

Городская открытая олимпиада школьников по физике 2022/23 года

Заключительный этап

Городской тур 2022/23. 7 класс

Задача 1.

Будем различать древнерусский и современный часы. Заметим, что древнерусский час еще называли “косым часом” потому что длительность светового дня, а значит и длительность косога часа каждый день была разной. А современный час будем для краткости называть просто часом. Длительность светового дня составляет ровно 16 современных часов, или 12 косых часов. Тогда 1 косой час равен 1 часу 20 минутам. Гонiec проскакал от Суздаля до Владимира за 2 косых часа, или за 2 часа 40 минут, что равно 160 минутам или 9600 секундам. Расстояние 35 верст равно 37 км 345 м. Тогда скорость гонца равна $3,89 \text{ м/с} \approx 3,9 \text{ м/с}$.

Ответ: скорость гоца $v = 3,9 \text{ м/с}$.

Задача 2.

А) Как ясно из условия, кубик складывается из 6 модулей. То есть по 1 модулю на каждую грань кубика. Из листочка площадью $9 \text{ см} \times 9 \text{ см}$ получается грань кубика площадью $32 \text{ мм} \times 32 \text{ мм}$, что примерно равно $10,2 \text{ см}^2$. То есть площадь листочка в $\frac{81}{10,2} \approx 8$ раз больше, чем площадь грани. В условии сказано, что число слоёв бумаги одинаковое во всех точках кубика. Из этого делаем вывод, что грань состоит из 8 слоёв бумаги.

Б) В фигуре, изображенной на рисунке, 18 квадратных граней. Соответственно эта фигура собирается из 18 модулей, то есть из 18 листочков бумаги $9 \text{ см} \times 9 \text{ см}$. Суммарная площадь листочков бумаги равна $18 \times 9 \times 9 \text{ см}^2 = 1458 \text{ см}^2 \approx 0,146 \text{ м}^2$. Поскольку плотность бумаги 80 г/м^2 получаем, что масса фигуры приблизительно равна 11,7 г.

Ответ: 8 слоёв, 11,7 грамм.

Задача 3.

На груз действуют три силы: сила тяжести и две силы упругости пружин. Будем обозначать верхнюю пружину индексом 1, а нижнюю индексом 2. Запишем условие равновесия груза

$$k(l_1 - l_0) = mg + k(l_2 - l_0)$$

Перенесем обе силы упругости в левую часть уравнения и получим

$$k(l_1 - l_2) = mg$$

Длина верхней пружины $l_1 = H - h$, длина нижней пружины $l_2 = h_0$. Поэтому

$$mg = k(H - 2h_0)$$

После нагревания пружин их жесткость уменьшилась в 2 раза. Тогда условие равновесия груза после нагревания можно записать в виде

$$mg = \frac{k}{2}(H - 2h_2)$$

где h_2 – высота груза после нагревания. Сравнивая с условием равновесия до нагревания получаем, что

$$h_2 = \frac{4h_0 - H}{2} = 0,5 \text{ м}$$

Это означает, что груз сместился на $h_0 - h_2 = 0,5$ метра вниз.

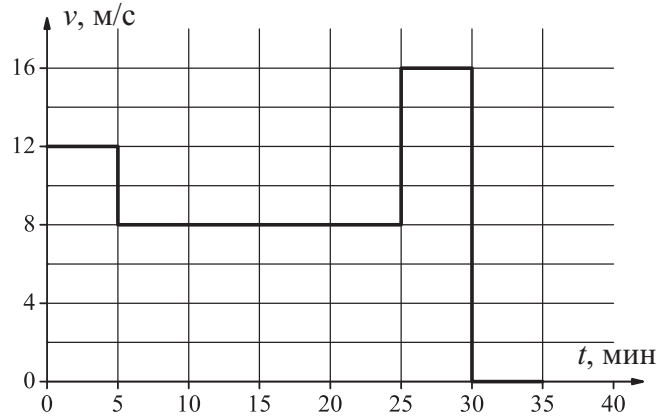
Ответ: опустится на 0,5 метра.

Задача 4.

Заметим, что по графику легко определить расстояние, которое автомобиль проехал за любые 10 минут. За первые 10 минут средняя скорость 10 м/с , следовательно, автомобиль проехал расстояние $10 \text{ м/с} \times 10 \times 60 \text{ с} = 6000 \text{ м}$. Аналогично за вторые 10 минут – 4800 м, за третьи 10 минут – 7200 м. После этого автомобиль остановился потому что средняя скорость с 30 по 40 минуту равна 0 м/с . Суммарно автомобиль проехал 18 км.

Будем анализировать график с конца. В момент 40 минут показания спидометра 0 м/с , следовательно, с 30 по 40 минуту автомобиль не двигался. С 35 по 40 минуту показания спидометра линейно убывают. Значит скорость движения на участке с 25 по 30 минуту была постоянной. В 35 минут спидометр показывает среднюю скорость за 5 минут движения и 5 минут стоянки, поэтому скорость на участке 25-30 минут в 2 раза больше показаний спидометра в 35 минут и равна 16 м/с .

В 35 минут на графике виден излом. Значит в 25 минут скорость автомобиля изменилась. Показания спидометра в 30 минут – это средняя скорость за 5 минут движения со скоростью 16 м/с и на участке 20-25 минут. Тогда скорость на участке 20-25 минут равна 8 м/с. С 15 до 25 минут показания спидометра были постоянными и равными 8 м/с. Это значит, что автомобиль ехал со скоростью 8 м/с с 5 по 25 минуты. Аналогично получаем, что показания спидометра в 10 минут говорят о том, что с 0 по 5 минуту автомобиль ехал со скоростью 12 м/с.



Ответ: Автомобиль проехал 18 км

Задача 5.

Несложно показать, что встреча Пети и Васи могла произойти только в 12.30. Дальше возможны два варианта. Саша встречается Петю в 12.00 и Васю в 13.00, или наоборот. Сначала подробно рассмотрим первый случай.

В 12.00 Петя был на расстоянии 300 км от Санкт-Петербурга, а Вася в 13.00 был на расстоянии 320 км от Санкт-Петербурга. За час 12.00 до 13.00 Саша проехал всего 20 км, значит в этом промежутке Саша сделал остановку. Поскольку скорость Саши 100 км/ч, чтобы проехать оставшиеся 700 км ему нужно ровно 7 часов. Известно, что Саша потратил на дорогу 8 часов, значит до 12 часов и после 13 часов он обязательно должен был ехать без остановок. Поскольку в 13.00 Саша был на расстоянии 400 км от Москвы, он приедет в 17.00.

Во втором варианте Саша в 12.00 встречается Васю на расстоянии 320 км от Москвы и в 13.00 встречается Петю на расстоянии 300 км от Москвы. Аналогично доказываем, что после 13.00 Саша не мог останавливаться, значит он приедет в Москву в 16.00.

Ответ: Саша мог приехать в 16.00 или в 17.00.

Задача 6.

Проанализируем график. Первые 2 метра сила натяжения троса не изменяется. Это значит, что аппарат еще не погружен в жидкость. Со 2го по 3й метр аппарат погружается в первую жидкость. При глубине погружения 3м на графике виден излом. Это означает, что аппарат стал погружаться во вторую жидкость. На глубине 4 метра происходит еще один излом графика. При этом сила натяжения начинает медленнее изменяться с увеличением глубины погружения. Это означает, что верхняя часть аппарата погрузилась в жидкость. С 5 до 6 метров сила натяжения не изменяется. Это означает, что аппарат целиком погружен во вторую жидкость. Наконец, на глубине 6 метров аппарат касается дна колодца. В этот момент сила натяжения становится равна нулю, дальнейшее погружение невозможно. Таким образом, в колодце содержатся 2 жидкости, граница нижней жидкости на уровне 3 м от дна, граница верхней жидкости на уровне 4 м от дна. То есть слой верхней жидкости имеет толщину 1 метр.

Теперь вычислим плотности жидкостей. Заметим, что когда аппарат погружается в жидкость на 1 метр, он вытесняет жидкость и уровень жидкости повышается на 25 см. Когда нижняя граница аппарата находится на глубине 3 метра, в жидкость погружен объем $1,25 \text{ м} \times s = 0,25 \text{ м}^3$. Сила Архимеда равна 2 кН, следовательно, плотность верхней жидкости 800 кг/м^3 . Аналогично рассматриваем погружение с 3 до 4 метров. Уровень жидкости в сосуде увеличивается еще на 25 см, следовательно, аппарат погружен во вторую жидкость на 1,25 м. Сила Архимеда от второй жидкости равна $10 - 6 = 4 \text{ кН}$. А плотность второй жидкости 1600 кг/м^3 .

Ответ: 2 слоя жидкости. Снизу жидкость с плотностью 1600 кг/м^3 налита слоем высотой 3 м. Верхняя жидкость имеет плотность 800 кг/м^3 и налита слоем высотой 1 м.

Задача 7.

Вначале рассмотрим случай, когда водило закреплено и оси маленьких шестеренок остаются неподвижными. В этом случае, когда каждая маленькая шестеренка с 10 зубьями делает 4 оборота, большая шестеренка с 40 внутренними зубьями делает ровно 1 оборот в ту же сторону. А центральная шестеренка с 20 зубьями делает 2 оборота в обратную сторону.

По условию задачи центральная шестеренка закреплена. Для того, чтобы она оставалась неподвижной, нужно всю конструкцию дополнительно повернуть на 2 оборота. В таком случае большая шестеренка сделает 3 оборота вокруг оси, а водило – 2 оборота. Следовательно, если водило вращается со скоростью 20 оборотов в минуту, то большая шестеренка вращается со скоростью 30 оборотов в минуту.

Ответ: 30 оборотов в минуту