МОСКОВСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ
ПО АСТРОНОМИИ. 2019–2020 УЧ. Г.
ОЧНЫЙ ЭТАП. 10–11 КЛАССЫ

Задача 1

Астроном видит восходящую двойную звезду, состоящую из двух компонент спектральных классов B и G с одинаковой видимой яркостью. Какая из звёзд будет выглядеть ярче во время верхней кульминации на высоте 30°?

Задача 2

Один астроном-любитель, проводя наблюдения в самодельный телескоп с окуляром из одиночной линзы, решил попробовать сфотографировать увиденное на камеру мобильного телефона. На каком расстоянии от линзы-окуляра ему нужно располагать телефон? Астроном наблюдает в телескоп с фокусным расстоянием объектива 1.5 м на увеличении в 50 крат.

Задача 3

Концентрация частиц солнечного ветра вблизи орбиты Земли $n \approx 10$ см$^{-3}$. Считая, что скорость солнечного ветра не зависит от расстояния и равна 470 км/с, найдите массу вещества ветра, находящегося внутри орбиты Нептуна. Ответ выразите в массах Земли.

Задача 4

Между звездой и наблюдателем поместили кювету в форме куба очень большого размера, заполненную дымом. Луч зрения падает на грань куба под прямым углом. Измерения поглощения света показали, что оптическая толща дыма составила 0.10. После измерений длину куба в направлении звезда–наблюдатель уменьшили в 2 раза, передвинув одну из стенок кюветы так, что весь дым остался внутри. Какова будет оптическая толща после этого? Чему стало бы равно поглощение света в звёздных величинах, если бы таким же образом передвинули стенку, параллельную линии «звезда–наблюдатель»?

Задача 5

Рано или поздно газ на Земле закончится, и поэтому его придётся добывать на других телах Солнечной системы. Например, на Титане, имеющем настолько плотную атмосферу, что её давление на поверхности составляет 1.5 атмосферного давления у поверхности Земли. В основном она состоит из азота (96% от общего числа молекул) и метана (примерно 4% от общего числа молекул). На сколько лет хватит метана из атмосферы Титана землянам, если предположить, что мировое потребление газа будет неизменным и равным примерно 3700 млрд м^3/год? Плотность метана при земных условиях $\rho = 0.67$ кг/м^3.

Известно, что при горении одного моля метана выделяется q = 891 кДж энергии. Оцените светимость воображаемой звезды, источником энергии которой была бы данная порция метана, потребляемая с указанным выше расходом.

Радиус Титана $R = 2576$ км, а его масса $M = 1.35 \cdot 10^{23}$ кг.

Задача 6

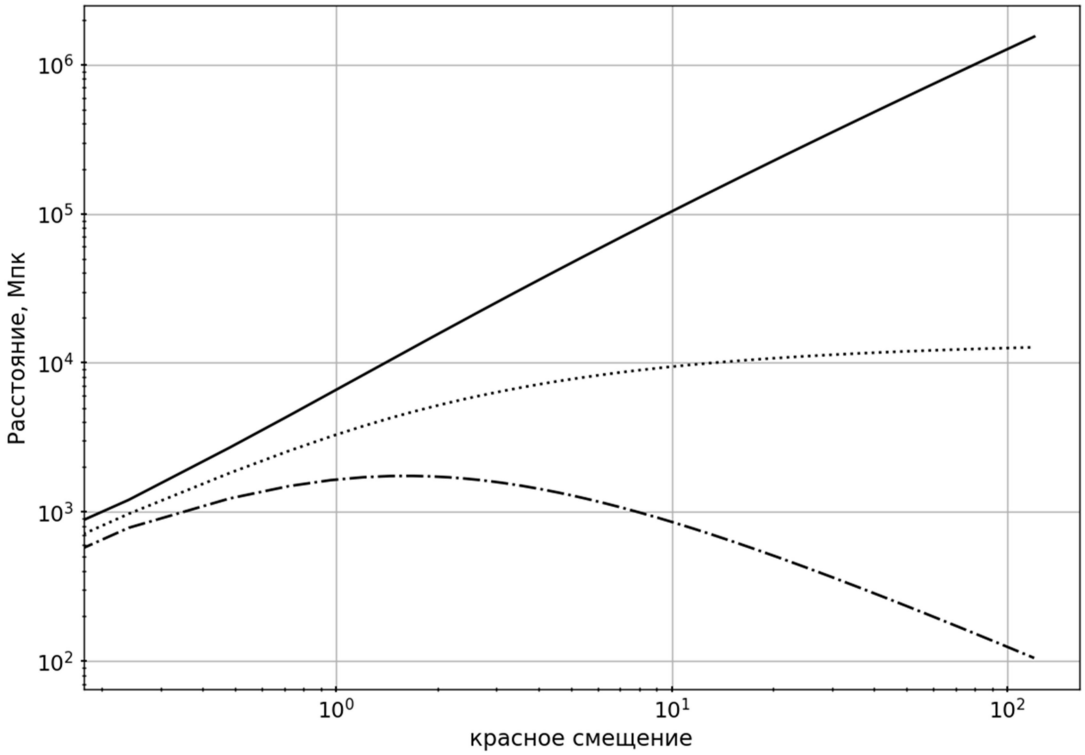
Созвездие Хамелеона заключено между следующими координатными кругами: по прямому восхождению $7^h\ 40^m$ и $13^h\ 40^m$ и по склонению между –75° и –82° 30′, и содержит 34 звезды, видимые невооружённым глазом. Созвездие Щита заключено между координатными кругами: по прямому восхождению $18^h\ 15^m$ и $18^h\ 52^m$ и по склонению –4° и –16°, и содержит 25 звёзд, видимых невооружённым глазом. Определите, в каком из созвездий поверхностная концентрация звёзд, видимых невооружённым глазом, выше и во сколько раз. Считайте, что границы лежат ровно вдоль указанных координатных кругов.

Задача 7

При обработке наблюдений галактик в ранней Вселенной была обнаружена галактика, похожая на Млечный Путь (M_b = -21^m, D = 30 кпк). Измеренная её болометрическая звёздная величина составила 27.8^m, а угловой размер – 5.3″. Определите по этим данным красное смещение найденной галактики и сопутствующее расстояние до неё.

В этом Вам может помочь приведённый график, на котором изображены зависимости фотометрического (по наблюдаемой яркости), углового (по наблюдаемому угловому размеру) и сопутствующего (геометрического на момент наблюдения) расстояния для нашей вселенной. Но, к сожалению, информация о том, какая кривая соответствует какому расстоянию, оказалась утеряна.

Нарисуйте на графике в бланке ответа кривую, соответствующую расстоянию, получаемому из классического закона Хаббла и классического эффекта Доплера.



Зависимость различных космологических расстояний от красного смещения

Задача 8

В 1908 году Генриетта Ливитт, изучая переменные звёзды цефеиды в Малом Магеллановом Облаке, обнаружила зависимость между периодами и светимостями этих звёзд. Вам дана таблица с некоторыми характеристиками пульсирующих переменных звёзд, расположенных в созвездиях Тукана и Южной Гидры. Здесь α – прямое восхождение в часах и минутах, δ – склонение в градусах и минутах, $\langle m_v \rangle$ – средняя звёздная величина в полосе V, P – период в днях. С помощью этой таблицы, а также прилагаемой карты,

1) постройте график зависимости $\langle m_v \rangle$ от логарифма периода для цефеид из Малого Магелланова Облака;

2) определите зависимость $\langle m_v \rangle$ от lg(P) с помощью метода наименьших квадратов и нанесите её на график;

3) определите расстояние до цефеиды CK Cam, период которой равен 3.29 сут., а $\langle m_v \rangle = 7.5^m$ (известно, что расстояние до Малого Магелланова Облака равно 61 кпк);

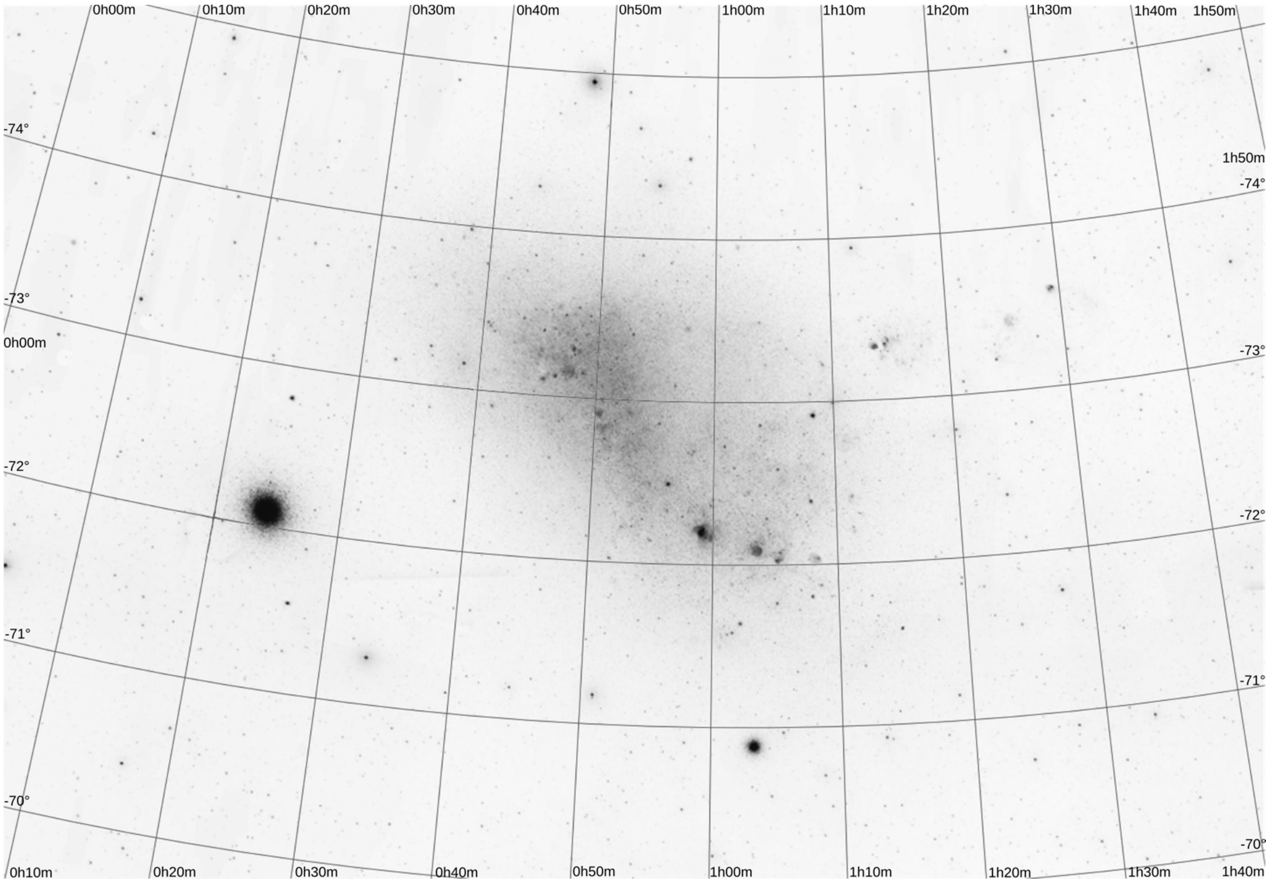
4) определите поглощение в звёздных величинах на килопарсек в направлении CK Cam, если тригонометрический параллакс этой звезды равен 0.00127″.

Метод наименьших квадратов: если мы хотим провести через точки (x_i, y_i) для i = 1, ..., N прямую $y = \alpha + \beta \cdot x$ наилучшим образом, то α и β можно найти с помощью соотношений:

$$\beta = \frac{\langle xy \rangle - \langle x \rangle \cdot \langle y \rangle}{\langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2}; \alpha = \langle y \rangle - \beta \langle x \rangle.$$

Здесь треугольные скобки обозначают усреднение, например, $\langle xy \rangle = (\sum_{i=1}^{N} x_i y_i) / N$.

Звезда	α, чч мм	δ, ° ′	$\langle m_v \rangle$	P, дней	Звезда	α, чч мм	δ, ° ′	$\langle m_v \rangle$	P, дней
AF Tuc	00 51	-71 03	16.3	0.57	BH Tuc	01 20	-72 54	14.1	20.0
AH Hyi	01 23	-74 22	15.0	8.38	BZ Tuc	00 41	-73 43	12.0	127.6
AH Tuc	01 07	-71 43	15.1	0.60	CO Tuc	00 28	-72 10	13.9	0.37
AI Hyi	01 26	-74 08	14.8	12.5	RS Tuc	00 57	-72 46	17.6	1.45
AI Tuc	01 09	-71 15	16.3	0.51	RV Tuc	00 58	-72 36	17.5	2.10
AK Tuc	01 10	-72 31	16.4	0.69	RX Tuc	01 00	-72 39	16.1	4.29
AL Tuc	01 10	-73 52	15.0	0.53	SS Tuc	01 02	-72 06	13.2	49.7
AR Tuc	00 22	-73 35	15.5	0.29	SW Tuc	01 03	-72 46	16.5	3.59
BC Tuc	01 13	-74 22	16.2	8.11	TW Tuc	01 07	-72 31	16.0	6.11
BE Tuc	01 17	-73 43	13.6	25.4	XY Hyi	00 07	-74 29	16.5	22.0



Карта окрестностей Малого Магелланова Облака