и подставив Q , получим:

$$mgh = (m + M)g(H - H_0) + \frac{3}{2}(N + 1)\gamma R(T - T_0) \quad (5^*)$$

Выразив из (3*) $Mg(H - H_0)$ через $\gamma R(T - T_0)$, получим:

$$\text{Вариант 2 (N=7): } mgh + H_0 = 13\gamma R(T - T_0), \text{ откуда: } T_0 = T - \frac{mg(h+H_0)}{13\gamma R}$$

Отметим, что даже если $h=0$ некоторый нагрев газа будет, т.к. сначала мяч не давил на поршень.

4. Влажность воздуха

Влажный воздух имел определенную температуру и атмосферное давление $P_0 = 100$ кПа, причем давление насыщенного пара при этой температуре равнялось $P_{\text{нас}} = 40$ кПа. Когда воздух изотермически сжали в $n = 7$ раз, его давление возросло в $k = 6$ раз. Чему была равна начальная относительная влажность воздуха α ? Считайте воздух практически идеальным газом, а объем, образовывавшейся в процессе воды пренебрежимо малым.

Решение:

Пусть сначала парциальное давление молекул собственно воздуха составляло P_B , а давление пара было $P_{\text{П}} = \alpha \cdot P_{\text{нас}}$, по условию: $P_B + P_{\text{П}} = P_B + \alpha P_{\text{нас}} = P_0$ (1*)

При изометрическом сжатии в n раз парциальное давление молекул воздуха возрастет в n раз, а общее P_0 – по условию в k раз;

Поскольку часть пара сконденсируется, он станет насыщенным:

$$nP_B + P_{\text{нас}} = kP_0 \quad (2*)$$

Исбавившись в системе (1*), (2*) от P_B , получим:

$$(n - k)P_0 = (n\alpha - 1)P_{\text{нас}} \quad (3*)$$

Из уравнения (3*) получим:

$$\text{Вариант 2: } \alpha = \frac{(n-k)P_0 + P_{\text{нас}}}{nP_{\text{нас}}} = 0,5 = 50\%$$

5. Подзарядка конденсатора

Плоский конденсатор емкости $C = 20$ мкФ заполнен диэлектриком с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 4,52$ и был исходно заряжен до некоторого небольшого напряжения. Оказалось, что само вещество диэлектрика пропускает слабый ток (ток утечки) и имеет удельное сопротивление $\rho = 5 \cdot 10^8$ Ом·м. Поэтому конденсатор автоматически подзаряжают. Когда ток утечки падает на $\delta = 10\%$ по сравнению с ситуацией после предыдущей подзарядки, автоматически включается новая подзарядка, быстро добавляя конденсатору заряд $q = 2,5$ мкКл. Было проведено много циклов подзарядки. Каким будет максимальная сила тока утечки в такой системе?

Решение:

Пусть после первой зарядки напряжение на конденсаторе станет u_n , а заряд на нём cu_n . Когда ток утечки упадет на долю δ , напряжение упадет во столько же раз, то есть станет $u_n(1 - \delta)$, а заряд $cu_n(1 - \delta)$, то таким образом после следующей подзарядки получаем заряд $q_{n+1} = cu_{n+1} = cu_n(1 - \delta) + q$

Заряд (и напряжение) перестанут расти от зарядки к зарядке, когда $cu = cu(1 - \delta) + q$,

откуда $u = \frac{q}{c\delta}$ – максимальное напряжение в системе (установится после многих подзарядок). Максимальный же ток утечки: $I = \frac{u}{R} = \frac{uS}{\rho \cdot d} \Rightarrow I = \frac{uc}{\rho\epsilon\epsilon_0} = \frac{q}{\delta\rho\epsilon\epsilon_0}$

А емкость $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$

Вариант 2: $I = 1,25 \text{ мА}$