

Планетарий

Удельный вес ядра своей планеты думай

Ограничение по памяти: **256 Мб**

Ограничение по времени: **30 сек.**

В планетарий на Плюке часто приходят заблудившиеся инопланетяне, не знающие координат своей планеты в тентуре и не могущие однозначно идентифицировать свою планету по другим признакам. Так, по статистике, большинство таких инопланетян не помнят ни спектрального класса своей звезды, ни диаметра орбиты своей планеты, ни даже плотности ее ядра. Однако многие из посетителей помнят рисунок созвездий в небе своей планеты. Как правило, посетитель может вспомнить лишь относительные видимые координаты звезд в созвездии. Но он не может точно указать угловые координаты и ориентацию всего созвездия на небесной сфере. Также, поскольку на всех планетах небесные координаты отсчитываются от направления оси вращения планеты, а посетитель, как правило, не может указать это направление, для планетария на Плюке эти координаты практически бесполезны. Планетарий обратился к вам с просьбой написать программу, которая по виду одного или нескольких созвездий, полученных путем чтения мыслей посетителя, восстанавливает координаты звезды, из системы которой такие созвездия могли бы быть видны.

С точки зрения посетителя планетария созвездие представляет собой группу ярких звезд, расположенных в узком секторе небосвода. При этом все звезды, входящие в группу, существенно ярче своих ближайших соседей. Так, типичный землянин помнит созвездие Большой Медведицы как «ковш», состоящий из семи звезд. На самом деле, в границах этого созвездия находится 120 звезд, видимых невооруженным глазом. Большая часть этих звезд видна только в хороших условиях, например, наблюдателю с хорошим зрением в ясную безлунную ночь вдали от населенных пунктов и других источников искусственного освещения. Большинство землян никогда не видели этих звезд или видели, но не обращали внимания.

В нашем случае «созвездие» — это, скорее, то, что в современной астрономии называется «астеризм», легко различимая группа звезд. По принятому в планетарии определению, созвездие представляет собой группу звезд, удовлетворяющих следующим условиям:

1. Все звезды группы видны в конусе с угловым диаметром 20° .
2. Это от 4 до 10 самых ярких звезд в данном конусе.
3. Если отсортировать звезды созвездия по яркости, отношение яркостей двух, рядом стоящих в полученной последовательности, звезд не будет превышать 5.
4. Все остальные звезды, видимые в том же конусе, не входящие в созвездие, имеют яркость в пять или более раз меньшую, чем самая тусклая из звезд созвездия.
5. Конусы и списки звезд различных созвездий могут пересекаться.

Видимая яркость звезды определяется по формуле $I = L/r^2$, где L — светимость звезды (энергия, излучаемая в единицу времени), r — расстояние до нее. Из этой формулы следует, что близкая звезда может выглядеть гораздо ярче далекой, даже если далекая намного превосходит ее по светимости. Так, самая яркая звезда в небе Земли (не считая Солнца) — это Сириус, находящийся на расстоянии 8.6 световых лет от нас, светимость которого превосходит солнечную всего лишь в 22 раза. Вторая по видимой яркости звезда в небе Земли — Канопус, находится на расстоянии 310 световых лет от нас, а его светимость превосходит солнечную в 13 600 раз.

В распоряжении планетария есть база данных, описывающая трехмерные координаты всех звезд в достижимой области Галактики и некоторых ярких звезд за пределами этой

области, с указанием светимости каждой из звезд. Логарифмы светимостей звезд распределены нормально, т.е. плотность вероятности подчиняется формуле

$$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp(-(x - \mu)^2 / 2\sigma^2).$$

Вам предоставлен исходный код генератора, в котором Вы можете найти параметры распределения. Известно, что звезды со светимостью менее половины светимости солнца планеты Плюк не имеют обитаемых планет и практически не видны невооруженным глазом. Поэтому планетарий не включает такие звезды в базу и для всех практических целей можно считать, что их нет вообще..

Планетарий имеет оборудование для чтения мыслей, поэтому посетителю не нужно рисовать созвездие, ему достаточно восстановить в памяти созвездие в виде двумерной картинки, которая вводится в компьютер как набор точек с двумерными координатами. Угловой масштаб при этом неизвестен, но известно, что созвездие никогда не вспоминают в отраженном виде.

Ваша задача состоит в том, чтобы написать программу, которая на основе этих данных сможет помочь максимальному количеству посетителей найти свою родную звезду.

Входные данные

В первой строке входного файла записано целое число N — количество звезд, видимых из достижимого космоса и достаточно ярких для включения в базу данных ($10^3 \leq N \leq 10^4$).

Следующие N строк содержат описание каждой из звезд, по четыре вещественных числа на строке. Первые три числа задают трехмерные координаты соответствующей звезды, а четвертое — ее абсолютную светимость. Координаты измеряются в световых плюканских годах (время, которое свет проходит за один плюканский год). Светимость измеряется в единицах, равных светимости плюканского солнца.

Достижимый космос представляет собой область, размещенную внутри куба с координатами в диапазоне от -300 до 300 по всем осям. При этом, в базе могут также содержаться звезды светимостью более 1000 , находящиеся за пределами этой области. Все координаты попадают в диапазон от -500 до 500 и округлены до тысячных долей светового плюканского года. Светимости округлены до трех значащих цифр и находятся в диапазоне от 0.5 до $50\,000$. Расстояние между любыми звездами никогда не бывает менее 0.25 плюканского светового года.

Далее во входном файле следуют рисунки созвездий, полученные чтением мыслей посетителей планетария. Количество посетителей может изменяться от 1 до 10^4 .

Для каждого посетителя в первой строке задается целое число K — количество созвездий, которые он вспомнил ($1 \leq K \leq 5$). Затем в K строках описываются рисунки созвездий. Каждое созвездие содержит от 4 до 10 звезд. Каждая звезда описывается парой целых чисел в диапазоне от 0 до 100 , координатами проекции звезды на плоскость зрения. Как уже отмечалось, типичный посетитель не помнит информации, достаточной для восстановления ориентации и масштаба созвездия с приемлемой точностью.

Посетитель запоминает созвездие так, как оно выглядит, если смотреть в направлении геометрического центра созвездия. Геометрический центр соответствует среднему арифметическому направлений на все звезды (расстояния и светимости игнорируются). Если ось x направлена на геометрический центр, то координаты проекции звезды определяются по формулам $x' = z/x$, $y' = y/x$ и округляются до ближайшего целого. Округленные значения координат разных звезд одного созвездия могут совпадать.

Изображение размещается таким образом, чтобы его геометрический центр совпал с точкой $(50, 50)$. Среднее расстояние звезд от точки $(50, 50)$ никогда не бывает менее 10 .

Звезда, вокруг которой вращается планета, с которой прилетел посетитель, находится

в базе данных. Светимость солнца этой планеты никогда не превосходит четырех единиц. Жители планет, вращающихся вокруг звезд с большей светимостью, на Плюке умирают от переохлаждения раньше, чем могут дойти до планетария.

Выходные данные

Если вам удалось определить родную звезду посетителя, то вам необходимо выдать в выходной файл её номер в базе данных. Если однозначно определить родную звезду невозможно, следует выдать не более трех кандидатов. При этом сотрудники планетария могут определить правильную звезду, задавая посетителю дополнительные вопросы.

Для каждого посетителя нужно выводить найденную информацию в отдельной строке.

Рейтинг

За каждого посетителя, для которого верно определена родная звезда, участнику начисляется один балл. Баллы участника суммируются по всем посетителям и всем тестам. Команды-участники ранжируются в порядке убывания суммарного количества баллов.

Если программа выдала несколько звезд-кандидатов для посетителя, то для верного определения родной звезды достаточно, чтобы одна из этих звезд совпадала с истинной родной звездой. Отсутствие ответа для посетителя считается неверным ответом. То есть, если во входном файле было 50 посетителей, программа верно нашла родные звезды для 35, успела вывести их в выходной файл, но после этого была снята по лимиту времени, то будет считаться, что для 15 посетителей она дала неверный ответ.

Во время тура решение будет проверяться в системе тестирования на наборе из одного теста-примера и трёх предварительных тестов. Результаты работы решения на этих тестах никак не влияют на положение команды в окончательном рейтинге. Финальное тестирование будет проведено на наборе из 50 финальных тестов. Три предварительных теста включены в финальный набор тестов. Результаты финального тестирования являются окончательными результатами первого дня и определяют положения команд. Подробности о генерации наборов тестов даны в описании генератора.

Выдаваемые материалы

Участникам выдаётся самораспаковывающийся архив с материалами ("**archive.exe**"). Материалы включают:

1. Данное условие задачи ("**statement**").
2. Генератор входных файлов ("**generator**").
3. Визуализатор входных файлов ("**visualizer**").
4. Входные и выходные данные для теста-примера, а также входные данные для трёх предварительных тестов ("**tests**").

Инструкции по скачиванию архива с материалами доступны в **новостях в системе тестирования**.

Пароль к архиву:
Tentura

Описание генератора

Исполняемый файл **generator.exe** запускается из командной строки и имеет следующие обязательные параметры:

-m={N} {infile} {outfile}

Где:

N — количество звезд в тентуре (если не выполняется условие $1000 \leq N \leq 10000$, то программа выдает ошибку «*Assertion failed*»).

infile — входной файл теста (**input.txt**)

outfile — выходной файл теста (список правильных ответов).

Перед параметром **-m** можно задать необязательные параметры:

-k={home_planets} — количество посетителей планетария (по умолчанию 10).

-s={stars_to_scan} — внутренний параметр генератора.

-r={rand_seed} — инициализатор генератора псевдослучайных чисел (по умолчанию используется системное время).

Генератор с некоторой вероятностью может выдавать ошибку в строке:

```
assert(maxcoord/avgradius < 4.9);
```

Это означает, что было сгенерировано «неудачное» созвездие, для которого невозможно подобрать соответствующий условиям коэффициент масштабирования. По данным жюри, это происходит достаточно редко, во всяком случае при тех комбинациях параметров, которые использовались при генерации тестов.

Исходный код генератора состоит из следующих файлов:

generate-map.cpp (собственно генератор),
main.cpp (функция **main** и управление параметрами),
star.h (некоторые классы и функции),
zigg.h (генератор нормально распределенных случайных чисел),
zigg.c (генератор нормально распределенных случайных чисел).

Для компиляции генератор требует наличия библиотеки Boost (обратите внимание, что в тестирующей среде библиотека Boost не доступна, и использовать ее в коде ваших решений нельзя). Вам предоставляется архив, содержащий версию Boost, достаточную для сборки генератора под Visual Studio 2005.

В файле **generate-map.cpp** также содержатся функции для вывода гистограмм, которые могут использоваться вами для вывода различной статистической информации.

Параметры генератора задаются структурой **tunables**. Конструктор по умолчанию этой структуры (находится в файле **star.h**) задает значения параметров по умолчанию. Файл **main.cpp** содержит интерфейс для управления некоторыми параметрами через параметры командной строки.

Параметры (**tunables**):

```
double habitability_threshold; // максимальная светимость обитаемой звезды
unsigned int min_constellation; // минимальное количество звезд в
созвездии
unsigned int max_constellation; // максимальное количество звезд в
созвездии
double cutoff; // угловой радиус созвездия в радианах
double constellation_bright_cutoff; // пороговое значение отношения
яркостей, которое определяет, принадлежит звезда созвездию или нет
int home_planets; // количество посетителей планетария (*)
int stars_to_scan; // внутренний параметр генератора, количество звезд,
сканируемых при поиске созвездий (*)
double max_home; // половина размера достижимого космоса
```

```

double max_visible; // половина размера видимого космоса
double minlum; // минимальная светимость звезд
double maxlum; // максимальная светимость звезд
double vis_theshold; // минимальная светимость звезд, находящихся за
пределами достижимого космоса, но включаемых в базу
double min_distance; // минимальное расстояние между звездами
int N; // количество звезд в тентуре (*)
double lognorm_scale; // параметр логнормального распределения, exp(μ);
фиксированный параметр, всегда равен 8
double lognorm_sigma; // название не совсем точное; при генерации
используется генератор на основе алгоритма зиккурата, выдающий нормально
распределенные значения с σ=1; затем эти значения умножаются на lognorm_sigma;
фиксированный параметр, при генерации тестов всегда равен 2.5
long randseed; // стартовое значение генератора случайных чисел (*)
используется для инициализации двух разных генераторов, стандартной функции
rand() и генератора алгоритмом зиккурата, rnor()
    
```

Некоторые параметры неявно ограничены размерами статических массивов; жюри предприняло попытку защитить такие параметры операторами **assert**.

Во время тура отправленные решения тестируются в системе тестирования на четырёх тестах:

1. Тест-пример (входные данные в **tests\input.txt**, правильные ответы в **tests\answer.txt**).
2. Предварительный тест А (входные данные в **tests\2.in**).
3. Предварительный тест В (входные данные в **tests\3.in**).
4. Предварительный тест С (входные данные в **tests\4.in**).

О финальных тестах участникам сообщаются только два параметра: количество звёзд (**-m**) и количество посетителей (**-k**). Остальные параметры (**-s**, **-r**) жюри устанавливает неизвестным для участников образом. Значения параметров для финальных тестов:

-k=100	-m=1000	A	-k=9973	-m=3391	-k=7500	-m=3000
-k=1000	-m=3000	B	-k=666	-m=7185	-k=150	-m=3500
-k=10000	-m=10000	C	-k=3159	-m=4112	-k=5500	-m=4000
-k=10000	-m=10000		-k=13	-m=1534	-k=400	-m=5500
-k=30	-m=2000		-k=200	-m=1100	-k=4000	-m=8700
-k=300	-m=8000		-k=4000	-m=1200	-k=200	-m=9300
-k=3000	-m=3000		-k=100	-m=1300	-k=9500	-m=9999
-k=7000	-m=7000		-k=8000	-m=2000	-k=100	-m=1000
-k=50	-m=10000		-k=300	-m=4000	-k=1000	-m=2000
-k=600	-m=4000		-k=1500	-m=5000	-k=10000	-m=3000
-k=4000	-m=6000		-k=700	-m=6000	-k=100	-m=4000
-k=8953	-m=2500		-k=4500	-m=9000	-k=1000	-m=5000
-k=80	-m=8198		-k=900	-m=9500	-k=10000	-m=6000
-k=754	-m=3850		-k=2000	-m=10000	-k=100	-m=7000
-k=3593	-m=1230		-k=9500	-m=1000	-k=1000	-m=8000
-k=145	-m=6748		-k=500	-m=1500	-k=10000	-m=9000
			-k=1500	-m=1900	-k=1000	-m=10000

Обратите внимание, что первые три финальных теста в точности совпадают с предварительными тестами, которые выдаются вам в архиве и используются в системе тестирования во время тура.

Визуализатор звёздного неба

1. Запуск

Командная строка:

visualizer.exe <InputFileName>

<InputFileName> — имя открываемого входного файла ("input.txt" по умолчанию).

При запуске конфигурация считывается из "config.txt", если таковой файл имеется (см. далее).

2. Управление

Esc — закрыть визуализатор.

Ориентация в пространстве:

'w' 's' 'a' 'd' 'z' 'x'	— переместить камеру вперед/назад/влево/вправо/вниз/вверх
движение мыши	— вращать камеру (влево/вправо, вниз/вверх)
'q' 'e'	— вращать камеру вокруг своей оси (против/по часовой)
'r'	— сбросить ориентацию камеры
правая кнопка мыши	— включить/выключить режим привязки мыши к камере (<i>freelook mode</i>)

Отрисовка:

F1 — изменить режим отрисовки статуса и ПАМЯТКИ ОБ УПРАВЛЕНИИ

F5 — включить/выключить полноэкранный режим

F6 — включить/выключить отрисовку звёзд

F7 — включить/выключить отрисовку текстовых подписей к звёздам

F8 — изменить режим отрисовки системы координат

F9 — изменить режим отрисовки созвездий

Сохранение данных:

F12 — сохранить снимок видимых звёзд в текстовый файл.

В первую строку записывается количество звёзд.

В каждой из последующих строк записана информация о некоторой звезде в формате:

<StarImageX> <StarImageY> <StarIndex> <StarDistance>

<StarBrightness>

где:

StarImageX, StarImageY — координаты звёзды на картинке в пределах от 0 до 100
(как в созвездиях)

StarIndex — номер звезды во входном файле (нумерация с единицы)

StarDistance — расстояние от текущего положения камеры до звезды

StarBrightness — яркость звезды (светимость / расстояние²)

Звёзды отсортированы в порядке уменьшения яркости.

Управление уровнями:

'+' | '-' — Изменить скорость перемещения камеры

'*' | '|' — Изменить "яркость белой звезды"

' ,' | '.' — Изменить угол раствора (**FOV**) камеры (увеличить/уменьшить

изображение)

Переход по данным:

<index> + 'g' — телепортировать камеру в звезду с номером **index**

<index> + 'v' — отображать на "сетке созвездий" посетителя с номером **index**
(нумерация с единицы в порядке описания во входном файле)

'c'	— очистить <index>
'[']'	— переключиться на "сетке созвездий" на другое созвездие того же посетителя

3. Изображение

Звёзды и подписи

Каждая звезда изображается точкой.

В зависимости от яркости меняется её видимый размер и цвет.

Пользователь может регулировать отрисовку звёзд при помощи характеристического параметра "яркость белой звезды".

Если яркость звезды больше этого параметра, то звезда рисуется белой точкой увеличенного размера.

В противном случае точка рисуется цветной в зависимости от яркости.

Если включены подписи звёзд, то рядом с каждой БЕЛОЙ звездой выводится краткая информация о ней:

I=<StarIndex>	— номер звезды
D=<StarDistance>	— расстояние от камеры до неё
B=<StarBrightness>	— яркость звезды

Статус

В левом верхнем углу отображается текущий статус в формате:

Position: <Xc> <Yc> <Zc>	— текущее положение камеры
Direction: <Xd> <Yd> <Zd>	— вектор "вперёд" камеры (куда она смотрит)
Up: <Xu> <Yu> <Zu>	— вектор "вверх" камеры
Right: <Xr> <Yr> <Zr>	— вектор "вправо" камеры
Min brightness of white star: <WhiteStarBrightness>	— "яркость белой звезды"
VFOV: <FOV>	— угол раствора камеры (по вертикали)
camera speed: <CamSp>	— скорость перемещения камеры
visitor and asterism indices: <VisI> <AstI>	— текущее созвездие на "сетке созвездий": номер посетителя и номер его созвездия

Созвездия

Для просмотра созвездий используется "сетка созвездий". Это сетка размера 100 на 100, на которую можно выводить созвездия из входного файла. Те узлы сетки, в которых в созвездии должна находиться звезда, отмечаются крестиком. На сетке ось X направлена вправо, ось Y направлена вверх.

Можно переключаться между различными созвездиями из входного файла (см. "Управление. Переход по данным").

Текущее созвездие определяется двумя номерами:

<VisI>	— номер посетителя из входного файла, который помнит это созвездие (нумерация как во входном файле, с единицы)
<AstI>	— номер созвездия в памяти рассматриваемого посетителя (нумерация также с единицы)

Система координат

В правом верхнем углу (или по центру) может отображаться система координат. Она показывает направления осей координат:

X — красная ось
Y — зелёная ось
Z — синяя ось

Если конец оси ближе к наблюдателю, то он светлее; если дальше от наблюдателя, то темнее.

4. Конфигурационный файл

Можно регулировать значения параметров при запуске визуализатора посредством редактирования файла "config.txt".

Визуализатор при запуске загружает настройки из этого файла (все, какие может).

Формат файла следующий:

```
<Название параметра 1>  
<Значение параметра 2>  
<Название параметра 2>  
<Значение параметра 2>  
...  
<Название параметра k>  
<Значение параметра k>
```

Параметры делятся на целочисленные, вещественные и векторные.

Если параметр не описан в конфигурационном файле, то ему выставляется значение по умолчанию.

Конфигурационный файл с настройками по умолчанию вам выдан.

Описание параметров:

resolutionX (цел)	— горизонтальный размер окна при запуске
resolutionY (цел)	— вертикальные размеры окна при запуске
mouseSensitivity (вещ)	— чувствительность мышки
rollSpeed (вещ)	— скорость поворота камеры вокруг своей оси
brightnessLevel (вещ)	— "яркость белой звезды"
cameraSpeed (вещ)	— скорость перемещения камеры
FOV (вещ)	— угол раствора камеры
cameraPos (вектор)	— положение камеры
cameraDir (вектор)	— направление камеры "вперёд"
cameraUp (вектор)	— направление камеры "вверх"
cameraRight (вектор)	— направление камеры "вправо"
visitorIndex (цел)	— номер посетителя на "сетке созвездий" (VisI)
asterismIndex (цел)	— номер созвездия на "сетке созвездий" (AstI)
eDrawPoints (0/1)	— отрисовка звёзд
eDrawIndices (0/1)	— отрисовка текстовых подписей звёзд
eDrawAxesMode (0/1/2)	— режим отрисовки системы координат
eDrawAsterismMode (0/1/2)	— режим отрисовки "сетки созвездий"
eDrawHelp (0/1/2)	— режим отрисовки статуса и памятки по управлению
gotoStar (цел)	— переместиться на звезду с заданным номером при запуске (фактически переопределяет параметр cameraPos)

5. Пример: проверка найденного созвездия

Допустим, ваше решение нашло второе созвездие для семнадцатого посетителя. Оно утверждает, что посетитель живёт на звезде номер 345, причём смотреть нужно в направлении (0.2857 0.4286 -0.8571).

Можно попробовать проверить это утверждение следующим образом:

1. Редактируем "*config.txt*" (изменяем значения):

```
visitorIndex = 17
asterismIndex = 2
gotoStar = 345
cameraDir = 0.2857 0.4286 -0.8571
eDrawAsterismMode = 2
FOV = 30.0
```

2. Запускаем визуализатор.

3. Нажимаем на правую кнопку мыши (чтобы не дёргалась камера).

4. Регулируем (до совпадения крестиков с белыми звёздами):

яркость ('*' | '/')

угол поворота ('q' | 'e')

размер ('.' | ',')

5. Можно включить подписи (F7)

6. Можно сохранить текущую картинку в файл для анализа (F12)

Теоретически можно выполнить шаг 1 без редактирования конфигурационного файла в самом визуализаторе:

Нажимаем '1', '7', 'v', ']' для выбора нужного созвездия для "сетки созвездий".

Нажимаем '3', '4', '5', 'g' для телепортации на нужную звезду.

Крутим мышкой до тех пор, пока в статусе не будет отображаться

```
Direction: 0.2857 0.4286 -0.8571.
```

Нажимаем F9 дважды для включения отрисовки созвездия.

Нажимаем (и немного держим) '.' до установления **VFOV: 30.0** в статусе.

Хотя, при помощи конфигурационного файла сделать это гораздо проще.