

Решение задач

11 класс

Задача 1. (5 баллов)

Используем формулу, связывающую видимую и абсолютную звездную величины в зависимости от расстояния (в парсеках)

$$m = 5 \lg r - 5 + M = 5 \cdot 5.89 - 5 - 21 = 3.45^m$$

Значит, звезда будет видна невооруженным глазом.

Задача 2. (5 баллов)

Считаем, что протоны, выброшены во время хромосферной вспышки с Солнца, летят к Земле с постоянной скоростью. Для того, чтобы найти её, нужно просто поделить расстояние от Солнца до Земли на время, за которое частички достигают Земли, равное одним суткам, поэтому

$$V = \frac{1.5 \times 10^8}{86400} = 1700 \text{ км/с} \text{ (2 балла).}$$

Теперь нетрудно найти кинетическую энергию протонов, если известно, что их масса равняется $1.7 \cdot 10^{-27}$ кг. Эта энергия равняется $2.5 \cdot 10^{-15}$ Дж. Для того, чтобы найти значение этой энергии в электрон-вольтах, необходимо поделить её на заряд электрона в кулонах ($1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл), потому что электрон-вольт – это энергия, которую получает электрон, пройдя путь в электрическом поле с разностью потенциалов в 1В. Получим окончательно, что средняя энергия протонов солнечного ветра равняется приблизительно 15 KeV. Вспомним, что электрон-вольт – единица энергии, удобная в использовании в атомной физике и физике элементарных частиц, а в астрофизике соответствующие процессы играют важную роль.

Задача 3. (15 баллов)

Масса Земли равняется $M_{\oplus} = \rho (4/3)\pi R_{\oplus}^3$, где ρ - плотность Земли, если считать что МКС движется по круговой орбите, то круговая скорость связана с массой Земли соотношением $v_{кр}^2 = G \cdot M_{\oplus} / (R_{\oplus} + h) = G \rho 4\pi R_{\oplus}^3 / 3(R_{\oplus} + h)$. С другой стороны, скорость движения станции равна длине окружности орбиты, деленная на период T ее обращения вокруг Земли. (2 балла). Возводя это выражение в квадрат и приравнивая, получим выражение для плотности вещества $\rho = 3\pi (R_{\oplus} + h)^3 / (T^2 G R_{\oplus}^3) = 5500 \text{ кг/м}^3 = 5,5 \text{ г/см}^3$.

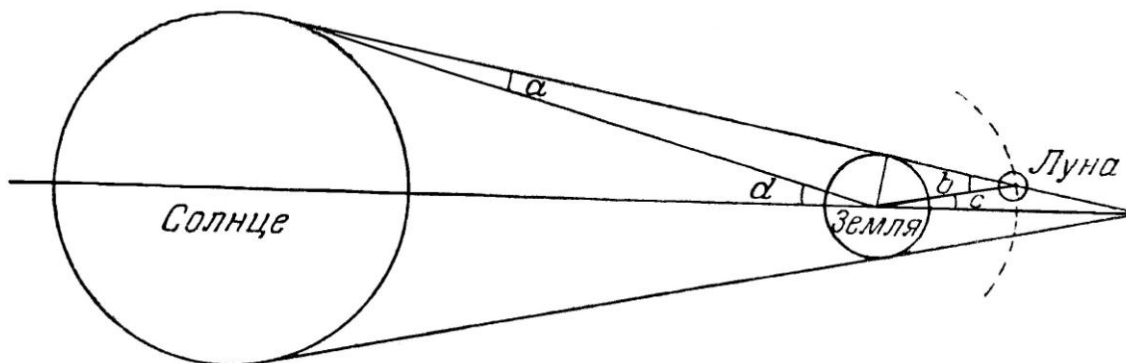
Задача 4. (15 баллов)

Луна движется по орбите, наклонённой к плоскости эклиптики под углом около 5,2 градуса. Угловой диаметр Луны равен 31 минуте. Если бы орбита Луны не меняла бы своего положения в пространстве, то Луна бы покрывала в своём движении одни и те же звёзды. Но вследствие гравитационного воздействия Солнца плоскость орбиты поворачивается с периодом около 18 лет, сохраняя угол наклона. В результате этого любая звезда, находящаяся от плоскости эклиптики на расстоянии не более $\pm(5,2 + 0,25 + 1)$ градуса, будет закрыта Луной (1 градус за счёт параллакса). Следовательно, число звёзд,

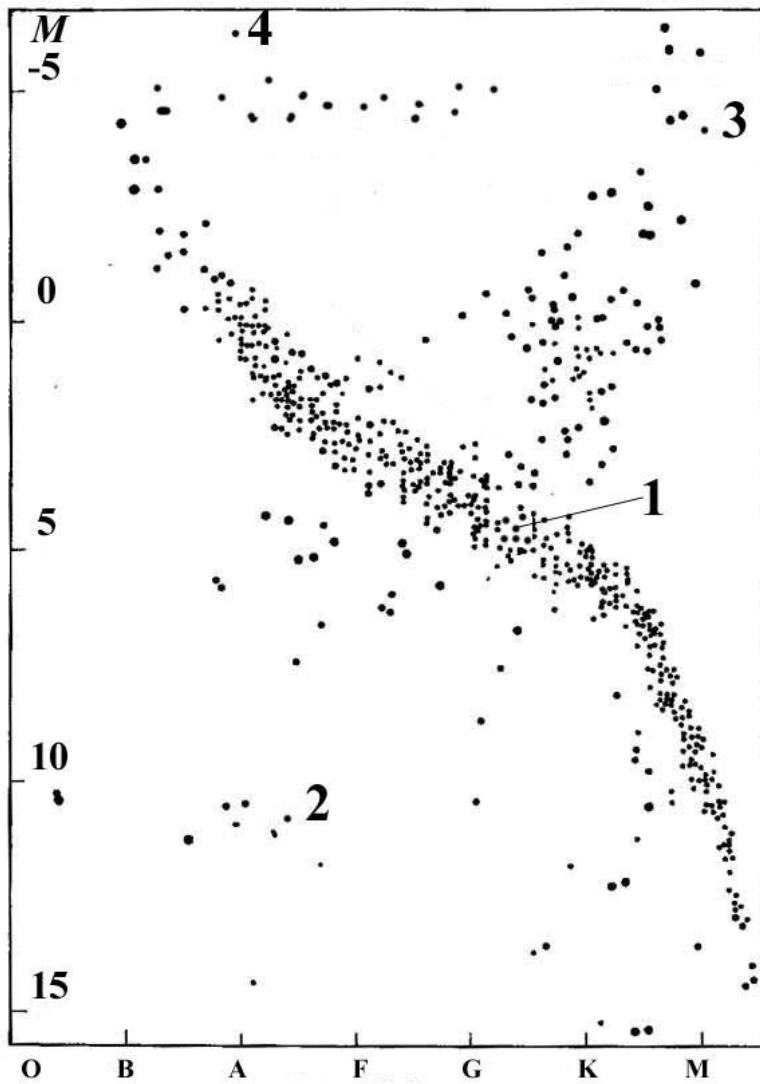
которые могут быть закрыты Луной, относится к полному числу звезд, видимых глазом, как площадь пояса шириной $6,45 \times 2 = 12,9$ градуса, т.е. $12,9^0 \times 360^0 = 4644$ квадратных градусов, к площади всей небесной сферы, $4\pi \times (57,3^0)^2 = 41253$ квадратных градусов. Это отношение равно 0,113. Поскольку невооруженным глазом видно около 6000 звёзд, то Луна может закрывать около 680.

Задача 5. (30 баллов)

Центр земной тени находится на эклиптике в точке противоположной Солнцу. Отсчет экваториальных координат начинается от точки весеннего равноденствия. 22 июня день летнего солнцестояния, при этом экваториальные координаты Солнца равны $\alpha = 6^h$, $\delta = +23,5^0$. С учетом того, что Солнце перемещается относительно звезд примерно на 1 градус в сутки, его прямое восхождение 15 июня будет равно $6^h - 4^m \times 7 = 5^h 32^m$. Склонение вблизи летнего солнцестояния на таком промежутке практически не меняется, поэтому координаты центра земной тени будут равны $\alpha = 17^h 32^m$, $\delta = -23,5^0$. Эта точка расположена в созвездии Змееносца, приемлемым считается ответ: в том созвездии, где Солнце находится 15 декабря; созвездие Скорпиона или созвездие Стрельца. Затмение будет видно в тех районах, где Луна находится над горизонтом. Поскольку Луна будет иметь отрицательное склонение, на широтах выше северного полярного круга затмение видно не будет. Луна будет находиться в верхней кульминации на меридиане, восточная долгота которого равна $24^h - 20^h 15^m = 3^h 45^m$. В пункте с широтой $-23,5^0$ Луна будет находиться в зените.



Продолжительность теневой фазы определяется отношением угловой ширины земной тени к угловой скорости перемещения Луны. Угловая полуширина тени (угол c) может быть найдена из рисунка, где d угол под которым виден радиуса Солнца, a и b – параллаксы Солнца и Луны. Пренебрегая параллаксом Солнца $8.8''$, получим, что угол $c = b - d = 57' - 16' = 41'$. Луна смещается относительно тени со скоростью $360^0/29,53^d = 12,2^0$ или на $30,5$ угловых минут в час. Рассчитаем продолжительность полной теневой фазы $(82' - 31')/30,5' = 1,67$ часа или 1 час 40 минут. Можно получить информацию о состоянии земной атмосферы, отражательных свойствах лунной поверхности и ее структуре.



Задача 6. (30 баллов)

Картинка представляет собой диаграмму Герцшпрунга –Рессела или диаграмму спектр – светимость. Описание величин и их значений по осям координат.

1 – Солнце – звезда Главной последовательности. 2 – белый карлик – (Сириус В). 3 - красный гигант – (Бетельгейзе). 4 – голубой сверхгигант – (Денеб).

Розв'язок задач

11 клас

Задача 1. (5 балів)

Використаємо формулу, котра пов'язує видиму та абсолютну зоряну величини в залежності від відстані (в парсеках)

$$m = 5 \lg r - 5 + M = 5 \cdot 5.89 - 5 - 21 = 3.45^m$$

Отже, зоря буде видна неозброєним оком.

Задача 2. (5 балів)

Вважаємо, що протони, викинуті під час хромосферного спалаху з Сонця, летять до Землі з постійною швидкістю. Для того, щоб знайти її, треба просто поділити відстань від Сонця до Землі на час, за який частинки досягають Землі, рівний одній добі, тому

$$V = \frac{1.5 \times 10^8}{86400} = 1700 \text{ км/с} \quad (2 \text{ бали}).$$

Тепер неважко знайти кінетичну енергію протонів, якщо відомо, що їх маса дорівнює $1.7 \cdot 10^{-27}$ кг. Ця енергія дорівнює $2.5 \cdot 10^{-15}$ Дж. Для того, щоб знайти значення цієї енергії в електрон-вольтах, треба поділити її на заряд електрона в кулонах ($1.6 \cdot 10^{-19}$ Кл), тому що електрон-вольт – це енергія, яку набуває електрон, пройшовши шлях у електричному полі з різницею потенціалів у 1В. Одержимо остаточно, що середня енергія протонів сонячного вітру дорівнює приблизно 15 KeV. Нагадаємо, що електрон-вольт – одиниця енергії, зручна для застосування в атомній фізиці та фізиці елементарних частинок, а в астрофізиці відповідні процеси відіграють важливу роль.

Задача 3. (15 балів)

Маса Землі дорівнює $M_{\oplus} = \rho \cdot 4/3 \pi R_{\oplus}^3$, де ρ - густина Землі, якщо вважати, що МКС рухається по коловій орбіті, то колова швидкість пов'язана з масою Землі співвідношенням $v_{\text{кр}}^2 = G \cdot M_{\oplus} / (R_{\oplus} + h) = G \rho \cdot 4\pi R_{\oplus}^3 / 3(R_{\oplus} + h)$. З іншої сторони, швидкість руху станції дорівнює довжині кола орбіти, поділеній на період T її обертання навколо Землі. Піднесемо цей вираз в квадрат і прирівняємо, одержимо вираз для густини речовини $\rho = 3\pi (R_{\oplus} + h)^3 / (T^2 G R_{\oplus}^3) = 5500 \text{ кг/м}^3 = 5,5 \text{ г/см}^3$.

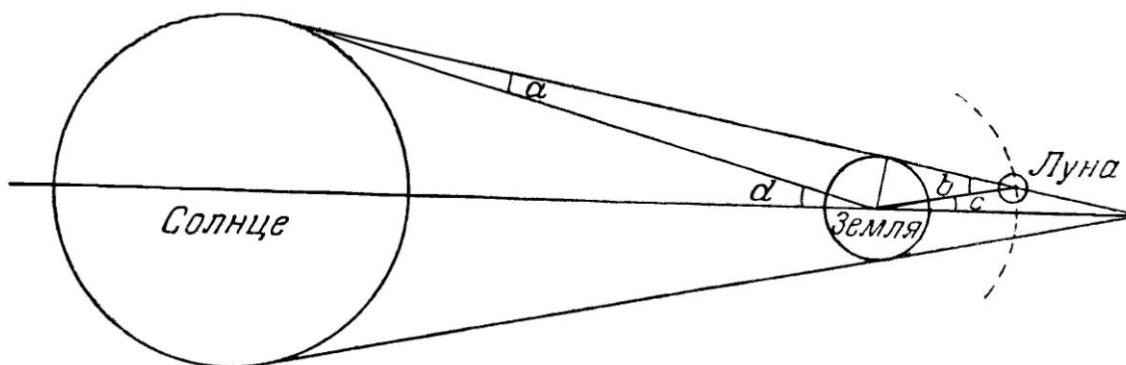
Задача 4. (15 балів)

Місяць рухається по орбіті, яка нахилена до площини екліптики під кутом біля 5,2 градуси. Кутовий діаметр Місяця дорівнює 31 мінуті. Якщо б орбіта Місяця не змінювала свого положення в просторі, то Місяць би покривав під час свого руху одні і ті ж зорі. Але внаслідок гравітаційного впливу Сонця площина орбіти повертається з періодом приблизно 18 років, зберігаючи кут нахилу. В результаті цього будь яка зоря, що знаходиться від площини екліптики на відстані не більше $\pm(5,2 + 0,25 + 1)$ градуси, буде закрита Місяцем (1 градус за рахунок паралаксу). А значить, число зір, котрі можуть бути закриті Місяцем, відносяться до к повного числа зір, видимих неозброєним оком, як площа поясу

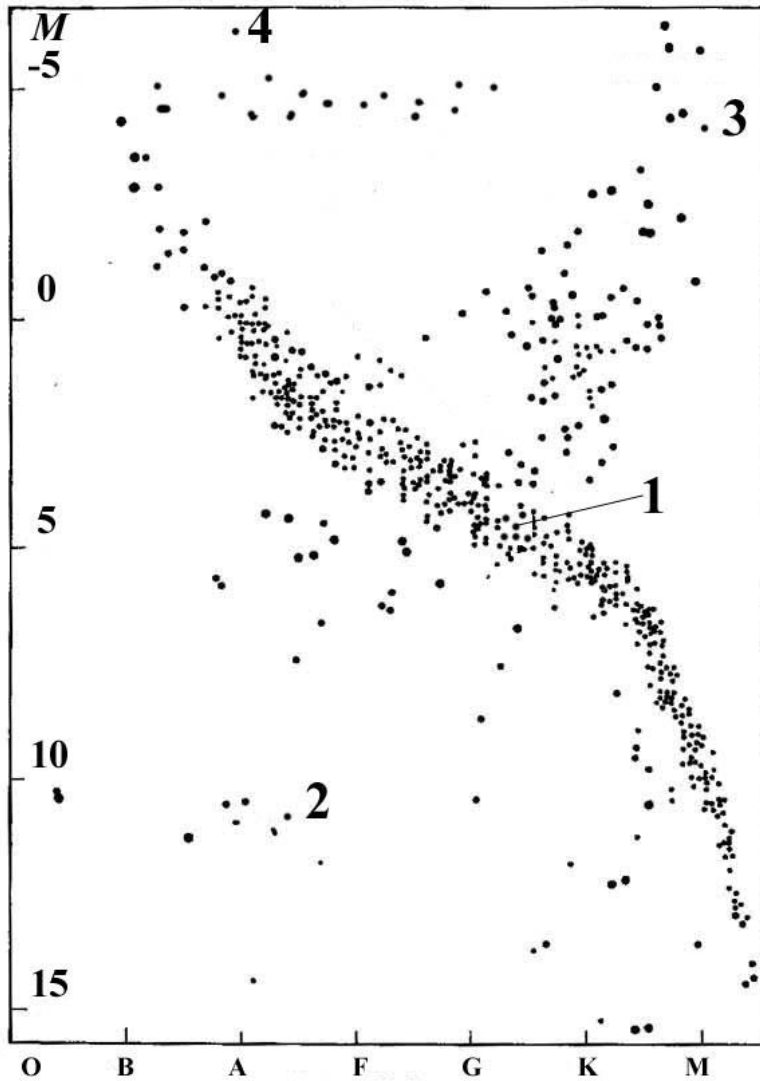
шириною $6,45 \times 2 = 12,9$ градусів, тобто $12,9^0 \times 360^0 = 4644$ квадратних градусів, до площі всієї небесної сфери, $4\pi \times (57,3^0)^2 = 41253$ квадратних градусів. Це відношення дорівнює 0,113. Оскільки неозброєним оком видно приблизно 6000 зір, то Місяць може закрити біля 680 з них.

Задача 5. (30 балів)

Центр земної тіні знаходиться на екліптиці, в точці протилежній Сонцю. 22 червня день літнього сонцестояння, при цьому екваторіальні координати Сонця дорівнює $\alpha = 6^h$, $\delta = +23,5^0$. З урахуванням того, що Сонце переміщується відносно зір приблизно на 1 градус за добу, його пряме сходження 15 червня буде дорівнювати $6^h - 4^m \times 7 = 5^h 32^m$. Схилення поблизу літнього сонцестояння на такому проміжку практично не змінюється, тому координати центру земної тіні будуть дорівнювати $\alpha = 17^h 32^m$, $\delta = -23,5^0$. Ця точка розміщена в сузір'ї Змієносеця, прийнятною вважається відповідь: в тому сузір'ї, де Сонце знаходиться 15 грудня; сузір'я Скорпіона або сузір'я Стрільця. Затемнення буде видно в тих районах, де Місяць знаходиться над горизонтом. Оскільки Місяць буде мати від'ємне сходження, на широтах вище північного полярного кола затемнення видно не буде. Місяць буде знаходитись у верхній кульмінації на меридіані, східна довгота котрого дорівнює $24^h - 20^h 15^m = 3^h 45^m$, в пункті з широтою $-23,5^0$ Місяць буде знаходитись в зеніті.



Протяжність тіньової фази визначається відношенням кутової ширини земної тіні до кутової швидкості переміщення Місяця відносно зір. Кутова півширина тіні (кут c) може бути знайдена з рисунка, де d кут під яким видно радіус Сонця, a і b – паралакси Сонця і Місяця. Зневажаючи паралаксом Сонця $8.8''$, одержимо, що $c = b - d = 57' - 16' = 41'$. Місяць зміщується відносно тіні зі швидкістю $360^0/29,53^d = 12,2^0$ або на $30,5$ кутових хвилин в час. Розрахуємо протяжність повної тіньової фази $(82' - 31')/30,5' = 1,67$ години або 1 година 40 хвилин. Інформацію про стан земної атмосфери (хмарність, прозорість), відбивних властивостей місячної поверхні та її структуру.



Задача 6. (30 балів)

Картинка представляє собою діаграму Герцшпрунга – Рессела або діаграму спектр – світність. Опис величин та їх значень по осям координат.

1 – Сонце – зоря Головної послідовності. 2 – білий карлик – (Сиріус В). 3 - червони гігант – (Бетельгейзе). 4 – блакитний надгіганти – (Денеб).