

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 расстояний 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 Максудова, 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.

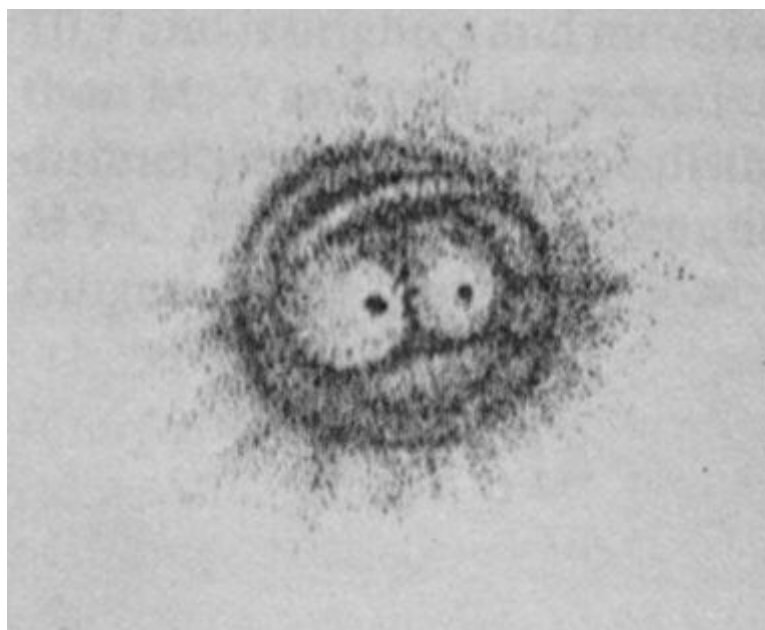
Критерии оценивания:

Анализ и верное определение типа телескопа — 2 балла

Определение звезды в другой галактике — 3 балла

Идентификация сверхновой — 3 балла

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, α — 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)³. 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 :

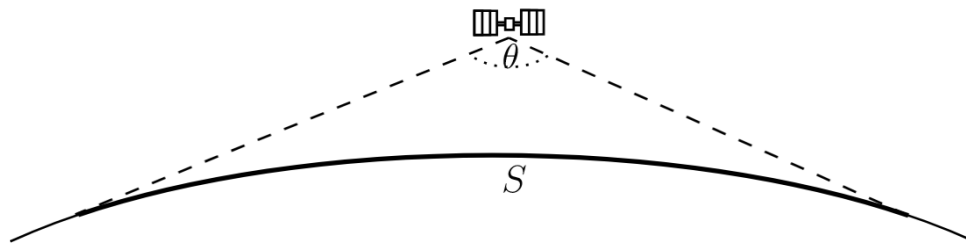
$$z(P) = R \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1-P}} - 1 \right)^2$$

Отсюда $z(99\%) = 57339$ км

Критерии оценивания:

- верно выведена формула (3 балла)
- верно вычислен коэффициент ослабления (1 балла);
- указано влияние центробежной силы (1 балла);
- 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 θ ;
- 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

3008×3008 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) $\theta = 1.22 * \lambda / D * (206265'')$

Длина волны видимого света $\lambda = 550$ нм

Коэффициент пересчета углового размера участка на небе в пиксели

$k = (p / F) * 206265$, [k] = ''/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''/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 несостоятельность системы (2 балла)
- рассчитано требуемое фокусное расстояние (1 балл)

Максимум – 8 баллов.