

Задача 1. Восьмая сестра

Дано: фотография и карта участка звёздного неба.

A. Определите широту места наблюдения и дату съёмки.

B. Сколько солнечных затмений наблюдались на Земле в течение одного года с момента съёмки?

Длинный край снимка считайте параллельным плоскости горизонта, наблюдателя — находящимся в северном полушарии.

Задача 2. Мигалка

Дано: пять последовательностей юлианских дат.

Некоторый земной радиотелескоп регистрирует сигнал некоторого периодического радиоисточника. В вашем распоряжении отметки времени, соответствующие последовательным максимумам излучения источника. Найдите его возможные экваториальные координаты.

В 2018 году равноденствие наступило в JD 2458198.177.

Задача 3. Щит и меч

Дано: кривая вращения Млечного Пути.

Форму спиральных рукавов Галактики можно аппроксимировать логарифмическими спиралями вида

$$R = R_0 e^{(\lambda - \lambda_0) \tan i},$$

где R — галактоосевое расстояние (от центра галактики до проекции объекта на галактическую плоскость), $R_0 = 8.34$ кпк — расстояние от Солнца до центра Галактики, i — угол закрутки рукава, λ — галактоцентрическая долгота объекта. Постоянная λ_0 такова, что $R(\lambda_0) = R_0$.

Постройте зависимость наблюдаемой лучевой скорости объектов в рукаве Щита от галактической долготы (диаграмма «долгота — скорость»).

Вращение Млечного Пути считайте цилиндрическим, орбитальная скорость Солнца $v_\odot = 240$ км/с. Для рукава Щита $i = -21^\circ$, $\lambda_0 = -45^\circ$.

В этой задаче **нужно** произвести расчёт погрешностей.

Задача 4. Холодно у вас тут

Дано: таблица и три графика, см. по тексту.

На объект Солнечной системы с кодовым именем *Игнотум*, обращающийся вокруг *Центрума*, почти одновременно совершили посадку две метеостанции. Аппараты могли измерять температуру, давление, химический состав атмосферы и скорость ветра. К сожалению, термометры работали не слишком стабильно, но максимальная и минимальная температуры в местах посадки всё же стали известны (таблица 1). Второй аппарат также произвёл успешные замеры температуры в течение первых 40 местных суток (рис. 2). Барометры на аппаратах отработали несколько лучше. На графиках 3 и 4 приведены зависимости среднесуточного давления соответственно от количества местных суток с момента посадки по данным первого аппарата и от эклиптической долготы *Центрума* — по данным второго.

Химический анализ показал, что атмосфера *Игнотума* состоит из углекислого газа CO_2 с незначительной примесью азота N_2 и аргона Ar .

A. Идентифицируйте (с обоснованием) *Игнотум* и *Центрум*.

B. Получите формулу для адиабатического градиента температуры $\frac{dT}{dh}$ в предположении, что атмосфера состоит из идеального газа и находится в состоянии гидростатического равновесия.

C. Найдите разницу высот посадки обоих аппаратов в случае, если бы разность их координат была достаточно мала.

D. Найдите разницу высот посадки обоих аппаратов с учётом различия широт их месторасположения.

E. Соотнесите сезоны года с эклиптической долготой *Центрума*.

Указание. В случае неизотермической атмосферы давление p связано с высотой h зависимостью

$$p(h) = p_0 \left(1 + \frac{h - h_0}{T_0} \frac{dT}{dh} \right)^{\left(-\frac{\mu g}{\Re \frac{dT}{dh}} \right)},$$

где p_0 — давление на высоте h_0 , T_0 — температура на высоте h_0 , $\frac{dT}{dh}$ — адиабатический градиент температуры, μ — средняя молярная масса газа атмосферы, g — ускорение свободного падения, $\Re$ — универсальная газовая постоянная.

Адиабатический процесс описывается уравнением политропы $pV^\gamma = \text{const}$, где $\gamma \equiv \frac{C_V + \Re}{C_V}$ — отношение молярных теплоёмкостей идеального газа при постоянных давлении и объёме соответственно.

Справочные данные

Основные физические и астрономические постоянные

Гравитационная постоянная G	$6.672 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{с}^{-2}$
Электрическая постоянная ϵ_0	$8.854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$
Скорость света в вакууме c	$2.998 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
Постоянная Больцмана k	$1.38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
Универсальная газовая постоянная $\mathfrak{R}$	$8.314 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{К)}$
Постоянная Стефана – Больцмана σ	$5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$
Постоянная Планка h	$6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Масса протона m_p	$1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Масса электрона m_e	$9.11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$
Элементарный электрический заряд e	$1.602 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
Янский 1 Ян	$10^{-26} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{Гц)}$
Астрономическая единица 1 а.е.	$1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$
Парсек 1 пк	206265 а.е.
Постоянная Хаббла H_0	68 (км/с)/Мпк

Светимость Солнца $L_\odot$	$3.88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$
Видимая звёздная величина Солнца $m_\odot$	$-26.8^{\text{м}}$
Абсолютная звёздная величина Солнца $M_\odot$	$+4.72^{\text{м}}$
Показатель цвета $(B - V)_\odot$	$+0.67^{\text{м}}$
Эффективная температура Солнца $T_\odot$	5800 К
Солнечная постоянная $E_\odot$	1360 Вт/м^2
Наклон экватора Земли к эклиптике ε	23.44°
Сидерический год	365.2564 сут.
Тропический год	365.2422 сут.
Звёздные сутки	$23^{\text{ч}} 56^{\text{м}} 04^{\text{с}}$

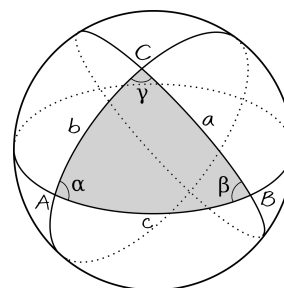
Большая полуось орбиты Луны a_ζ	384400 км
Средний эксцентриситет орбиты Луны e_ζ	0.055
Наклон плоскости орбиты Луны к эклиптике i_ζ	5.15°
Сидерический месяц	27.3217 сут.
Синодический месяц	29.5306 сут.
Радиус Луны R_ζ	1738 км
Масса Луны $\mathfrak{M}_\zeta$	$\mathfrak{M}_\oplus/81.3$
Визуальное геометрическое альbedo α_ζ	0.12
Видимая звёздная величина в полнолуние m_ζ	$-12.7^{\text{м}}$

Физические характеристики Солнца и больших планет

Планета	Масса, кг	Радиус, км	Период вращения вокруг оси	Наклон экватора к плоскости орбиты, $^\circ$	Альbedo
Солнце	$1.989 \cdot 10^{30}$	697000	25.380 сут.	7.25	
Меркурий	$3.302 \cdot 10^{23}$	2440	58.646 сут.	0.00	0.10
Венера	$4.869 \cdot 10^{24}$	6052	243.019 сут.	177.36	0.65
Земля	$5.974 \cdot 10^{24}$	6378	23.934 ч	23.44	0.37
Марс	$6.419 \cdot 10^{23}$	3397	24.623 ч	25.19	0.15
Юпитер	$1.899 \cdot 10^{27}$	71492	9.924 ч	3.13	0.52
Сатурн	$5.685 \cdot 10^{26}$	60268	10.656 ч	25.33	0.47
Уран	$8.683 \cdot 10^{25}$	25559	17.24 ч	97.86	0.51
Нептун	$1.024 \cdot 10^{26}$	24746	16.11 ч	28.31	0.41

Параметры орбит больших планет

Планета	Большая полуось, а.е.	Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики, $^\circ$	Период обращения
Меркурий	0.3871	0.2056	7.004	87.97 сут.
Венера	0.7233	0.0068	3.394	224.70 сут.
Земля	1.0000	0.0167	0.000	365.26 сут.
Марс	1.5237	0.0934	1.850	686.98 сут.
Юпитер	5.2028	0.0483	1.308	11.862 лет
Сатурн	9.5388	0.0560	2.488	29.458 лет
Уран	19.1914	0.0461	0.774	84.01 лет
Нептун	30.0611	0.0097	1.774	164.79 лет



Формулы сферической тригонометрии

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C};$$

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A;$$

$$\sin a \cos C = \sin b \cos c - \cos b \sin c \cos A.$$