

2-й этап интернет олимпиады СУНЦ по физике с решениями

7 класс

1. Высокий цилиндрический сосуд поставили под кран (сначала закрытый) и сверху установили датчик, регистрирующий расстояние в *сантиметрах* от него до уровня воды в сосуде, причем показания прибора изменяются один раз через каждые 10 секунд. В какой-то момент кран открыли, и из него потекла вода с постоянным расходом. Вася записывал показания прибора. Таблица его записей приведена: 50, 50, 50, 48, 38, 28, 18, 13, 13, 13. Поперечное сечение сосуда равно 10 см^2 . Какова емкость сосуда, если первоначально сосуд был пустым?

Решение: Разница показаний прибора $50 - 13 = 37$ (см). Умножив эту разницу на поперечное сечение сосуда, находим максимальный объем жидкости, помещающееся в этот сосуд. Ответ: $37 \times 10 = 370$ (см³).

2. Две одинаковых по длине дорожки в парке заметены снегом. Два дворника Вася и Петя должны очистить дорожки от снега. Первую дорожку они начали чистить с двух концов и, когда она была очищена, выяснилось, что Вася очистил 20 метров длины. Вторую дорожку они тоже начали чистить с двух концов, но теперь Вася увеличил скорость в три раза, а Петя сохранил прежний темп. Когда обе дорожки были очищены, оказалось, что на Васину долю пришлось всего 50 метров. А сколько метров дорожек очистил Петя?

Решение: Обозначим суммарную длину участков дорожек, которые очистил Петя символом X . Тогда $(50 \text{ м} + X)$ – это суммарная длина двух дорожек, а одна дорожка имеет длину $(50 \text{ м} + X)/2$. Обозначим отношение скоростей очистки Васей и Петей первой дорожки символом Y . Тогда получаются два соотношения:

$$Y \times (50 \text{ м} + X) / (2 + 2Y) = 20 \text{ м}; \quad 3Y \times (50 \text{ м} + X) / (2 + 6Y) = (50 - 20) \text{ м}.$$

Разделим правые части соотношений друг на друга и приравняем полученное отношение к отношению левых частей: $3 \times (1 + Y) / (1 + 3Y) = 3/2$. Отсюда находим величину $Y = 1$. Подставив это значение в любое из соотношений, получаем значение X : Ответ: $X = 30$ (м).

3. Деревянный брусок в форме куба с массой 1 кг плавает в воде, при этом в воду погружена ровно половина объема бруска. Вася купил килограмм стальных гвоздей без "шляпок" с размерами каждого гвоздя: длина 5 см, поперечное сечение 4 мм^2 . Какое минимальное количество гвоздей нужно вбить в брусок, чтобы он плавал, и из воды высывалась бы только десятая часть его объема, и при этом ни один гвоздь не касался бы воздуха? Плотность стали 7800 кг/м^3 .

Решение. Согласно условию плотность дерева, из которого состоит брусок, равна половине от плотности воды. Объем такого бруска 2 литра. Минимальное количество гвоздей потребуется в том случае, когда гвозди вбиваются в дерево целиком. Когда в дерево вбивается гвоздь, древесина сминается/разрушается и суммарный объем дерево + гвозди остается равным объему деревянного бруска. Чтобы ни один гвоздь не касался воздуха, можно, например, вбивать гвозди недалеко друг от друга в одну и ту же грань. Условие того, что брусок с гвоздями, вбитыми в него, плавает, погрузившись в воду на 90% своего объема, такое: $1,8 \text{ кг} = 1 \text{ кг} + N \times m$. Здесь N -число вбитых гвоздей, а m – масса одного гвоздя. Масса одного гвоздя равна: $m = 5 \times 0,04 \times 7,8 = 1,56$ грамма. Отсюда найдется число N . Ответ: $N = 513$ штук.

4. Вася привязал к ограждению балкона конец нитки, намотанной на катушку, и сбросил катушку с балкона (с высоты 24 м) во двор. Спустившись во двор, он нашел катушку под балконом, вставил в отверстие катушки карандаш и побежал от дома по прямой дорожке со скоростью 5 м/с. Нить при этом сматывается с катушки и остается все время натянутой. С какой средней скоростью увеличивалась длина нити между балконом и катушкой в промежутке времени (с момента начала бега) от 4,6 секунды до 5,0 секунд? Считайте, что

нить невесома и нерастяжима. Ответ выразите в м/с и округлите до десятых. Пример записи ответа: 13,2.

Решение: Пользуясь теоремой Пифагора, находим длины нити в соответствующие моменты времени: через 4,6 секунд – $L_1=33,24$ м; через 5,0 секунд – $L_2=34,65$ м. Следовательно, средняя скорость роста длины нити в указанном промежутке времени равна: $(34,65-33,24)/0,4 \approx 3,54$ (м/с).

5. У Васи есть шарик, который можно надуть до максимального диаметра 25 см. Вася закрепил над поверхностью стола на штативе острую иглолку, обращенную острием вниз. Острие иглы находится на высоте 20 см от стола. Под иглолку на стол Вася положил оболочку резинового шарика, горловину этого шарика надел на выходной кран компрессора для аквариума и включил компрессор в 12:00:00. Шарик стал надуваться. Скорость подачи воздуха не меняется и давление внутри шарика практически не отличается от атмосферного давления. В момент времени 12:05:00 диаметр шарика стал равным 10 см. В какой момент времени раздастся «БУМ»? Ответ дайте в часах:минутах:секундах. Пример записи ответа: 01:23:45.

Решение: Поскольку скорость поступления воздуха в шарик не меняется, то шарик прикоснется к иглолке через время $5\text{мин} \times 2^3 = 40$ минут. И «БУМ» прозвучит в 12:40:00.

8 класс

1. Цилиндрический сосуд поставили под кран (сначала закрытый) и сверху установили датчик, регистрирующий расстояние в *миллиметрах* от него до уровня воды в сосуде, причем показания прибора изменяются один раз через каждые 10 секунд. В какой-то момент кран открыли, и из него потекла вода с постоянным расходом. Петя записывал показания прибора. Таблица его записей приведена: 60, 60, 58, 48, 38, 28, 18, 14, 14, 14. Моменту времени: $t_0 = 12$ часов 00 минут 00 секунд (12:00:00) соответствует первое из записанных показаний. В какой момент времени сосуд был заполнен ровно наполовину, если первоначально сосуд был пустым? Пример записи ответа для момента времени: 01:23:45.

Решение: Моменты включения датчика фиксированы и между двумя последовательными показаниями проходит 10 секунд. За такой промежуток времени уровень воды повышается на 10 мм ($58-48=48-38=38-28=28-18$), это потому, что вода льется из крана с постоянным расходом. Можно вычислить момент времени, соответствующий открытию крана и момент времени, в который сосуд оказался полностью заполненным. Будем считать, что первое показание датчика соответствует моменту времени 0 секунд. Тогда момент открывания крана – это 18 секунд, а момент заполнения сосуда до краев – это 64 секунды. Сосуд будет заполнен наполовину, когда с момента открывания крана пройдет $(64-18)/2=23$ секунды. Ответ: Сосуд был заполнен наполовину в момент времени $t=12:00:41$.

2. Две одинаковых по длине дорожки в парке замечены снегом. Два дворника Вася и Петя должны очистить дорожки от снега. Первую дорожку они начали чистить с двух концов и, когда она была очищена, выяснилось, что Вася очистил 20 метров длины. Вторую дорожку они тоже начали чистить с двух концов, но теперь Вася увеличил "скорость очистки" в три раза, а Петя сохранил прежний темп. Когда обе дорожки были очищены, оказалось, что на Васину долю пришлось всего 50 метров. Какова длина одной дорожки?

Решение: Обозначим длину одной дорожки символом X , а отношение скоростей, с которыми Вася и Петя чистили первую дорожку, символом Y . Тогда получаются два соотношения: $Y \times X / (1 + Y) = 20$ м; $3Y \times X / (1 + 3Y) = (50 - 20)$ м.

Разделим правые части соотношений друг на друга и приравняем полученное отношение к отношению левых частей: $3 \times (1 + Y) / (1 + 3Y) = 3/2$. Отсюда находим величину $Y = 1$.

Подставив это значение в любое из соотношений, получаем значение X: Ответ: длина одной дорожки равна $X = 40$ (м).

3. Деревянный брусок с массой 1 кг плавает в воде, при этом в воду погружена ровно половина объема бруска. Петя купил килограмм стальных гвоздей без "шляпок" с размерами каждого гвоздя: длина 5 см, поперечное сечение 4 мм^2 . Какое максимальное количество гвоздей можно вбить в брусок, чтобы он плавал, и из воды высывалась бы только десятая часть его объема, и при этом ни один гвоздь не касался бы воздуха? Гвоздь держится в бруске прочно, если в дерево вошла минимум десятая часть его длины. Плотность стали 7800 кг/м^3 .

Решение: Согласно условию плотность дерева, из которого состоит брусок, равна половине от плотности воды. Объем такого бруска 2 литра. Максимальное количество гвоздей можно вбить в том случае, когда гвозди входят в дерево только на 10% длины. Тогда они держатся прочно, и большая часть объема каждого гвоздя присоединяется к объему, на который действует со стороны воды выталкивающая сила. Когда в дерево вбивается гвоздь, древесина сминается/разрушается и суммарный объем (дерево + вбитая часть гвоздей) остается равным объему деревянного бруска. Чтобы ни один гвоздь не касался воздуха, можно, например, вбивать гвозди недалеко друг от друга в одну и ту же грань. Условие того, что брусок с гвоздями, вбитыми в него, плавает, погрузившись в воду на 90% своего объема, такое: $1,8 \text{ кг} + 0,9V \times N \times \rho_{\text{воды}} = 1 \text{ кг} + N \times m$. Здесь N-число вбитых гвоздей, V объем одного гвоздя, а m – масса одного гвоздя. Объем одного гвоздя равен $0,2 \text{ см}^3$. Масса одного гвоздя равна: $m = 5 \times 0,04 \times 7,8 = 1,56$ грамма. Отсюда найдется число N. Ответ: $N = 578$ штук.

4. Петя привязал к ограждению балкона конец нитки, намотанной на катушку, и сбросил катушку с балкона (с высоты 24 м) во двор. Спустившись во двор, он нашел катушку под балконом, вставил в отверстие катушки карандаш и побежал от дома по прямой дорожке со скоростью 4 м/с. Нить при этом сматывается с катушки и остается все время натянутой. С какой средней скоростью увеличивалась длина нити между балконом и катушкой в промежутке времени (с момента начала бега Пети) от 5,8 секунды до 6,0 секунд? Считайте, что нить невесома нерастяжима. Ответ выразите в м/с и округлите до десятых. Пример записи ответа: 13,2.

Решение: Пользуясь теоремой Пифагора, находим длины нити в соответствующие моменты времени: через 5,8 секунды – $L_1 = 33,38$ м; через 6,0 секунд – $L_2 = 33,94$ м. Следовательно, средняя скорость роста длины нити в указанном промежутке времени равна: $(33,94 - 33,38) / 0,4 \approx 2,80$ (м/с).

5. У Пети есть шарик, который можно надуть до максимального диаметра 30 см. Петя закрепил над поверхностью стола на штативе острую иголку, обращенную острием вниз. Острие иглы находится на высоте 28 см от стола. Под иголку на стол Вася положил оболочку резинового шарика, горловину этого шарика надел на выходной кран компрессора для аквариума и включил компрессор в 12:00:00. Шарик стал надуваться. Скорость подачи воздуха не меняется и давление внутри шарика практически не отличается от атмосферного давления. В момент времени 12:10:00 диаметр шарика стал равным 14 см. В какой момент времени раздастся «БУМ»? Ответ дайте в часах:минутах:секундах. Пример записи ответа: 01:23:45.

Решение: Поскольку скорость поступления воздуха в шарик не меняется, то шарик прикоснется к иголке через время $10 \text{ мин} \times 2^3 = 80$ минут. И «БУМ» прозвучит в 13:20:00.