

11 класс

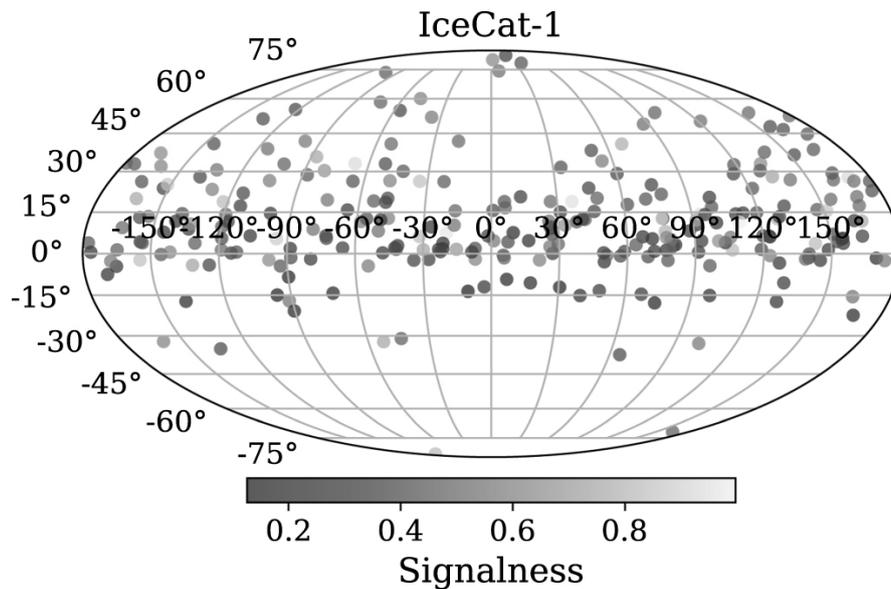
В решении для всех вычислений должна быть представлена формула, где искомая величина записана как явная функция известных величин, записаны подставляемые значения и только потом ответ. Если численные значения получаются из рисунков/графиков, должно быть показано, что именно измерялось.

Задача 1

Хорошо известно, что разрешающая способность телескопа тем лучше, чем меньше длина волны наблюдения. Почему же тогда разрешение изображений, полученных космическими телескопами в жёстком рентгеновском и гамма-диапазонах, существенно хуже оптических?

Задача 2

На Южном полюсе Земли во льду на глубине 1450–2450 м расположены детекторы нейтринной обсерватории IceCube. На рисунке ниже показана карта в экваториальных координатах, на которой отмечены места прихода астрофизических нейтрино высоких энергий, т. е. таких нейтрино, чьи источники находятся за пределами нашей Галактики. Наблюдения велись 9 лет. Почему отметки не заполняют карту равномерно, а группируются вдоль одной полосы?



Задача 3

Наше Солнце движется относительно реликтового излучения со скоростью примерно 370 км/с в направлении созвездия Чаша вблизи границы с созвездием Льва. Оцените максимальную температуру реликтового фона, которую мы можем зафиксировать. В каком созвездии она будет наблюдаться? Сейчас средняя температура фона составляет 2.725 К, излучением пыли пренебречь.

Задача 4

На орбите Юпитера в окрестностях точек Лагранжа L_4 и L_5 находятся две группы астероидов: «Греки» (опережают Юпитер) и «Троянцы». Два астероида, Грек и Троянец, находятся в точках Лагранжа своих групп. В некоторый момент времени на Земле наблюдалось противостояние Юпитера. Какое событие произойдёт раньше: противостояние Грека или квадратура Троянца? Через какое время наступят эти явления? Ответ дайте в сутках.

Задача 5

Созвездие Хамелеона занимает на небе «прямоугольную» область между от -75° до -82° по склонению и от $7^{\text{h}} 40^{\text{m}}$ до $13^{\text{h}} 40^{\text{m}}$ по прямому восхождению. На каких широтах можно увидеть это созвездие на небе полностью в один момент времени?

Задача 6

Наблюдатель на экваторе заметил ровно в точке запада на горизонте геосинхронный полярный спутник, обращающийся по круговой орбите. Определите максимальную высоту этого спутника в данном пункте.

Задача 7

Один юный астроном решил построить себе спектрограф. Он достал стеклянную призму с углом при вершине 60° , две линзы для камеры и коллиматора с фокусным расстоянием 20 см и диаметром 3 см и «небольшой» телескоп с диаметром объектива 50 см и относительным отверстием $f/8$. Считая ширину щели равной атмосферному размеру изображения звезды ($1''$), оцените максимальное и минимальное относительное спектральное разрешение этого спектрографа в оптическом диапазоне спектра (от 4000 до 9000 ангстрем). Дифракцией на всех элементах оптической системы пренебречь. На рисунке представлена зависимость угла отклонения луча света в призме от длины волны.

Задача 8

Подобно тому как звезды мерцают из-за рассеивания света на неоднородностях земной атмосферы, пульсары мерцают вследствие рассеивания радиоизлучения неоднородностями межзвёздной среды. Одна из простейших моделей мерцаний — рассеивание на тонком экране. Пусть D — расстояние от наблюдателя до пульсара. Расстояние от пульсара до экрана обозначим sD , а от экрана до наблюдателя — $(1 - s)D$, $0 < s < 1$.

Вследствие рассеивания к наблюдателю попадают не только лучи, идущие прямо, но и некоторые лучи, рассеявшиеся на экране, образуя в плоскости наблюдателя сложное распределение областей пониженной и повышенной интенсивности излучения (картина мерцаний). Пульсар быстро движется относительно наблюдателя и экрана, в результате чего излучение проходит через разные части экрана, картина мерцаний движется, а телескоп фиксирует изменение интенсивности с частотой f .

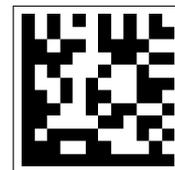
На рисунке на стр. 5 показаны зависимости задержки сигнала τ , вызванной рассеянием, от частоты f для пульсара В1919+10 на четырёх наблюдательных частотах. Аналитическая формула этой зависимости имеет вид

$$\tau = \eta f^2, \quad \eta = 5.15 \cdot 10^5 \frac{Ds(1-s)}{V_{\text{eff}}^2} \lambda^\alpha,$$

где D измеряется в килопарсеках, λ — длина волны наблюдения в метрах, V_{eff} — скорость экрана относительно отрезка наблюдатель — пульсар в км/с.

1. С помощью рисунка определите величину α .
2. Найдите зависимость скорости V_{eff} от тангенциальной скорости пульсара V_p .
3. Определите угловой и линейный размер рассеянного изображения пульсара.

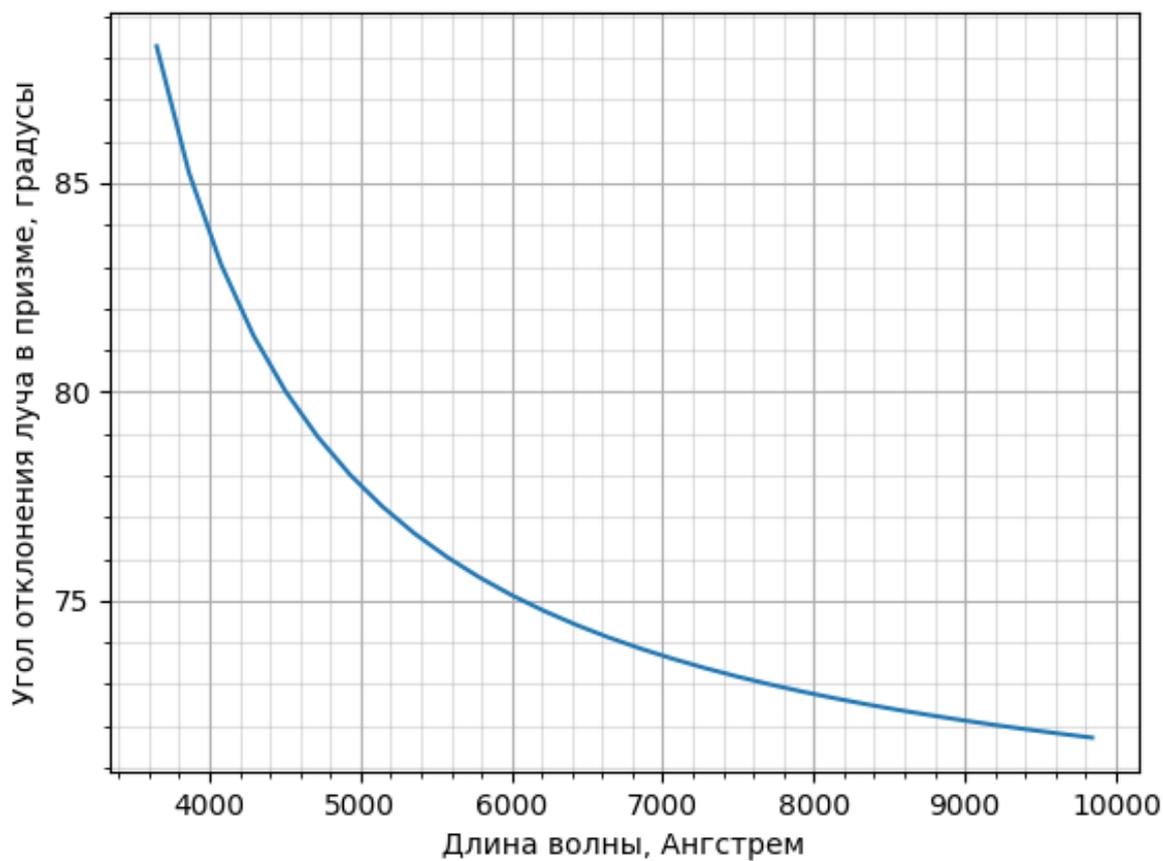
Считайте, что за пределами графиков полезного сигнала нет. Для исследуемого пульсара $D = 0.36$ кпк, $V_p = 177$ км/с. Движением наблюдателя и экрана пренебечь.



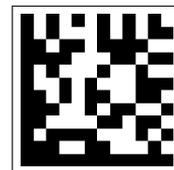
11
класс

□ □ □ □ □ □ □ □
номер работы

лист ____ из ____



К задаче 7

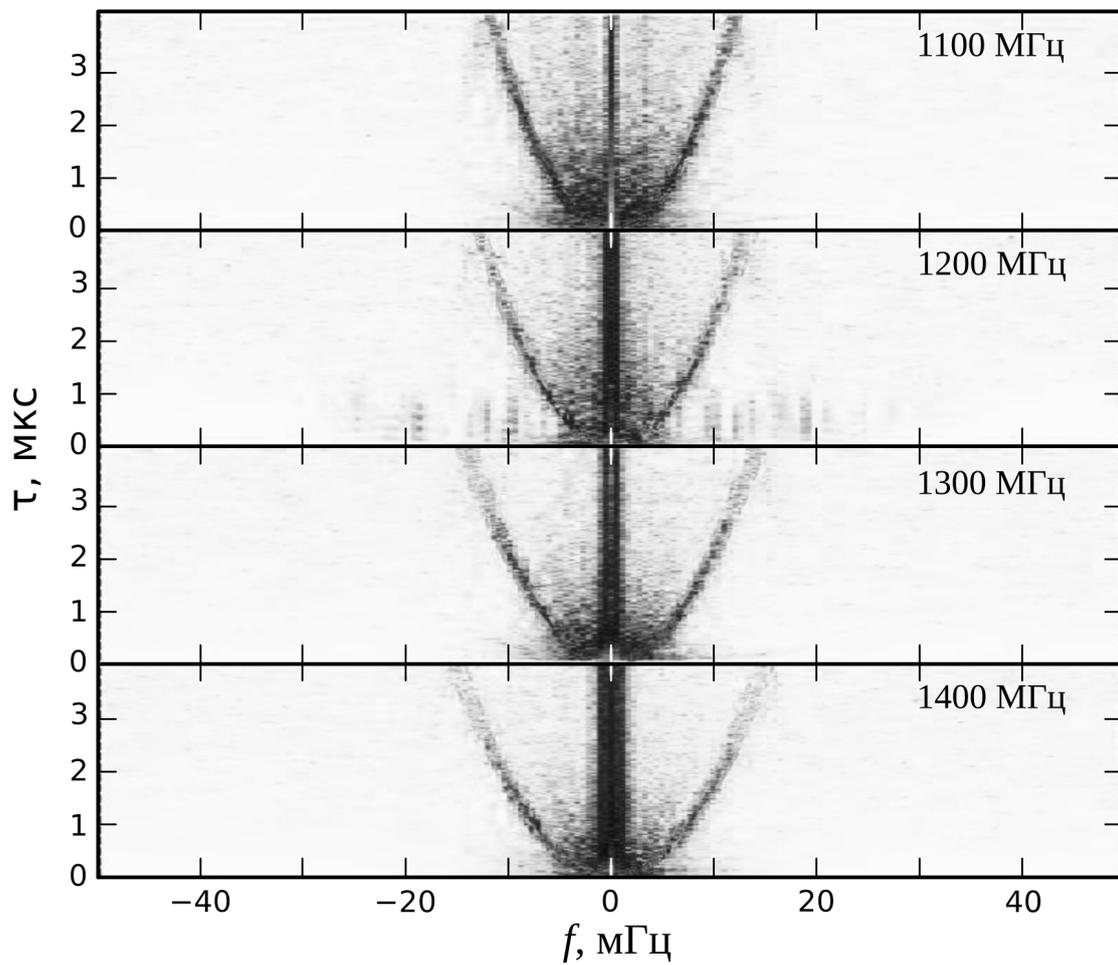


11
класс

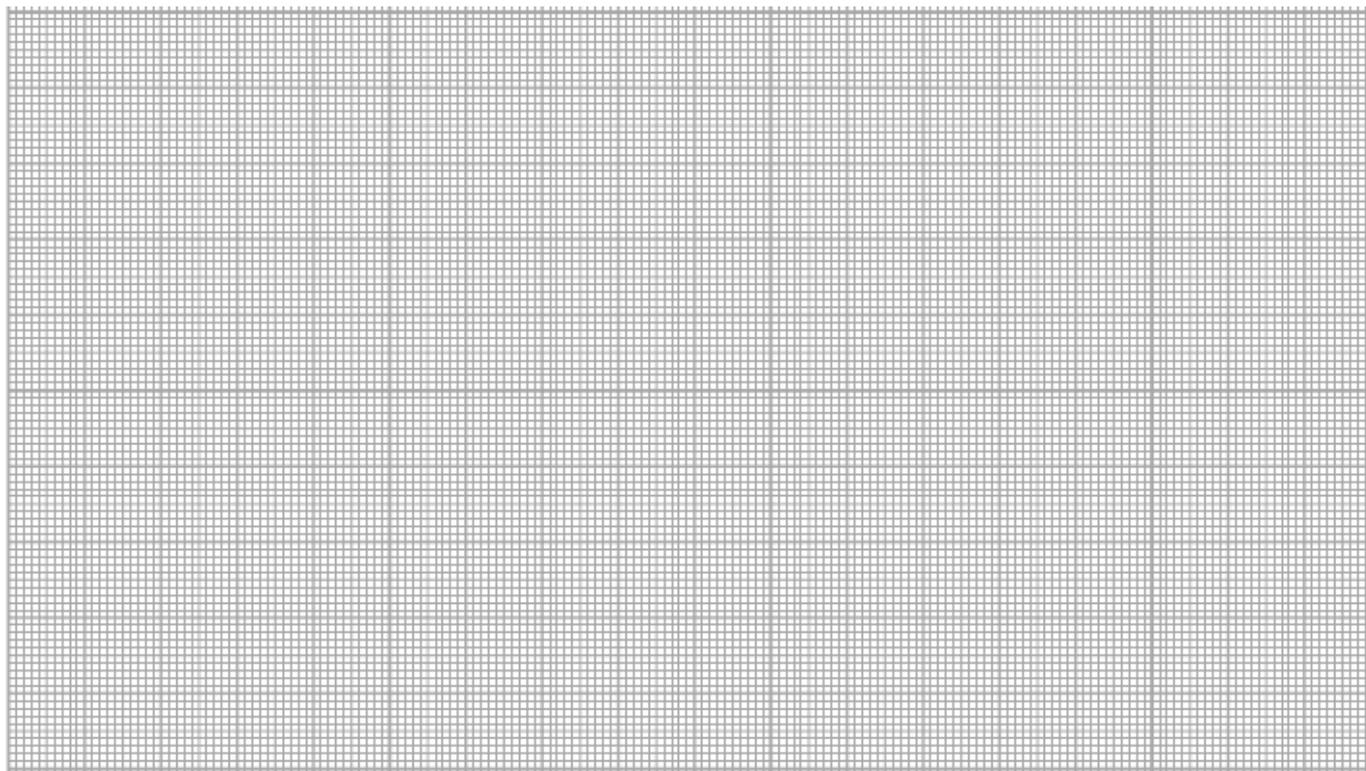
□ □ □ □ □ □ □ □

номер работы

лист ____ из ____



К задаче 8



Справочные данные

Данные о Солнце, Земле, Луне и Галактике

Светимость Солнца	$L_{\odot} = 3.827 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$
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	$E_{\odot} = 1360.8 \text{ Вт м}^{-2}$
Поток солнечной энергии в видимых лучах на расстоянии Земли	$= 600 \text{ Вт м}^{-2}$
Тропический год	$= 365.24219 \text{ сут}$
Звёздные сутки	$= 23 \text{ ч } 56 \text{ мин } 04 \text{ с}$
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	$= 10 \cdot 10^{11}$
Радиус диска нашей Галактики	$= 20 \text{ кпк}$
Масса нашей Галактики (в массах Солнца)	$= 2 \cdot 10^{12}$

Астрономические и физические постоянные

Гравитационная постоянная	$G = 6.674 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$
Скорость света в вакууме	$c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ м с}^{-1}$
Постоянная Стефана-Больцмана	$\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ кг с}^{-3} \text{ К}^{-4}$
Постоянная Планка	$h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ Дж с}$
Масса протона	$m_{\text{p}} = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
Астрономическая единица	$1 \text{ а. е.} = 1.496 \cdot 10^{11} \text{ м}$
Парсек	$1 \text{ пк} = 3.086 \cdot 10^{16} \text{ м}$
Время накопления сигнала глазом	$= 0.05 \text{ с}$

Формулы приближённого 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}	696	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}	69.9	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