**Материалы для членов жюри (ключи, критерии оценивания)**

**Задача №1.** Электрон помещён в электрическое поле, действующее на заряды с постоянной силой. Через пять секунд в это же поле помещают ещё один электрон. Найти, через какое время после начала движения первого электрона расстояния, пройденные этими частицами, будут отличаться в два раза. Известно, что оба электрона не имели начальной скорости и их взаимодействием между собой можно пренебречь.

**Решение:** В однородном электрическом поле заряженная частица движется равноускорено.  Обозначим ускорение частиц *a*. Так как электроны начинают двигаться с нулевой начальной скоростью, то первый двигается по закону:

, (1)

а второй, начавший движение спустя время τ после первого, двигается по закону:

 (2)

Определим, через какое время после начала движения первого электрона расстояния, пройденные этими частицами, будут отличаться в два раза, т.е. когда выполнится условие:

 (3)

Подставив (1) и (2) в (3) и сократив на *a*, получим квадратное уравнение:



Решая квадратное уравнение, находим: 

Корень  не подходит, так как в этот момент времени второй электрон ещё не пришёл в движение.

**Ответ**: , т.е. примерно через 17 с.

**Критерии оценивания:**

1) Записано уравнение равноускоренного движения для первого электрона **2 балла**

2) Записано уравнение равноускоренного движения для второго электрона  **2 балла**

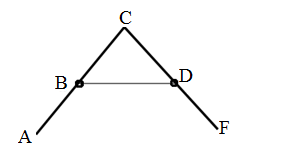
3) Составлено квадратное уравнение **– 1 балл**

4) Найдены корни квадратного уравнения – **3 балла**

5) Сделан правильный выбор одного из корней уравнения:

с объяснением выбора – **2 балла,**

без пояснения **– 1 балл**

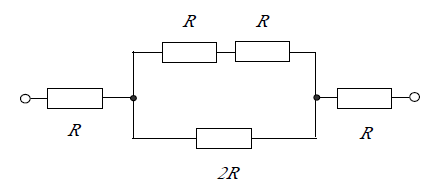
**Задача №2.** Проводник AF, находящийся под напряжением 9 В, согнули посредине (точка C) под углом 60 градусов. К серединам каждой из сторон проводника подключена прямая проволока из того же металла, но вдвое меньшего сечения. Определить падение напряжения на проволоке (участок B**−**D).

**Решение:** Пусть *R* – сопротивление любого из участков *AB*, *BC*, *CD* или *DF* основного проводника:

Поперечное сечение перемычки вдвое меньше, тогда её сопротивление:



Построим эквивалентную схему:



Сопротивление среднего участка цепи равно R , а общее сопротивление всей цепи 3R, отсюда определим падение напряжения на перемычке

**Ответ**: 3 В

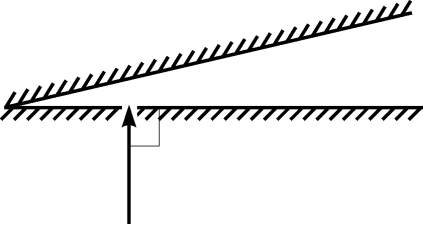
**Критерии оценивания:**

1) Приведена формула расчета сопротивления любого из участков *AB*, *BC*, *CD* или *DF* основного проводника – **2 балла**

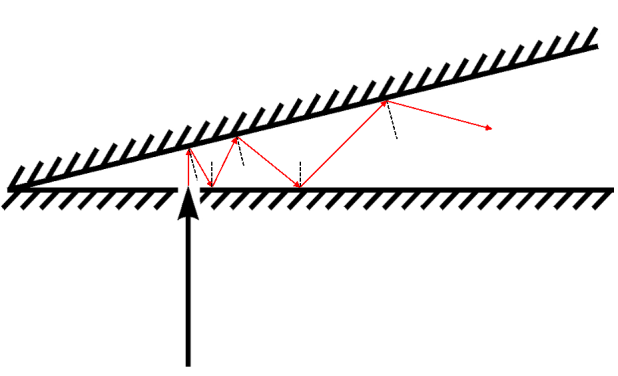
2) Приведена формула расчета сопротивления перемычки – **2 балла**

3) Построена эквивалентная схема – **4 балла**

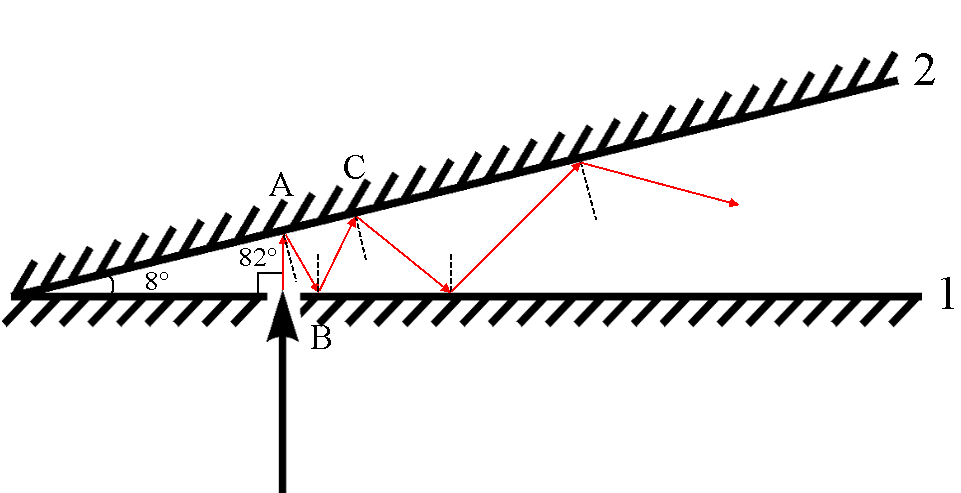
4) Определено падение напряжения на перемычке из закона Ома – **2 балла.**

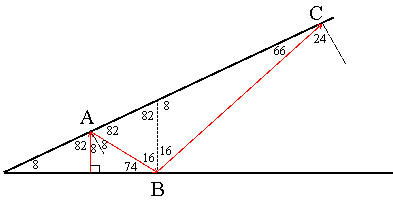
**Задача №3.** Андрей сложил два зеркала под углом 8° и через отверстие в одном из них направил луч лазерной указки так, как показано на рисунке. Изобразите примерный ход луча внутри зеркал. Сколько всего отражений испытает луч от этих зеркал?

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t*, мин | 0 | 2 | 15 | 30 | 39 | 45 | 55 | 80 | 105 | перерыв | 150 |
| *h*, мм | 153 | 153 | 152 | 151 | 151 | 150 | 150 | 148 | 147 | 145 |
| Лёд | есть | есть | есть | есть | есть | есть | есть | есть | есть | нет |

**Решение:** 1. На рисунке изображен примерный ход луча:

2. Угол между двумя зеркалами равен 8°, тогда угол в прямоугольном треугольнике равен 82°.

Угол падения на 2 зеркало в точку *А* равен 8°. По закону отражения – угол падения равен углу отражения, а значит угол между падающим и отраженным лучами в точке *А* равен 16°.



3. Угол между зеркалом 1 и падающим лучом в точке *В* равен 90° – 16° = 74°. Тогда угол падения в точке *В* будет равен 16°. Также угол отражения в точке *В* будет равен 16°, а значит угол между падающим и отраженным лучами в точке *В* равен 32°.

Угол между зеркалом 2 и падающим лучом в точке *С* равен 66°. Тогда угол падения в точке *С* будет равен 24°. Также угол отражения в точке *С* будет равен 24°, а значит угол между падающим и отраженным лучами в точке *С* равен 48°. Можно увидеть закономерность – при каждом следующем отражении от зеркал угол падения увеличивается на 8°.

4. Тогда получим следующие углы: 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64, 72, 80, 88. Получаем, что произойдет 11 отражений.

**Ответ**: 11 отражений.

**Критерии оценивания:**

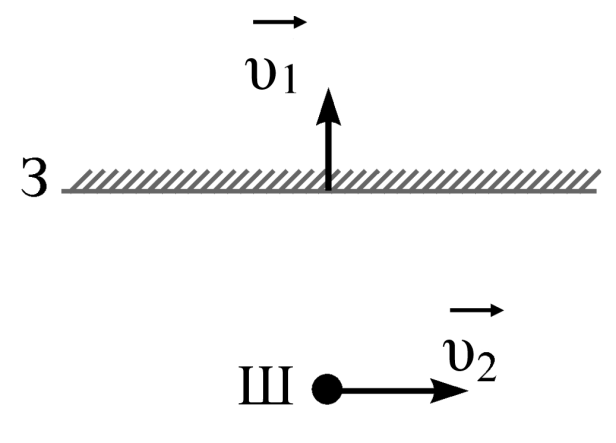
1) На рисунке изображен примерный ход луча – 2 балла

2) Хотя бы для одного отражения луча записан закон отражения

света (угол падения равен углу отражения) **–** 1 балл

3) Показано, что при каждом следующем отражении от зеркал угол падения увеличивается на 8° **–** 5 баллов

4) Определено общее количество отражений – 2 балла

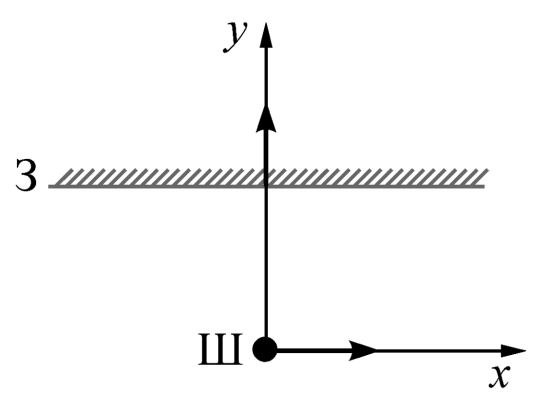
**Задача №4.** Мимо остановки движутся перпендикулярно друг другу пёс Шарик и грузчик. Грузчик несёт плоское зеркало, в котором Шарик видит своё изображение. Скорость грузчика относительно остановки υ1 = 2 м/с, скорость Шарика относительно остановки υ2 = 2,5 м/с. Найдите модуль скорости изображения Шарика:

а) относительно остановки;

б) относительно зеркала;

в) относительно самого Шарика.

**Решение:** Введем координатные оси *x* и *y* таким образом, чтобы Шарик двигался вдоль оси *x*, а скорость зеркала, расположенного параллельно оси *x*, была направлена вдоль оси *y*.



Начало координат совместим с положением Шарика в начальный момент времени. Тогда координаты Шарика в момент времени *t* будут



Координата плоскости зеркала будет в момент времени *t* равна ,

(*y*0 – начальная координата зеркала), координаты изображения составят



Проекции скорости Шарика на оси x и y в выбранной системе отсчёта составляют (υ2; 0), проекции скорости зеркала – (0; υ1), проекции скорости изображения – (ux = υ2; uy = 2υ1). Следовательно, проекции скорости изображения относительно зеркала составляют (ux; uy – υ1), или (υ2; υ1), а изображения относительно Шарика – (ux – υ2; uy), или (0; 2υ1).

По теореме Пифагора модуль скорости изображения относительно зеркала составляет



Относительно остановки 

Относительно Шарика 

**Ответ:** модуль скорости изображения относительно зеркала составляет 3,2 м/с, относительно остановки 4,7 м/с, относительно Шарика 4 м/с.

**Критерии оценивания:**

1. Введены координатные оси для определения направления

движения – **1 балл**

2) Записаны для момента времени ***t*** координаты Шарика, зеркала и изображения – **2 балла**

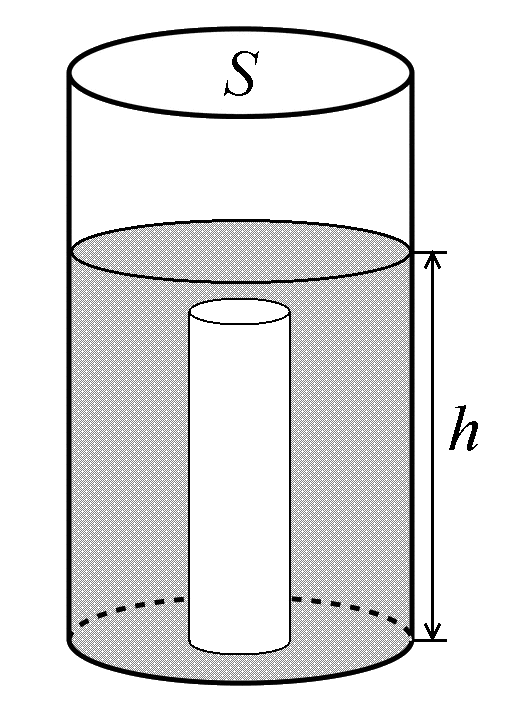
3) Записаны проекции скоростей Шарика, зеркала и изображения на оси x и y в выбранной системе отсчёта **– 1 балл**

4) Найден модуль скорости изображения Шарика:

а) относительно остановки **– 2 балла**

б) относительно зеркала **– 2 балла**

в) относительно самого Шарика **– 2 балла**

**Задача №5.**  В школьном научном кружке задумали провести опыт по изучению таяния льда. Для этого исследователи прикрепили кусочек льда на дно мерного цилиндра, который наполнили водой температуры 0 °С так, чтобы лёд был полностью погружен в воду. Кусочек льда имел форму цилиндра (см. рис.). Мерный цилиндр оставили на столе и начали измерять зависимость уровня воды в стакане *h* от времени *t*. Все измерения заносились в таблицу. Время близилось к обеду, и исследователям захотелось перекусить, они отправились в столовую. Вернувшись в лабораторию, ребята не обнаружили лёд в мерном цилиндре. Они были уверены, что в начале опыта лёд и вода находились в тепловом равновесии, а температура в лаборатории не изменялась. Площадь сечения мерного цилиндра 0,0012 м2. Плотность воды *ρ*в = 1000 кг/м3, плотность льда *ρ*л = 900 кг/м3, удельная теплота плавления льда *λ* = 330 кДж/кг. Лёд за время наблюдения не всплывал. Используя результаты эксперимента необходимо:

1) построить график зависимости ***h*(*t*)**;

2) найти, за какой промежуток времени лёд полностью растаял;

3) определить мощность притока тепла из окружающей среды к содержимому мерного цилиндра (мощность притока тепла – энергия, которая поступает к содержимому мерного цилиндра через его стенки, за одну секунду).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *t*, мин | 0 | 2 | 15 | 30 | 39 | 45 | 55 | 80 | 105 | перерыв | 150 |
| *h*, мм | 153 | 153 | 152 | 151 | 151 | 150 | 150 | 148 | 147 | 145 |
| Лёд | есть | есть | есть | есть | есть | есть | есть | есть | еесть | нет |

**Решение:** Так как мерный цилиндр все время имеет температуру 0°С и температура в лаборатории не меняется, то постоянной будет и мощность подводимого тепла. Докажем, что график зависимости *H*(*t*) должен быть линейным. Пусть за время Δ*t* системе передано количество теплоты *N*Δ*t*, где *N* – искомая мощность подводимого тепла. Оно целиком расходуется только на плавление льда, следовательно, за это время растает лед массой .

Изменение объема содержимого мерного цилиндра можно найти как разность объемов растаявшего льда и воды, полученной из этого льда:

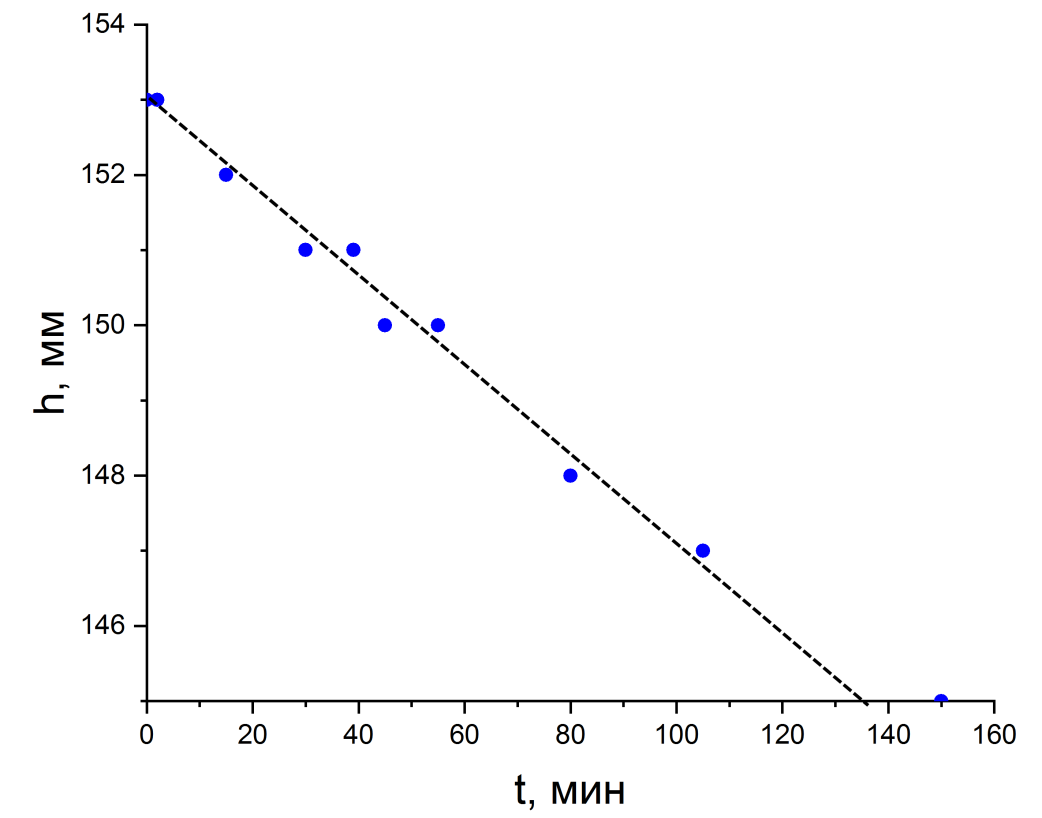


При этом понижение уровня воды в стакане будет равно



Из полученной формулы видим, что высота линейно уменьшается с течением времени.

Для ответа на первый вопрос задачи следует, пользуясь таблицей, нанести точки на график зависимости высоты от времени, провести через них прямую линию и экстраполировать полученную зависимость до пересечения с уровнем 145 мм – это уровень воды в стакане после полного таяния льда. Отсюда получим ответ: Δ*t*т = 135 мин (с точностью до 5 мин).



Для нахождения мощности притока тепла воспользуемся выведенным соотношением для Δ*h*, из которого получим



При подстановке, берем Δ*t*т = 135 мин и Δ*h*т = 0,008м (полное уменьшение уровня воды за время таяния льда).



**Ответ:** лёд полностью растаял за 135 мин, мощность притока тепла равна 3,52 Вт.

**Критерии оценивания:**

1) Найдено изменение массы растаявшего льда за время Δ*t* – **1 балл**

2) Найдено изменение объема содержимого мерного цилиндра – **1 балл**

3) Найдено уменьшение уровня воды за время таяния льда – **1 балл**

4) Построен правильный, линейный график ***h*(*t*)** **–**   **3 балла**

5) Определено время, за которое лёд полностью растаял – **2 балла**

6) Найдена мощность притока тепла из окружающей среды к содержимому мерного цилиндра **– 2 балла**