

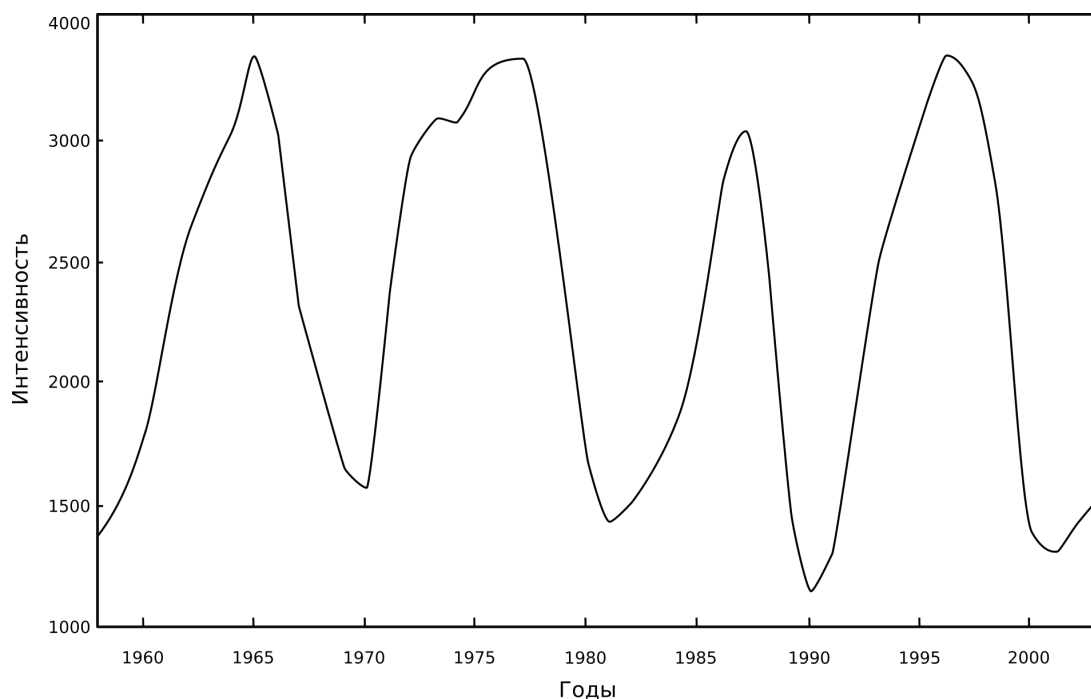
LXXVII Московская астрономическая олимпиада

Теоретический тур. 2023 г.

11 класс

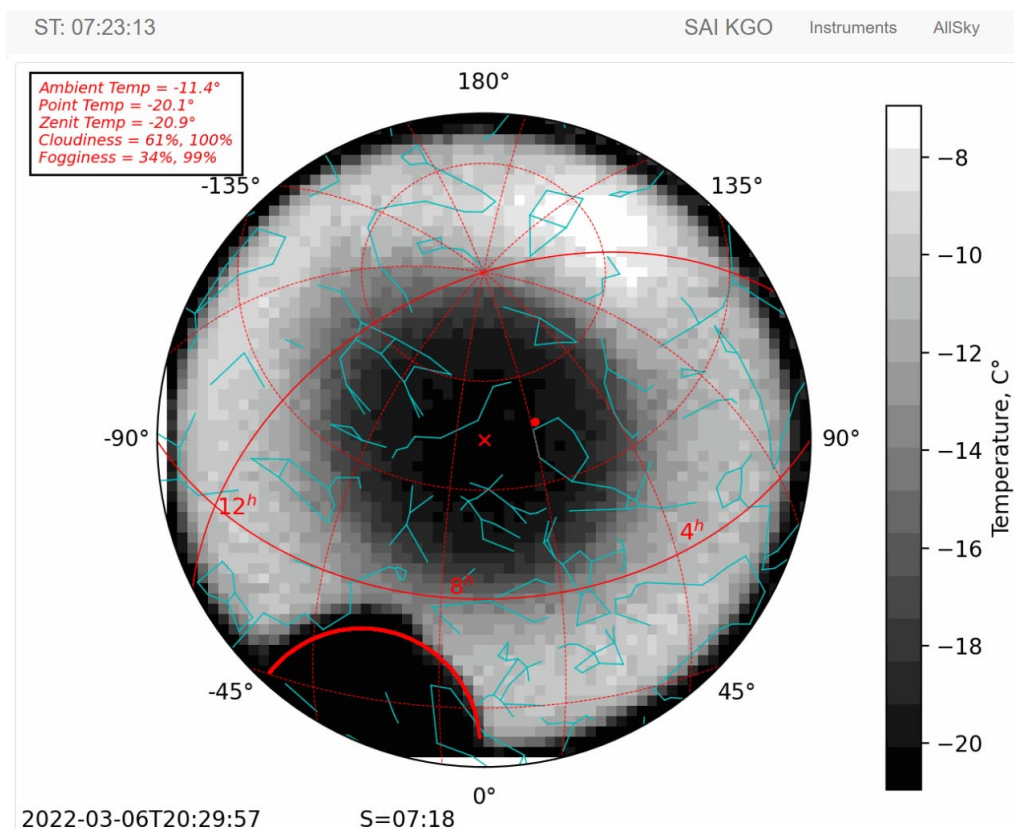
Задача 1

На графике показана зависимость интенсивности (частиц на см^2 в секунду со стерадиана) галактических космических лучей с энергией выше 100 МэВ от времени на Земле. Объясните причину переменности. Когда наблюдаются минимумы, а когда — максимумы интенсивности?



Задача 2

На Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ для мониторинга облачности установлен специальный прибор, который измеряет температуру разных участков неба и выводит на экран её распределение по небесной сфере. Облака имеют более высокую температуру, чем чистое небо, поэтому их легко увидеть в инфракрасном диапазоне: чем плотнее облака, тем ярче они в этом диапазоне длин волн. В один из дней в течение нескольких часов прибор демонстрировал распределение яркости схожее с кольцом, показанное на приложенном рисунке. Чёрное пятно внизу изображения между 0 и -45 азимутами — купол телескопа. Объясните наблюдаемую картину.



Задача 3

Наблюдатель, находящийся в верхних слоях атмосферы Юпитера, заметил, что некоторая удалённая звезда в течение юпитерианского дня движется по эллипсу с большей полуосью $\alpha_0 = 5.1''$. Оцените длительность восхода Солнца для этого наблюдателя. Орбиту Юпитера считайте круговой, разницей экваториального и полярного радиусов, а также дифференциальным вращением Юпитера пренебрегите, атмосферные эффекты не учитывайте.

Задача 4

Предположим, что в Солнечной системе остались только Земля, Юпитер, Нептун и Солнце, причём планеты движутся вокруг центра масс по круговым орбитам с радиусом, равным их текущей большой полуоси. Оцените, с какой вероятностью можно обнаружить центр масс Солнечной системы вне Солнца в случайный момент времени в течение ближайших 10 тыс. лет, если орбиты всех тел лежат в одной плоскости.

Задача 5

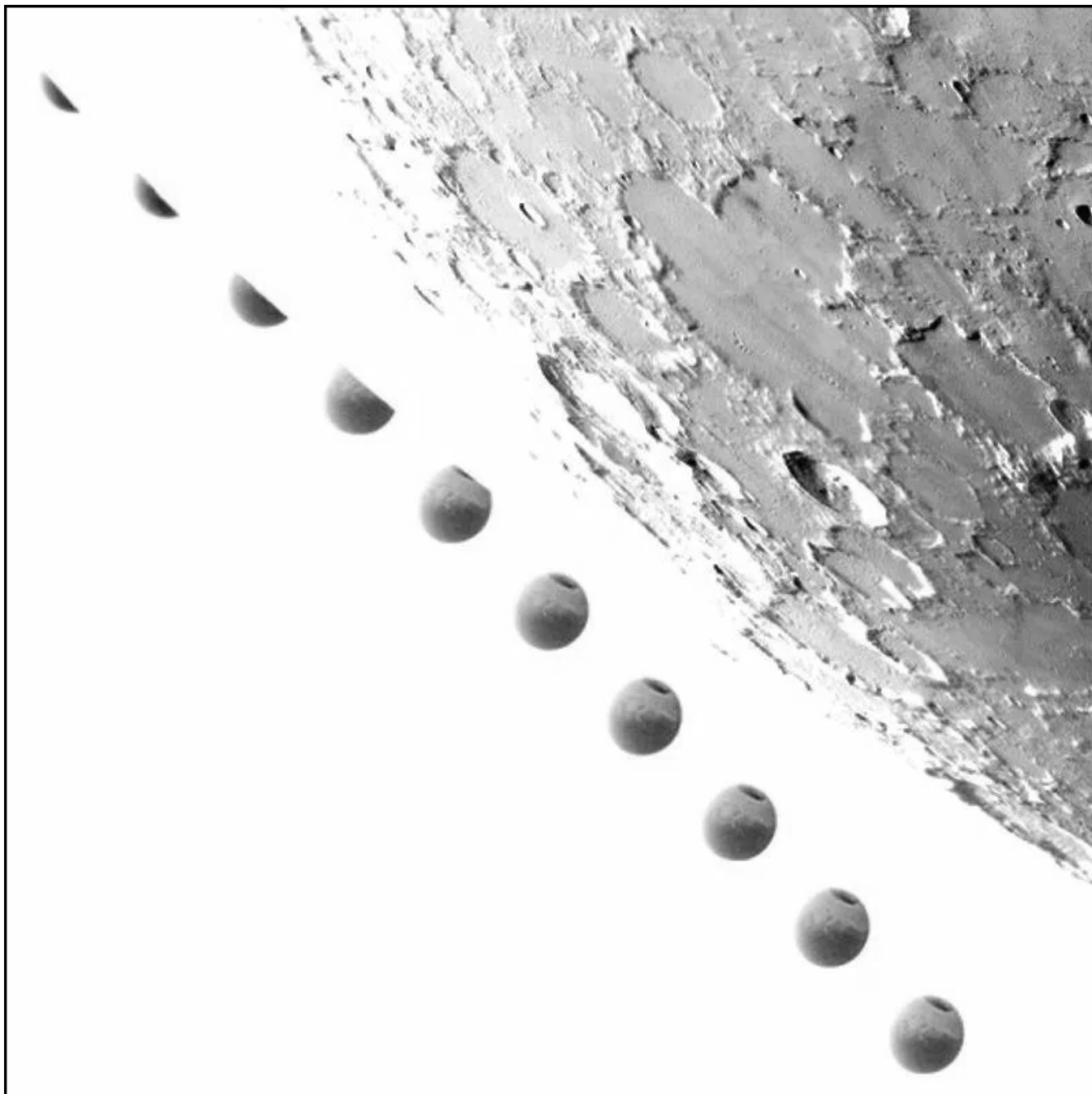
Один астроном очень хотел увидеть Большой Юпитер в свой не очень большой телескоп ($D = 100$ мм, $f/8$). Так как окуляр у него уже был ($f = 15$ мм), он решил увеличить эквивалентное фокусное расстояние телескопа. Как известно, для этого можно использовать линзу Барлоу — рассеивающую линзу, устанавливаемую чуть ближе к объективу, чем фокальная плоскость телескопа. Строение корпуса окуляра позволяет удобно закрепить эту линзу на расстоянии 30 мм от линзы самого окуляра. Найдите оптическую силу необходимой линзы Барлоу и расстояние от неё до фокальной плоскости, если астроном хочет увидеть Юпитер с угловым диаметром в 2° , в 4 раза больше, чем у Луны! Все линзы считать тонкими, а Юпитер — находящимся в противостоянии.

Задача 6

Технологически развитая цивилизация способна отправить автономный звездолёт-поселение к ближайшей соседней звезде. Звездолёт имеет скорость 10% от скорости света. После прибытия к звезде за время 200 лет экипаж звездолёта построит два аналогичных звездолёта, используя найденное вокруг звезды вещество, а население первого звездолёта увеличится достаточно, чтобы составить команду новых звездолётов. Они отправятся к двум ближайшим звёздам, которые представители этой цивилизации ещё не посещали, и около них история повторится (спустя 200 лет после прибытия от каждой звезды отправятся два новых звездолёта). Необходимо оценить минимальное время, которое потребуется, чтобы звездолёты этой цивилизации побывали около каждой звезды из диска нашей Галактики. Считать, что звёзды в диске распределены однородно.

Задача 7

На рисунке изображён негатив фотографии касательного покрытия Марса Луной. С его помощью определите фазу Луны и расстояние до Марса.

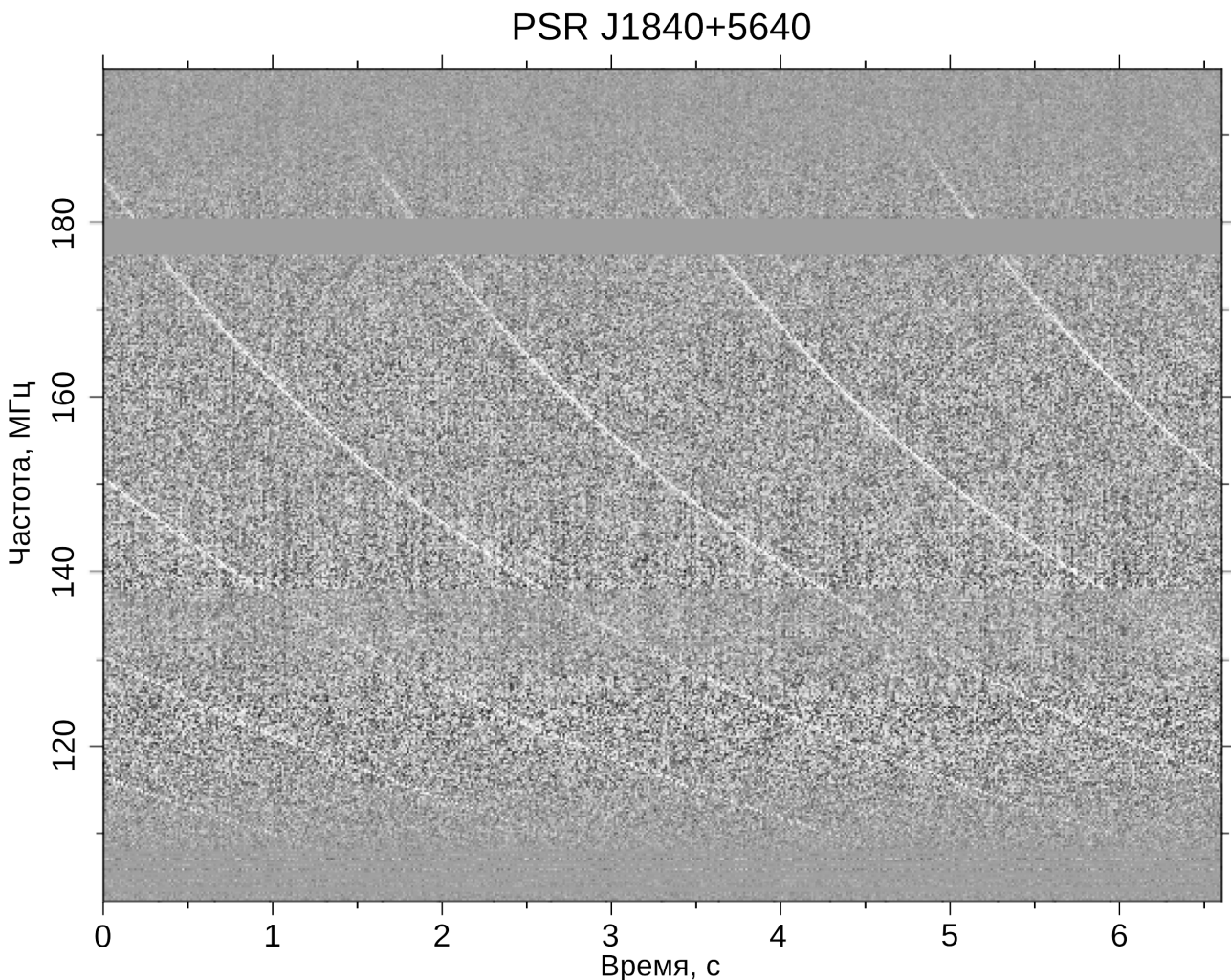


Задача 8

Радиоизлучение пульсаров распространяется через межзвёздную среду со скоростью $v = (1 - (f_p/f)^2)^{0.5} c$, где f — частота излучения, $f_p = 8.98 \text{ кГц} \times \sqrt{n_e}$ — плазменная частота, n_e — электронная плотность, выраженная в см^{-3} , c — скорость света. В результате импульсы пульсаров приходят не одновременно на разных частотах. На рисунке показана зависимость времени прихода импульсов от частоты для пульсара J1840+5640. Определите:

1. период пульсара в секундах;
2. меру дисперсии (произведение электронной плотности на расстояние до пульсара) в $\text{пк}/\text{см}^3$;
3. электронную плотность в направлении пульсара в см^{-3} ;
4. какая должна быть ширина полосы пропускания приёмника, центрированная на 110 МГц, чтобы последовательные импульсы не накладывались друг на друга?

Тригонометрический параллакс пульсара равен 0.66 ± 0.06 миллисекунд. Для всех четырёх величин укажите погрешности измерения.



Справочные данные

Данные о Солнце, Земле, Луне и Галактике

Светимость Солнца	$L_{\odot} = 3.827 \times 10^{26} \text{ Вт}$
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	$\varepsilon = 23^{\circ} 26' 21.45''$
Синодический месяц	$S_{\zeta} = 29.53059 \text{ сут}$
Видимая звёздная величина полной Луны	$m_{\zeta} = -12.7^{\text{m}}$
Число звёзд в нашей Галактике	$= 10 \times 10^{11}$
Радиус диска нашей Галактики	$= 20 \text{ кпк}$
Масса нашей Галактики (в массах Солнца)	$= 2 \times 10^{12}$

Астрономические и физические постоянные

Гравитационная постоянная	$G = 6.674 \times 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$
Скорость света в вакууме	$c = 2.998 \times 10^8 \text{ м с}^{-1}$
Постоянная Стефана-Больцмана	$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ кг с}^{-3} \text{ К}^{-4}$
Масса протона	$m_{\text{p}} = 1.67 \times 10^{-27} \text{ кг}$
Астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} = 1.496 \times 10^{11} \text{ м}$
Парсек	$1 \text{ пк} = 3.086 \times 10^{16} \text{ м}$

Формулы приближенного вычисления (при $x \ll 1$)

$$\begin{aligned} \sin(x) &\approx x & \cos x &\approx 1 - \frac{x^2}{2} & \operatorname{tg} x &\approx x \\ \ln(1+x) &\approx x & e^x &\approx 1+x & (1+x)^\alpha &\approx 1+\alpha x \end{aligned}$$

Характеристики Солнца, планет и некоторых спутников

Объект	Большая полуось, а.е.	Эксцентриситет	Орбитальный период	Масса, кг	Радиус, тыс. км	Осевой период
Солнце				1.989×10^{30}	697	25.38 сут
Меркурий	0.3871	0.2056	87.97 сут	3.302×10^{23}	2.44	58.65 сут
Венера	0.7233	0.0068	224.70 сут	4.869×10^{24}	6.05	243.02 сут
Земля	1	0.0167	365.26 сут	5.974×10^{24}	6.37	23.93 ч
Луна	0.00257	0.0549	27.322 сут	7.348×10^{22}	1.74	27.32 сут
Марс	1.5237	0.0934	686.98 сут	6.419×10^{23}	3.40	24.62 ч
Юпитер	5.2028	0.0483	11.862 лет	1.899×10^{27}	71.5	9.92 ч
Сатурн	9.5388	0.0560	29.458 лет	5.685×10^{26}	60.3	10.66 ч
Уран	19.1914	0.0461	84.01 лет	8.683×10^{25}	25.6	17.24 ч
Нептун	30.0611	0.0097	164.79 лет	1.024×10^{26}	24.7	16.11 ч