

САМАРСКИЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР ДЛЯ ОДАРЕННЫХ ДЕТЕЙ
САМАРСКАЯ ОБЛАСТНАЯ АСТРОНОМИЧЕСКАЯ ШКОЛА

УСЛОВИЯ КОНКУРСНЫХ ЗАДАЧ
**ОТКРЫТОЙ МЕЖРЕГИОНАЛЬНОЙ ОЛИМПИАДЫ
ПО АСТРОНОМИИ им. Ф.А. БРЕДИХИНА**
СРЕДИ ОБУЧАЮЩИХСЯ 10-11 КЛАССОВ.
СЕЗОН: 2022-2023, ТУР № 2



Самара, 2023 г.

Дорогие Друзья!

Вашему вниманию в данном релизе представлены 10 оригинальных задач двух уровней сложности – «Новичок» (уровень А), «Знаток» (уровень В). Задачи составлены в соответствии с *Перечнем вопросов, рекомендуемых Центральной предметной методической комиссией Всероссийской Олимпиады школьников по астрономии для подготовки обучающихся 10-11 классов к решению задач ее различных этапов.*

При использовании материалов релиза ссылка на документ обязательна!

Ссылка: «Условия конкурсных задач заочной олимпиады по астрономии ОМОА им. Ф.А. Бредихина среди обучающихся 10-11 классов. Сезон: 2022-2023, Тур № 2». – <https://sites.google.com/site/samrasolimp/omoa-tasks>

Памятка участника ОМОА им. Ф.А. Бредихина

1. Официальный сайт Астрошколы:

<https://sites.google.com/site/samrasolimp/>

2. Официальная группа в VK:

<https://vk.com/bredikhinolimp>

3. Сроки подачи работ ОМОА им. Ф.А. Бредихина тура № 2 на проверку:

15.02.2023-31.03.2023!!!

4. Электронный ящик Олимпиады:

samrasolimp@mail.ru

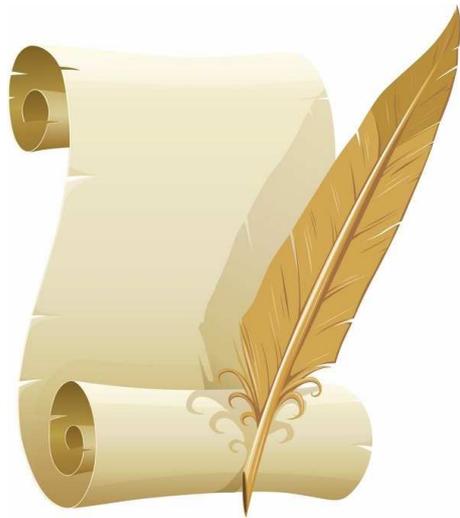
5. Руководство зарегистрированного участника ОМОА им. Ф.А. Бредихина:

<https://sites.google.com/site/samrasolimp/maindocs>

ИЛИ

<https://vk.com/bredikhinolimp>

УСЛОВИЯ ЗАДАЧ



Дорогие Друзья!

Прежде чем приступить к решению задач и оформлению отчета участника ОМОА им. Ф.А. Бредихина-2023, **внимательно** ознакомьтесь с **«Руководством зарегистрированного участника ОМОА им Ф.А. Бредихина-2023»!** Электронный адрес последнего указан в **Памятке участника.**

Уровень «Новичок» (уровень А)

№1. «Арктур – ярчайшая звезда северной полусферы небосвода»

Самой яркой звездой северной полусферы ночного небосвода является Арктур. С использованием лишь его экваториальных координат ($\alpha_* = 14^h 16^m$, $\delta_* = 19^\circ 11'$) и карт звездного небосвода (см. приложение В.1), определите:

1. В каком созвездии располагается эта звезда? К югу или к северу от зенита расположена точка ее верхней кульминации в г. Самаре (широта: $\varphi = 53^\circ 12'$, долгота: $\lambda = 50^\circ 06'$)? (2 балла)

2. Чему равна его угловая скорость (в угловых секундах за секунду временную, с точностью до целых) видимого суточного движения по небосводу? (2 балла)

3. Чему равна высота звезды в верхней кульминации в г. Самаре? Является ли данная звезда в этом городе незаходящей? (3 балла)

4. Какой сезон года является оптимальным для наблюдений Арктура на ночном небосводе г. Самары? Свой ответ обоснуйте строго математически. (2 балла)

№2. «Взгляд на Солнце с Арктура»

С использованием лишь карт звездного небосвода (см. приложение В.1) и экваториальных координат Арктура (см. условие предыдущей задачи), определите:

1. В каком созвездии должно наблюдаться Солнце, с точки зрения гипотетического наблюдателя, расположенного в малой окрестности Арктура? Укажите положение Солнца на копии карты звездного неба. (2 балла)

2. Оцените угловое расстояние между Солнцем и самой яркой звездой этого созвездия земного небосвода. (2 балла)

3. Чему равна видимая звездная величина Солнца с позиции гипотетического наблюдателя, если годичный параллакс Арктура равен $\pi_* = 0.0888''$. Будет ли видно Солнце из окрестностей Арктура невооруженным глазом? (3 балла)

4. Оцените, во сколько раз Солнце будет ярче/тусклее самой яркой звезды (видимой с Земли) созвездия, на которое оно проецируется? (3 балла)

№ 3. «Точка осеннего равноденствия и ее "судьба"»

1. Что такое точка осеннего равноденствия? (1 балл)

2. С использованием карт звездного небосвода (см. приложение В.1), определите: в каком созвездии она располагается сегодня? На копии соответствующей карты укажите ее положение. (2 балла)

3. Почему ее иногда называют точкой Весов? Оцените с использованием лишь карт звездного неба (см. приложение В.1), значений тропического ($T_{\text{тр}} = 365.242188315$ сут) и звездного года ($T_{\oplus} = 365.256363004$ сут) Земли, какое минимальное количество лет тому назад это утверждение было корректным? (5 баллов)

4. Оцените минимальное количество лет спустя от настоящего момента, через которые эту точку можно будет назвать точкой Льва? (2 балла)

№ 4. «Сигнальные вышки Самары и Тольятти»

Вам дана карта Самарской области (проекция трехмерной поверхности Земли на сферическую поверхность). Определите:

1. Геоцентрическое угловое расстояние (φ) между крупнейшими городами Самарской области – г. Самарой и г. Тольятти (если смотреть на них из центра Земли). Следует считать, что Земля является шаром, ее радиус на уровне моря равен $R_{\oplus} = 6371$ км. (2 балла)

2. Расстояние (по прямой, r) между указанными городами, если высоты г. Самары и г. Тольятти над уровнем моря равны соответственно $H_S = 100$ м и $H_T = 92$ м. Какова относительная погрешность определения r , если в расчетах пренебрегать высотами городов. (3 балла)

3. Расстояние (по поверхности Земли, s) между указанными городами, если высота (относительно уровня моря) точек земной поверхности на большом круге, соединяющем данные города, меняется по закону:

$$H = H_T + V \cdot \alpha, \quad \text{где } V = \frac{H_S - H_T}{\varphi}, \quad (1)$$

здесь α – геоцентрическое угловое расстояние, отсчитываемое вдоль указанного большого круга от г. Тольятти. Какова относительная погрешность определения s , если в расчетах пренебрегать зависимостью $H(\alpha)$. (4 балла)

4. Минимальную высоту вышек (h_{min}), выставленных в этих городах, с верхних точек которых уже можно передавать друг другу световые сигналы? Атмосферным поглощением света и влиянием рельефа пренебречь. (2 балла)

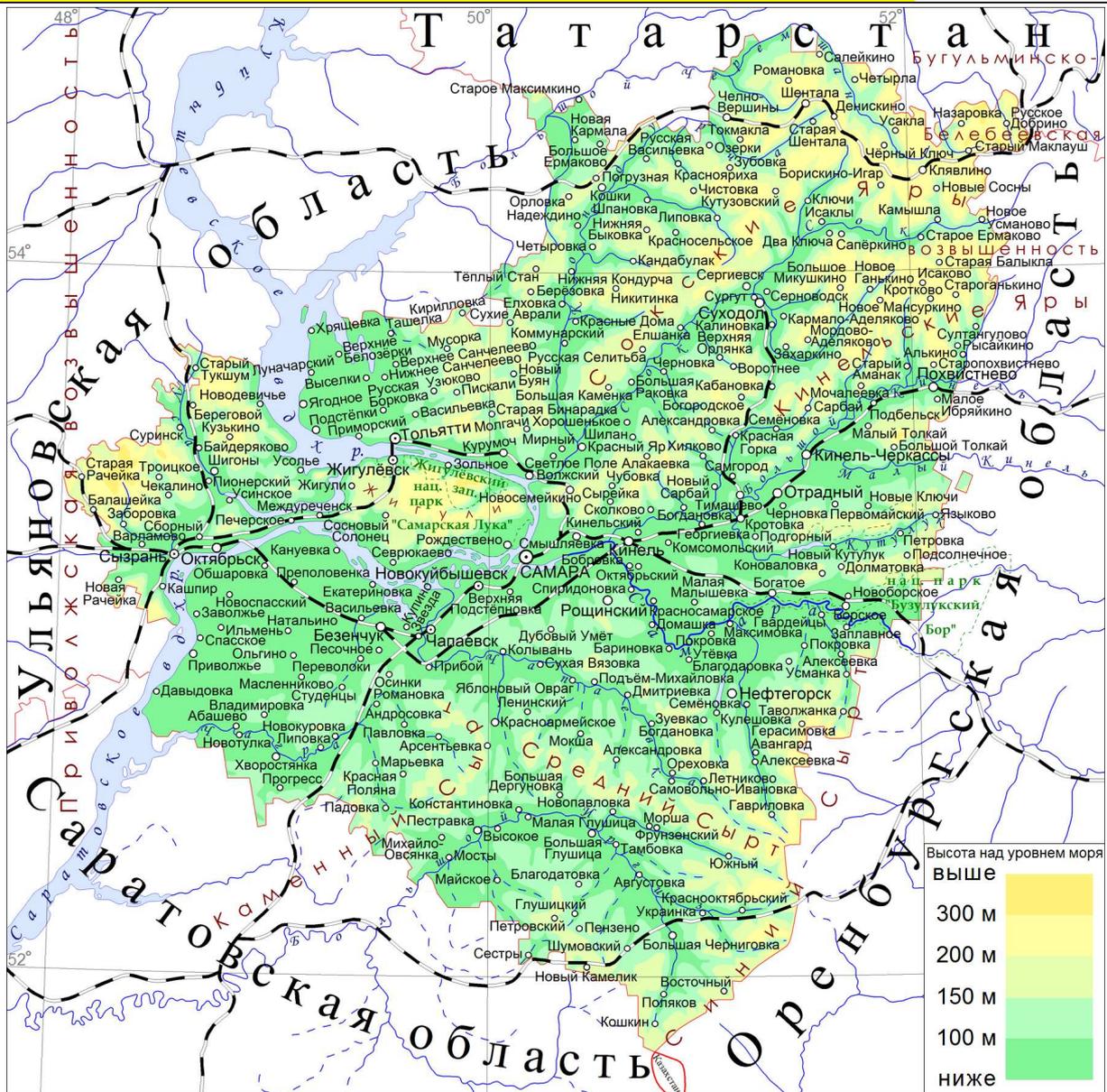


Рис. 1. Карта Самарской области (источник фото – Wikipedia.org).

Уровень «Знарок» (уровень В)

№5. «Прецессия земной оси и эпохи южных полярных звезд»

С использованием лишь карты звездного неба (см. приложение В.1)

1. Постройте круг прецессии, который описывает южный полюс мира на копии соответствующей карты. Укажите на данном круге направление видимого движения данного полюса. Следует при этом полагать, что ось мира в прецессионном движении описывает в пространстве круговой конус с углом раствора $\varepsilon = 23.5^\circ$. Какие созвездия проходит южный полюс мира в течение одного периода прецессии земной оси? (3 балла)

2. Какие яркие звезды (блеск которых $m_* \leq 5^m$) могут выполнять роль полярной звезды при таком движении (следует относить к таким звездам, к которым полюс мира подходит на расстояние $\Delta \leq 3^\circ$). Оцените, через какое количество лет южный полюс мира подойдет к соответствующей звезде, на минимальное расстояние? (5 баллов)

3. Чему равен телесный угол (в квадратных градусах) полосы небосвода, в котором располагаются "полярные звезды"? (3 балла)

№6. «Павлов день и прибавка к продолжительности дня»

28 января каждого года русская православная церковь отмечает день памяти Павла Фивейского, которого считают первым христианским монахом. В народном календаре примет и фольклора Руси с этим праздником связано утверждение: «Пришел Павел – день прибавил», отмечая тем самым, что зима неуклонно движется к завершению, ночи становятся короче, а дни – длиннее. Определите для г. Самары:

1. Продолжительность дня в сутки зимнего солнцестояния (22 декабря). Моменты восхода и захода Солнца по самарскому времени (Всемирное время + 4 часа) в эти сутки. (5 баллов)

2. Продолжительность дня 28 января. Моменты восхода и захода Солнца по самарскому времени в эти сутки. (5 баллов)

3. Насколько продолжительность дня 28 января больше продолжительности дня зимнего солнцестояния в г. Самаре? (2 балла)

В расчетах следует учесть конечность размеров видимого диска Солнца и явление рефракции; необходимо также учесть эффекты, приводящие к изменению продолжительности дня: а) непостоянство угловой скорости видимого движения Солнца; б) эллиптичность земной орбиты и ее наклон к плоскости земного экватора.

№ 7. «Взрыв сверхновой, породившей Солнечную систему»

Согласно современным представлениям, изотопы урана ^{238}U , ^{235}U , и торий ^{232}Th , являются родоначальниками радиоактивных рядов и образуются, по-видимому, при взрывах сверхновых звезд. Близлежащие газопылевые облака, в которые попадают эти продукты взрыва, могут породить звезды следующего "поколения", в частности, Солнце и планеты Солнечной системы. По-видимому, в этих выбросах изотопов урана и тория было примерно поровну. Определите, сколько лет назад произошел взрыв сверхновой (Котликуэ) и соответствующий выброс вещества, из которого сформировалась наша Солнечная система (и, в частности, Земля). Из лабораторных исследований, известно, что объемная доля ^{238}U составляет $\eta_1 = 99.2739\%$, для $^{235}\text{U} - \eta_2 = 0.7024\%$. Известно также, что на каждые 10^3 атомов ^{238}U приходится 1870 атомов ^{232}Th . Период полураспада, то есть время, в течение которого число атомов данного изотопа уменьшается в 2 раза, для ^{238}U равно $T_1 = 4.51 \cdot 10^9$ лет, для $^{235}\text{U} - T_2 = 7.13 \cdot 10^8$ лет, для $^{232}\text{Th} - T_3 = 1.405 \cdot 10^{10}$ лет. (14 баллов)

№ 8. «Комета в окрестности полюса мира»

На рис. 2 представлена карта видимого собственного движения кометы

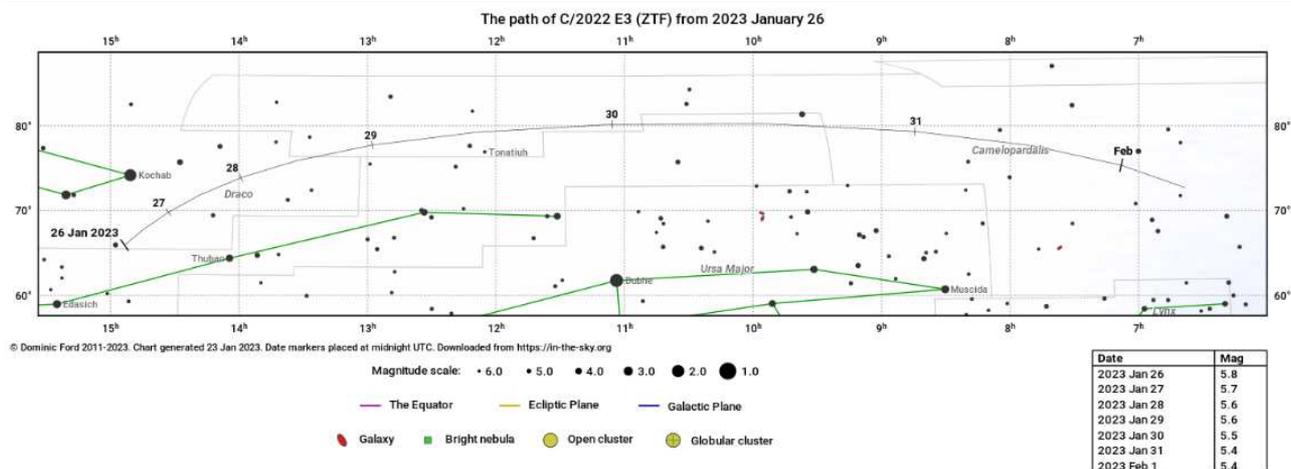


Рис. 2. Карта видимого собственного движения кометы C/2022 E3 (ZTF) в период 26.01-01.02.2023 года (источник – in-the-sky.org).

C/2022 E3 (ZTF) в период 26.01-01.02.2023 года. Оцените:

1. Дату и время момента наибольшего сближения данной кометы с северным полюсом мира. (2 балла)
2. Чему равны экваториальные координаты кометы в этот момент времени? (2 балла)
3. Угловое расстояние между кометой и Полярной звездой ($\alpha_* = 02^{\text{h}}31^{\text{m}}$, $\delta_* = +89^{\circ}15'$) в этот момент для земного наблюдателя. (2 балла)
4. Собственное движение кометы в этот момент. (2 балла)
5. Чему равно максимально возможное время выдержки при получении одиночного кадра (в период 26.01-01.02.2023 года), которое может выставить начинающий астроном-любитель на цифровой камере с размерами пикселя 4.3×4.3 мкм, при съемке с неподвижного штатива и с использованием объектива с фокусным расстоянием $f = 135$ мм? Следует учесть, что согласно теореме Котельникова, для формирования элементарного цифрового изображения звезды необходимо использование не менее двух пикселей матрицы. (3 балла)
6. Чему равна максимальная продолжительность одного сеанса съемки кометы одиночными кадрами с тем же оборудованием, в пределах которого комета на кадрах будет оставаться неподвижной относительно ближайших звезд. Какое максимальное количество одиночных кадров можно получить в рамках одного такого сеанса? (3 балла)

№ 9. «Звезды в полуденном небосводе Самарской области»

В южных районах самарской степной местности (широта – $\varphi = 52^{\circ}03'$, долгота – $\lambda = 50^{\circ}53'$) 21 июня в безоблачный полдень проводился сеанс астрономических наблюдений звезд и планет с помощью: 1) невооруженных глаз и 2) телескопа с диаметром объектива $D_T = 150$ мм и относительным отверстием $\chi = D/F = 1 : 5$ (здесь F – фокусное расстояние объектива телескопа) и большим набором окуляров с широким спектром фокусных расстояний. Наблюдения стали возможны после проливного дождя, при этом сиинг достиг

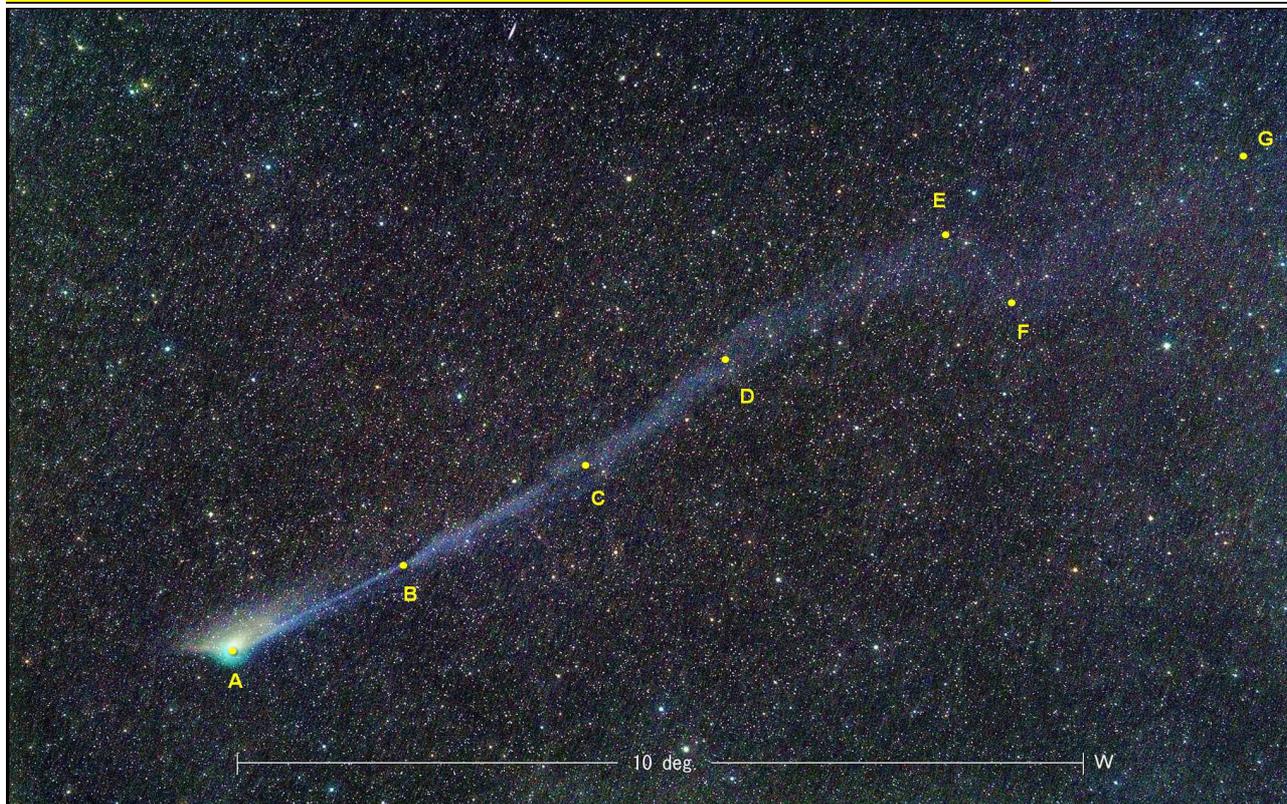


Рис. 3. Фотография кометы C/2022 E3 (ZTF) от 19.01.2023 года, 19 часов 33 мин по всемирному времени (автор фото – Mitsunori Tsumura, Япония).

рекордно низкого значения $s_{\min} = 0.5''$. Известно, что сферическое альbedo безоблачной атмосферы Земли составляет $A_a = 0.07$, а зенитная оптическая толщина чистой земной атмосферы – $\tau_0 = 0.0984$. Какое количество звезд можно увидеть в идеальных условиях в полдень: а) невооруженным глазом (его разрешающая способность $\beta_y = 1'$), б) в этот телескоп? Какие планеты можно увидеть с помощью указанных оптических инструментов, при условии что они располагаются над горизонтом. Рассеяние света в земной атмосфере следует считать изотропным. При решении задачи может оказаться полезной статистика распределения звезд по звездным величинам (см. справочные данные, блок А.12).

№ 10. «Массовые потери кометы C/2022 E3 (ZTF)»

На рис. 3 представлена фотография кометы C/2022 E3 (ZTF) от 19.01.2023 года. На момент съемки экваториальные координаты Солнца составляли $\alpha_{\odot} = 20^{\text{h}}06^{\text{m}}$, $\delta_{\odot} = -20^{\circ}16'$, экваториальные координаты кометы – $\alpha_c = 15^{\text{h}}36^{\text{m}}$, $\delta_c = +48^{\circ}40'$, ее геоцентрическое расстояние – $\Delta_c = 76.379$ млн км и гелиоцентрическое расстояние – $r_c = 167.270$ млн км. Определите:

1. Угловой видимый размер газового (ионного) хвоста (ABCDEF G). (1 балл)

2. Фазовый угол кометы на момент ее съемки. (2 балла)

3. Линейный размер газового (ионного) хвоста (ABCDEF G). (2 балла)

4. Скорость истечения потоков газа из комы в хвост кометы, если известно, что ровно за 3 суток до съемки наблюдался разрыв газового хвоста (ему со-

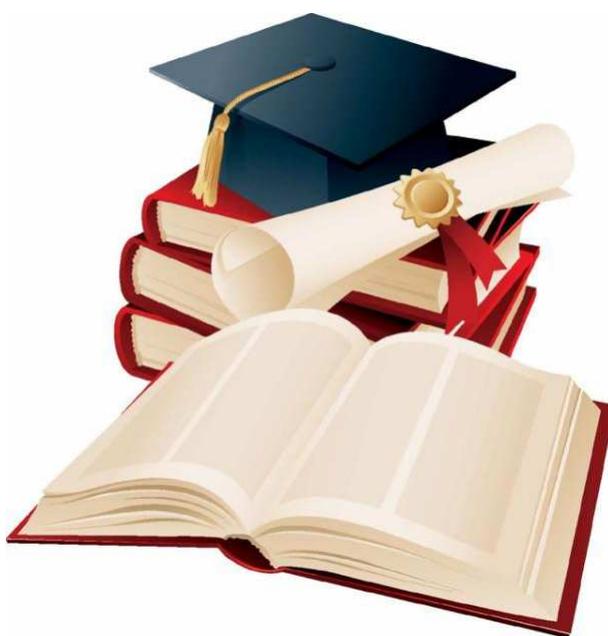
ответствует участок EF). Известно, что незадолго до момента съёмки комета прошла свой перигелий. (3 балла)

5. Поток массы газа, теряемого кометой в результате сублимации ядра радиусом $R_N = 10$ км, со сферическим альбедо $A_N = 0.04$. Следует полагать, что доля энергии солнечного излучения, поглощенного ядром и затрачиваемая на сублимацию, равна $\chi_N = 0.5$. Удельная теплота сублимации водяного льда (как основного летучего компонента ядра) – $h_w = 1.884 \cdot 10^6$ Дж/кг. (3 балла)

6. Диаметр внутренней комы кометы, откуда главным образом выдувается газ давлением солнечного ветра (распространяющегося строго от Солнца) и уходит в хвост (участок АВ). Концентрацию молекул воды в газовом джете АВ. (2 балла)

7. Максимальное изменение блеска звезд фона, обусловленного экстинкцией света газовым джетом АВ (состоящим только из водяного пара, вкладом других газов следует пренебречь). Следует полагать, что молекулы воды имеют форму шара диаметром 0.28 нм. (2 балла)

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ



А.1. Основные физические и астрономические постоянные

- Гравитационная постоянная – $G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
- Скорость света в вакууме – $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
- Универсальная газовая постоянная – $R = 8.31 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} \cdot \text{К}^{-1} \cdot \text{моль}^{-1}$
- Постоянная Стефана-Больцмана – $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-3} \cdot \text{К}^{-4}$
- Постоянная Авогадро – $N_A = 6.022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
- Масса протона – $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
- Масса электрона – $m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
- Астрономическая единица – $1 \text{ а.е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$
- Парсек – $1 \text{ пк} = 206265 \text{ а.е.} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$
- Постоянная Хаббла – $H = 72 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$

А.2. Данные о Солнце

- Радиус – $6.955 \cdot 10^5 \text{ км}$
- Масса – $1.989 \cdot 10^{30} \text{ кг}$
- Светимость – $3.827 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$
- Спектральный класс – G2
- Видимая звездная величина – -26.74^m
- Абсолютная болометрическая звездная величина – $+4.83^m$
- Показатель цвета (B-V) – $+0.67^m$
- Эффективная температура – 5778 К
- Средний горизонтальный параллакс – $8.794''$
- Солнечная постоянная (во всем спектре) на расстоянии Земли – 1361 Вт/м^2
- Солнечная постоянная (в видимом свете) на расстоянии Земли – 600 Вт/м^2

А.3. Данные о Земле

- Эксцентриситет орбиты – 0.017
- Тропический год – 365.24219 сут
- Средняя орбитальная скорость – 29.8 км/с
- Период вращения – $23 \text{ часа } 56 \text{ минут } 04 \text{ секунды}$
- Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000.0 – $23^\circ 26' 21.45''$

- Средний по объему радиус – 6371.0 км
- Средний экваториальный радиус – 6378.14 км
- Длина земного меридиана – 20004.276 км
- Полярный радиус – 6356.77 км
- Масса – $5.974 \cdot 10^{24}$ кг
- Средняя плотность – $5.52 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$
- Объемный состав атмосферы – N_2 (78%), O_2 (21%), Ar ($\sim 1\%$)

А.4. Данные о Луне

- Среднее расстояние от Земли – 384400 км
- Минимальное расстояние от Земли – 356410 км
- Максимальное расстояние от Земли – 406700 км
- Эксцентриситет орбиты – 0.055
- Наклон плоскости орбиты к эклиптике – $5^\circ 09'$
- Сидерический (звездный) период обращения – 27.321662 сут
- Синодический период обращения – 29.530589 сут
- Радиус – 1738 км
- Масса – $7.348 \cdot 10^{22}$ кг или $1/81.3$ массы Земли
- Средняя плотность – $3.34 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$
- Визуальное геометрическое альbedo – 0.12
- Видимая звездная величина в полнолуние – -12.7^m

А.5. Формулы приближенного вычисления

$$\sin x \approx \text{tg } x \approx x;$$

$$\sin(x \pm \alpha) \approx \sin \alpha \pm x \cos \alpha;$$

$$\cos(x \pm \alpha) \approx \cos \alpha \mp x \sin \alpha;$$

$$\text{tg}(x \pm \alpha) \approx \text{tg } \alpha \pm \frac{x}{\cos^2 \alpha};$$

$$(1 + x)^n \approx 1 + n x;$$

здесь $x \ll 1$, все углы выражаются в радианах.

А.6. Характеристики орбит планет

Планета	Большая полуось		Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики	Период обращения	Синодический период
	млн. км	а.е.				
Меркурий	57.9	0.3871	0.2056	7.004	87.97 сут	115.9
Венера	108.2	0.7233	0.0068	3.394	224.70 сут	583.9
Земля	149.6	1.0000	0.0167	0.000	365.26 сут	–
Марс	227.9	1.5237	0.0934	1.850	686.98 сут	780.0
Юпитер	778.3	5.2028	0.0483	1.308	11.862 лет	398.9
Сатурн	1429.4	9.5388	0.0560	2.488	29.458 лет	378.1
Уран	2871.0	19.1914	0.0461	0.774	84.01 лет	369.7
Нептун	4504.3	30.0611	0.0097	1.774	164.79 лет	367.5

А.7. Физические характеристики Солнца и планет

Планета	Масса		Радиус		Плотность	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты	Геометрич. альбедо	Вид. звездная величина*
	кг	массы Земли	км	радиусы Земли					
Солнце	$1.989 \cdot 10^{30}$	332946	695500	108.97	1.41	25.380 сут	7.25	–	-26.8^m
Меркурий	$3.302 \cdot 10^{23}$	0.05271	2439.7	0.3825	5.42	58.646 сут	0.00	0.10	-0.1
Венера	$4.869 \cdot 10^{24}$	0.81476	6051.8	0.9488	5.20	243.019 сут [†]	177.36	0.65	-4.4^m
Земля	$5.974 \cdot 10^{24}$	1.00000	6378.1	1.0000	5.52	23.934 час	23.45	0.37	–
Марс	$6.419 \cdot 10^{23}$	0.10745	3397.2	0.5326	3.93	24.623 час	25.19	0.15	-2.0^m
Юпитер	$1.899 \cdot 10^{27}$	317.94	71492	11.209	1.33	9.924 час	3.13	0.52	-2.7^m
Сатурн	$5.685 \cdot 10^{26}$	95.181	60268	9.4494	0.69	10.656 час	25.33	0.47	0.4^m
Уран	$8.683 \cdot 10^{25}$	14.535	25559	4.0073	1.32	17.24 час [†]	97.86	0.51	5.7^m
Нептун	$1.024 \cdot 10^{26}$	17.135	24746	3.8799	1.64	16.11 час	28.31	0.41	7.8^m

* для наибольшей элонгации Меркурия и Венеры и среднего противостояния внешних планет;

† – обратное вращение.

А.8. Характеристики некоторых спутников планет

Спутник	Масса	Радиус	Плотность	Радиус орбиты	Период обращения	Геометрич. альbedo	Вид. звездная величина*
	кг	км	г·см ⁻³	км	сут		
Земля							
Луна	$7.348 \cdot 10^{22}$	1738	3.34	384400	27.32166	0.12	-12.7
Марс							
Фобос	$1.08 \cdot 10^{16}$	~ 10	2.0	9380	0.31910	0.06	11.3
Деймос	$1.8 \cdot 10^{15}$	~ 6	1.7	23460	1.26244	0.07	12.4
Юпитер							
Ио	$8.94 \cdot 10^{22}$	1815	3.55	421800	1.769138	0.61	5.0
Европа	$4.8 \cdot 10^{22}$	1569	3.01	671100	3.551181	0.64	5.3
Ганимед	$1.48 \cdot 10^{23}$	2631	1.94	1070400	7.154553	0.42	4.6
Каллисто	$1.08 \cdot 10^{23}$	2400	1.86	1882800	16.68902	0.20	5.7
Сатурн							
Тефия	$7.55 \cdot 10^{20}$	530	1.21	294660	1.887802	0.9	10.2
Диона	$1.05 \cdot 10^{21}$	560	1.43	377400	2.736915	0.7	10.4
Рея	$2.49 \cdot 10^{21}$	765	1.33	527040	4.517500	0.7	9.7
Титан	$1.35 \cdot 10^{23}$	2575	1.88	1221850	15.94542	0.21	8.2
Япет	$1.88 \cdot 10^{21}$	730	1.21	3560800	79.33018	0.20	~ 11.0
Уран							
Миранда	$6.33 \cdot 10^{19}$	235.8	1.15	129900	1.413479	0.27	16.3
Ариэль	$1.7 \cdot 10^{21}$	578.9	1.56	190900	2.520379	0.34	14.2
Умбриэль	$1.27 \cdot 10^{21}$	584.7	1.52	266000	4.144177	0.18	14.8
Титания	$3.49 \cdot 10^{21}$	788.9	1.70	436300	8.705872	0.27	13.7
Оберон	$3.03 \cdot 10^{21}$	761.4	1.64	583500	13.46324	0.24	13.9
Нептун							
Тритон	$2.14 \cdot 10^{22}$	1350	2.07	354800	5.87685 [†]	0.7	13.5

* – для полнолуния или среднего противостояния внешних планет;

† – обратное вращение.

А.9. Диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике и график для уравнения времени

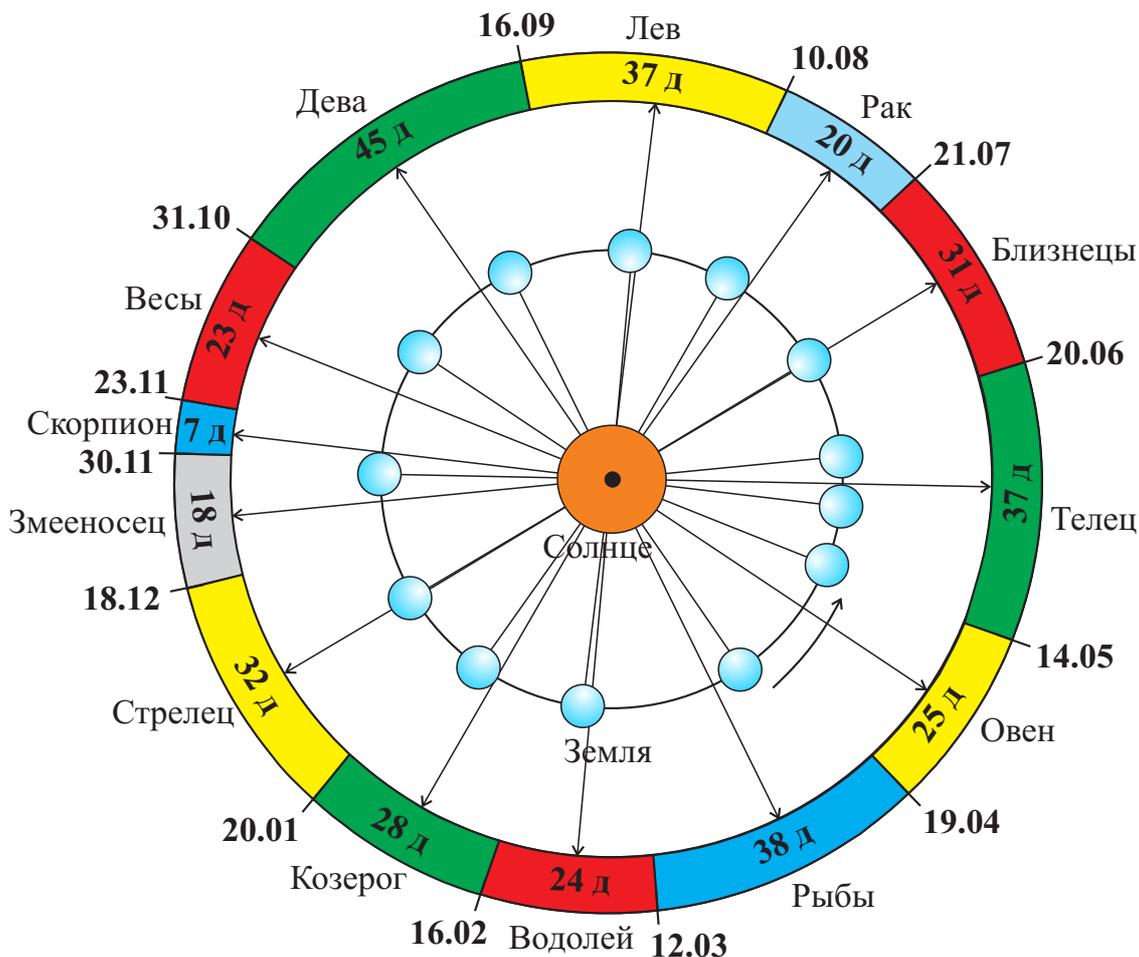


Рис. А.1. Диаграмма видимого годичного движения Солнца по эклиптике.

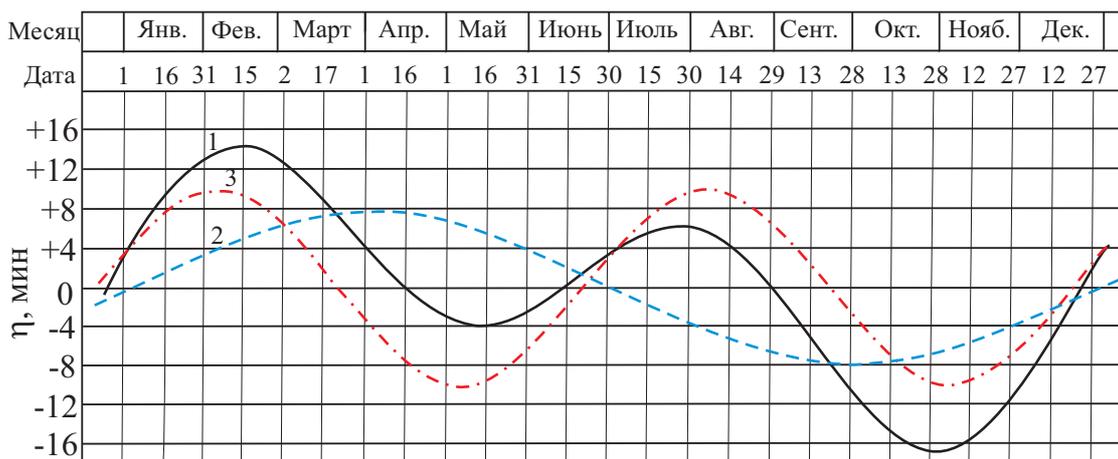


Рис. А.2. График уравнения времени: 1 – уравнение времени, 2 – уравнение центра, 3 – уравнение от наклона эклиптики.

А.10. Яркие звезды ночного небосвода

Топ-25 ярчайших звезд ночного небосвода

№	Название	α	δ	r , св.л.	m , ^m	M , ^m	Сп. кл.	Полушарие и № в нем
1	Сириус (α Большого Пса)	06 ^h 45 ^m 9 ^s	-16°42'58"	8.6	-1.46	1.4	A1Vm	Южное (01)
2	Канопус (α Киля)	06 ^h 23 ^m 57 ^s	-52°41'45"	310	-0.72	-5.53	A9II	Южное (02)
3	Ригил(A)/Толлиман(B) (α Центавра АВ)	14 ^h 39 ^m 35 ^s	-60°50'15"	4.3	-0.27	4.06	G2V + K1V	Южное (03)
4	Арктур (α Волопаса)	14 ^h 15 ^m 40 ^s	19°10'57"	36.7	-0.05	-0.3	K1.5IIIp	Северное (01)
5	Вега (α Лир)	18 ^h 36 ^m 56 ^s	38°47'01"	25	0.03 ^v	0.6	A0Va	Северное (02)
6	Капелла (α Возничего)	05 ^h 16 ^m 41 ^s	45°59'53"	42.2	0,08	-0.5	G6III + G2III	Северное (03)
7	Ригель (β Ориона)	05 ^h 14 ^m 32 ^s	-08°12'06"	870	0.12 ^v	-7.84	B8Iae	Южное (04)
8	Процион (α Малого Пса)	07 ^h 39 ^m 18 ^s	+05°13'30"	11.4	0.38	2.6	F5IV-V	Северное (04)
9	Ахернар (α Эридана)	01 ^h 37 ^m 43 ^s	-57°14'12"	139	0.46	-1.3	B3Vnp	Южное (05)
10	Бетельгейзе (α Ориона)	05 ^h 55 ^m 10 ^s	07°24'25"	530	0.50 ^v	-5.14	M2Iab	Северное (05)
11	Хадар (β Центавра)	14 ^h 03 ^m 49 ^s	-60°22'23"	400	0.61 ^v	-5.4	B1III	Южное (06)
12	Альтаир (α Орла)	19 ^h 50 ^m 47 ^s	08°52'06"	16.8	0.77	2.3	A7Vn	Северное (06)
13	Акрукс (α Южного Креста)	12 ^h 26 ^m 36 ^s	-63°05'57"	321	0.77	-4.1	B0.5IV + B1Vn	Южное (07)
14	Альдебаран (α Тельца)	04 ^h 35 ^m 55 ^s	16°30'33"	65	0.85 ^v	-0.3	K5III	Северное (07)
15	Антарес (α Скорпиона)	16 ^h 29 ^m 24 ^s	-26°25'55"	610	0.96 ^v	-5.2	M1.5Iab	Южное (08)
16	Спика (α Девы)	13 ^h 25 ^m 12 ^s	-11°09'41"	250	0.98 ^v	-3.2	B1V	Южное (09)
17	Поллукс (β Близнецов)	7 ^h 45 ^m 19 ^s	28°01'34"	33.7	1.14	0.7	K0IIIb	Северное (08)
18	Фомальгаут (α Южной Рыбы)	22 ^h 57 ^m 39 ^s	-29°37'20"	25	1.16	2.0	A3Va	Южное (10)
19	Мимоза (β Южного Креста)	12 ^h 47 ^m 43 ^s	-59°41'19"	353	1.25 ^v	-4.0	B0.5III	Южное (11)

Топ-25 ярчайших звезд ночного небосвода (продолжение)

20	Денеб (α Лебедя)	20 ^h 41 ^m 26 ^s	45°16'49"	1550	1.25	-8.38	A2Ia	Северное (09)
21	Регул (α Льва)	10 ^h 08 ^m 22 ^s	11°58'02"	77	1.35	-0.5	B7Vn	Северное (10)
22	Адара (ϵ Большого Пса)	06 ^h 58 ^m 38 ^s	-28°58'19"	400	1.50	-4.8	B2II	Южное (12)
23	Кастор (α Близнецов)	07 ^h 34 ^m 36 ^s	31°53'18"	51.5	1.57	0.5	A1V + A2V	Северное (11)
24	Гакрукс (γ Южного Креста)	12 ^h 31 ^m 10 ^s	-57°06'48"	88	1.63 ^v	-1.2	M3.5III	Южное (13)
25	Шаула (λ Скорпиона)	17 ^h 33 ^m 37 ^s	-37°06'13"	365	1.63 ^v	-3.5	B1.5IV	Южное (14)

А.11. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела, болометрические поправки

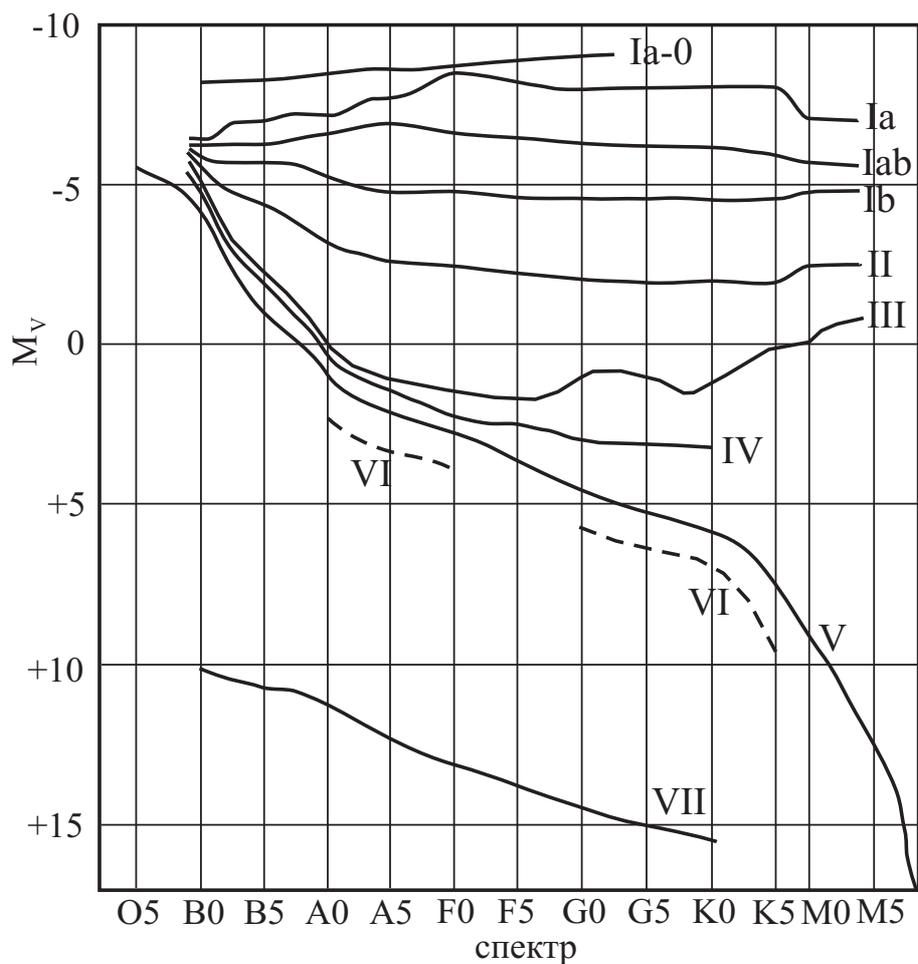


Рис. А.3. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

Болометрические поправки ΔM_b

Спектр	ΔM_b	Спектр	ΔM_b		
			Гл. последовательность	Гиганты	Сверхгиганты
B0	- 2.70	F5	- 0.04	- 0.08	- 0.12
B5	- 1.58	F8	- 0.05	- 0.17	- 0.28
A0	- 0.72	G0	- 0.06	- 0.25	- 0.42
A5	- 0.31	G2	- 0.07	- 0.31	- 0.52
F0	- 0.09	G5	- 0.10	- 0.39	- 0.65
F2	- 0.04	G8	- 0.10	- 0.47	- 0.80
		K0	- 0.11	- 0.54	- 0.93
		K2	- 0.15	- 0.72	- 1.20
		K3	- 0.31	- 0.89	- 1.35
		K4	- 0.55	- 1.11	- 1.56
		K5	- 0.85	- 1.35	- 1.86
		M0	- 1.43	- 1.55	- 2.2
		M1	- 1.70	- 1.72	- 2.6
		M2	- 2.03	- 1.95	- 3.0
		M3	- 2.35	- 2.26	- 3.6
		M4	- 2.7	- 2.72	- 3.8
		M5	- 3.1	- 3.4	- 4.0

А.12. Статистика распределения звезд по звездным величинам

m	Кол-во звезд	m	Кол-во звезд	m	Кол-во звезд, $\times 10^6$	m	Кол-во звезд, $\times 10^6$
0^m	4	5^m	1602	10^m	0.340	15^m	36.9
1^m	15	6^m	4800	11^m	0.927	16^m	83.7
2^m	48	7^m	14000	12^m	2.46	17^m	182
3^m	171	8^m	42000	13^m	6.29	18^m	374
4^m	513	9^m	121000	14^m	15.5	19^m	733

Примечание: здесь указано количество звезд на всем небосводе, имеющих блеск ярче указанной звездной величины, согласно Star Numbers, 2001.

А.13. Таблица Менделеева

ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА

ПЕРИОДЫ	A I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII		B		
	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar		He	
1	3 6.941 Lithium Литий	4 9.0122 Beryllium Бериллий	5 10.811 Boron Бор	6 12.011 Carbonium Углерод	7 14.007 Nitrogenium Азот	8 15.999 Oxygenium Кислород	9 18.998 Fluorium Фтор	10 20.179 Neon Неон	11 22.99 Sodium Натрий	12 24.305 Magnesium Магний	13 26.9815 Aluminium Алюминий	14 28.086 Silicium Кремний	15 30.974 Phosphorus Фосфор	16 32.066 Sulfur Сера	17 35.453 Chlorium Хлор	18 39.948 Argon Аргон	19 39.948 Helium Гелий	20 4.002602 Helium Гелий	
2	11 22.99 Sodium Натрий	12 24.305 Magnesium Магний	13 26.9815 Aluminium Алюминий	14 28.086 Silicium Кремний	15 30.974 Phosphorus Фосфор	16 32.066 Sulfur Сера	17 35.453 Chlorium Хлор	18 39.948 Argon Аргон	19 39.948 Potassium Калий	20 40.08 Calcium Кальций	21 44.956 Scandium Скандий	22 47.90 Titanium Титан	23 50.941 Vanadium Ванадий	24 51.996 Chromium Хром	25 54.938 Manganese Марганец	26 55.847 Iron Железо	27 58.933 Cobaltum Кобальт	28 58.70 Niccolum Никель	
3	19 39.098 Potassium Калий	20 40.08 Calcium Кальций	21 44.956 Scandium Скандий	22 47.90 Titanium Титан	23 50.941 Vanadium Ванадий	24 51.996 Chromium Хром	25 54.938 Manganese Марганец	26 55.847 Iron Железо	27 58.933 Cobaltum Кобальт	28 58.70 Niccolum Никель	29 63.546 Cuprum Медь	30 65.39 Zincum Цинк	31 69.72 Gallium Галлий	32 72.59 Germanium Германий	33 74.992 Arsenicum Мышьяк	34 78.96 Selenium Селен	35 79.904 Bromum Бром	36 83.80 Kryptonum Криптон	37 85.468 Rubidium Рубидий
4	37 85.468 Rubidium Рубидий	38 87.62 Strontium Стронций	39 88.906 Yttrium Иттрий	40 91.22 Zirconium Цирконий	41 92.906 Niobium Нйбий	42 95.94 Molybdenum Молибден	43 97.91 Technetium Технеций	44 101.07 Ruthenium Рутений	45 102.905 Rhodium Родий	46 106.4 Palladium Палладий	47 107.868 Argentum Серебро	48 112.41 Cadmium Кадмий	49 114.82 Indium Индий	50 118.71 Tinnum Олово	51 121.75 Antimony Сурьма	52 127.60 Tellurium Теллур	53 126.9045 Iodum Йод	54 131.29 Xenonum Ксенон	55 132.905 Cesiumum Цезий
5	87 196.967 Goldum Золото	88 200.59 Hydrogenium Водород	89 204.38 Thallium Таллий	90 207.19 Leadum Свинец	91 208.980 Bismuthum Висмут	92 209.99 Polonium Полоний	93 209.99 Astatium Астат	94 209.99 Radium Радий	95 210.987 Actiniumum Актиний	96 223.019 Franciumum Франций	97 223.019 Radiumum Радий	98 226.0254 Radiumum Радий	99 227.0278 Actiniumum Актиний	100 227.0337 Thoriumum Торий	101 231.036 Protactiniumum Протактиний	102 238.02891 Uraniumum Уран	103 238.02891 Uraniumum Уран	104 238.02891 Uraniumum Уран	105 238.02891 Uraniumum Уран
6	137 137.33 Bariumum Барий	138 137.33 Bariumum Барий	139 138.9055 Lanthanumum Лантан	140 140.908 Ceriumum Церий	141 140.908 Ceriumum Церий	142 140.908 Ceriumum Церий	143 140.908 Ceriumum Церий	144 140.908 Ceriumum Церий	145 140.908 Ceriumum Церий	146 140.908 Ceriumum Церий	147 140.908 Ceriumum Церий	148 140.908 Ceriumum Церий	149 140.908 Ceriumum Церий	150 140.908 Ceriumum Церий	151 140.908 Ceriumum Церий	152 140.908 Ceriumum Церий	153 140.908 Ceriumum Церий	154 140.908 Ceriumum Церий	155 140.908 Ceriumum Церий
7	210 210.987 Franciumum Франций	211 211.008 Radiumum Радий	212 211.008 Radiumum Радий	213 211.008 Radiumum Радий	214 211.008 Radiumum Радий	215 211.008 Radiumum Радий	216 211.008 Radiumum Радий	217 211.008 Radiumum Радий	218 211.008 Radiumum Радий	219 211.008 Radiumum Радий	220 211.008 Radiumum Радий	221 211.008 Radiumum Радий	222 211.008 Radiumum Радий	223 211.008 Radiumum Радий	224 211.008 Radiumum Радий	225 211.008 Radiumum Радий	226 211.008 Radiumum Радий	227 211.008 Radiumum Радий	228 211.008 Radiumum Радий

Символ элемента Относительная атомная масса Порядковый номер

Название элемента Распределение электронов на энергетических уровнях

Рис. А.4. Таблица Менделеева.

В.1. Карты звездного неба

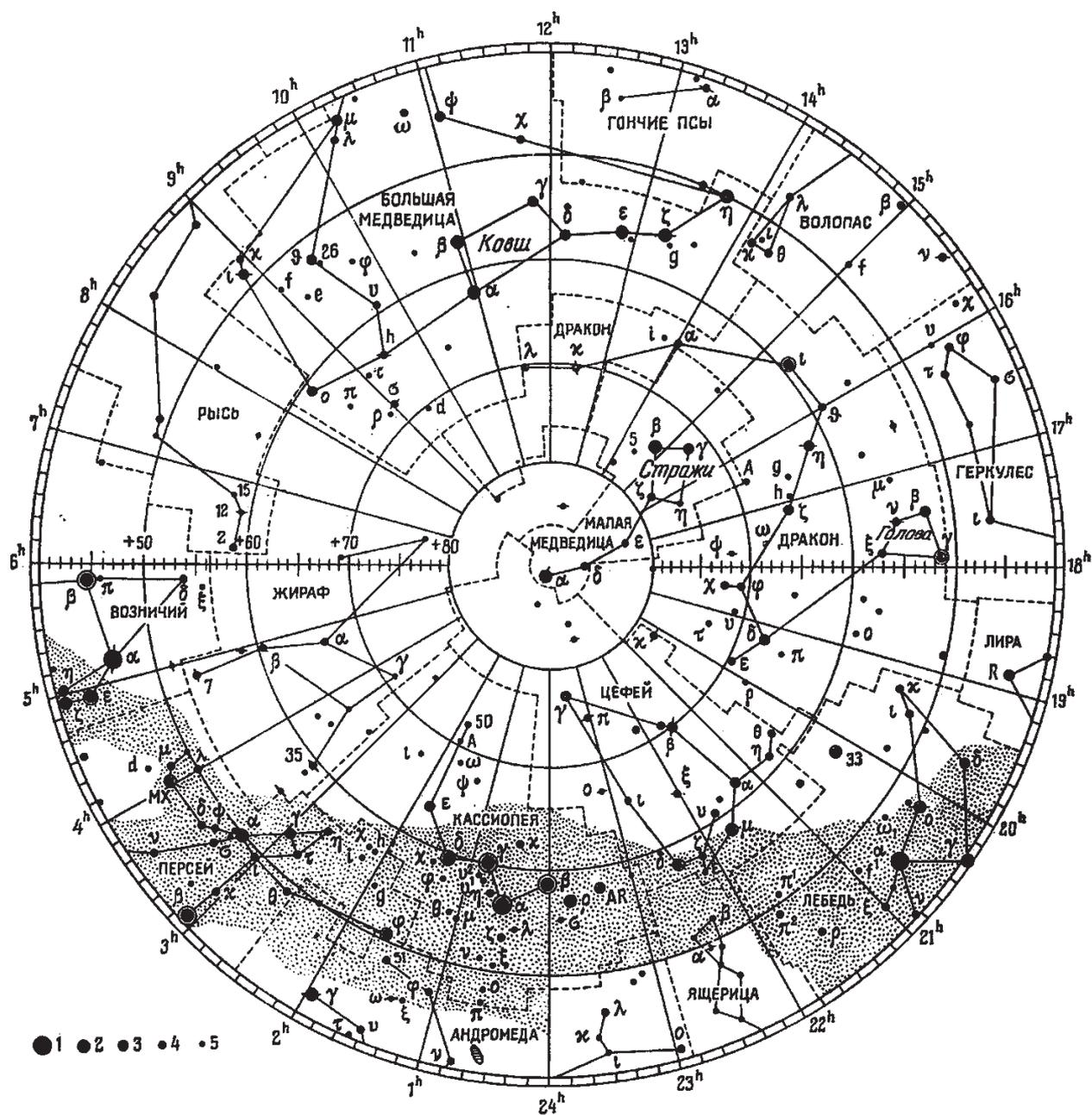


Рис. В.1. Карта северной околополярной области.

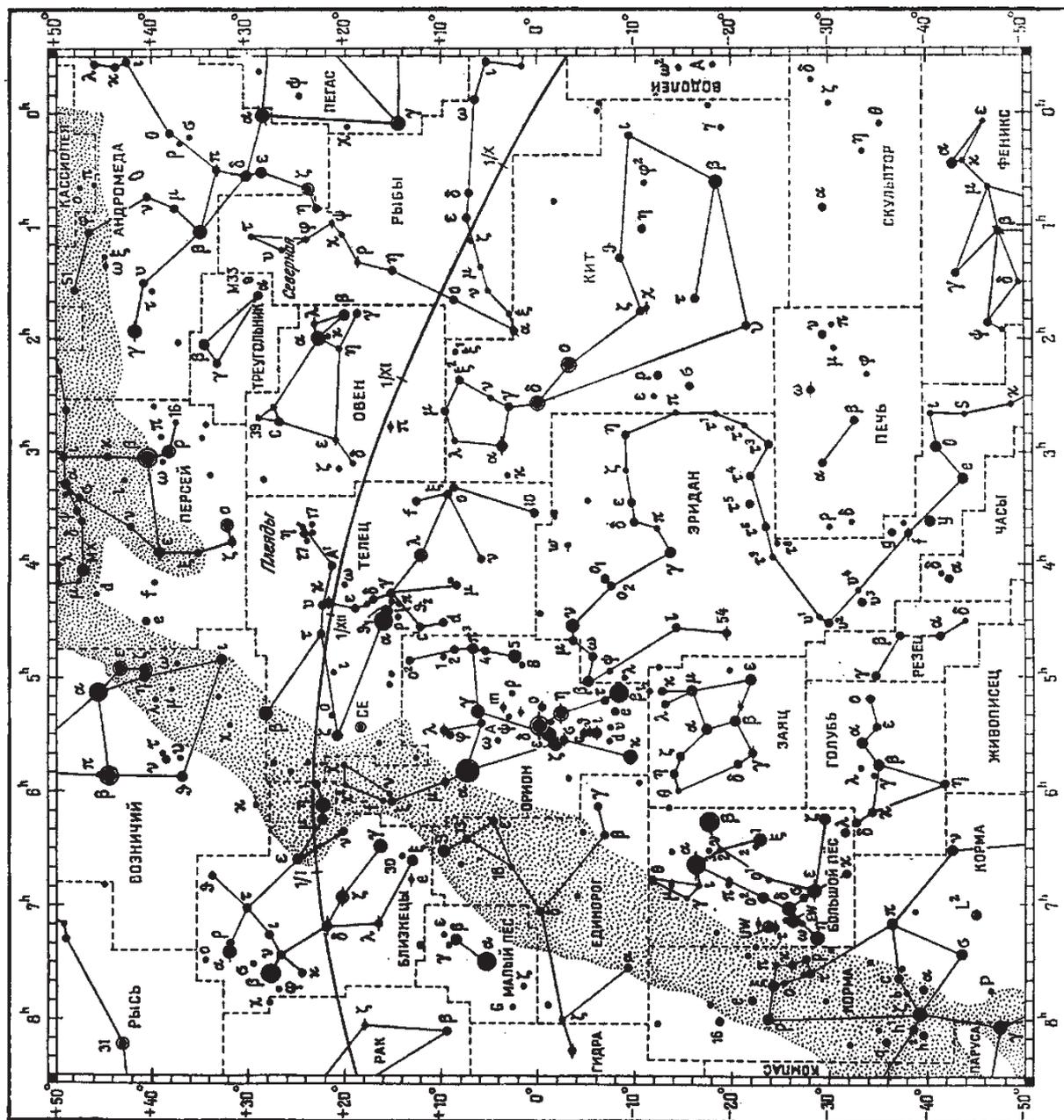


Рис. В.2. Карта осенне-зимнего небосвода.

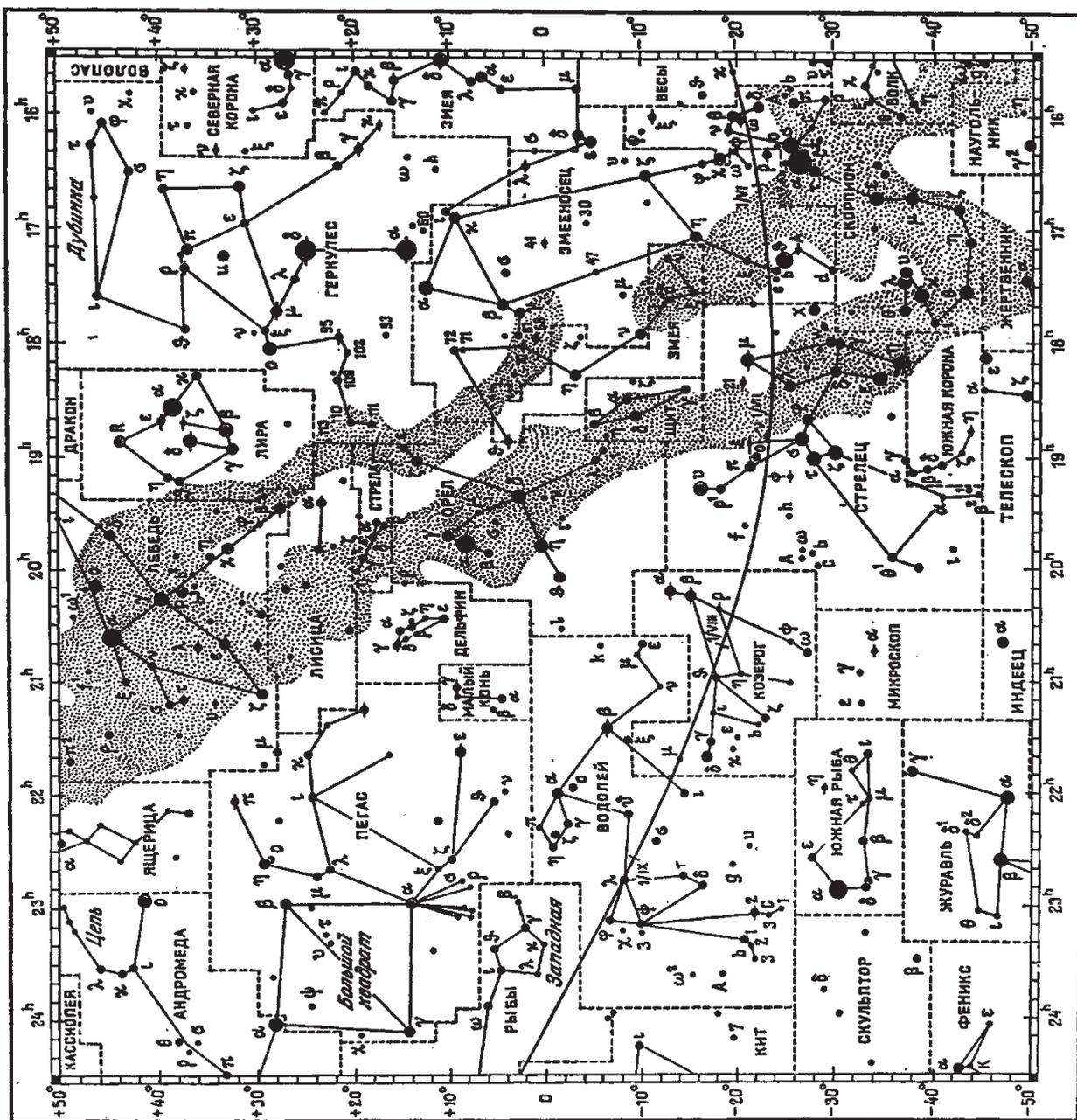


Рис. В.4. Карта летне-осеннего небосвода.

