

LXXX Московская астрономическая олимпиада (2026 г.)

Теоретический тур. Решения и критерии оценивания

8 класс

Задача 1

В 1838 году Фридрих Вильгельм Бессель впервые измерил годичный параллакс звезды 61 Лебеда. Измеренное им значение составило $p_B = 0.3136''$; при этом астроном указал, что свет от звезды до Земли идёт 10.28 года. Опираясь на эти данные и учитывая, что в ту эпоху горизонтальный параллакс Солнца на экваторе принимался равным $\pi_\odot = 8.6''$, найдите величину скорости света, которую использовал Бессель, в астрономических единицах за год и в километрах в секунду. Современное значение параллакса этой звезды $p_0 = 0.2860''$. Во сколько раз дольше идёт свет от 61 Лебеда, чем предполагал Бессель?

Решение. Зная параллакс, мы можем определить расстояние до звезды в парсеках и астрономических единицах:

$$L_B = \frac{1}{p_B}(\text{пк}) = \frac{206265}{p_B}(\text{а. е.}),$$

где 206 265 — число астрономических единиц в парсеке (а также число угловых секунд в радиане). Подставив численное значение p_B , получим $L_B = 3.189 \text{ пк} = 657\,700 \text{ а. е.}$. Тогда скорость света, использованная Бесселем, равна

$$c_B = \frac{657700}{10.28} \approx 63\,980 \text{ а. е./год.}$$

К XIX веку фигура Земли была измерена столь хорошо, что уже было известно отличие полярного и экваториального радиусов, поэтому можем смело использовать значение радиуса Земли R_\oplus из справочных данных. Тогда расстояние до Солнца равно

$$a_B = \frac{R_\oplus}{\pi_\odot} \cdot 206\,265 = \frac{6370}{8.6} \cdot 206\,265 = 152\,800\,000 \text{ км.}$$

Тогда скорость света в километрах в секунду

$$c_B = \frac{63\,980 \text{ а. е.} \cdot 152\,800\,000 \text{ км}}{1 \text{ год} \cdot 365.25 \text{ сут/год} \cdot 86\,400 \text{ с/сут}} = 310\,000 \text{ км/с.}$$

Полученное нами значение даже ближе к современному, чем значение, определённое спустя 11 лет в лабораторном эксперименте Физо.

Ответим на последний вопрос задачи. Современное значение расстояние до 61 Лебеда равно

$$L = \frac{1}{p_0} = 3.496 \text{ пк} = 3.496 \cdot 3.262 \text{ св. лет} = 11.40 \text{ св. лет.}$$

Следовательно, свет от звезды идёт 1.1 раза дольше, чем предсказал Бессель.

Возможная ошибка. Для определения расстояния до звезды в километрах для измерения Бесселя неправильно использовать стандартную величину парсека в километрах $1 \text{ пк} = 3.086 \cdot 10^{13} \text{ км}$, поскольку это значение неявно использует современную величину астрономической единицы.

Критерии проверки

- | | |
|--|----------------|
| 1. Расстояние до звезды в а. е. по Бесселю | 1 балл |
| 2. Скорость света в а. е./год по Бесселю | 2 балла |
| 3. Расстояние до Солнца по Бесселю | 1 балл |
| 4. Скорость света в км/с по Бесселю | 2 балла |
| Если для пересчёта астрономических единиц в километры используется современное значение астрономической единицы, баллы за пп. 3 и 4 не выставляются. | |
| 5. Современное расстояние до звезды | 1 балл |
| 6. Во сколько раз дольше идёт свет от 61 Лебеда, чем предполагал Бессель | 1 балл |

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(Е. Н. Фадеев)

Задача 2

В некотором году полнолуние пришлось точно на день весеннего равноденствия (в ночь с 19 на 20 марта). В этом году вы планируете выезд на наблюдения в место (в России) с тёмным небом, чтобы с телескопом изучать слабые туманные объекты: галактики, туманности. Вам предлагают выбрать одну из двух ночей — с 12 на 13 марта или с 26 на 27 марта. Метеоусловия в обе даты будут идеальными. Какую ночь целесообразнее выбрать для наблюдений и почему?

Решение. Для наблюдения слабых туманных объектов необходимо очень тёмное небо. Яркая Луна будет сильно засвечивать небо, ухудшая условия наблюдений вплоть до невозможности увидеть намеченные объекты.

Наблюдения можно провести за семь дней до полнолуния или через семь дней после него. Можно сделать вывод, что в обоих случаях будет освещена примерно половина диска Луны, а сама Луна видна примерно половину ночи. За неделю до полнолуния Луна находится вблизи первой четверти: она восходит днём и заходит около полуночи. Через неделю после полнолуния Луна вблизи третьей четверти восходит во второй половине ночи. На первый взгляд кажется, что условия наблюдений почти одинаковые: 12–13 марта плохие условия для наблюдений продлятся до захода Луны, а 26–27 марта ночь перестанет быть тёмной после восхода Луны.

Если остановиться на этом выводе и начать искать другие факторы, которые могут повлиять на выбор даты наблюдений, то стоит обратить внимание на продолжительность ночи. От 12–13 до 26–27 марта склонение Солнца быстро увеличивается и вместе с ним увеличивается долгота дня (примерно на 30 минут на широте Москвы) и сокращается продолжительность ночи. Следовательно, более ранняя дата наблюдений (12–13 марта) выглядит предпочтительнее.

Однако вернёмся к Луне и посмотрим на ситуацию более внимательно. В день весеннего равноденствия Солнце проходит через точку весеннего равноденствия, которая находится в созвездии Рыбы. Полная Луна находится в противоположной части неба, то есть в созвездии Девы. За неделю до равноденствия Луна находится в созвездии Тельца в районе точки летнего солнцестояния. Это значит, что склонение Луны положительно и она проводит над горизонтом больше половины суток, примерно как Солнце в начале лета. Наоборот, через неделю после равноденствия Луна окажется в созвездии Стрельца рядом с точкой зимнего солнцестояния. В это время склонение Луны отрицательно, а значит, она проводит над горизонтом меньше половины суток, примерно как Солнце в начале зимы. Поэтому при наблюдении 26–27 марта будет на несколько часов больше времени, пригодного для наблюдений.

Критерии проверки

1. Основной фактор — время нахождения Луны над горизонтом **1 балл**
2. В оба выбранных дня освещена примерно половина диска Луны **1 балл**
Если участник пришёл к выводу, что условия наблюдений одинаковые в оба дня, оценка не может превышать 2 баллов.
3. Долгота ночи неодинакова в возможные дни наблюдений **1 балл**
Если участник делает выбор дня на основании большей долготы ночи в начале марта, в отсутствие дальнейших рассуждений об изменении склонения Луны, он получает дополнительный балл, а оценка за задачу не может превышать 4 баллов.
4. Склонение Луны в указанные дни разное **1 балл**
5. Понимание связи склонения Луны с её видимым временем над горизонтом **1 балл**
6. В конце марта склонение Луны меньше, чем в начале **1 балл**
7. Правильный окончательный вывод с обоснованием **2 балла**
Правильный ответ без обоснования — 0 баллов

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(М. В. Силантьев)

Задача 3

Астроном на спутнике Юпитера Амальтея проводит регулярные наблюдения спутника Ио в моменты, когда Ио располагается на небе в противоположном Юпитеру направлении. Однажды он в нужный момент не смог увидеть Ио на небе. Определите, как часто проводит наблюдения за Ио астроном и спустя какое минимальное время он опять не сможет во время таких наблюдений разглядеть Ио. Считайте, что спутники движутся в плоскости экватора Юпитера, а ось вращения планеты перпендикулярна плоскости его орбиты.

Спутник	Радиус орбиты, км	Период обращения
Амальтея	181 400	12 ч
Ио	421 800	1.7627 сут

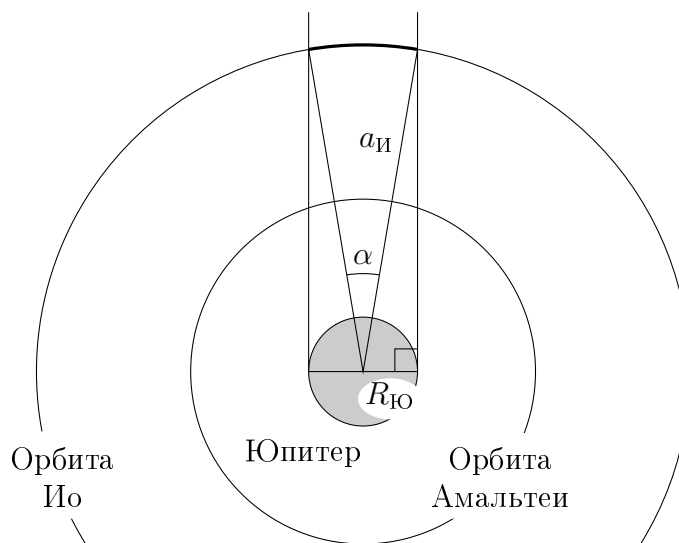
Решение. Промежуток времени между последовательными противостояниями Ио для наблюдателя на Амальтее — это синодический период движения Ио относительно Амальтеи. Используем уравнение синодического движения, связывающее звёздные периоды обращения Амальтеи T_A и Ио T_I с их синодическим периодом S_{AI} :

$$\frac{1}{S_{AI}} = \frac{1}{T_A} - \frac{1}{T_I} \Rightarrow S_{AI} = \frac{T_I \cdot T_A}{T_I - T_A} = \frac{1.7627 \cdot 0.5}{1.7627 - 0.5} \approx 0.7 \text{ сут} \approx 16 \text{ ч } 45 \text{ мин.}$$

Таким образом, астроном проводит наблюдения примерно каждые 16.8 часа.

Во время противостояния Ио может быть не видим с Амальтеи по одной причине: спутник находится в тени Юпитера. Поскольку Юпитер движется вокруг Солнца, промежуток времени между последовательными вхождением Ио в тень будет больше орбитального периода Ио, но незначительно из-за очень большого орбитального периода Юпитера.

Определим долю орбиты Ио, которая расположена в тени Юпитера. Будем считать, что тень Юпитера имеет форму цилиндра. Ниже мы проверим, насколько это приближение верно.



Длина дуги орбиты, оказавшаяся в тени, в угловой мере можно посчитать разными способами. Из прямоугольного треугольника, образованного границей тени и радиусами Юпитера $R_{Ю}$ (дан

в справочных данных) и орбиты Ио $a_{\text{И}}$, воспользовавшись определением синуса, получим

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{R_{\text{Ю}}}{a_{\text{И}}} \Rightarrow \alpha = 2 \arcsin \frac{R_{\text{Ю}}}{a_{\text{И}}} \approx 19^\circ.$$

Можно изначально предположить, что угол α невелик, а вырезаемая им дуга орбиты примерно равна ширине тени. Тогда

$$\alpha \approx 2 \cdot \frac{R_{\text{Ю}}}{a_{\text{И}}} \approx 0.33 \text{ рад} \approx 19^\circ.$$

Время, которое Ио проводит в тени Юпитера, равно

$$t = \frac{\alpha}{360} \cdot T_{\text{И}} \approx 0.093 \text{ сут} \approx 2.2 \text{ ч.}$$

Если изначально предполагать, что длина участка орбиты, находящегося в тени, равна ширине тени, то искомое время можно найти, вообще не вычисляя угол α , сравнив эту величину с длиной орбиты Ио:

$$t = \frac{2R_{\text{Ю}}}{2\pi a_{\text{И}}} \cdot T_{\text{И}} \approx 2.2 \text{ ч.}$$

Какие неучтенные эффекты могли повлиять на это время? Во-первых, сужение тени. Угловой размер Солнца на расстоянии Юпитера примерно в пять раз меньше, чем на Земле, то есть примерно $6'$. Под таким же углом сходится конус тени Юпитера. Значит, мы завысили α на $6'$ или 0.5%, что незначительно.

Ио — довольно крупный спутник, но свой диаметр в орбитальном движении он проходит за 3 минуты, что также мало по сравнению с полученным временем.

Дальше можем действовать методом подбора. Ио вновь окажется в тени Юпитера спустя 42.3, 84.6, 126.9, ... часов после попадания в тень, указанного в условии. Моменты противостояния будут наступать через 16.75, 33.5, 50.25, 67, 83.75, 100.5, ... часов. Заметим, что первое прохождение тени происходит примерно посередине между двумя противостояниями. Зато пятое противостояние произойдет за 0.86 часа до завершения второго оборота Ио, что составляет 40% от времени t . Значит, повторно неудачные для наблюдения условия могут повториться через 83.75 часа или примерно через 3.5 суток.

Замечание. Может показаться, что наблюдениям Ио может мешать Солнце. Следует учесть, что Ио — очень яркий спутник, а у Амальтеи нет атмосферы. Таким образом, нет яркого свечения неба, которое могло бы затмить свет спутника. Серп Ио будет оставаться достаточно ярким вплоть до тесного сближения с Солнцем; кроме того, ярко освещенный Юпитер в эти моменты будет подсвечивать Ио, вызывая пепельное свечение, подобное пепельному свечению Луны.

Критерии проверки

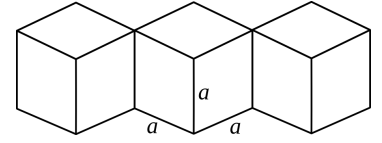
1. Определение синодического периода $S_{\text{АИ}}$ **2 балла**
2. Причина невозможности наблюдения Ио — заход в тень Юпитера **2 балла**
Если причиной является невидимость на фоне яркого Солнца, то выставляется 1 балл
3. Вычисление времени нахождения Ио в тени Юпитера **2 балла**
При решении в два шага (угол \rightarrow время) — по 1 баллу за каждый шаг.
4. Правильный конечный ответ **2 балла**
Если рассматривается прохождение Ио вблизи Солнца, то последний пункт не засчитывается полностью, а п. 3 оценивается в зависимости от принятых ограничений на расстояние до Солнца.

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(М. В. Силантьев)

Задача 4

Весёлые инопланетяне решили сделать новогоднюю гирлянду вокруг Солнца. Для этого они всю карликовую планету Цереру переработали на множество кубиков, которые соединили рёбрами, как показано на рисунке. Радиус этой замкнутой цепочки равен радиусу орбиты Цереры ($R = 2.77$ а.е.). Масса Цереры равна $M = 9.38 \cdot 10^{20}$ кг, а её средняя плотность $\rho = 2.16$ г/см³. Определите длину ребра одного кубика a и число кубиков, составивших гирлянду.



Решение. Длина всей гирлянды равна длине орбиты Цереры:

$$L = 2\pi R \approx 17.4 \text{ а.е.} \approx 2.60 \cdot 10^9 \text{ км.}$$

Пусть N — число кубиков. Тогда длина диагонали стороны (грани) кубика равна $l = L/N$. С другой стороны, эту же величину можно вычислить, зная длину ребра кубика, с помощью теоремы Пифагора: $l = \sqrt{a^2 + a^2} = \sqrt{2}a$.

Объём Цереры равен $V = M/\rho = 9.38 \cdot 10^{20} \text{ кг} / 2.16 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 \approx 4.34 \cdot 10^{17} \text{ м}^3$. Суммарный объём всех кубиков равен объёму Цереры, тогда как объём одного кубика равен a^3 .

Теперь можем записать систему двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} \frac{L}{N} = \sqrt{2}a \\ \frac{V}{N} = a^3 \end{cases} .$$

Выразим N из второго уравнения ($N = V/a^3$) и подставим в первое уравнение. Получим

$$\frac{L}{V}a^3 = \sqrt{2}a \Rightarrow a^2 = \sqrt{2}\frac{V}{L} \Rightarrow a = \sqrt[4]{2}\sqrt{\frac{V}{L}} \approx 486 \text{ м.}$$

Подставив это значение в первое уравнение системы, получим

$$N = \frac{L}{\sqrt{2}a} = \frac{\sqrt{L^3}}{\sqrt[4]{2^3}\sqrt{V}} \approx 3.8 \text{ млрд штук.}$$

Критерии проверки

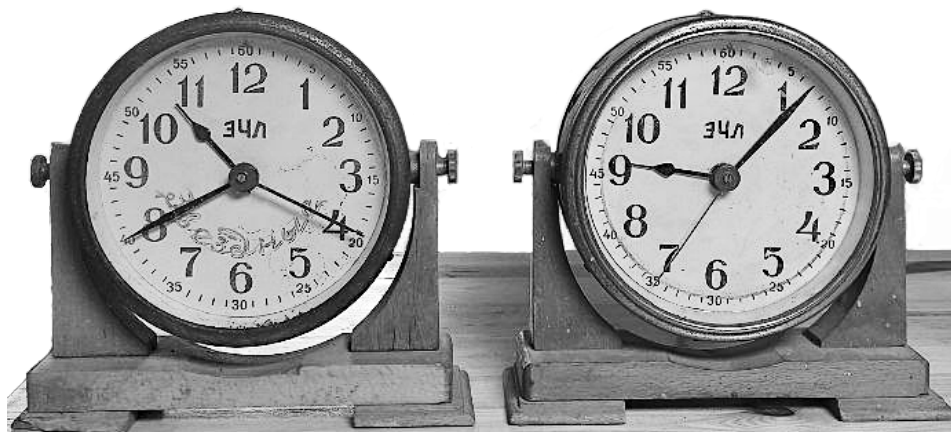
- | | |
|---|------------|
| 1. Вычисление длины орбиты Цереры: формула + значение | 1 + 1 балл |
| 2. Запись системы уравнений | 3 балла |
| 3. Правильное решение системы уравнений | 3 балла |

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(В. Б. Игнатьев)

Задача 5

На фотографии представлены до сих пор работающие часы, которые раньше использовались при наблюдениях на Крымской астрономической станции Московского университета. Слева — часы, идущие по звёздному времени, справа — по солнечному. В какую дату 2024 года была сделана эта фотография?



Решение. Звёздное время численно равно часовому углу точки весеннего равноденствия. В день осеннего равноденствия Солнце и точка весеннего равноденствия занимают противоположные положения на небе, поэтому звёздное и солнечное время совпадают. Поскольку солнечные сутки на 3 минуты 56 секунд длиннее звёздных, через сутки после осеннего равноденствия звёздное время будет опережать солнечное на 3 минуты 56 секунд, через двое суток — на 7 минут 52 секунды и т. д. В день весеннего равноденствия звёздное и солнечное время отличаются на 12 часов, но на часах с двенадцатичасовым циферблатом показания часов в какой-то момент совпадут.

На фотографии часы, идущие по солнечному времени, показывают или 9 часов 07 минут, или 21 час 07 минут. Часы, идущие по звёздному времени, показывают либо 10 часов 40 минут, либо 22 часа 40 минут. Следовательно, звёздное время опережает солнечное или на 1 час 33 минуты, или на 13 часов 33 минуты.

Поскольку звёздные сутки короче солнечных на $\Delta t = 3 \text{ мин } 56 \text{ с} \approx 3.933 \text{ мин}$, накопленная разница во времени t связана с числом прошедших суток n соотношением $t = n \cdot \Delta t$.

В первом случае разница $t_1 = 1 \text{ ч } 33 \text{ мин} = 93 \text{ мин}$ набегает за

$$n_1 = \frac{93}{3.933} \approx 24 \text{ дня,}$$

а во втором — за такое же время, но после дня весеннего равноденствия.

День осеннего равноденствия в разные годы выпадает на 22 и 23 сентября. В 2024 году он был 22 сентября. В сентябре 30 дней, поэтому остается ещё 8. Тогда возможная дата фотографии $24 - 8 = 16$ — 16 октября 2024 года.

День весеннего равноденствия в последние годы выпадает на 20 марта. В марте 31 день, следовательно, до конца месяца со дня равноденствия остается еще 11. Тогда вторая возможная дата фотографии $24 - 11 = 11$ — 13 апреля 2024 года.

Критерии проверки

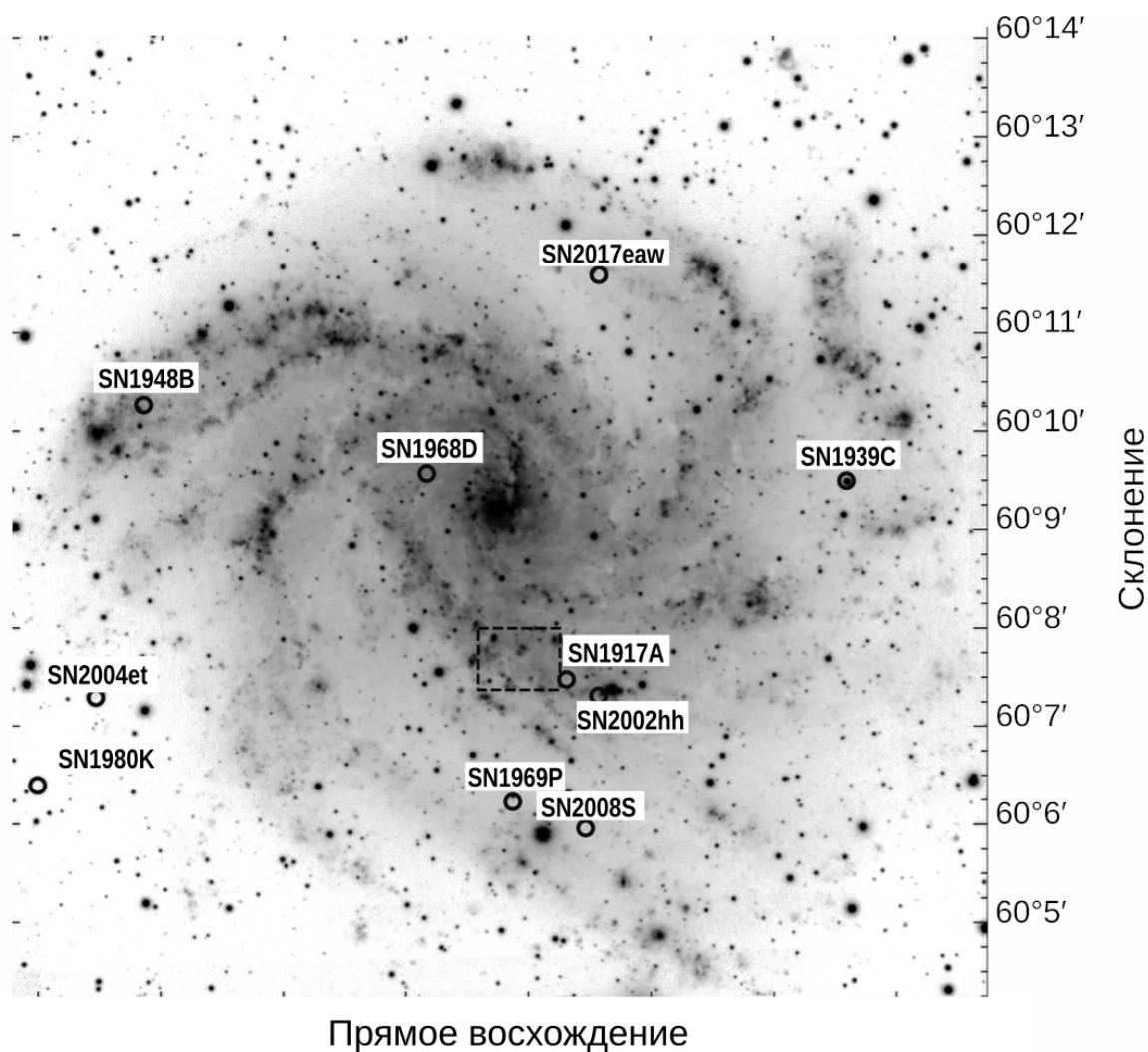
-
- | | |
|--|-----------------|
| 1. Верное определение показаний часов солнечного времени
Правильные значения от $9^{\text{ч}} 07^{\text{м}}$ до $9^{\text{ч}} 07^{\text{м}} 35^{\text{с}}$ (от $21^{\text{ч}} 07^{\text{м}}$ до $21^{\text{ч}} 07^{\text{м}} 35^{\text{с}}$). | 1 балл |
| 2. Верное определение показаний часов звёздного времени
Правильные значения от $10^{\text{ч}} 40^{\text{м}}$ до $10^{\text{ч}} 40^{\text{м}} 21^{\text{с}}$ (от $22^{\text{ч}} 40^{\text{м}}$ до $22^{\text{ч}} 40^{\text{м}} 21^{\text{с}}$). | 1 балл |
| 3. Понимание того, что солнечные сутки длиннее звёздных на $3^{\text{м}} 56^{\text{с}}$
Допустимо использовать значение $4^{\text{м}}$ | 1 балл |
| 4. Понимание того, что циферблат на $12^{\text{ч}}$ может показывать время как для первой, так и для второй половины суток | 1 балл |
| 5. Верное вычисление разности между звёздным и солнечным временем
С точностью, определяемой снятыми показаниями с часов. | 1+1 балл |
| 6. Верное вычисление дат
Если решение основано на ошибочном утверждении о совпадении солнечного и звёздного времени в день весеннего равноденствия, то оценка за последний критерий не выставляется. | 1+1 балл |

Максимальная оценка за задачу **8 баллов**.

(А. М. Татарников)

Задача 6

Галактика NGC 6946 известна под названием «Фейерверк», поскольку за последние сто лет в ней наблюдалось 10 вспышек сверхновых — необычайно высокая частота таких событий. Вам дано негативное изображение этой галактики, на котором отмечены места вспышек сверхновых. Четыре цифры в обозначении сверхновых соответствуют году её вспышки при наблюдении с Земли. Расстояние до галактики составляет $L = 6.9$ Мпк. Считая, что все сверхновые находились в галактическом диске, который виден плашмя (лежит в картинной плоскости), определите, в каком порядке и через какие временные интервалы вспышки сверхновых регистрировались бы гипотетическим наблюдателем, находящимся около места вспышки SN1968D.



Оригинальное изображение взято из статьи [Long et al.](#) и адаптировано для условия задачи.

Решение. Поскольку все сверхновые расположены на одинаковом расстоянии от Солнца, свет проходит до нас одинаковое расстояние за одинаковое время, а порядок вспышек и время между ними определяются только моментами вспышек самих сверхновых.

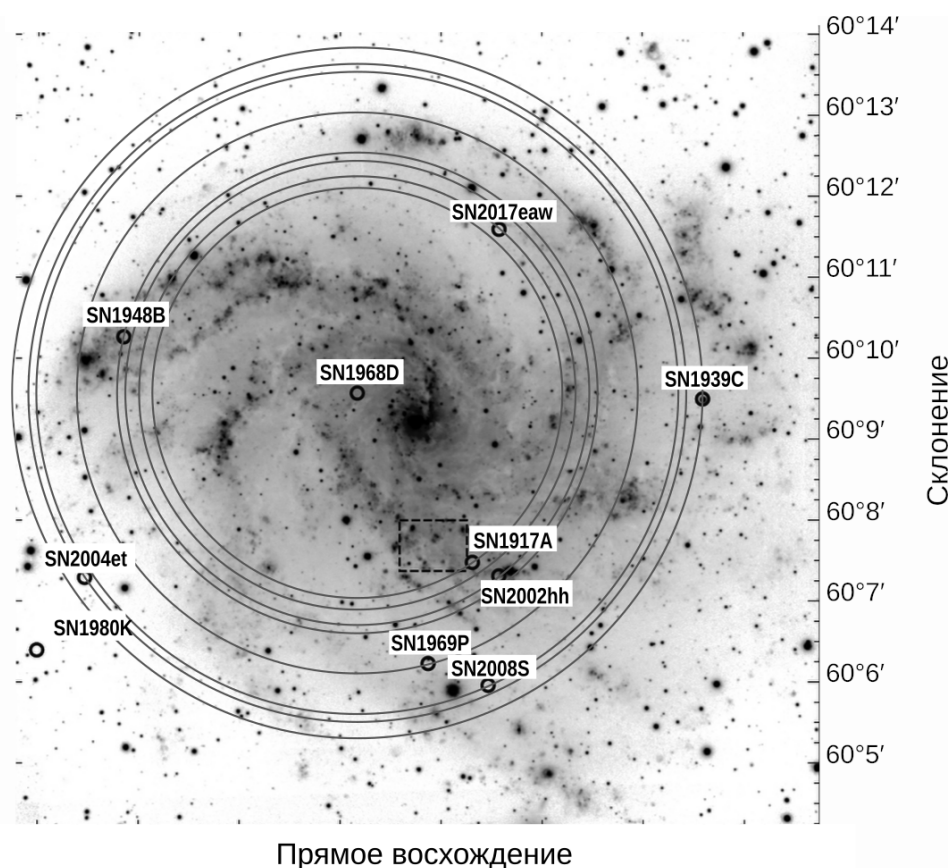
Переведём расстояние до галактики в световые годы. Поскольку $1 \text{ пк} \approx 3.26 \text{ св. лет}$, то $L = 6.9 \cdot 3.26 \cdot 10^6 \approx 22.5 \text{ млн св. лет}$. Определим, под каким углом на расстоянии галактики виден

отрезок длиной $l_{100} = 100$ св. лет:

$$\gamma_{100} = \frac{l_{100}}{L} \cdot 206\,265 \approx 1''.$$

Здесь коэффициент 206 265 служит для перевода радианов в угловые секунды. Одно деление по склонению составляет $15''$, то есть за 100 лет свет проходит всего лишь $1/15$ деления. Это меньше, чем точность измерения линейкой, поэтому в контексте нашей задачи можно смело считать, что все сверхновые вспыхнули одновременно, а порядок вспышек и время между ними полностью определяется расстоянием соответствующей сверхновой до места вспышки SN1968D.

Теперь легко определить порядок. Первой наблюдатель зафиксирует вспышку своей собственной сверхновой (SN1968D), а затем по мере увеличения расстояния будут зафиксированы сверхновые 1917, 2017, 2002, 1948, 1969, 2008, 2004, 1939 и 1980 года. В этом легко можно убедиться, если провести циркулем окружности с центром в SN1968D, проходящие через остальные сверхновые.



С помощью шкалы склонения можно определить масштаб рисунка. Измерив расстояние между сверхновыми и домножив это значение на масштаб, мы получим угловое расстояние между сверхновыми γ_i . Мы будем измерять его в угловых секундах. Тогда линейное расстояние между сверхновыми будет равно

$$l_i = \frac{L\gamma_i}{206265}.$$

Подставляя L в световых годах, получаем расстояния l_i тоже в световых годах, а значит, время после вспышки SN1968D будет численно совпадать с этим значением. Сведём результаты в таблицу.

№	Сверхновая	$\gamma_i, ''$	$l, \text{ св. лет}$	$\Delta t, \text{ лет}$
1	SN1917A	152	16600	16600
2	SN2017eaw	160	17500	900
3	SN2002hh	171	18700	1200
4	SN1948B	178	19400	700
5	SN1969P	207	22600	3200
6	SN2008S	237	25900	3300
7	SN2004et	244	26600	700
8	SN1939C	256	27900	1300
9	SN1980K	305	33300	5400

В последнюю колонку мы добавили интервалы времени от регистрации предыдущей вспышки сверхновой.

Критерии проверки

- | | |
|---|----------|
| 1. Определён правильный порядок сверхновых | 3 |
| 2. Правильный масштаб фотографии | 2 |
| 3. Правильный перевод парсеков в световые годы (формула) | 1 |
| 4. Правильный перевод угловых расстояний в линейные (формула) | 1 |
| 5. Определение временных интервалов | 5 |

В качестве временных интервалов принимаются в равной мере как время от первой вспышки, так и время от предыдущей.

Каждый неверный ответ, возникший от неправильного измерения или ошибок при вычислении, уменьшает оценку за этот пункт на 1 балл. Если дано только 4 или менее правильных ответов, оценка за этот пункт 0 баллов.

Максимальная оценка за задачу **12 баллов**.

(В. Б. Игнатьев)

Справочные данные

Данные о Солнце, Земле, Луне и Галактике

Светимость Солнца	$L_{\odot} = 3.827 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$
Видимая звёздная величина Солнца	$m_{\odot} = -26.78^{\text{m}}$
Абсолютная болометрическая звёздная величина Солнца	$M_{\odot} = 4.72^{\text{m}}$
Эффективная температура Солнца	$T_{\odot} = 5800 \text{ К}$
Солнечная постоянная	$E_{\odot} = 1360.8 \text{ Вт м}^{-2}$
Тропический год	$= 365.24219 \text{ сут}$
Звёздные сутки	$T_{\zeta} = 23 \text{ ч } 56 \text{ мин } 04 \text{ с}$
Наклон экватора к эклиптике	$\varepsilon = 23^{\circ} 26' 21.45''$
Средняя плотность Земли	$\rho_{\oplus} = 5515 \text{ кг/м}^3$
Синодический месяц	$S_{\zeta} = 29.53059 \text{ сут}$
Видимая звёздная величина полной Луны	$m_{\zeta} = -12.7^{\text{m}}$
Число звёзд в нашей Галактике	$= 1 \cdot 10^{11}$
Радиус диска нашей Галактики	$= 20 \text{ кпк}$
Масса нашей Галактики (в массах Солнца)	$= 2 \cdot 10^{12}$

Астрономические и физические постоянные

Гравитационная постоянная	$G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$
Скорость света в вакууме	$c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м с}^{-1}$
Масса протона	$m_{\text{p}} = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса электрона	$m_{\text{e}} = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Астрономическая единица	$1 \text{ а. е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$
Парсек	$1 \text{ пк} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$

Характеристики Солнца, планет и некоторых спутников

Объект	Радиус орбиты, а.е.	Орбитальный период	Масса, кг	Радиус, тыс. км	Осевой период
Солнце			1.989×10^{30}	696	25.38 сут.
Меркурий	0.3871	87.97 сут.	3.302×10^{23}	2.44	58.65 сут.
Венера	0.7233	224.70 сут.	4.869×10^{24}	6.05	243.02 сут.
Земля	1	365.26 сут.	5.974×10^{24}	6.37	23.93 ч
Луна	0.00257	27.32 сут.	7.348×10^{22}	1.74	27.32 сут.
Марс	1.5237	686.98 сут.	6.419×10^{23}	3.40	24.62 ч
Юпитер	5.2028	11.862 лет	1.899×10^{27}	69.9	9.92 ч
Сатурн	9.5388	29.458 лет	5.685×10^{26}	60.3	10.66 ч
Титан	0.00817	15.945 сут.	1.345×10^{23}	2.57	15.945 сут.
Уран	19.1914	84.01 лет	8.683×10^{25}	25.6	17.24 ч
Нептун	30.0611	164.79 лет	1.024×10^{26}	24.7	16.11 ч