

**7–8 класс (Максимум – 32 балла)**

**Задача 1**



Перед вами флаг Аляски, утвержденный в 1959 году и использующийся до сих пор. Какая звезда изображена в правом верхнем углу? Можно ли увидеть ее на территории Республики Коми? В какую географическую точку вы попадете, если будете двигаться в ее направлении?

**Максимум – 8 баллов.**

**Задача 2**

Комета Галлея появлялась на земном небе в 1986 году. В следующий раз её можно будет пронаблюдать в 2062 году. Сколько раз можно было наблюдать комету Галлея в течение *нашей эры*? Опишите внешний вид яркой кометы на ночном небе, какие характерные признаки есть у нее.

**Максимум – 8 баллов.**

**Задача 3**

Метеорный поток Геминиды будет активен с 4 по 20 декабря 2025 года. Он связан с прохождением Земли через обломки астероида (3200) Фаэтон и подарит земному наблюдателю до 150 метеоров в час. Найдите ширину космической области, заполненной обломками астероида. (Для простоты полагаем движение Земли перпендикулярно к оси потока).

**Максимум – 8 баллов.**

**Задача 4**

Сопоставьте астрономическое явление из левого столбца с его основной причиной из правого.

**Явление**

**Причина**

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| 1. Смена дня и ночи   | A) Вход Земли в рой метеорных частиц           |
| 2. Смена времен года  | Б) Прохождение Луны между Землей и Солнцем     |
| 3. Солнечное затмение | В) Вращение Земли вокруг своей оси             |
| 4. Метеорный поток    | Г) Наклон земной оси и обращение вокруг Солнца |

**Максимум – 8 баллов.**

**7 - 8 класс (РЕШЕНИЯ и КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ. Максимум – 32 балла)**

**Задача 1**



Перед вами флаг Аляски, утвержденный в 1959 году и использующийся до сих пор. Какая звезда изображена в правом верхнем углу? Можно ли увидеть ее на территории Республики Коми? В какую географическую точку вы попадете, если будете двигаться в ее направлении?

**Решение:**

На флаге изображен астеризм в созвездии Большой Медведицы; если провести мысленную линию через крайние звезды «ковша», то эта линия пройдет через Полярную звезду. В Республике Коми Полярная звезда наблюдается круглогодично. Если двигаться в ее направлении, можно достичь Северного полюса.

**Критерии оценивания:**

- идентифицирована Полярная звезда — 4 балла;
- указано, что Полярную звезду можно увидеть — 2 балла;
- указано направление на север — 2 балла.

**Максимум – 8 баллов.**

**Задача 2**

Комета Галлея появлялась на земном небе в 1986 году. В следующий раз её можно будет пронаблюдать в 2062 году. Сколько раз можно было наблюдать комету Галлея в течение *нашей эры*? Опишите внешний вид яркой кометы на ночном небе, какие характерные признаки есть у нее.

**Решение:**

Из приведенных дат найдем период обращения кометы — 76 лет.

Количество наблюдений в течение нашей эры [2025/76] = 26.

Яркая комета видна как пушистый шар (из-за испаряющегося вещества), который может обладать несколькими хвостами.

**Критерии оценивания:**

- посчитан период движения кометы (**2 балла**);
- рассчитано количество наблюдений (**4 балла**);
- описан внешний вид кометы (**2 балла**).

**Максимум – 8 баллов.**

**Задача 3**

Метеорный поток Геминиды будет активен с 4 по 20 декабря 2025 года. Он связан с прохождением Земли через обломки астероида (3200) Фаэтон и подарит земному наблюдателю до 150 метеоров в час. Найдите ширину космической области, заполненной обломками астероида. (Для простоты полагаем движение Земли перпендикулярно к оси потока).

**Решение**

Земля проходила через метеорный поток 16 суток с известной орбитальной скоростью 30 км/с. Следовательно, за сутки Земля проходит 2.6 млн км, за 16 суток около 42 млн км.

**Критерии оценивания:**

- рассчитано время движения через поток (**2 балла**);
- в том или ином виде получена верная формула для расчета (**4 балла**).
- получен верный численный ответ (**2 балла**).

**Максимум – 8 баллов.**

**Задача 4**

Сопоставь астрономическое явление из левого столбца с его основной причиной из правого.

**Явление**

**Причина**

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| 1. Смена дня и ночи   | A) Вход Земли в рой метеорных частиц           |
| 2. Смена времен года  | B) Прохождение Луны между Землей и Солнцем     |
| 3. Солнечное затмение | C) Вращение Земли вокруг своей оси             |
| 4. Метеорный поток    | D) Наклон земной оси и обращение вокруг Солнца |

**Решение**

1-В, 2-Г, 3-Б, 4-А

**Критерии оценивания:**

По 2 балла за каждый верный ответ.

**Максимум – 8 баллов.**

Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

Муниципальный этап 2025–2026 учебный год

**9 класс (Максимум – 48 баллов)**

**Задача 1**



Этот снимок сделан любителем астрономии из Сыктывкара Владимиром Горбуновым. Съемка производилась с балкона городского дома, фокусное расстояние телескопа, служившего объективом — 1800 мм.

1. Какого типа конструкции, вероятнее всего, был телескоп?
2. Расстояние до одной из звезд на снимке около 40 млн световых лет. Почему все прочие звезды на снимке находятся расстоянии не более 100 тыс. световых лет от наблюдателя? Где вероятнее всего находится далекая звезда и почему она сопоставима по яркости с более близкими?

**Максимум – 8 баллов.**

**Задача 2**

Международная космическая станция (МКС) движется по орбите, проходящей на высоте около 410 км над земной поверхностью. При удалении от Земли уменьшается ускорение свободного падения, коэффициент его ослабления Р можно найти по формуле:

$$P(z) = 1 - \left( \frac{1}{1 + \frac{z}{R}} \right)^2$$

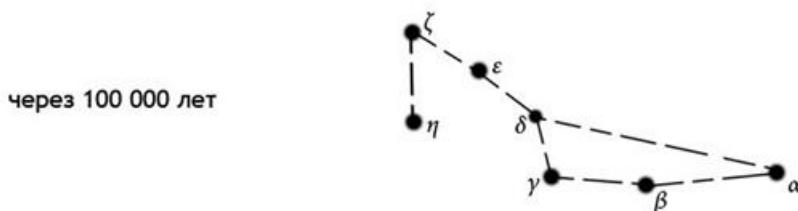
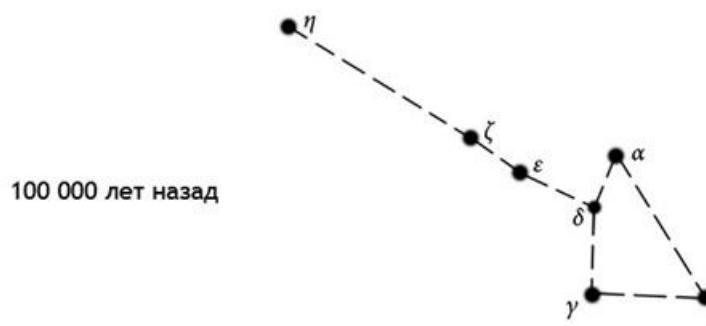
Здесь  $z$  — высота над поверхностью Земли,  $R$  — радиус Земли.

Определите коэффициент ослабления (в долях или процентах) ускорения свободного падения на МКС. Почему несмотря на то, что ускорение свободного падения остается ненулевым, космонавты и предметы на Станции пребывают в невесомости?

На каком расстоянии от земной поверхности ускорение свободного падения составляет 1% от значения на Земле?

**Максимум – 8 баллов.**

### Задача 3



На рисунке изображен вид воображаемой фигуры из ярких звезд созвездия в исторической перспективе: какой была фигура 100000 лет назад и какой будет через 100000 лет. Определите, какой это астеризм и какому созвездию он принадлежит. Что обозначают греческие наименования звезд астеризма? С чем связано изменение формы астеризма со временем?

Известно, что звезда  $\alpha$  находится на расстоянии 123 световых года от земного наблюдателя, а  $\zeta$  — на 78 световых лет. С чем может быть связано, что более близкая звезда видна как более тусклая?

**Максимум – 8 баллов.**

### Задача 4

Сыктывкарский любитель астрономии Николай наблюдает в рефлектор Ньютона некий объект и видит его как размытое округлое туманное пятно с диаметром около 13–15 угловых минут (для сравнения, угловой диаметр Юпитера не превышает 50 секунд). Спустя 20 минут от начала наблюдения Николай замечает, что туманное пятно имеет сложную структуру, оно неоднородное, имеет центральную яркую часть и более тусклую периферийную, на его поверхности то и дело мерцают небольшие точки.

Предположите, объект какого типа наблюдает Николай?

С чем связано изменение вида объекта в течение времени наблюдения?

Учитывая, что склонение объекта составляет  $36^{\circ}$ , а широта Сыктывкара  $61^{\circ}40'$  северной широты, оцените, можно ли провести описанное наблюдение непосредственно под Сыктывкаром?

**Максимум – 8 баллов.**

### **Задача 5**

Сопоставьте объектам из списка 1–7 расстояния из списка А–Г, ориентируясь на характерные масштабы в космическом пространстве.

#### **Список объектов:**

1. Облако Оорта (предполагаемая внешняя граница Солнечной системы)
2. Туманность Улитка (близкая планетарная туманность)
3. Шаровое скопление Омега Центавра
4. Галактика Андромеды (M31, ближайшая крупная спиральная галактика)
5. Скопление галактик в Деве (ядро Местного сверхскопления)
6. Квазар 3C 273 (один из самых ярких квазаров)

#### **Список расстояний (в парсеках):**

- A)** 4900
- B)** 735000000
- C)** 200
- D)** 770000
- E)** 0.3
- F)** 20000000

**Максимум – 8 баллов.**

### **Задача 6**

07 сентября 2025 года жители северо-западной части России многие с огромным удовольствием наблюдали полное лунное затмение. Но вспомним о жителях Луны!

- какое астрономическое явление наблюдалось 07 сентября 2025 года на Луне?
- какова длительность этого явления в сравнении с его земным вариантом?
- как часто на Луне виден восход Земли?
- как движется Земля по лунному небу?

**Максимум – 8 баллов.**

**9 класс (РЕШЕНИЯ и КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ. Максимум – 48 баллов)**

**Задача 1**



Этот снимок сделан любителем астрономии из Сыктывкара Владимиром Горбуновым. Съемка производилась с балкона городского дома, фокусное расстояние телескопа, служившего объективом — 1800 мм.

3. Какого типа конструкции, вероятнее всего, был телескоп?
4. Расстояние до одной из звезд на снимке около 40 млн световых лет. Почему все прочие звезды на снимке находятся расстоянии не более 100 тыс. световых лет от наблюдателя? Где вероятнее всего находится далекая звезда и почему она сопоставима по яркости с более близкими?

**Решение:**

1. Фокусное расстояние во многом определяет габариты телескопа. Рефрактор и рефлектор с фокусным расстоянием 1800 мм будут иметь соответствующую длину, что делает крайне непрактичным (или даже невозможным) использование их в условиях балкона. Компактными и длиннофокусными являются телескопы-катадиоптрики, в частности, оптическая схема Максутова, которая и имела место.
2. Единственная звезда, отличная от остальных на снимке, находится рядом с ядром галактики NGC7331 в центре рисунка, и принадлежит она этой галактике, что определяет расстояние до нее. Она является сверхновой, что обеспечивает ее высокую яркость. Остальные звезды на снимке принадлежат галактике Млечный путь.

**Критерии оценивания:**

Анализ и верное определение типа телескопа — 2 балла

Определение звезды в другой галактике — 3 балла

Идентификация сверхновой — 3 балла

**Максимум – 8 баллов.**

## **Задача 2**

Международная космическая станция (МКС) движется по орбите, проходящей на высоте около 410 км над земной поверхностью. При удалении от Земли уменьшается ускорение свободного падения, коэффициент его ослабления Р можно найти по формуле:

$$P(z) = 1 - \left( \frac{1}{1 + \frac{z}{R}} \right)^2$$

Здесь z — высота над поверхностью Земли, R — радиус Земли.

Определите коэффициент ослабления (в долях или процентах) ускорения свободного падения на МКС. Почему несмотря на то, что ускорение свободного падения остается ненулевым, космонавты и предметы на Станции пребывают в невесомости?

На каком расстоянии от земной поверхности ускорение свободного падения составляет 1% от значения на Земле?

### **Решение:**

Подстановка в формулу дает  $P(410 \text{ км}) = 0.11$  (11%).

Космонавты и предметы на Станции находятся в состоянии невесомости, поскольку действие силы тяжести компенсируется действием центробежной силы.

Выразим расстояние, для которого имеет место ослабление z:

$$z(P) = R \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{1-P}} - 1 \right)^2$$

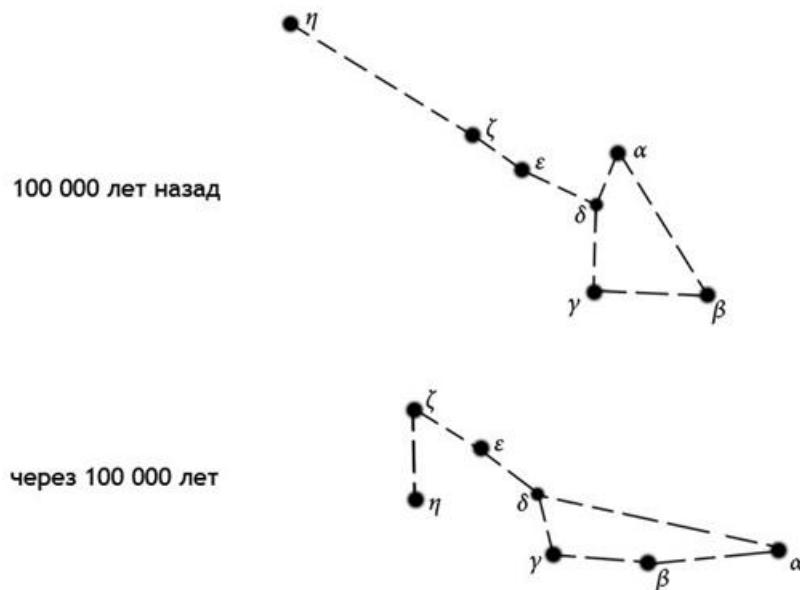
Отсюда  $z(99\%) = 57339 \text{ км}$

### **Критерии оценивания:**

- верно вычислен коэффициент ослабления (**2 балла**);
- указано влияние центробежной силы (**2 балла**);
- выражение для вычисления расстояния, на котором имеет место определенное ослабление ускорения свободного падения (**2 балла**)
- верно вычислено расстояние из предыдущего пункта (1 балл)

**Максимум – 8 баллов.**

### Задача 3



На рисунке изображен вид воображаемой фигуры из ярких звезд созвездия в исторической перспективе: какой была фигура 100000 лет назад и какой будет через 100000 лет. Определите, какой это астеризм и какому созвездию он принадлежит. Что обозначают греческие наименования звезд астеризма? С чем связано изменение формы астеризма со временем?

Известно, что звезда  $\alpha$  находится на расстоянии 123 световых года от земного наблюдателя, а  $\zeta$  — на 78 световых лет. С чем может быть связано, что более близкая звезда видна как более тусклая?

#### Решение

По количеству звезд в астеризме и приблизительной форме легко узнать «ковш» Большой Медведицы. Греческие наименования звезд присваиваются в порядке убывания видимой звездной величины («яркости»). Форма астеризма изменяется из-за собственного движения звезд. Видимая звездная величина определяется как расстоянием до звезды («закон обратных квадратов»), так и ее физическими свойствами — размером, интенсивностью излучения, стадией жизненного цикла.

#### Критерии оценивания:

В задаче 4 вопроса, по 2 балла за каждый верный ответ.

**Максимум – 8 баллов.**

#### **Задача 4**

Сыктывкарский любитель астрономии Николай наблюдает в рефлектор Ньютона некий объект и видит его как размытое округлое туманное пятно с диаметром около 13–15 угловых минут (для сравнения, угловой диаметр Юпитера не превышает 50 секунд). Спустя 20 минут от начала наблюдения Николай замечает, что туманное пятно имеет сложную структуру, оно неоднородное, имеет центральную яркую часть и более тусклую периферийную, на его поверхности то и дело мерцают небольшие точки.

Предположите, объект какого типа наблюдает Николай?

С чем связано изменение вида объекта в течение времени наблюдения?

Учитывая, что склонение объекта составляет  $36^\circ$ , а широта Сыктывкара  $61^\circ 40'$  северной широты, оцените, можно ли провести описанное наблюдение непосредственно под Сыктывкаром?

#### **Решение:**

Исходя из описания — круглый и довольно крупный объект, вспыхивающие в нем отдельные звезды — речь идет о шаровом звездном скоплении.

Видимое изменение структуры за 20 минут, очевидно, связано с темновой адаптацией глаза наблюдателя. За прошедшее время сильнее раскрывается зрачок глаза, восстанавливается светочувствительность палочек, и наблюдатель видит больше подробностей строения объекта.

Минимальная высота, на которой можно наблюдать объект в Сыктывкаре

$$h_{min} = \delta - (90^\circ - \varphi).$$

$H_{min} = 36^\circ - (90^\circ - 61^\circ 40') = 7^\circ 40' > 0$ , следовательно объект можно наблюдать в Сыктывкаре.

#### **Критерии оценивания:**

- определено шаровое скопление (**3 балла**);
- определена причина изменения его внешнего вида (**3 балла**);
- определены условия видимости объекта в Сыктывкаре.

**Максимум – 8 баллов.**

#### **Задача 5**

Сопоставьте объектам из списка 1–7 расстояния из списка А–Г, ориентируясь на характерные масштабы в космическом пространстве.

#### **Список объектов:**

7. Облако Оорта (предполагаемая внешняя граница Солнечной системы)
8. Туманность Улитка (близкая планетарная туманность)
9. Шаровое скопление Омега Центавра
10. Галактика Андромеды (M31, ближайшая крупная спиральная галактика)
11. Скопление галактик в Деве (ядро Местного сверхскопления)
12. Квазар 3C 273 (один из самых ярких квазаров)

**Список расстояний (в парсеках):**

- A)** 4900
- B)** 735000000
- C)** 200
- D)** 770000
- E)** 0.3
- F)** 20000000

**Решение:**

1-E, 2-C, 3-A, 4-D, 5-F, 6-B

**Критерии оценивания:**

Чем больше правильных указанных соотношений расстояний между объектами, тем выше выставляется балл,

**Максимум – 8 баллов.**

**Задача 6**

07 сентября 2025 года жители северо-западной части России многие с огромным удовольствием наблюдали полное лунное затмение. Но вспомним о жителях Луны!

- какое астрономическое явление наблюдалось 07 сентября 2025 года на Луне?
- какова длительность этого явления в сравнении с его земным вариантом?
- как часто на Луне виден восход Земли?
- как движется Земля по лунному небу?

**Решение:**

1. Поскольку Луна, Земля и Солнце выстраиваются в моменты затмений в одну линию, на Луне наблюдалось солнечное затмение.
2. Солнечное затмение длится на Луне несколько часов, поскольку угловой диаметр диска Земли в 4 раза больше диаметра диска Солнца, тогда как полная фаза затмения на Земле не превышает 7 с небольшим минут.
3. Никогда, поскольку Луна повернута всегда одной стороной к Земле.
4. Немного покачивается вследствие медленных колебаний Луны (которые вызывают либрацию).

**Критерии оценивания:**

На каждый верный ответ приходится 2 балла.

**Максимум – 8**

**Задача 1**

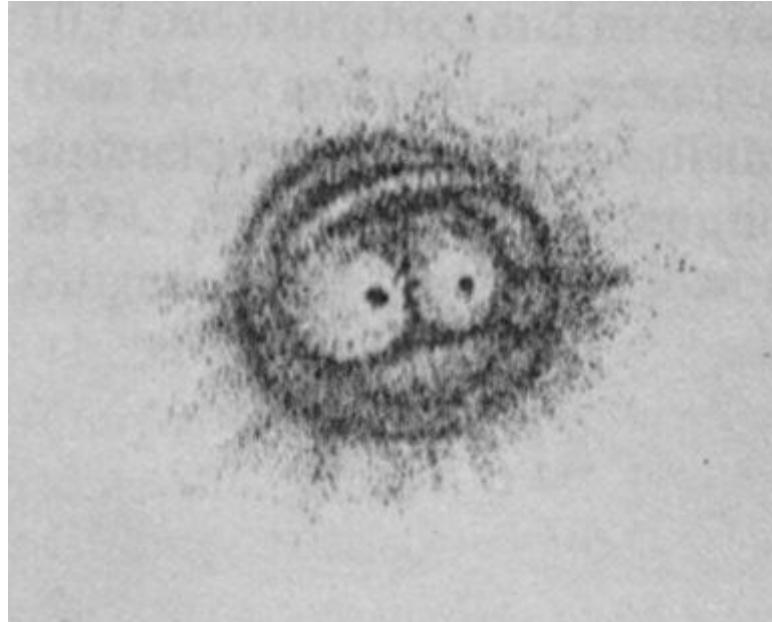


Этот снимок сделан любителем астрономии из Сыктывкара Владимиром Горбуновым. Съемка производилась с балкона городского дома, фокусное расстояние телескопа, служившего объективом — 1800 мм.

5. Какого типа конструкции, вероятнее всего, был телескоп?
6. Расстояние до одной из звезд на снимке около 40 млн световых лет. Почему все прочие звезды на снимке находятся расстоянии не более 100 тыс. световых лет от наблюдателя? Где вероятнее всего находится далекая звезда и почему она сопоставима по яркости с более близкими?

**Максимум – 8 баллов.**

## **Задача 2**



Перед вами зарисовка планетарной туманности «Сова», сделанная в 1848 году астрономом Уильямом Парсонсом. Как образуются планетарные туманности? Расстояние «Совы» составляет 2025 световых лет, её возраст — 6000 лет, а видимые с Земли размеры около  $3.3' \times 3.3'$ . Оцените среднюю линейную скорость разбегания вещества в планетарной туманности (ответ в системе СИ).

**Максимум – 8 баллов.**

## **Задача 3**

Млечный путь состоит из миллиардов звезд, точное число которых определить довольно сложно. Исследования близлежащих областей Галактики показали, что локальная плотность расположения звезд составляет примерно  $0.05$  звезды/(св. год)<sup>3</sup>. Считая для простоты, что Млечный путь имеет форму цилиндра диаметром 100000 св. лет и высотой 1000 св. лет рассчитайте приблизительное число звезд в Галактике.

**Максимум – 8 баллов.**

## **Задача 4**

Международная космическая станция (МКС) движется по орбите, проходящей на высоте около 410 км над земной поверхностью. При удалении от Земли уменьшается ускорение свободного падения, коэффициент его ослабления  $P$  можно найти по формуле:

$$P(z) = 1 - \left( \frac{1}{1 + \frac{z}{R}} \right)^2$$

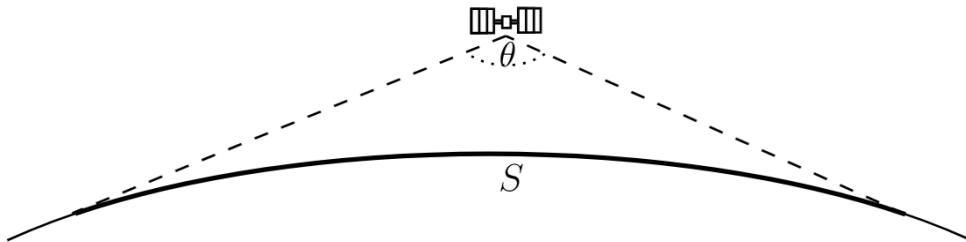
Здесь  $z$  — высота над поверхностью Земли,  $R$  — радиус Земли. Выведите эту формулу.

Определите коэффициент ослабления (в долях или процентах) ускорения свободного падения на МКС. Почему несмотря на то, что ускорение свободного падения остается ненулевым, космонавты и предметы на Станции пребывают в невесомости?

На каком расстоянии от земной поверхности ускорение свободного падения составляет 1% от значения на Земле?

**Максимум – 8 баллов.**

### Задача 5



Рассчитайте из геометрических соображений, с какой полнотой могут видеть земную поверхность космонавты на МКС:

- угол обзора  $\theta$ ;
- долю площади земной поверхности, доступной для обзора космонавтам в каждый момент времени.

**Максимум – 8 баллов.**

### Задача 6

Сыктывкарский любитель астрономии Максим фотографирует мельчайшие подробности спиральных рукавов галактик из каталога Мессье. Для работы он использует рефлектор Ньютона диаметром 200 мм и фокусным расстоянием 1000 мм. Астрокамера, которую он применяет, имеет квадратную матрицу со стороной 11,31 мм и разрешением  $3008 \times 3008$  пикселей. Почему текущая конфигурация оборудования не позволит Максиму качественно отснять мелкие детали интересующих его объектов? Какое минимальное фокусное расстояние телескопа требуется для решения его задачи? Учтите, что для надежного сохранения информации требуется, чтобы на один элемент телескопа разрешения по Рэлею приходилось не менее 2 пикселей матрицы.

Разрешающая способность телескопа (формула Рэлея)  $\theta = 1.22 * \lambda / D * (206265'')$ , где  $D$  — диаметр объектива

Длина волны видимого света  $\lambda = 550$  нм

Коэффициент пересчета углового размера участка на небе в пиксели

$k = (p / F) * 206265$ ,  $[k] = ''/\text{пикс.}$ ,  $p$  — размер пикселя,  $F$  — фокусное расстояние телескопа.

**Максимум – 8 баллов.**

**10-11 класс (РЕШЕНИЯ и КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ. Максимум – 48 баллов)**

**Задача 1**



Этот снимок сделан любителем астрономии из Сыктывкара Владимиром Горбуновым. Съемка производилась с балкона городского дома, фокусное расстояние телескопа, служившего объективом — 1800 мм.

7. Какого типа конструкции, вероятнее всего, был телескоп?
8. Расстояние до одной из звезд на снимке около 40 млн световых лет. Почему все прочие звезды на снимке находятся расстоянии не более 100 тыс. световых лет от наблюдателя? Где вероятнее всего находится далекая звезда и почему она сопоставима по яркости с более близкими?

**Решение:**

3. Фокусное расстояние во многом определяет габариты телескопа. Рефрактор и рефлектор с фокусным расстоянием 1800 мм будут иметь соответствующую длину, что делает крайне непрактичным (или даже невозможным) использование их в условиях балкона. Компактными и длиннофокусными являются телескопы-катадиоптрики, в частности, оптическая схема Максутова, которая и имела место.
4. Единственная звезда, отличная от остальных на снимке, находится рядом с ядром галактики NGC7331 в центре рисунка, и принадлежит она этой галактике, что определяет расстояние до нее. Она является сверхновой, что обеспечивает ее высокую яркость. Остальные звезды на снимке принадлежат галактике Млечный путь.

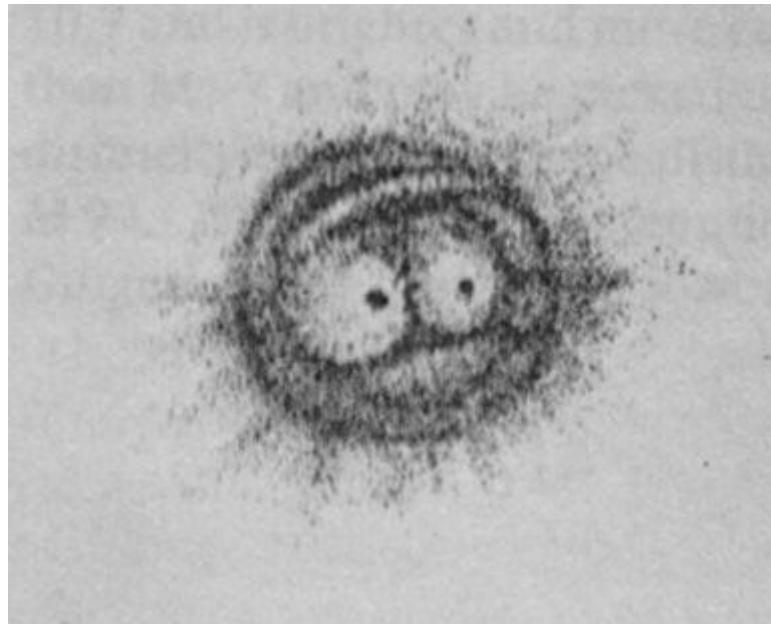
**Критерии оценивания:**

Анализ и верное определение типа телескопа — 2 балла

Определение звезды в другой галактике — 3 балла

Идентификация сверхновой — 3 балла

### Задача 2



Перед вами зарисовка планетарной туманности «Сова», сделанная в 1848 году астрономом Уильямом Парсонсом. Как образуются планетарные туманности? Расстояние «Совы» составляет 2025 световых лет, её возраст — 6000 лет, а видимые с Земли размеры около  $3.3' \times 3.3'$ . Оцените среднюю линейную скорость разбегания вещества в планетарной туманности (ответ в системе СИ).

#### Решение:

Планетарные туманности образуются при сбросе внешней оболочки красного гиганта. В центре планетарной туманности остается белый карлик.

Для расчета используется простая формула длины дуги окружности для малого угла

$X = R \times \alpha$ , где  $R$  — радиус окружности,  $\alpha$  — угол в радианах.

Отсюда получаем  $X = 6.4 \times 10^{15}$  м, скорость  $V = 0.33 \times 10^5$  м/с.

#### Критерии оценивания:

- указан механизм возникновения планетарных туманностей — 3 балла
- верно записаны формулы для расчета — 2 балла
- верно произведены перевод единиц в систему СИ и расчет скорости — 3 балла

### Задача 3

Млечный путь состоит из миллиардов звезд, точное число которых определить довольно сложно. Исследования близлежащих областей Галактики показали, что локальная плотность расположения звезд составляет примерно  $0.05$  звезды/(св.год)<sup>3</sup>. Считая для простоты, что Млечный путь имеет форму цилиндра диаметром 100000 св. лет и высотой 1000 св. лет рассчитайте приблизительное число звезд в Галактике.

#### Решение

Используем обычную формулу для объема цилиндра:

$$N = V \cdot \rho = \pi \cdot R^2 \cdot h \cdot \rho$$

По данным задачи рассчитываем:  $N = 393 \times 10^{19}$  звезд.

#### Критерии оценивания:

- верно записана формула объема цилиндра (**4 балла**);
- верно произведен расчет (**4 баллов**);

#### Задача 4

Международная космическая станция (МКС) движется по орбите, проходящей на высоте около 410 км над земной поверхностью. При удалении от Земли уменьшается ускорение свободного падения, коэффициент его ослабления  $P$  можно найти по формуле:

$$P(z) = 1 - \left( \frac{1}{1 + \frac{z}{R}} \right)^2$$

Здесь  $z$  — высота над поверхностью Земли,  $R$  — радиус Земли. Выведите эту формулу.

Определите коэффициент ослабления (в долях или процентах) ускорения свободного падения на МКС. Почему несмотря на то, что ускорение свободного падения остается ненулевым, космонавты и предметы на Станции пребывают в невесомости?

На каком расстоянии от земной поверхности ускорение свободного падения составляет 1% от значения на Земле?

#### Решение:

Вывод формулы:

$$g(z) = \gamma \frac{M}{(R+z)^2} \implies P(z) = 1 - g(z)/g(0) = 1 - \left( \frac{R}{R+z} \right)^2 = 1 - \left( \frac{1}{1 + \frac{z}{R}} \right)^2$$

Подстановка в формулу дает  $P(410 \text{ км}) = 0.11$  (11%).

Космонавты и предметы на Станции находятся в состоянии невесомости, поскольку действие силы тяжести компенсируется действием центробежной силы.

Выразим расстояние, для которого имеет место ослабление  $z$ :

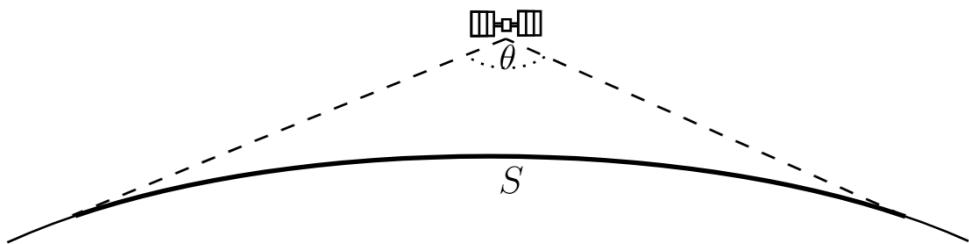
$$z(P) = R \cdot \left( \frac{1}{\sqrt{1-P}} - 1 \right)^2$$

Отсюда  $z(99\%) = 57339 \text{ км}$

#### Критерии оценивания:

- верно выведена формула (3 балла)
- верно вычислен коэффициент ослабления (**1 балл**);
- указано влияние центробежной силы (**1 балл**);
- выражение для вычисления расстояния, на котором имеет место определенное ослабление ускорения свободного падения (**2 балла**)
- верно вычислено расстояние из предыдущего пункта (1 балл)

### Задача 5



Рассчитайте из геометрических соображений, с какой полнотой могут видеть земную поверхность космонавты на МКС:

- угол обзора  $\theta$ ;
- долю площади земной поверхности, доступной для обзора космонавтам в каждый момент времени.

**Решение:**

$$\theta = 2 \cdot \arcsin \left( \frac{R}{R+z} \right) = 139.9^\circ$$

$$2\pi R^2 (1 - \cos(90^\circ - \theta/2)) / (4\pi R^2) = 3\%$$

**Критерии оценивания:**

- рассчитан угол обзора (3 балла)
- рассчитана доля видимой поверхности (5 баллов)

### Задача 6

Сыктывкарский любитель астрономии Максим фотографирует мельчайшие подробности спиральных рукавов галактик из каталога Мессье. Для работы он использует рефлектор Ньютона диаметром 200 мм и фокусным расстоянием 1000 мм. Астрокамера, которую он применяет, имеет квадратную матрицу со стороной 11,31 мм и разрешением  $3008 \times 3008$  пикселей. Почему текущая конфигурация оборудования не позволяет Максиму качественно отснять мелкие детали интересующих его объектов? Какое минимальное фокусное расстояние телескопа требуется для решения его задачи? Учтите, что для надежного сохранения информации требуется, чтобы на один элемент телескопа разрешения по Рэлею приходилось не менее 2 пикселей матрицы.

Разрешающая способность телескопа (формула Рэлея)  $\theta = 1.22 * \lambda / D * (206265'')$

Длина волны видимого света  $\lambda = 550$  нм

Коэффициент пересчета углового размера участка на небе в пиксели

$k = (p / F) * 206265$ ,  $[k] = ''/\text{пикс.}$ ,  $p$  — размер пикселя,  $F$  — фокусное расстояние телескопа.

**Решение:**

Рассчитаем по формулам:

$$\theta = 1.22 * (550 * 10^{-9}) / 0.2 * 206265 \approx 0.69''$$

Из геометрических соображений вычисляем размер одного пикселя матрицы

$$p = 3.8 * 10^{-6} \text{ м}$$

Коэффициент пересчета

$$k = (3.8 * 10^{-6} / 1) * 206265 \approx 0.78''/\text{пикс}$$

Получили, что элемент разрешения  $0.69''$  попадает на пиксель с масштабом  $0.78''/\text{пикс}$ , то есть «проваливается» в пиксель. Для решения задачи требуется обеспечить такие технические параметры системы, чтобы масштабный коэффициент составлял порядка  $k=0.35''/\text{пикс}$ . Для этого можно применить камеру с меньшим размером пикселя, а можно подобрать телескоп с большим фокусным расстоянием, а именно  $F_{\text{new}}/F = 0.78/0.35 = 2.27$ .

Таким образом, задачу астронома решает труба телескопа с фокусным расстоянием, превышающим 2.27 м.

**Критерии оценивания:**

- рассчитана разрешающая способность телескопа (1 балл);
- рассчитан размер пикселя матрицы камеры (2 балла)
- рассчитан масштабный коэффициент (1 балл)
- обоснована техническая несостоительность системы (2 балла)
- рассчитано требуемое фокусное расстояние (1 балл)

**Максимум – 8 баллов.**