

Теперь вычтем из полной мощности мощность, потребляемую научной установкой – 0,7 кВт.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|------|------|------|---|-----|---|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|----|-----|----|
| P, кВт | -0,3 | -0,5 | -0,3 | 0 | 0,3 | 0 | -0,1 | -0,3 | -0,1 | 0,4 | 0,7 | 0,6 | 0,3 | -0,1 | 0,1 | 0,4 | 0,5 | 0,2 | -0,1 | -0,5 | -0,3 | 0 | 0,3 | 0 |
| t, час | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |

Значения со знаком «-» означают, что в соответствующий час научной установке не хватает вырабатываемой электроэнергии, и она должна использовать электроэнергию, запасенную в аккумуляторе.

Из таблицы видно, что сутки делятся на два крупных блока. С начала 10-го часа до конца 18-го, когда у нас преобладают положительные значения мощности (т.е. аккумулятор заряжается), и с начала 19-го до конца 9-го, когда преобладают отрицательные значения (т.е. аккумулятор разряжается).

Предположим, что перед началом серии положительных значений аккумулятор полностью разрядился, т.е. к началу 10-го часа в нем запасено 0 кВт·ч. Далее будут следовать в основном положительные значения мощности, поэтому он будет заряжаться.

Для того чтобы аккумулятор полностью разрядился к концу 9-го часа, к началу 9-го часа в нем должно оставаться 0,1 кВт·ч электроэнергии, к началу 8-го часа – 0,4 кВт·ч и т.д. Продолжая эти рассуждения, можно получить следующую таблицу, в которой указано количество электроэнергии, запасенное в аккумуляторе к началу соответствующего часа:

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| P, кВт | 1,9 | 1,8 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 1,3 | 1,3 | 1,0 | 0,5 | 0,2 | 0,2 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,1 |
| t, час | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

До начала 19-го часа аккумулятор заряжался, поэтому, как видно из получившихся в таблице значений, для стабильной работы установки необходимо, чтобы он мог запастись не менее 1,9 кВт·ч электроэнергии (если бы мы взяли меньшее значение, то аккумулятор полностью разрядился бы до начала десятого часа и установка перестала бы непрерывно работать).

Проверим, что он будет успевать запасти такое количество электроэнергии в промежутке времени между началом 10-го и концом 18-го часа. Для этого сложим все значения избытка производимой мощности с начала 10-го до конца 18-го часов (с учетом отрицательного значения в течение 14-го часа)

$0,4+0,7+0,6+0,3-0,1+0,1+0,4+0,5+0,2 = 3,1$ кВт·ч, чего с запасом достаточно для зарядки аккумулятора.

Теперь перейдем ко второму вопросу задачи, связанному с передатчиком.

Из проверки значения 1,9 кВт·ч видно, что у нас есть избыток электроэнергии, который можно использовать для работы передатчика. Из данных таблиц и с учетом того, что

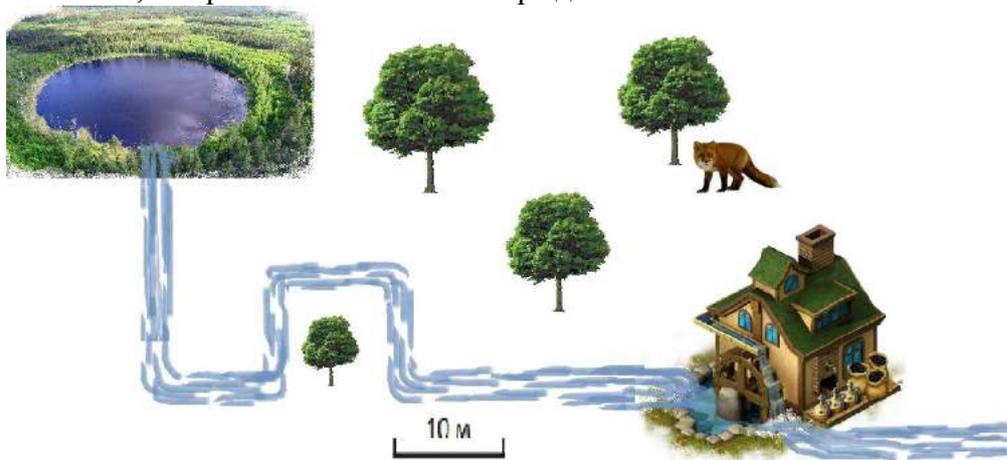
- 1) для работы передатчика необходимо, чтобы аккумулятор (с учетом степени его зарядки) вместе с текущей генерацией электроэнергии позволял поддерживать потребляемую мощность в 1 кВт на протяжении часа,
- 2) после выключения передатчика аккумулятор должен успеть зарядиться до 1,9 кВт·ч к началу 19-го часа,

можно получить, что включать передатчик можно между началом 11-го часа и концом 16-го.

Ответ: $E_0 = 1,9$ кВт·ч. Передатчик можно включать между началом 11-го часа и концом 16-го.

Задача 2.2 (25 баллов)

Минигидроэлектростанция (мини-ГЭС) на водяном колесе находится на реке, русло которой устроено так, как показано на рисунке. Перепад высот между истоком реки и мини-ГЭС составляет 10 метров. Мини-ГЭС обладает КПД, равным 15 %. Это означает, что количество электроэнергии, вырабатываемое на электростанции, равно 15 % от кинетической энергии, которой обладает вода при входе в мини-ГЭС. При течении воды вдоль русла реки часть ее механической энергии теряется (по многим причинам, но основная из них – это наличие сил трения). Пусть при протекании 1 тонны воды теряется 10^3 Дж ее механической энергии на каждые 10 метров длины реки. Оцените мощность, вырабатываемую на мини-ГЭС. Расход воды на мини-ГЭС составляет 2 тонны за секунду. Считайте, что река начинается из озера достаточно большого объема.



Решение:

Используя рисунок, оценим длину русла реки. Получаем $l \approx 100$ м. Пусть $Q = 0,1$ Дж/(кг·м) – механическая энергия, теряемая одним килограммом воды при протекании вдоль русла реки расстояния в один метр (по условию одна тонна воды теряет 1 кДж при протекании 10-метрового участка русла), $g \approx 10$ м/с² – ускорение свободного падения, h – перепад высот между истоком реки и мини-ГЭС, а $\mu = 2000$ кг/с – расход воды на мини-ГЭС. Тогда кинетическая энергия E единицы массы воды на входе в мини-ГЭС равна изменению ее потенциальной энергии (равной gh) за вычетом потерь, о которых шла речь выше, т.е. $E = gh - Ql$. Учитывая, что КПД мини-ГЭС η по условию задачи равен 0,15, находим мощность мини-ГЭС $P = \eta E = \eta \mu (gh - Ql) \approx 27$ кВт.

Ответ: 27 кВт.

Задача 3.1 (25 баллов)

В начале девятнадцатого века двадцатилетний студент медицинского отделения Гейдельбергского университета Фридрих Велер провел эксперимент, повлиявший на дальнейший выбор его профессии. Он отфильтровал раствор, оставшийся после одного из опытов, и высушил осадок, который содержал по массе 63,4% ртути, 8,8% азота, 20,2% серы и углерод.

После этого он поджег полученный осадок, который не загорелся, но видоизменился. Объем смеси увеличился во много раз относительно первоначального, при этом смесь разматывалась как несколько змей одновременно, образуя очень легкий материал цвета графита.

Объясните, что приводит к значительному увеличению объема реакционной смеси и заставляет «змей» двигаться. Определите молекулярную формулу полученного осадка.

Запишите уравнения реакций. Необходимы ли специальные условия для их протекания? Ответ поясните.

Решение:

Пусть масса неизвестного вещества x грамм. Тогда:

$$m(\text{N}) = \omega(\text{N}) \cdot m(\text{в-ва}) = 8,8x \text{ г}$$

$$m(\text{Hg}) = \omega(\text{Hg}) \cdot m(\text{в-ва}) = 63,4x \text{ г}$$

$$m(\text{S}) = \omega(\text{S}) \cdot m(\text{в-ва}) = 20,2x \text{ г}$$

$$m(\text{C}) = \omega(\text{C}) \cdot m(\text{в-ва}) = 7,6x \text{ г}$$

Тогда:

$$v(\text{N}) = m(\text{N}) / \mu(\text{N}) = 8,8x/14 \approx 0,63x \text{ моль}$$

$$v(\text{Hg}) = m(\text{Hg}) / \mu(\text{Hg}) = 63,4x/201 \approx 0,315x \text{ моль}$$

$$v(\text{S}) = m(\text{S}) / \mu(\text{S}) = 20,2x/32 \approx 0,63x \text{ моль}$$

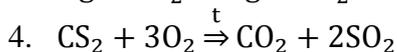
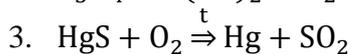
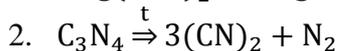
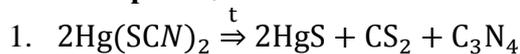
$$v(\text{C}) = m(\text{C}) / \mu(\text{C}) = 7,6x/12 \approx 0,63x \text{ моль}$$

Составим мольное соотношение:

$$v(\text{N}) : v(\text{Hg}) : v(\text{S}) : v(\text{C}) = 0,63x : 0,315x : 0,63x : 0,63x = 2 : 1 : 2 : 2$$

Тогда формула неизвестного вещества: $\text{HgS}_2\text{C}_2\text{N}_2$, или $\text{Hg}(\text{SCN})_2$.

Уравнения реакций:

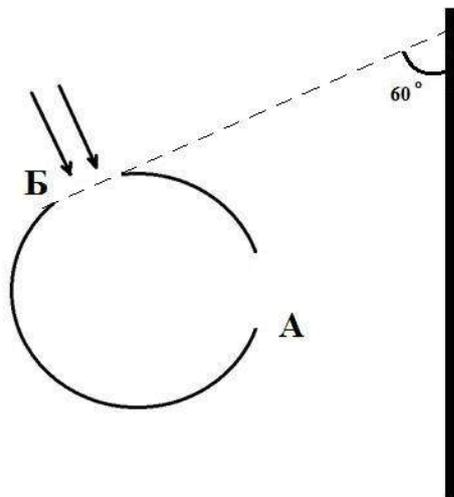


Образующийся нитрид углерода вспучивается выделяющимися газами и при движении захватывает черный сульфид ртути, что приводит к образованию пористой массы цвета графита.

Специальные условия: пары ртути ядовиты, реакцию следует проводить в вытяжном шкафу.

Задача 4.2 (25 баллов)

Дан экран и полый тонкостенный непрозрачный шар диаметром 3 м, центр которого находится на расстоянии 3 м от экрана. В шаре проделали два круглых отверстия диаметром 60 см так, как показано на рисунке: плоскость отверстия А параллельна плоскости экрана, плоскость отверстия Б составляет угол 60° с плоскостью экрана. Через отверстие Б перпендикулярно его плоскости в шар падает солнечный свет. В шар поместили непрозрачный шарик диаметром 10 см и некую систему из тонких линз и плоских зеркал. Приведите пример расположения и ориентации шарика, линз и зеркал, если на экране видны тени в виде двух кругов диаметрами 10 см и 5 см. Ответ обоснуйте. Закреплять шарик, зеркала и линзы можно в любых точках внутри шара и в любых ориентациях.

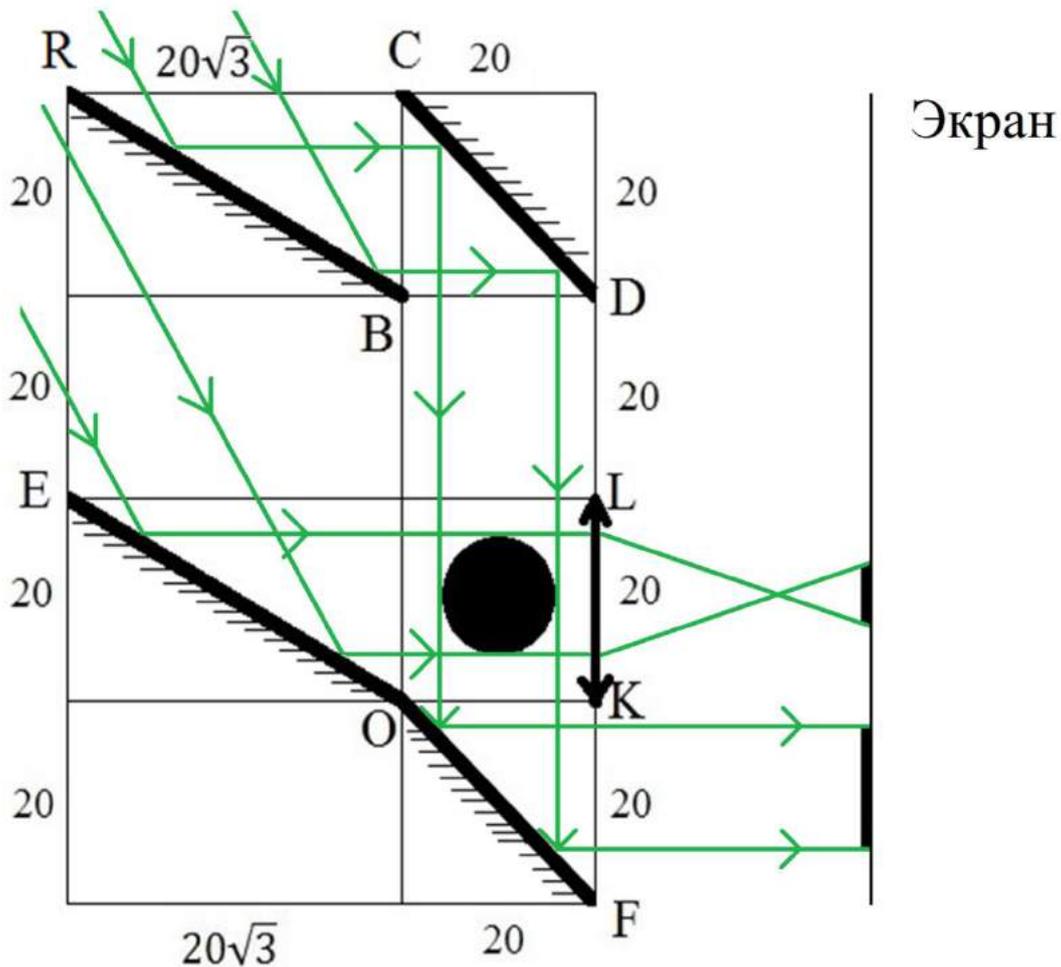


Решение:

Так как на экране должны быть две тени, пучок лучей, проходящий через отверстие Б, нужно разделить на два пучка. Это можно сделать, частично перекрыв пучок зеркалом. Далее, так как тени являются кругами, пучки лучей, создающие эти тени, должны падать на экран перпендикулярно его поверхности. На пути одного из пучков нужно поставить собирающую линзу, которая уменьшит тень в два раза.

С учетом проведенных рассуждений нетрудно понять, как могут быть расположены зеркала и линза.

Рассмотрим, например, такое расположение зеркал и линзы:



Это сечение находится в плоскости, проходящей через центр шара и центры отверстий. О – центр шара; луч ОК проходит через центр отверстия А; все расстояния даны в сантиметрах. RB, CD, OE, OF – прямоугольные зеркала шириной 20 см (по 10 см с каждой стороны от плоскости рисунка); KL – собирающая линза; черный круг – центральное сечение непрозрачного шарика. Отражающая поверхность зеркал RB, OE и OF находится сверху, отражающая поверхность зеркала CD – снизу.

$\operatorname{tg} \angle ORE = \frac{20\sqrt{3}}{60} = \frac{\sqrt{3}}{3}$, поэтому $\angle ORE = 30^\circ$. Отсюда луч OR перпендикулярен плоскости отверстия Б и поэтому проходит через его центр, то есть RO – направление падающих через отверстие Б лучей. Заметим также, что углы BRC и OEL равны по 30° , то есть зеркала RB и OE образуют углы по 30° с направлением падающих через отверстие Б лучей и с направлением ОК. Поэтому после отражения от этих зеркал падающие через отверстие Б лучи идут горизонтально. Проследим их дальнейший ход.

Лучи, отраженные от зеркала RB, затем отражаются от зеркала CD, идут вертикально, проходят через шарик, отражаются от зеркала OF, идут горизонтально и попадают на экран, формируя тень от шарика в виде круга диаметром 10 см.

Лучи, отраженные от зеркала OE, проходят через шарик и затем через собирающую линзу KL, формируя на экране тень от шарика в виде круга, размер которого зависит от фокусного расстояния линзы f . Так как линза, находящаяся в 280 см от экрана, должна уменьшить тень от шарика в два раза, получаем уравнение $\frac{280-f}{f} = \frac{1}{2}$, откуда $f = \frac{560}{3} \approx 187$ см.

Осталось заметить, что:

- 1) все зеркала и линза не выходят за пределы шара, так как максимальное расстояние от центра составляет $\sqrt{60^2 + (20\sqrt{3})^2 + 10^2} = 70$ см;
- 2) BE = 40 см и отрезок BE перпендикулярен падающим через отверстие Б лучам, поэтому поперечное сечение пучка лучей, попадающих на зеркала, образует прямоугольник со сторонами 40 см и 20 см, целиком уместающийся в отверстие Б;
- 3) поперечное сечение пучка лучей после прохождения через все зеркала и линзы также образует прямоугольник со сторонами 40 см и 20 см, целиком уместающийся в отверстие А.