**9 класс**

1. Рассмотрим неподвижную жидкость массы в объеме, равном объему пробки. В обычных земных условиях на него действует сила тяжести , направленная вниз. Она уравновешивается силами давления, действующими на этот объем со стороны соседних слоев жидкости. Равнодействующая сил давления представляет собой выталкивающую Архимедову силу, направленную в сторону уменьшения давления в жидкости, то есть вверх. Она, очевидно, равна .

рис. 1

Пусть теперь рассматриваемый элементарный объем жидкости находится во вращающейся трубке. Так как он движется по окружности, то на него, кроме силы тяжести и силы , должна действовать сила, направленная к оси вращения и обеспечивающая ему центростремительное ускорение. Такой силой может быть только равнодействующая сил давления, возникающих внутри жидкости. По величине она равна , где – расстояние от выделенного элемента жидкости до оси вращения. Эта сила, подобно силе , пропорциональна массе элементарного объема и направлена в сторону уменьшения давления, то есть к оси, вокруг которой вращается трубка. Силы и , складываясь геометрически, дают силу Архимеда , действующую на вращающийся выделенный объем жидкости. Отметим, что Архимедова сила в данном случае направлена под углом к вертикали. Так как в условии сказано, что пробка легкая (что означает, что ее масса много меньше массы вытесненной ею жидкости), то действующую на пробку силу тяжести можно не учитывать, и принимать во внимание только силы и . Для того, чтобы пробка покоилась, сумма этих сил не должна иметь составляющей, направленной вдоль трубки, то есть должна быть перпендикулярна трубке.

Из рисунка 1 видно, что для этого должно выполняться соотношение:

или

Отсюда

Отметим, что положение пробки при данной частоте вращения будет устойчивым. Действительно, при неизменной составляющей силы Архимеда , обусловленной силой тяжести, перемещение пробки вверх приводит к увеличению ее расстояния до оси вращения, в результате чего увеличивается составляющая силы Архимеда . В результате появляется составляющая силы, направленная вдоль трубки вниз, которая возвращает пробку в исходное положение. При смещении пробки вниз картина обратная.

1. Тепловая мощность спирали . Мощность же потерь . Для равновесной температуры получаем:

откуда

Очевидно, при тепловая мощность спирали больше мощности потерь при любой температуре. Тогда температура спирали будет неограниченно возрастать. При ответ приведен.

Примечание. В сборнике задач Савченко это задача 8.3.48.

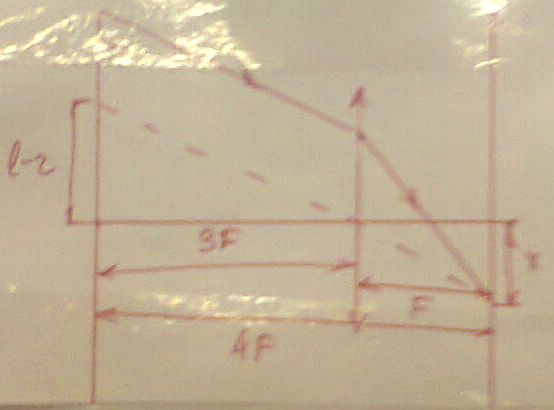
1. Давление в точке A выражается известной формулой , где – высота уровни жидкости в трубе. Пусть – масса жидкости в трубе. Выразим ее через . , где – объем в тонком колене, – объем в толстом колене. Выражая высоту уровня жидкости через массу , получаем следующее выражение для давления в точке A:

Исследовав эту функцию, получаем, что максимальное давление в точке A получается при .

1. Во время нагрева первого литра воды часть энергии, пропорциональная разности времен , идет на разогрев конфорки. Так как через время вода закипает, то это означает, что к этому моменту времени конфорка полностью разогрелась, и далее все выделяемое ею тепло будет идти только на нагрев второго литра воды. Поэтому мощность конфорки

а запасенная в ней тепловая энергия

Здесь – плотность воды, . После выключения конфорки вся запасенная в ней энергия пойдет на испарение воды массой

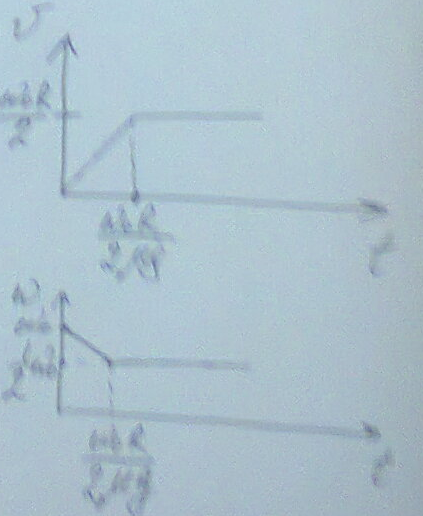


1. Построим изображение тени, учитывая, что пленка в фотоаппарате расположена в фокальной плоскости. Из построения (см. рисунок) следует, что . Можно найти область тени и другим способом, предварительно отыскав положение изображения линейки.

**10 класс**

1. Рассмотрим движение кольца от начала до конца проскальзывания. На кольцо действует только сила трения , сонаправленная скорости кольца. Тогда ускорение . Проинтегрировав это уравнение по времени, получим зависимость скорости кольца от времени:

Аналогично найдем угловое ускорение кольца:

Отсюда получаем зависимость угловой скорости от времени:

В тот момент, когда прекратилось проскальзывание, скорость точки B (см. рисунок) стала равна нулю. Тогда в этот момент . Подставив выражения для и , получим:

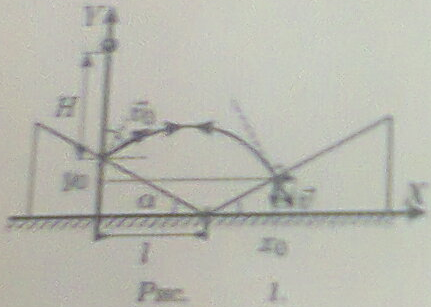
Рассчитаем конечную линейную и угловую скорости:

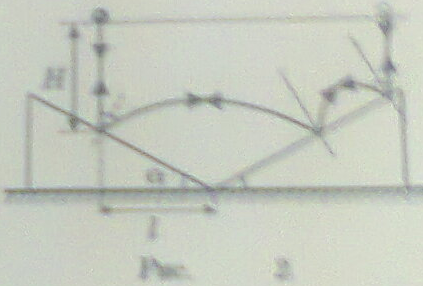
Начальная энергия кольца , конечная энергия . Тогда выделилась теплота , и в теплоту ушло начальной энергии. Зависимости линейной и угловой скорости кольца от времени приведены на графиках.

Примечание. В сборнике задач Савченко это задача 2.7.21.

1. См. задачу 2 для 9 класса.
2. См. задачу 5 для 9 класса.
3. Кладем линейку на карандаш, лежащий горизонтально, и уравновешиваем линейку. Далее начинаем крутить карандаш так, чтобы угол между линейкой и вертикалью увеличивался. Когда тангенс угла станет равен коэффициенту трения, линейка сорвется. Аккуратно вращаем карандаш и через маленькие промежутки времени измеряем высоту и длину той части линейки, которая находится выше (или ниже) карандаша. Отсюда получаем оценку коэффициента трения.

**11 класс**

1. Возможны два вида траекторий:
2. С возвратом в начальную точку удара о первый клин после отражения от второго клина (см. рис. 1).
3. С подъемом на ту же высоту, но над другим клином (см. рис. 2).

В первом случае расчет проще, чем во втором. Проведем его. Расположим оси координат как на рисунке 1. Скорость шарика после первого удара равна по модулю . Законы движения шарика вдоль осей координат между первым и вторым ударами имеют вид:

где время отсчитывается от первого удара. Пусть шарик ударился о вторую плоскость в точке с координатами . Они связаны между собой соотношением . Так как после второго удара шарик возвращается к первому клину по участку своей прежней траектории, то перед ударом вектор скорости направлен по нормали к плоскости второго клина. Значит, для составляющих скорости шарика в этот момент справедливо соотношение:

Знак “минус” появляется из-за того, что при выбранных направлениях осей координат соответствующая скорость перед ударом отрицательна. Составляющие и между первым и вторым ударами выражаются формулами:

Время , через которое шарик ударится о второй клин, находим из зависимости :

Подставляя значение и сравнивая уравнения для и , находим :

Далее, с учетом выражения для , получаем:

Подставляя в последнее соотношение найденное и учитывая, что , имеем:

Из полученной формулы следует, что данное решение существует при , то есть при .

1. До того, как поршень покинул баллон, систему можно считать замкнутой. По законам сохранения импульса и энергии:

; (1)

; (2)

где – скорость баллона при выходе поршня; – скорость поршня в этот же момент; – изменение внутренней энергии идеального одноатомного газа:

; (3)

здесь – температура газа при выходе поршня из баллона, которую можно определить из условия адиабатичности процесса:

.

Используя уравнение состояния идеального газа , по-другому получится , .

Известно, что и показатель адиабаты равен , получим конечную формулу для температуры:

. (4)

Решая уравнения (1) – (4), получим:

. (5)

Если масса газа намного меньше массы баллона и поршня , тогда уравнение (5) упрощается:

. (6)

После вылета поршня скорость баллона дополнительно возрастает на значение за счет ударов молекул о дно сосуда. Каждый атом передает импульс:

,

где – масса атома; ; а скорость можно определить через среднеквадратичную скорость атомов:

При упругих соударениях баллон получает усредненный импульс:

Все вычисления сделаны в предположении о том, что скорость баллона много меньше скорости хаотического движения атомов. Помним, что только половина атомов соударяется с дном, тогда полный импульс, полученный баллоном

и дополнительный рост скорости баллона

Используя формулу для среднеквадратичной скорости

подставляя выражение для конечной температуры, получим конечное выражение для скорости:

В итоге конечная скорость равна:

1. Поскольку магнитное поле работы не совершает, перед соударением в точке B обе частицы имеют одинаковые по модулю скорости . Так как после соударения первая частица летит по горизонтали, то для ее скорости в этот момент выполняется условие баланса силы тяжести и силы Лоренца:

Из закона сохранения импульса частиц при соударении в проекциях на горизонтальное и вертикальное направления, получаем:

;

;

где и – горизонтальная и вертикальная компоненты скорости второй частицы после удара. Из этих уравнений находим, что и . Вторая частица движется в однородном поле силы тяжести, поэтому для полного времени ее движения от C до E имеем: . Отсюда для времени движения от B до E получаем , где ; ; . Следовательно, и для массы второй частицы получаем следующее выражение:

1. Отклоним шарик на небольшое расстояние , далее отпустим и измерим, на какое расстояние он отклонится после полного колебания. Логарифм их отношения равен . Далее, после некоторых преобразований, находим добротность.