

**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ФИЗИКЕ 2014–2015 г.
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС**

Общие критерии оценок:

Каждая задача оценивается целым числом баллов от 0 до 10 (по каждой задаче указан список возможных значений оценок). Если школьник довел решение задачи *любым способом* до правильного ответа, он получает 10 баллов. Не допускается снижение оценок за плохой почерк, решение способом, отличным от авторского, и т.д. При частично правильном решении задачи применяются критерии, указанные для данной задачи. Все спорные вопросы рекомендуется решать в пользу школьника.

Задача 1.

По комнате движутся во взаимно перпендикулярных направлениях школьница Ирина и шкаф на колёсиках, причём шкаф удаляется от Ирины. На шкафу расположено плоское зеркало, в котором Ирина видит своё изображение. Скорости шкафа и Ирины относительно комнаты равны, соответственно, $V_1 = 1,5$ м/с и $V_2 = 2$ м/с. Найдите модуль скорости изображения Ирины

- относительно зеркала;
- относительно комнаты;
- относительно Ирины.

Решение. Введём координатные оси x и y таким образом, чтобы Ирина двигалась вдоль оси x , а скорость зеркала, расположенного параллельно оси x , была направлена вдоль оси y . Начало координат совместим с положением Ирины в начальный момент времени. Тогда координаты Ирины в момент времени t будут $(x = V_2t; y = 0)$, координата плоскости зеркала будет в этот момент равна $y = L + V_1t$ (L – начальная y -координата зеркала), координаты изображения составят $x = V_2t$ и $y = 2(L + V_1t)$.

Проекция скорости Ирины на оси x и y в выбранной системе отсчёта составляют $(V_2; 0)$, проекция скорости зеркала – $(0; V_1)$, проекция скорости изображения – $(u_x = V_2; u_y = 2V_1)$. Следовательно, проекции скорости изображения относительно зеркала составляют $(u_x; u_y - V_1)$, или $(V_2; V_1)$, а изображения относительно Ирины – $(u_x - V_2; u_y)$, или $(0; 2V_1)$.

По теореме Пифагора модуль скорости изображения относительно зеркала составляет $(V_1^2 + V_2^2)^{1/2} = 2,5$ м/с, относительно комнаты $((2V_1)^2 + V_2^2)^{1/2} = 13^{1/2} \approx 3,6$ м/с, относительно Ирины $2V_1 = 3$ м/с.

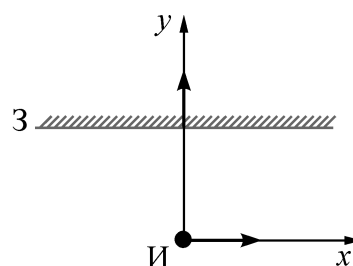
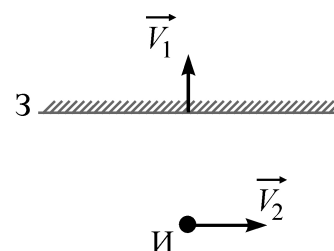
Ответ: модуль скорости изображения относительно зеркала составляет $(V_1^2 + V_2^2)^{1/2} = 2,5$ м/с, относительно комнаты $((2V_1)^2 + V_2^2)^{1/2} = 13^{1/2} \approx 3,6$ м/с, относительно Ирины $2V_1 = 3$ м/с.

Критерии оценивания:

Если школьник довел решение задачи до правильных ответов на все три вопроса, он получает 10 баллов. Если решение задачи доведено до правильных ответов на два вопроса, участник получает 7 баллов. Если получен правильный ответ только на один вопрос, участник получает 4 балла. Правильным считается ответ как в числовом виде, так и в виде формулы, выраженной через скорости V_1 и V_2 . Если участник не получил ни одного правильного ответа, ему можно поставить до 2 утешительных баллов:

- построено изображение Ирины в зеркале - 1 балл;
- хотя бы раз правильно использована формула, связывающая скорость, время и расстояние (координату) - 1 балл.

Возможные баллы: 0, 1, 2, 4, 7, 10



Задача 2.

Газон поливают из шланга, направляя струю под углом $\alpha = 60^\circ$ к горизонту. Определите диаметр d струи в верхней точке траектории, если внутренний диаметр шланга равен $d_0 = 1$ см, а струя в процессе движения не распадается на капли. Считать, что диаметр шланга много меньше высоты подъёма.

Решение. Пусть V_0 – начальная скорость струи. В верхней точке вертикальная проекция скорости обращается в нуль, а горизонтальная проекция остаётся неизменной и равной $V_0 \cos \alpha$. Поскольку расход воды должен оставаться неизменным, начальная площадь поперечного сечения струи S_0 связана с площадью поперечного сечения струи S в верхней точке траектории соотношением $S_0 v_0 = S V_0 \cos \alpha$. Учитывая, что площадь пропорциональна квадрату диаметра струи, запишем $d_0^2 V_0 = d^2 V_0 \cos \alpha$ и получим, что $d = d_0 / (\cos \alpha)^{1/2} = 2^{1/2} d_0 \approx 1,4$ см.

Ответ: диаметр струи в верхней точке траектории $d = d_0 / (\cos \alpha)^{1/2} = 2^{1/2} d_0 \approx 1,4$ см.

Критерии оценивания:

Если школьник довел решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов. Правильным считается ответ как в числовом виде, так и в виде формулы, выраженной через диаметр d_0 . В противном случае школьник может получить до 4 утешительных баллов:

отмечено, что горизонтальная проекция скорости при движении в поле тяжести не меняется - 1 балл;

модуль скорости в верхней точки траектории правильно выражен через начальную скорость - 1 балл;

площадь сечения струи обратно пропорциональна скорости - 1 балл;

площадь сечения струи пропорциональна квадрату диаметра струи - 1 балл.

Возможные баллы: 0, 1, 2, 3, 4, 10

Общие критерии оценок:

Каждая задача оценивается целым числом баллов от 0 до 10 (по каждой задаче указан список возможных значений оценок). Если школьник довел решение задачи *любым способом* до правильного ответа, он получает 10 баллов. Не допускается снижение оценок за плохой почерк, решение способом, отличным от авторского, и т.д. При частично правильном решении задачи применяются критерии, указанные для данной задачи. Все спорные вопросы рекомендуется решать в пользу школьника.

Задача 3.

В воде плавает пустая плоская прямоугольная коробка (без крышки) с площадью поперечного сечения 100 см^2 . После того как в середину коробки положили брусок объёмом 75 см^3 , она погрузилась ещё на 3 см. Определите плотность бруска. Какую плотность должен иметь брусок объёмом 150 см^3 , чтобы коробка с одним таким бруском утонула? Масса коробки 100 г, а её высота 13 см. Плотность воды 1000 кг/м^3 .

Решение. Рассмотрим коробку с грузом (общая масса коробки и груза M), плавающую в воде плотностью $\rho_0 = 1000 \text{ кг/м}^3 = 1 \text{ г/см}^3$. Пусть нижнее основание коробки находится на глубине x , а площадь поперечного сечения коробки $S = 100 \text{ см}^2$. На коробку действуют сила тяжести Mg и сила Архимеда $\rho_0 g S x$, которые должны уравниваться: $Mg = \rho_0 g S x$, отсюда $M = \rho_0 S x$.

Чтобы увеличить глубину погружения коробки x на $x_1 = 3 \text{ см}$, в коробку следует положить груз массой $\rho_0 S x_1 = 1 \text{ г/см}^3 \cdot 100 \text{ см}^2 \cdot 3 \text{ см} = 300 \text{ г}$. Плотность такого бруска объёмом 75 см^3 составляет $300 \text{ г} : 75 \text{ см}^3 = 4 \text{ г/см}^3$.

Коробка утонет (погрузится в воду на $x = 13 \text{ см}$), если её масса вместе с грузом составит не менее $M = \rho_0 S x = 1 \text{ г/см}^3 \cdot 100 \text{ см}^2 \cdot 13 \text{ см} = 1300 \text{ г}$. Следовательно, в коробку надо положить брусок массой $1300 \text{ г} - 100 \text{ г} = 1200 \text{ г}$. Плотность такого бруска объёмом 150 см^3 составит $1200 \text{ г} : 150 \text{ см}^3 = 8 \text{ г/см}^3$. С бруском большей плотности коробка также утонет.

Ответ: при погружении коробки на 3 см плотность бруска объёмом 75 см^3 составляет 4 г/см^3 ; чтобы коробка утонула, плотность бруска объёмом 150 см^3 должна составить не менее 8 г/см^3 .

Критерии оценивания:

Если школьник довел решение задачи до правильных ответов на оба вопроса, он получает 10 баллов. Если решение задачи доведено до правильного ответа только на один вопрос, школьник получает 5 баллов. В противном случае можно поставить школьнику до 3 утешительных баллов:

хотя бы один раз правильно использована формула, связывающая массу, плотность и объём - 1 балл;

хотя бы раз правильно записано выражение для силы Архимеда - 1 балл;

отмечено, что силы тяжести и Архимеда, действующие на коробку, должны компенсироваться - 1 балл.

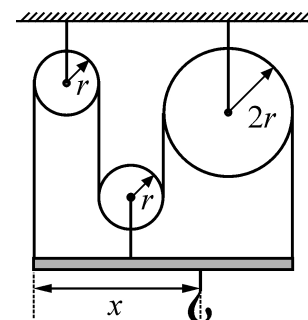
Возможные баллы: 0, 1, 2, 3, 5, 10

Общие критерии оценок:

Каждая задача оценивается целым числом баллов от 0 до 10 (по каждой задаче указан список возможных значений оценок). Если школьник довел решение задачи *любым способом* до правильного ответа, он получает 10 баллов. Не допускается снижение оценок за плохой почерк, решение способом, отличным от авторского, и т.д. При частично правильном решении задачи применяются критерии, указанные для данной задачи. Все спорные вопросы рекомендуется решать в пользу школьника.

Задача 4.

В системе, изображённой на рисунке, блоки, нить и стержень невесомы. Правый блок в два раза больше по размеру, чем другие два. Участки нитей, не лежащие на блоках, вертикальны. На крючок повесили груз некоторой массы, при этом система осталась неподвижна. Определите, чему равно отношение x/r .

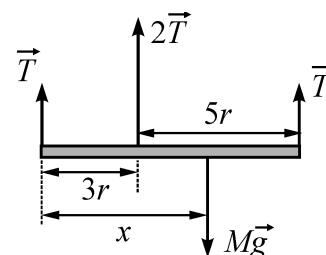


Решение. Пусть T – сила натяжения длинной нити. Поскольку подвижный блок находится в равновесии, действующие на него направленные вверх две силы T должны компенсироваться силой натяжения короткой нити $2T$, направленной вниз. Изобразим силы, приложенные к стержню, на рисунке (M – масса груза).

Запишем правило рычага относительно крючка:

$$T \cdot x + 2T(x - 3r) = T \cdot (8r - x). \text{ Отсюда } x = 3,5r.$$

Ответ: $x/r = 3,5$.

**Критерии оценивания:**

Если школьник довел решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов. В противном случае можно поставить школьнику до 4 утешительных баллов:

отмечено, что сила натяжения нити, прикрепленной к центру подвижного блока, в два раза больше силы натяжения нити, перекинутой через блок - 1 балл;

в решении присутствует идея применить правило рычага (правило моментов) относительно любой оси - 1 балл;

хотя бы один раз правильно записано выражение для момента силы - 1 балл;

представлен рисунок с силами, действующими на стержень, с указанием точек приложения сил - 1 балл

Возможные баллы: 0, 1, 2, 3, 4, 10

Общие критерии оценок:

Каждая задача оценивается целым числом баллов от 0 до 10 (по каждой задаче указан список возможных значений оценок). Если школьник довел решение задачи *любым способом* до правильного ответа, он получает 10 баллов. Не допускается снижение оценок за плохой почерк, решение способом, отличным от авторского, и т.д. При частично правильном решении задачи применяются критерии, указанные для данной задачи. Все спорные вопросы рекомендуется решать в пользу школьника.

Задача 5.**В условии была опечатка**

Электрокипятильник, включённый в сеть с напряжением $U = 220$ В, нагревает воду в кастрюле от комнатной температуры до кипения за время $\tau_1 = 1$ мин. Найдите, за какое время τ_2 четыре кипятильника с втрое большим сопротивлением, соединённые последовательно ~~и включённые в ту же сеть~~, нагреют вдвое большую массу воды от той же комнатной температуры до кипения при подключении к сети с напряжением $2U = 440$ В. Потерями теплоты можно пренебречь.

Из за опечатки школьники могут представить два решения, и оба следует считать верными.

Решение. Пусть R – сопротивление исходного кипятильника, m – масса воды в кастрюле, c – удельная теплоёмкость воды, Δt – изменение температуры при нагревании воды до кипения.

В первом случае кипятильник мощностью U^2/R за время τ_1 передаёт воде энергию $(U^2/R)\tau_1$, которая идёт на её нагревание: $(U^2/R)\tau_1 = cm\Delta t$.

Дальше возможны два варианта.

А) Во втором случае сопротивление цепочки кипятильников равно $12R$, поэтому при включении её в сеть с тем же напряжением U будет развиваться мощность $U^2/(12R)$. За время τ_2 воде массой $2m$ будет передана энергия $U^2/(12R)\tau_2$, идущая на её нагревание: $U^2/(12R)\tau_2 = 2cm\Delta t$.

Разделив одно соотношение на другое, находим: $\tau_2 = 24\tau_1 = 24$ мин.

Б) Во втором случае сопротивление цепочки кипятильников равно $12R$, поэтому при включении её в сеть напряжением $2U$ будет развиваться мощность $(2U)^2/(12R)$. За время τ_2 воде массой $2m$ будет передана энергия $(2U)^2/(12R)\tau_2$, идущая на её нагревание: $(2U)^2/(12R)\tau_2 = 2cm\Delta t$.

Разделив одно соотношение на другое, находим: $\tau_2 = 6\tau_1 = 6$ мин.

Ответ:

А) время нагревания воды во втором случае составит $\tau_2 = 24\tau_1 = 24$ мин.

Б) время нагревания воды во втором случае составит $\tau_2 = 6\tau_1 = 6$ мин.

Критерии оценивания:

Если школьник довел решение задачи до правильного ответа, он получает 10 баллов. Правильным считается ответ как в числовом виде (24 мин или 6 мин), так и в виде формулы, выраженной через время τ_1 ($\tau_2 = 24\tau_1$ или $\tau_2 = 6\tau_1$). В противном случае школьник может получить до 4 утешительных баллов:

указано, что мощность кипятильника сопротивлением R , подключенного к источнику напряжения U , равна U^2/R - 1 балл;

использовано, что количество теплоты, требуемое для нагревания воды, равно произведению удельной теплоемкости на массу и на изменение температуры - 1 балл;

использовано, что переданная воде энергия равна произведению мощности на время - 1 балл;

указано, что сопротивление цепочки кипятильников во втором случае равно $12R$ - 1 балл.

Возможные баллы: 0, 1, 2, 3, 4, 10

Общие критерии оценок:

Каждая задача оценивается целым числом баллов от 0 до 10 (по каждой задаче указан список возможных значений оценок). Если школьник довел решение задачи *любым способом* до правильного ответа, он получает 10 баллов. Не допускается снижение оценок за плохой почерк, решение способом, отличным от авторского, и т.д. При частично правильном решении задачи применяются критерии, указанные для данной задачи. Все спорные вопросы рекомендуется решать в пользу школьника.