Фотоника
2022/23 учебный год

Заключительный этап

Предметный тур

Информатика. 8–11 класс

Задача VI.1.1.1. Бинарная криптовалюта (10 баллов)

Условие

Матвей занимается созданием новой криптовалюты. Основным отличием этой криптовалюты от уже встречающихся на рынке является бинарность. В проекте Матвея имеется два типа виртуальных монет, которые для краткости будем обозначать A и B. Отдельно ни одна из этих монет не имеет значения, однако пара монет, одна из которых имеет тип A, а другая тип B имеют в совокупности достаточно значимую цену.

На данный момент Матвей разработал протокол майнинга блоков, при помощи которого можно добывать эти монеты. При этом можно при одинаковых затратах энергии генерировать два вида блоков: блок первого вида содержит 3 монеты типа A и 2 монеты типа B, блок второго вида содержит 1 монету типа A и 4 монеты типа B.

У Матвея есть возможность сгенерировать n блоков любого вида. Само собой, он хочет, чтобы количество монет двух типов, полученных им, совпадало. Помогите ему определить количество блоков первого вида и количество блоков второго вида, которые ему нужно будет сгенерировать для этого. Общее число блоков должно быть равно n.

Формат входных данных

На вход подается одно натуральное число n — общее количество блоков, которые может сгенерировать Матвей. $1 \leqslant n \leqslant 10^{18}$. Число n кратно 4.

Формат выходных данных

Вывести два числа a и b через пробел. Число a соответствует количеству блоков первого вида, число b — количеству блоков второго вида, которые должен сгенерировать Матвей, так, чтобы количества монет разных типов совпали. Сумма чисел $a + b$ должна быть равна n.

Примеры

Пример №1

Стандартный ввод
12

Стандартный вывод
9 3

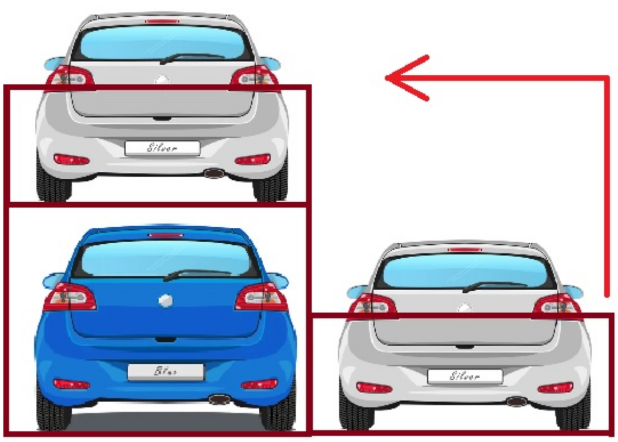
Пояснения к примеру

Пусть имеется возможность сгенерировать 12 блоков. Тогда следует сгенерировать 9 блоков первого вида ($3 \cdot 9$ монет типа A + $2 \cdot 9$ монет типа B) и 3 блока второго вида ($1 \cdot 3$ монеты типа A + $4 \cdot 3$ монет типа B). Тогда количество монет типа A будет $27 + 3 = 30$, а количество монет типа B будет $18 + 12 = 30$.

Задача VI.1.1.2. Парковка автомобилей (15 баллов)

Условие

Начинающий инженер Вениамин работает над созданием стартапа для очень полезного дела. Он изобрел и пытается добиться массового использования устройства для парковки автомобилей в несколько этажей в рамках проекта «Удобная городская среда». Первый прототип Вениамина позволяет парковать автомобили в два этажа. Общая схема работы его устройства представлена на следующем рисунке.

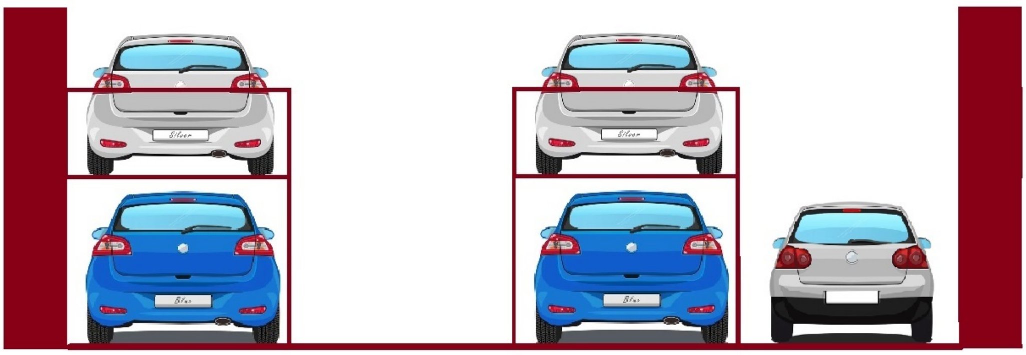


Если в кратце, то устройство работает так: автомобиль въезжает на специальную платформу, поле чего та передвигается сначала вверх, затем вправо или влево (предусмотрены оба варианта движения для одной и той же платформы). При этом движение может осуществляться вокруг стоящего ниже другого автомобиля. Спуск автомобиля производится в обратном порядке.

Очевидно, что при парковке при помощи этого устройства, у любого владельца автомобиля должна быть возможность в любой момент выехать со стоянки. Нижний автомобиль сможет это сделать когда угодно, а вот для маневра верхнего должно быть свободно одно из соседних мест слева или справа от этого устройства. После спуска верхнего автомобиля считается, что он сразу же уезжает со стоянки, то есть одним и тем же пустым местом могут пользоваться два находящихся на втором этаже автомобиля.

Для массового внедрения этого полезного устройства Вениамину необходимо доказать, что его устройство помогает увеличить вместимость обычных парковочных площадок. Для упрощения будем считать, что парковочные места расположены в один ряд и их количество равно n. Помогите Вениамину подсчитать для числа n какое наибольшее количество автомобилей можно разместить на n рядом расположенных местах с учетом требования свободы передвижения верхних автомобилей. При этом допускается, чтобы на некоторых местах автомобили парковались обычным одноэтажным способом. Справа и слева от ряда парковочных мест находятся высокие стены, то есть спуск автомобиля слева или справа от этого ряда невозможен.

Для примера рассмотрим случай $n = 4$. При обычном способе парковки в этом случае можно разместить четыре автомобиля, а при помощи устройства Вениамина — пять. Один из способов их размещения представлен на следующем рисунке.



Формат входных данных

На вход подается одно натуральное число n — количество расположенных рядом в одну линию парковочных мест. $1 \leqslant n \leqslant 100$.

Формат выходных данных

Вывести одно число — наибольшее возможное количество автомобилей, которое можно разместить на площадке длиной n при помощи устройства Вениамина с учетом возможности любого автомобиля в любой момент покинуть стоянку.

Примеры

Пример №1

Стандартный ввод
4

Стандартный вывод
5

Задача VI.1.1.3. Преобразование координат (20 баллов)

Условие

Никита разрабатывает приложение с геолокацией некоторых неподвижных объектов. Известны координаты этих объектов в одной из общеизвестных систем координат. Эти координаты целочисленные. Можно считать, что все происходит на плоскости. Для удобства обработки, Никита решил ввести собственную систему координат так, чтобы выполнялись следующие условия:

- единичный квадрат в этой новой системе имел как можно больший размер относительно старой системы координат, при этом все линии новой координатной сетки должны быть параллельны аналогичным линиям старой;
- все объекты, которые должны быть обработаны в приложении, должны иметь в новой системе координат так же целочисленные координаты.

Требуется по списку координат объектов в старой системе определить сторону единичного квадрата для новой системы так, чтобы указанные выше условия выполнялись. Начала координат у старой и новой систем могут не совпадать.

Формат входных данных

В первой строке содержится одно число n — количество объектов, координаты которых имеют интерес для приложения.

$2 \leqslant n \leqslant 5000$. В следующих n строках содержатся координаты объектов x_i, y_i в старой системе коодинат. Все координаты целочисленны и находятся в пределах от -10^9 до 10^9 включительно. Каждая пара координат записана в своей строке.

Формат выходных данных

Вывести сторону наибольшего относительно старых коодинат единичного квадрата для новой системы координат такого, что координаты всех объектов и в новой системе будут целыми.

Примеры

Пример №1

Стандартный ввод
4 -4 -1 5 5 -1 5 -1 -7

Стандартный вывод
3

Пример №2

Стандартный ввод
2 0 0 2 3

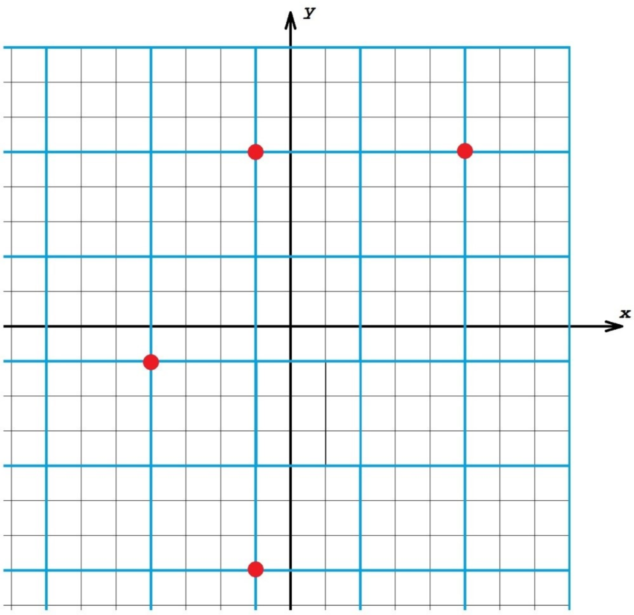
Стандартный вывод
1

Пример №3

Стандартный ввод
2 0 0 0 7

Стандартный вывод
7

Пояснение к примеру №1



На рисунке представлено множество точек из примера 1. Старая система координат изображена черными линиями, новая система — синими. Видно, что выделенные точки располагаются в узлах новой сетки, единичный квадрат которой в 3 раза больше чем единичный квадрат исходной сетки. Больше чем 3 размер новой сетки сделать нельзя.

Задача VI.1.1.4. Благоустройство парка (25 баллов)

Условие

Муниципалитет города планирует благоустройство парка. В его центре планируется разбить клумбу с цветами. Клумба будет иметь прямоугольную форму и состоять из n рядов по m лунок в каждом ряду. В эти лунки планируется высаживать каждый год однолетние цветы. По задумке главного архитектора Лаврентия Борисовича, на прямоугольной клумбе главной доминантой должны выделяться большие красные флоксы — символ города. Он считает, что эти флоксы должны образовывать свой прямоугольник внутри клумбы, при этом их количество каждый год должно быть одним и тем же (пока он не решил каким). В противовес идее неизменности количества флоксов, Лаврентий Борисович считает, что ежегодно расположение прямоугольника из красных цветов или его пропорции должны изменяться.

Теперь требуется определить количество высаживаемых ежегодно флоксов k так, чтобы количество вариантов расположения прямоугольника из k лунок внутри клумбы $n \times m$ было наибольшим возможным.

Формат входных данных

В одной строке на вход подаются два натуральных числа через пробел n и m — размеры клумбы. Каждое из этих чисел находится в пределах от 1 до 1000.

Формат выходных данных

В первую строку вывести число k — количество флоксов такое, что число способов num разместить прямоугольник из k флоксов внутри клумбы $n\times m$ было наибольшим возможным. Во вторую строку вывести само это число способов num. Два варианта размещения прямоугольника из k флоксов различны, если в одном из них есть лунка, где флокс посажен, а в другом в этой лунке флокс не посажен. Если есть два или более различных k, дающих один и тот же максимальный ответ, вывести наибольший из них, что даст возможность жителям наслаждаться большим числом цветущих флоксов.

Примеры

Пример №1

Стандартный ввод
`6 6`

Стандартный вывод
`4` `61`

Пояснения к примеру

Для клумбы 6×6:

- для $k = 1$ имеется 36 способов разместить внутри прямоугольник 1×1, всего 36 вариантов;
- для $k = 2$ имеется 30 способов разместить внутри прямоугольник 1×2 и еще 30 способов разместить внутри прямоугольник 2×1, всего 60 вариантов;

- для $k = 3$ имеется 24 способа разместить внутри прямоугольник 1×3 и еще 24 способа разместить внутри прямоугольник 3×1, всего 48 вариантов;
- для $k = 4$ имеется 18 способов разместить внутри прямоугольник 1×4, 25 способов разместить внутри квадрат 2×2 и еще 18 способов разместить внутри прямоугольник 4×1, всего 61 вариант;
- для $k = 5$ имеется 12 способов разместить внутри прямоугольник 1×5 и еще 12 способов разместить внутри прямоугольник 5×1, всего 24 варианта;
- для $k = 6$ имеется 6 способов разместить внутри прямоугольник 1×6, 20 способов разместить внутри прямоугольник 2×3, 20 способов разместить внутри прямоугольник 3×2 и еще 6 способов разместить внутри прямоугольник 6×1, всего 52 варианта;

  ...
- для $k = 12$ имеется 5 способов разместить внутри прямоугольник 2×6, 12 способов разместить внутри прямоугольник 3×4, 12 способов разместить внутри прямоугольник 4×3 и еще 5 способов разместить внутри прямоугольник 6×2, всего 34 варианта;

  ...
- для $k = 36$ имеется 1 способ разместить внутри квадрат 6×6, всего 1 вариант.

В итоге, самое большое количество вариантов даст случай $k = 4$. Число таких вариантов равно 61.

Задача VI.1.1.5. Актуальный маршрут (30 баллов)

Условие

Иннокентий разрабатывает городское мобильное приложение «Актуальный маршрут». Оно поможет найти самый быстрый способ добраться городским транспортом из пункта A в пункт B с учетом периодичности движения транспортных средств. В городе имеется n маршрутов движения транспорта (автобусов, троллейбусов, трамваев и т. п.) Для каждого маршрута известно количество остановок на нем k_i и их порядок внутри этого маршрута. Для упрощения будем считать, что транспортные средства движутся по маршруту строго периодично следующим образом: утром в момент времени 0 на каждый маршрут с начальной его остановки выходит одно транспортное средство. Каждый перегон между остановками оно проходит за одну единицу времени. Таким образом, в последний пункт маршрута оно приходит в момент времени $k_i - 1$ и ровно в этот момент на данный маршрут (на его начальную остановку) выходит новое транспортное средство с теми же характеристиками. Такая периодичность на этом маршруте поддерживается в течение всего дня. Таким образом, на каждую остановку маршрута один раз в $k_i - 1$ моментов времени приходит ровно одно транспортное средство. Начальная и конечная остановки маршрута могут не совпадать, но могут и совпадать. Если маршрут не предусматривает обратного движения, то в обратную сторону по этому маршруту транспорт не идет (после достижения конечной остановки он уходит в депо).

Хорошо известен дискретный характер движения на городском транспорте: если ты не успел на текущий автобус, то следующий может прийти на остановку только через определенное время и весь запланированный ранее маршрут может сбиться. То есть, при необходимости попасть из пункта A в пункт B городским транспортом необходимо при планировании маршрута учитывать момент времени выхода пассажира на остановку. Приложение Иннокентия и должно помочь в выборе такого маршрута.

Заданы маршруты, проходящие по городу, пункты A — начальная остановка и B — конечная остановка, куда нужно попасть. Кроме того задано время t_{start} выхода пассажира на остановку пункта A. Необходимо по этим данным найти самое маленькое время t_{fin} в которое пассажир сможет оказаться на остановке B с учетом периодичности движения транспортных средств на маршрутах.

Формат входных данных

В первой строке заданы два натуральных числа через пробел: $n \leqslant 100$ — количество маршрутов в городе и $m \leqslant 100$ — общее количество остановок (некоторые могут и не обслуживаться ни одним маршрутом).

В следующих n строках заданы сами эти маршруты в следующем формате: первым указано число $1 \leqslant k_i \leqslant 101$ — количество остановок на маршруте, затем следуют k_i чисел a_j через пробел — номера остановок в том порядке, в котором они следуют в маршруте. Остановки на одном маршруте могут повторяться. $1 \leqslant a_j \leqslant 100$.

После описания маршрутов в отдельной строке следуют три числа через пробел A — стартовая остановка, B — целевая остановка и t_{start} — момент появления пассажира на остановке A. На любой остановке он может сесть на проходящее транспортное средство в любой момент, не превосходящий момента появления пассажира на остановке. Все действия (посадка, высадка, пересадка) выполняются мгновенно. $1 \leqslant A, B, \leqslant 100$, $0 \leqslant t_{start} \leqslant 10000$.

Формат выходных данных

Вывести минимальное возможное время приезда t_{fin} пассажира в пункт B с учетом периодичности движения транспортных средств на маршрутах. Если из пункта A в пункт B данными маршрутами добраться нельзя — вывести «−1».

Примеры

Пример №1

Стандартный ввод
6 16 7 1 2 3 4 8 12 16 5 8 7 11 15 14 8 2 6 7 8 12 11 15 16 8 14 10 11 7 6 5 9 10 4 14 13 9 14 5 16 11 6 1 5 1 11 4
Стандартный вывод
10

Пример №2

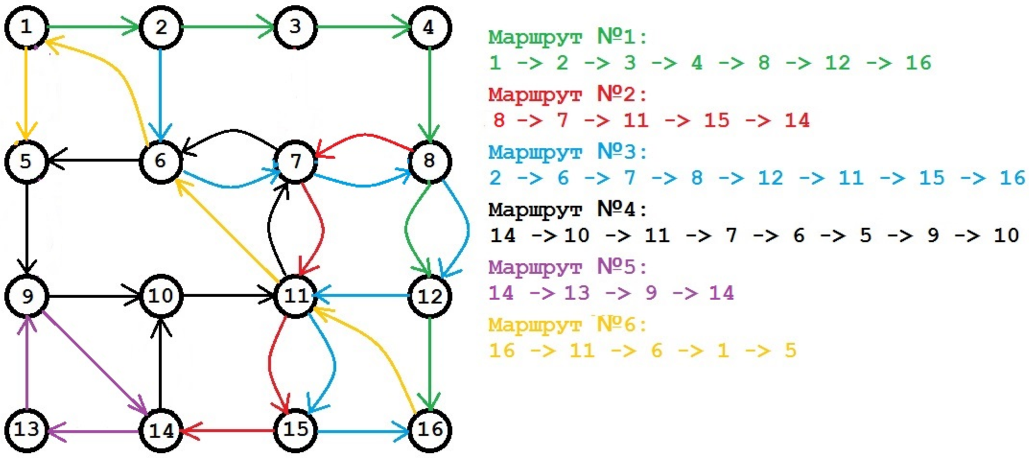
Стандартный ввод

```
6 16
7 1 2 3 4 8 12 16
5 8 7 11 15 14
8 2 6 7 8 12 11 15 16
8 14 10 11 7 6 5 9 10
4 14 13 9 14
5 16 11 6 1 5
1 11 3
```

Стандартный вывод

```
9
```

Пояснения к примеру



Рассмотрим рисунок с картой маршрутов. Допустим, мы пришли в момент времени 4 на остановку 1 и хотим уехать на остановку 11. С остановки 1 в момент времени 6 мы выезжаем на маршруте №1. Мы можем на нем доехать до остановки 8 в момент времени 10 и далее дождаться маршрута №2 в момент времени 12. Тогда на остановку 11 попадем в момент времени 14. Но можно попробовать успеть быстрее: выйти из маршрута №1на остановке 2 в момент времени 7. В этот момент с данной остановки отправится очередной маршрут №3, который прибудет на остановку 7 в момент 9. И тогда мы успеваем на предыдущий автобус №3, который как раз проходит здесь в момент 9. На нем мы попадем в пункт 11 в момент времени 10, что и будет ответом.

Если же мы придём на остановку 1 в момент 3, то успеваем на маршрут №6, который приходит на эту остановку как раз в момент времени 3. Тогда на нем мы попадем в пункт 5 в момент времени 4. Подождем здесь маршрут №4, который подходит в пункт 5 в момент времени 5. На нем проедем до конечной остановки 10. Там мы окажемся в момент времени 7. В этот же момент из 14 выедет следующий маршрут №4, который в 10 прибудет в момент 8, и на нем в пункт 11 попадаем в момент 9.

Физика. 8–9 классы

Задача VI.1.2.1. (14 баллов)

Темы: равноускоренное движение.

Условие

Один из способов измерить высоту здания с помощью барометра — это уронить его с крыши и измерить время падения.

Катя и Юля решили загадать друг другу высоты своих домов.

Оказалось, что время падения барометра с крыши Юлиного дома на секунду больше времени падения барометра с крыши дома Кати, а количество этажей отличается ровно в два раза.

Определите высоту дома Кати, если высота этажей в их домах одинакова и равна 3 метрам, а уровень крыши совпадает с потолком верхнего этажа.

Ускорение свободного падения считайте равным 10 м/с^2, также считайте, что уровень пола первого этажа совпадает с уровнем земли, а сопротивлением воздуха пренебрегите.

Задача VI.1.2.2. (14 баллов)

Темы: преобразование энергии.

Условие

В десятиэтажном доме модернизируют лифт: теперь 50% высвобождаемой энергии рекуперируется[1] и может быть использована повторно. Также была оптимизирована масса противовеса — теперь она совпадает со средней массой лифта[2].

Сделайте оценку того, за сколько лет окупится модернизация лифта на основе приведенных ниже статистических данных и обоснуйте ее.

Стоимость модернизации: 50 000 рублей.

Стоимость одного киловатт-часа: 6 рублей.

Масса лифта: 200 кг.

Масса противовеса: 320 кг.

Стандартная масса одного человека: 80 кг.

Максимальное количество пассажиров: 5 человек.

Среднее количество пассажиров: 3 человека.

Средняя разница между массой лифта[2] и массой противовеса: 120 кг.

Среднее количество поездок: 300 в каждую сторону в сутки.

Режим работы — низкая интенсивность[3].

Скорость движения лифта после разгона: 1 м/с.

Ускорение лифта: 0–0,8 м/с^2.

Ускорение свободного падения равным 10 м/с^2, а высоту одного этажа равной 3 метрам.

Задача VI.1.2.3. (24 баллов)

Темы: гидростатика.

Условие

Присутствие воздуха в системе отопления может приводить к нарушению ее работы. Для постепенного накопления и удаления пузырьков устанавливаются воздухоотводчики, состоящие из клапана, рычага и очень легкого поплавка (см. рисунок).

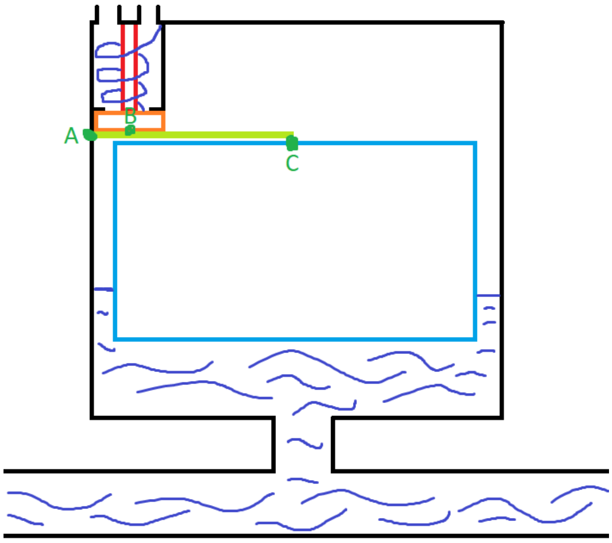
Когда воздухоотводчик наполнен воздухом, сжатая пружина с силой 3 Н сдвигает вниз резиновую мембрану диаметром 3 мм. При этом воздух выходит сквозь отверстие диаметром 2 мм до тех пор, пока вода не поднимет поплавок диаметром 5 см, и мембрана не прижмется обратно к отверстию (герметично). Определите на сколько сантиметров погружен поплавок в воду, в момент когда клапан закрылся, и на сколько он погружен в момент открытия клапана, если давление воды в 3,5 раза больше атмосферного давления 100 кПа.

Плотность воды считайте равной 1000 кг/м^3, расстояние $AB = 2$ мм, $BC = 8$ мм, а ускорение свободного падения считайте равным 10 м/с^2.

[1]Рекуперация (от *recuperatio* «обратное получение; возвращение») — вид электромагнитного торможения, при котором высвобождаемая механическая энергия преобразуется в электрическую и используется для последующей работы.

[2]Не обязательно пустого.

[3]Это значит, что очередей практически не бывает. При подъеме пассажиров лифт после высадки сразу возвращается на этаж, с которого его вызывают чаще всего, то есть, на первый этаж, а при вызове вниз лифт приезжает пустым и едет с пассажирами на первый этаж, не делая промежуточных остановок.



Задача VI.1.2.4. (24 баллов)

Темы: *тепловые явления.*

Условие

Для обогрева загородного дома используется переключаемая система отопления. Во время осенних каникул, когда температура на улице была примерно равна 0 °С, котел нагревал воду в баке до 65 °С, а насос закачивал ее в трубу со скоростью 0,5 м/с. Эта труба соединена с системой теплого пола, откуда вода возвращалась в бак с конечной температурой 60 °С.

На зимних каникулах было очень холодно, и система отопления была включена по-другому: температуру в баке установили равной 75 °С, а кроме системы теплого пола открыли кран на трубе, ведущей к батареям. Когда температура в доме вернулась к комфортной величине, оказалось, что температура воды, возвращающейся в бак из обеих труб равна 65 °С.

Определите, чему была равна температура на улице во время зимних каникул, если зимой скорость воды, вытекающей из бака, была равна 0,3 м/с?

Диаметры труб одинаковы и равны 2 см. Температура в доме во время всех каникул поддерживалась на уровне 20 °С.

Плотность воды $\rho = 1000$ кг/м^3, удельная теплоёмкость воды $c = 4200$ Дж/(кг·°С) мощность теплообмена между телами пропорциональна разности их температур.

Задача VI.1.2.5. (24 баллов)

Темы: электрические цепи.

Условие

Применение в электроснабжении проводов со слишком маленьким сечением, может привести к возникновению пожара. Особому риску подвержена кухня, где много электроприборов, потребляющих большую мощность.

Например, мощность стандартного электрического духового шкафа равна 2500 Вт. Если подключить его к сети с помощью проводов сечением 1,5 мм^2 и включить на полную мощность — провода нагреются на 20 °C.

Определите, до какой температуры нагреются провода площадью 2,5мм^2 (стандартное сечение проводов, идущих от щитка к розеткам), если подключить с их помощью несколько кухонных приборов (см. список ниже), а затем, отключив на щитке предохранитель, включить все эти приборы одновременно?

Комнатную температуру считайте равной 20 °C. Температуру оплавления изоляции считайте равной 80 °C. Материал проводов во всех случаях одинаков, напряжение в сети всегда равно 220 Вольт (в рамках этой задачи его можно считать постоянным).

Мощность теплопроводности между телами пропорциональна разности их температур и площади их контакта.

Список оборудования и максимальной потребляемой мощности.

- Духовой шкаф — 2500 Вт.
- Посудомоечная машина — 2000 Вт.
- Электрический чайник — 1800 Вт.
- Микроволновка — 700 Вт.
- Тостер — 500 Вт.

Физика. 10–11 классы

Задача VI.1.3.1. (20 баллов)

Темы: гидродинамика.

Условие

Николай решил построить фонтан. Предполагается, что погруженный в емкость насос будет подавать воду по горизонтальной трубе диаметром 20 см, заканчивающейся направленным вверх отверстием диаметром 5 см. По его расчетам, чтобы вода била на желаемую высоту требуется подключить насос, обеспечивающий скорость потока в трубе 0,5 м/с.

Определите какую эффективную мощность должен иметь этот насос.

Плотность воды $\rho = 1$ г/см^3. Потерями на трение пренебречь.

Задача VI.1.3.2. (25 баллов)

Темы: баллистика.

Условие

Иногда для подключения дома к интернету используют так называемые «воздушные» кабели. Такой кабель одним концом фиксируется на крыше подключаемого дома, а другим концом — на крыше высотного дома, где установлено распределительное оборудование.

Чтобы установить такой кабель можно сперва выстрелить с крыши высотного здания на крышу подключаемого дома болванкой с леской, а затем по натянутой леске с помощью ролика спустить конец кабеля на крышу подключаемого дома.

Определите на каком максимальном расстоянии могут находиться дома высотой 40 и 20 метров, если при выстреле начальная скорость болванки равна 15 м/с, а массой лески по сравнению с массой болванки можно пренебречь?

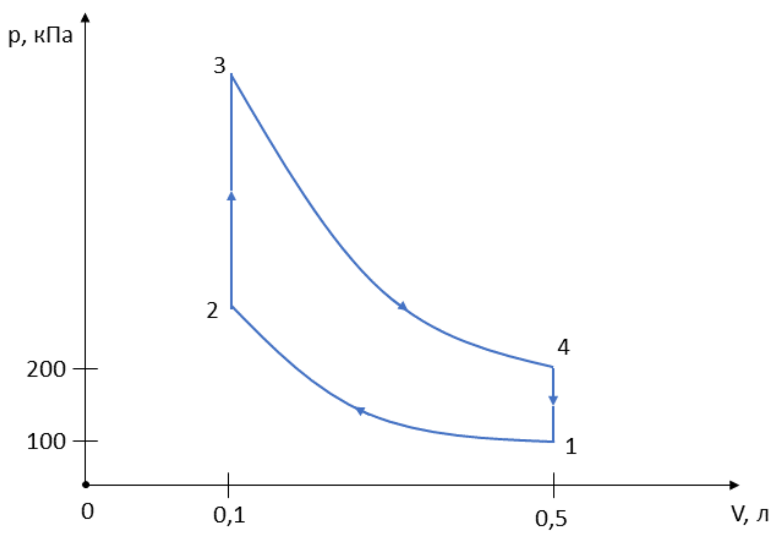
Сопротивлением воздуха и трением лески пренебречь, ускорение свободного падения считайте равным 10 м/с^2.

Задача VI.1.3.3. (20 баллов)

Темы: газовые законы.

Условие

Для электроснабжения загородных домов используются газопоршневые генераторы, работающие по циклу Отто. Схема работы типового генератора изображена на рисунке.



- в точке 1 происходит заполнение камеры сгорания воздухом с добавлением метана;
- на участке 1–2 происходит сжатие топливовоздушной смеси;
- на участке 2–3 происходит сгорание метана при постоянном объеме;
- на участке 3–4 происходит расширение газовой смеси;
- на участке 4–1 происходит охлаждение газовой смеси;
- в точке 1 происходит выпуск отработанных газов.

Рассчитайте мощность генератора при частоте 1500 циклов в минуту, если при сгорании газовая смесь получает 2 кДж теплоты, а КПД преобразования механической работы в электрическую равен 80%.

Считайте, что для участков 1–2 и 3–4 применимо уравнение адиабаты Пуассона $P \cdot V^{\gamma} = const$ с показателем адиабаты $\gamma = 1,4$ (то есть, их можно считать изоэнтропийными квазистатическими адиабатическими процессами).

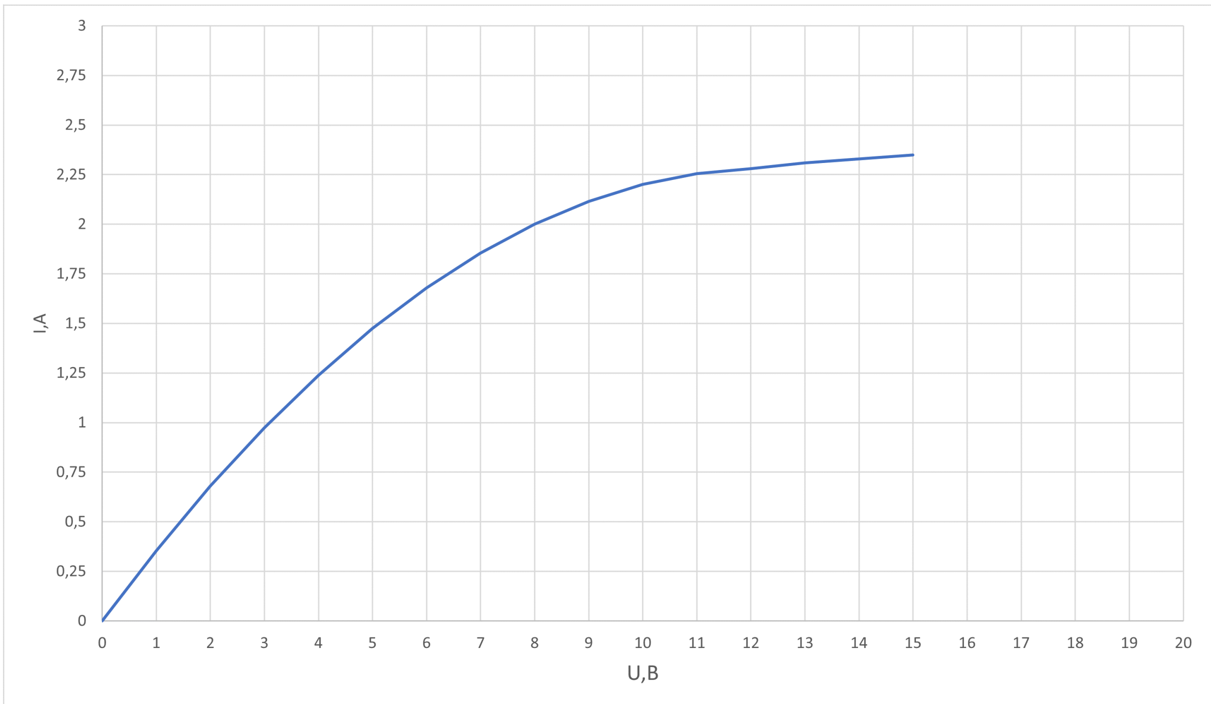
Задача VI.1.3.4. (20 баллов)

Темы: ВАХ.

Условие

Для освещения комнаты используются две одинаковые лампочки с нелинейным сопротивлением, вольт-амперная характеристика которых приведена на рисунке. В первом режиме лампочки подключены к неидеальному источнику напряжения параллельно, а во втором случае — последовательно.

С помощью графика ВАХ определите во сколько раз отличается мощность лампочек в параллельном и последовательном режимах, если ЭДС источника равна 20 В, а внутреннее сопротивление равно 2 Ом.



Задача VI.1.3.5. (20 баллов)

Темы: оптика.

Условие

Оптоволоконная связь — это система передачи информации в виде световых сигналов, распространяющихся внутри прозрачных цилиндрических нитей. Она основана на принципе полного внутреннего отражения, не позволяющем свету выйти из цилиндра с высоким показателем преломления в оболочку с более низким показателем преломления.

Для передачи сигналов на короткие расстояния используются полимерные оптические волокна (POF — polymer optical fiber) диаметром сердцевины 1 мм. Их легко прикреплять друг к другу и к лазеру/приемнику, а также легко размещать в кабель-каналах благодаря тому, что их можно сильно изгибать без возникновения больших оптических потерь: минимальный радиус изгиба равен 2 см.

Однако, в месте подключения волокна к лазеру, лучи из которого идут под прямым углом к торцу волокна, оно может быть изогнуто еще сильнее: вплоть до 1 см.

Считая что радиус изгиба 1 см является критическим для полного внутреннего отражения, определите во сколько раз показатель преломления сердцевины больше показателя преломления оболочки.

Для упрощения считайте что задача двумерная.

Радиус изгиба измеряется от центра до оси оптоволокна (см. рисунок).