

ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ
ВАРИАНТ 27091 для 9-го класса

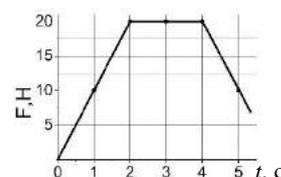
1. В своей научной работе «Opera geometrica» в 1644 г. итальянский математик и физик Эванджелиста Торричелли изложил устройство ртутного барометра. Величина атмосферного давления измерялась таким барометром по высоте столба ртути, находившейся в стеклянной трубке, нижний конец которой был опущен в сосуд с ртутью, а верхний запаян. Если трубку ртутного барометра подвесить на нити к динамометру так, что её нижний конец по-прежнему будет опущен в сосуд с ртутью (не касаясь при этом дна сосуда), то можно ли определить значение атмосферного давления по показаниям динамометра? Поясните ваш ответ.

Решение.

На верхний торец запаянной трубки сверху вниз действует сила атмосферного давления. Изнутри трубки эта сила ничем не компенсируется, т.к. над ртутью в трубке находятся пары ртути, давлением которых можно пренебречь. Сила атмосферного давления в точности равна весу ртути в трубке. Таким образом, показания динамометра равны сумме веса стеклянной трубки и силы атмосферного давления. Следовательно, показания динамометра можно использовать для определения атмосферного давления.

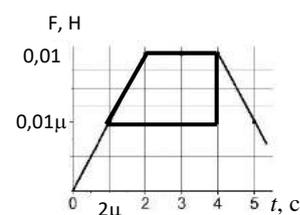
Ответ: показания динамометра можно использовать для определения атмосферного давления.

2. Тело массой 2 кг покоится на горизонтальной поверхности. На тело начинает действовать горизонтальная сила, зависимость модуля которой от времени представлена на графике. Через 4 с после начала действия силы скорость тела стала равна 12,5 м/с. Определите коэффициент трения тела о поверхность.



Решение.

Нарисуем график зависимости силы, действующей на тело, от времени. Тело начнет движение, когда действующая на него сила превысит значение максимальной силы трения покоя, т.е. $F > \mu mg = 0,01\mu$. Из графика ясно, что это произойдет в момент времени $t_0 = 2\mu$. Тогда изменение импульса тела будет равно площади очерченной жирными линиями трапеции.



Получаем:

$$mv = \frac{1}{2}((4-2) + (4-2\mu)) \cdot (0,01 - 0,01\mu). \text{ После подстановки данных имеем:}$$

$$2,5 = (6 - 2\mu) \cdot (1 - \mu).$$

Решение квадратного уравнения дает $\mu = 0,5$.

Ответ: $\mu = 0,5$.

3. Известно, что энергопотребление в городах в утренние и вечерние часы возрастает в несколько раз по сравнению с дневными и ночными часами. Представим, что город получает электроэнергию от гидроэлектростанции, генератор которой полностью справляется с энергообеспечением города при пиковой нагрузке. Когда энергопотребление в городе на протяжении суток возросло в 3 раза, оператор на ГЭС увеличил расход воды через

Олимпиада школьников «Надежда энергетики». Заключительный этап. Решения..

гидротурбину в 2 раза. Определите, как при этом изменился КПД гидрогенератора. Считать, что уровень воды в водохранилище остается неизменным.

Решение.

Полное КПД гидрогенератора на ГЭС равно

$$\eta = \frac{IU_0 t}{mgh},$$

где mgh/t – механическая мощность, развиваемая элементом водяного потока массой m , а отношение $\frac{m}{t}$ и есть расход воды через гидротурбину, h – расстояние от уровня воды в водохранилище до лопастей гидрогенератора по вертикали, IU_0 – электрическая мощность, вырабатываемая гидрогенератором.

Здесь следует отметить, что гидрогенератор устроен так, чтобы напряжение на его клеммах не менялось со временем. Поэтому, все напряжения на линии электропередачи и вплоть до напряжения в розетке конечного потребителя тоже остаются неизменными по времени.

$$U_0 = const$$

Таким образом, увеличение энергопотребления влияет только на повышение силы тока в цепи. Если энергопотребление возросло в 3 раза, то и сила тока тоже возросла в 3 раза, а значит и КПД гидрогенератора теперь будет равен

$$\eta^* = \frac{3IU_0 t}{2mgh} = 1,5\eta.$$

Ответ: КПД увеличился в 1,5 раза.

4. Вал турбины на гидроэлектростанциях закрепляется в специальных устройствах – опорных подшипниках, которые уменьшают трение при вращении. Через подшипники для их охлаждения и смазки непрерывно прокачивается вода, температура которой до и после подшипника отличается в 2 раза. Определите, во сколько раз будет отличаться температура воды до и после подшипника, если расход воды через подшипник будет увеличен в два раза. Температура воды на входе в подшипник во всех случаях одинакова.

Решение.

Количество теплоты, отдаваемое подшипником воде в единицу времени во всех режимах одинаково, а расход воды пропорционален массе воды. Поэтому можно записать

$$cm_1(t_{1\text{кон}} - t_{\text{нач}}) = cm_2(t_{2\text{кон}} - t_{\text{нач}})$$

Здесь c – теплоемкость воды, $t_{1\text{кон}}$ и $t_{2\text{кон}}$ – температуры воды на выходе из подшипника в первом и втором режимах, $t_{\text{нач}}$ – температура воды на входе в подшипник.

Отсюда получаем: $(t_{1\text{кон}} - t_{\text{нач}}) = 2(t_{2\text{кон}} - t_{\text{нач}})$

$$\frac{t_{1\text{кон}}}{t_{\text{нач}}} - 1 = 2 \frac{t_{2\text{кон}}}{t_{\text{нач}}} - 2$$

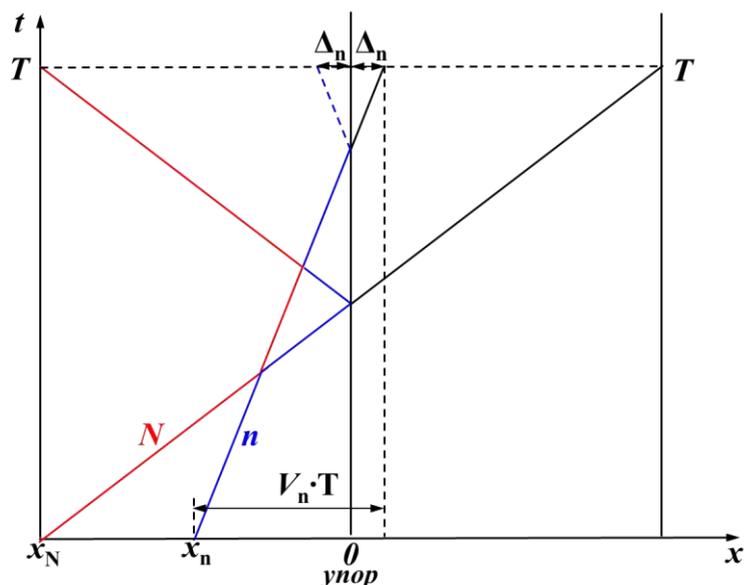
Ответ: $\frac{t_{2\text{кон}}}{t_{\text{нач}}} = 1,5$.

5. Основной объект любой железнодорожной сортировочной станции – «сортировочная горка». Для формирования различных поездов локомотив толкает на горку состав из требуемых вагонов. Вагоны на вершине горки отцепляются по одному и затем скатываются с горки самостоятельно, распределяясь по разным путям с помощью стрелочных переводов. На свой сортировочный путь вагон попадает, двигаясь по инерции. Каждый такой путь качивается тупиковой призмой с расположенным на ней пружинным упором. Пусть по одному сортировочному пути в какой-то момент едут в направлении тупика $N = 5$ одинаковых вагонов. Расстояние от тупика до ближайшего вагона 200 м, до второго 500 м, до следующих 800 м, 900 м и 1500 м соответственно. Скорости вагонов в этот момент равны

Олимпиада школьников «Надежда энергетики». Заключительный этап. Решения..

9 км/ч; 21,6 км/ч; 28,8 км/ч; 32,4 км/ч; 54 км/ч соответственно. Определите, на каком расстоянии от тупика будут находиться вагоны и какие у них будут скорости, когда самый дальний от тупика вагон будет на том же месте, что и в начальный момент (1500 м от тупика), но будет удаляться от тупика. Считать столкновения вагонов с тупиковым упором и между собой абсолютно упругими, сопротивлением движению и размерами вагонов пренебречь. При абсолютно упругом лобовом соударении тел одинаковой массы они обмениваются своими скоростями, причем и по модулю, и по направлению. При взаимодействии с пружинным упором вагон меняет направление своего движения на противоположное, сохраняя модуль скорости.

Решение:



Построим графики движения всех вагонов на диаграмме (“время” – “координата”), т.е. ($t-x$). Эти графики для каждого вагона между столкновениями представляют собой прямые линии (движение прямолинейное, равномерное). В процессе столкновения происходит обмен скоростями, так что графики после столкновения продолжают те же прямые линии, происходит только обмен линиями между вагонами. Например, n -ый вагон, двигавшийся «по синей линии», движется после столкновений по синей линии, которая лишь меняет угол своего наклона в точках

столкновений. После того, как линии достигнут координаты пружинного упора, они “отразятся” от этой вертикальной линии так, что угол падения будет равен углу отражения, поскольку сохраняется модуль скорости. Если построить отражение продолжения линий в “зазеркалье” (т.е. в области за пружинным упором), то они продолжат первоначальные прямые. (Ситуация полностью аналогична отражению от плоского зеркала, хотя может быть описана и другими способами). Единственное, что теряется при такой замене, это еще одно пересечение исходных линий (столкновение вагонов), но если обеспечить на финише такую же последовательность вагонов, как и на старте (поскольку реальные вагоны не могут проходить друг сквозь друга), то каждая пара линий (соответствующая каждой паре вагонов) будет иметь пересечение, как показано на рисунке. Самая пологая линия на графике соответствует последнему вагону, скорость движения которого максимальная. По этой

линии можно определить время движения $T = \frac{2x_N}{V_N} = \frac{2 \cdot 1500}{15} = 200 \text{ с}$. По формуле

$\Delta_n = V_n T - x_n$ можно рассчитать конечные координаты вагонов. Расстояния до упора будут равны, соответственно: 300, 700, 800, 900, 1500 метров. Скорости вагонов останутся прежними, поскольку происходит последовательность абсолютно упругих соударений.

Ответ:

Расстояния от тупикового упора до вагонов равны : 300, 700, 800, 900, 1500 метров.

Скорости вагонов равны: 9 км/ч; 21,6 км/ч; 28,8 км/ч; 32,4 км/ч; 54 км/ч.