

**ЗАДАНИЕ ПО ФИЗИКЕ**  
**ВАРИАНТ 27081 для 8-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. Атмосферное давление будет равно разности показаний динамометра и веса пустой стеклянной трубки, поделенной на площадь поперечного сечения трубки.

**Ответ:** показания динамометра можно использовать для определения атмосферного давления.

2. Традиционными источниками энергии являются нефть, уголь, природный газ. Запасы данных источников энергии не восполняются, кроме того их использование отрицательно влияет на экологическое состояние планеты. Приливная электростанция (ПЭС) — особый вид гидроэлектростанции, использующий энергию приливов, которые происходят в результате действия гравитационных сил со стороны Солнца и Луны. Колебания уровня воды у берега моря могут достигать 13 метров. Мощность строящейся приливной электростанции «Северная» в Мурманской области составит 12 МВт при КПД, равном 60%. Электростанция своей плотиной перекрывает длинный узкий залив (губу «Долгая») площадью 5 км<sup>2</sup>. Определите средний перепад уровней воды в рабочем цикле электростанции, если приливное повышение или понижение уровня воды в заливе длится около 5 часов.

*Решение.*

Полезная работа  $A = P \cdot 2t$ , совершается за счет изменения потенциальной энергии при перепадах уровней воды при приливном наполнении и опустошении залива, которое определяется как

$$\Delta E = mgh = \rho vgh = \rho sh^2g.$$

С учетом КПД:  $P \cdot 2t = \eta \rho sh^2g$ , откуда  $h^2 = (P \cdot 2t) / \eta \rho sg = \frac{12 \times 10^6 \times 2 \times 5 \times 3600}{0,6 \times 1000 \times 5 \times 10^6 \times 10} = 14,4 \text{ м}^2$ .

Т.е.  $h = 3,8 \text{ м}$ .

**Ответ:**  $h = ((P \cdot 2t) / \eta \rho sg)^{0,5} = 3,8 \text{ м}$ .

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

3. Друзья Катя, Петя и Ваня живут в одном доме и учатся в одной школе. На день рождения родители купили Пете двухместный скутер, и Петя решил прокатить друзей от дома до школы. Ребята вышли из дома одновременно. Сначала Петя посадил Катю на скутер и повёз к школе, а Ваня пошёл пешком. Не доезжая до школы некоторое расстояние, Петя высадил Катю, которая далее пошла пешком, а сам поехал навстречу Ване. В результате все друзья (Катя пешком, а Петя и Ваня на скутере) прибыли в школу одновременно, причём их средняя скорость преодоления пути от дома к школе равнялась  $v_{cp}=9$  км/час. Какова была скорость ходьбы ребят, если Катя и Ваня шли с одной и той же скоростью, а Петя ехал на скутере со скоростью  $V=15$  км/час? Напоминание: средней скоростью называют отношение пройденного пути ко времени, затраченному на этот путь.

*Решение.*

Введём следующие обозначения:

$u$  – скорость ходьбы,  $t_1$  – Катя и Петя едут на скутере ;  $t_2$  – Петя возвращается к Ване на скутере,  $t_3$  – Ваня и Петя едут на скутере до школы;  $t_k$  – Катя идет пешком до школы  
Петя проезжает расстояние  $Vt_1$  “вперед” и  $Vt_2$  “назад”.

Координата Пети на скутере до встречи с Ваней:  $V(t_1 - t_2)$

Координата Вани до встречи с Петей:  $u(t_1 + t_2)$ . Петя посадил Ваню:  $V(t_1 - t_2) = u(t_1 + t_2)$  (1).

Расстояние от дома до школы:  $S = Vt_1 + ut_k$  (2)

Время движения Пети до школы:  $T = t_1 + t_2 + t_3$ .

Время движения Кати до школы:  $T = t_1 + t_k$

$T = t_1 + t_2 + t_3 = t_1 + t_k$ , поэтому  $t_k = t_2 + t_3$ . Подставим это в (2):

$$S = Vt_1 + ut_k = Vt_1 + u(t_2 + t_3) = v_{cp}(t_1 + t_2 + t_3) \quad (3)$$

Из уравнений (1) и (3) составляем систему:

$$\begin{cases} Vt_1 + u(t_2 + t_3) = v_{cp}(t_1 + t_2 + t_3) \\ Vt_1 - Vt_2 = u(t_1 + t_2) \end{cases} \quad (*)$$

Путь Кати до школы:  $S = Vt_1 + ut_k = Vt_1 + u(t_2 + t_3)$ . Путь Вани до школы:  $S = u(t_1 + t_2) + Vt_3$

Тогда  $Vt_1 + u(t_2 + t_3) = u(t_1 + t_2) + Vt_3$ , откуда  $t_1 = t_3$ .

Подставим это в (\*)

$$\begin{cases} Vt_1 + u(t_1 + t_2) = v_{cp}(2t_1 + t_2) \\ Vt_1 - Vt_2 = u(t_1 + t_2) \end{cases}$$

$$t_1(V - u) = t_2(V + u) \Rightarrow t_2 = \frac{V - u}{V + u} t_1$$

$$v_{cp} = \frac{t_1(V + u) + t_2u}{2t_1 + t_2} = \frac{t_1(V + u) + \frac{V - u}{V + u} t_1 u}{2t_1 + \frac{V - u}{V + u} t_1} =$$

$$= \frac{(V + u)^2 + (V - u)u}{2(V + u) + V - u} = \frac{V^2 + 2Vu + u^2 + Vu - u^2}{2V + 2u + V - u} = \frac{V(V + 3u)}{3V + u}$$

$$u(3V - v_{cp}) = V(3v_{cp} - V)$$

$$u = \frac{V(3v_{cp} - V)}{3V - v_{cp}} = \frac{15(27 - 15)}{45 - 9} = 5 \text{ км/час.}$$

**Ответ:**

$$u = \frac{V(3v_{cp} - V)}{3V - v_{cp}} = \frac{15(27 - 15)}{45 - 9} = 5 \text{ км/час}$$

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, температуры которой до и после подшипника отличаются в 2 раза. Определите, во сколько раз будут отличаться температуры 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:  $(t_{1\text{кон}} - t_{\text{нач}}) = 2(t_{2\text{кон}} - t_{\text{нач}})$

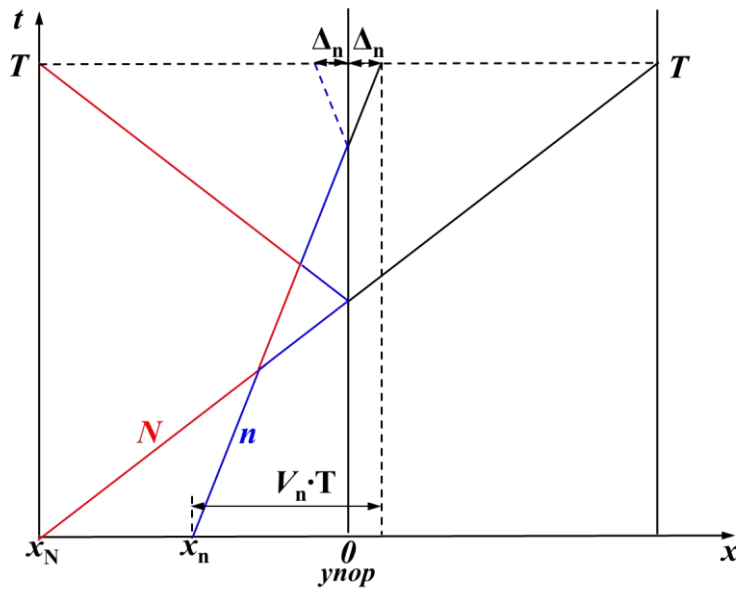
$$\frac{t_{1\text{кон}}}{t_{\text{нач}}} - 1 = 2 \frac{t_{2\text{кон}}}{t_{\text{нач}}} - 2.$$

**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 закачивается тупиковой призмой с расположенным на ней пружинным упором. Пусть по одному сортировочному пути в какой-то момент едут в направлении тупика  $N = 4$  одинаковых вагонов. Расстояние от тупика до ближайшего вагона 200 м, до второго 500 м, до третьего 900 м и до четвертого 1500 м соответственно. Скорости вагонов в этот момент равны 9 км/ч; 21,6 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, 900, 1500 метров. Скорости вагонов останутся прежними, поскольку происходит последовательность абсолютно упругих соударений.

**Ответ:**

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

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