

ВАРИТАНТ 1

ЗАДАНИЕ 1 ЗВЕЗДНОЕ НЕБО

Уважаемые участники олимпиады! Вам представлена карта участка звездного неба, на которой цифрами обозначены некоторые яркие звезды.

А). Составте таблицу (по аналогии с примером ниже), указав в ней для каждой из 10-и отмеченных на карте звезд: принадлежность к созвездию на русском языке, обозначение по каталогу Байера-Флемстида и собственное название.

Примечания:

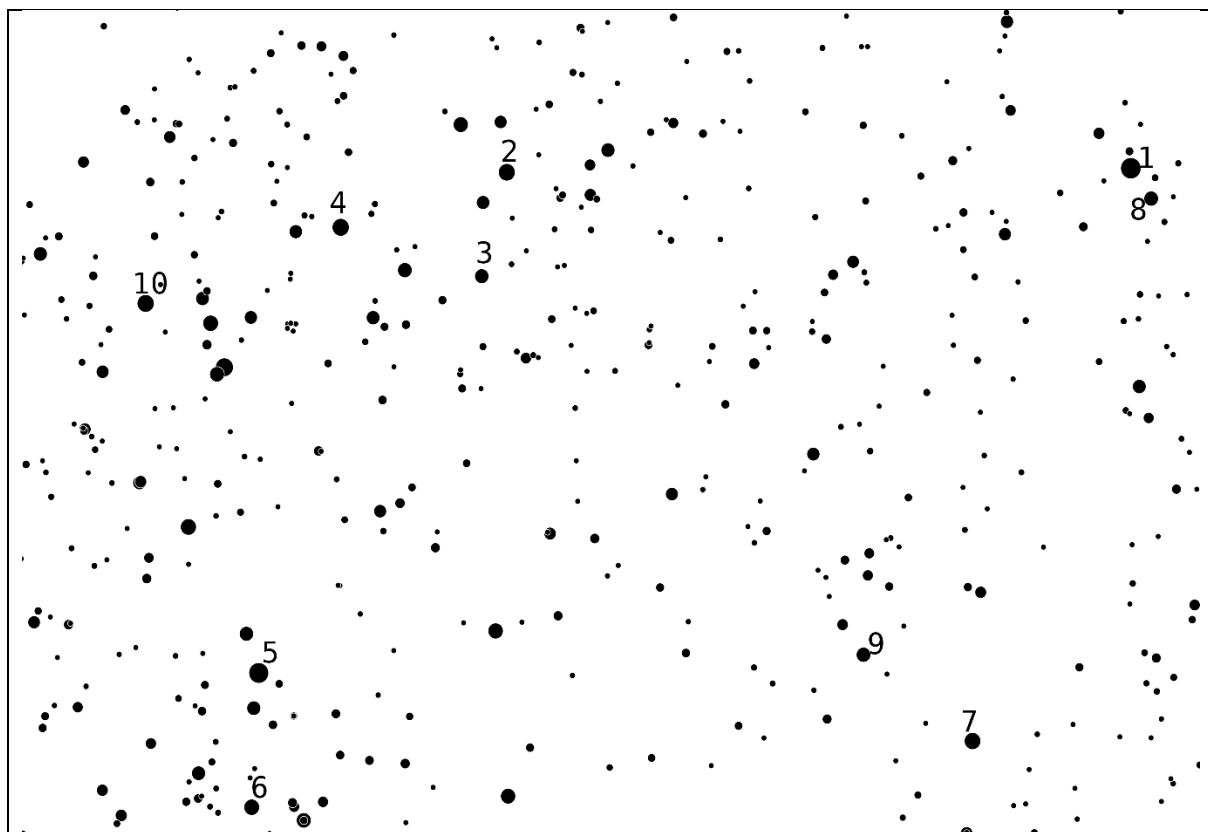
а). Границы карты не параллельны координатным осям прямого восхождения и склонения.

б). Таблицу нарисовать в листе ответов.

Пример ответов:

№	Принадлежность к созвездию на русском языке	Обозначение по каталогу Байера-Флемстида	Собственное название
1	α Льва	α Leo	Регул
2	α Девы	α Vir	Спика
...

Карта участка звездного неба



Б). Молодой астроном ростом $\sim 1,7$ метра, прогуливался и любовался звездным небом. На горизонте сияли огни большого города. Чтобы исключить влияние света города он решил проводить наблюдения из цилиндрической башни с внутренним диаметром 2 метра и высотой $\sim 4,5$ метра. Стоя по центру башни, он обнаружил, что звезда Вега находится прямо в зените. Перечислите какие еще яркие звезды он сможет увидеть стоя по центру башни в это время. Склонение Веги принять равным $\sim 39^\circ$.

Примечание: указать принадлежность к созвездию на русском языке, обозначение по каталогу Байера-Флемстида и собственное название на любом языке.

В). На какой географической широте находилась башня?

ЗАДАНИЕ 2 ДВОЙНАЯ ЗВЕЗДА

Две звезды радиусами $R_1 = 6000$ км и $R_2 = 3000$ км с массами $2M_{\odot}$ и $0,5M_{\odot}$ вращаются вокруг общего центра масс по круговым орбитам. Расстояние от поверхности одной звезды до другой составляет $a = 30000$ км. Найдите:

А). Наибольшее значение угла наклона плоскости орбиты этой двойной звездной системы к лучу зрения, при котором еще не будут наблюдаться затмения.

Б). Большие полуоси их орбит.

В). Линейные скорости их движения.

Г). Периоды обращения звезд.

Гравитационная постоянная равна $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-2}$. $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30}$ кг.

ЗАДАНИЕ 3 РАДИОСПЕКТР ПУЛЬСАРА

Радиоизлучение пульсаров отличается чрезвычайно высокой степенью периодичности всплесков (импульсов). Однако форма временного профиля индивидуальных импульсов у подавляющего большинства пульсаров изменяется чрезвычайно сильно, поэтому для получения представления о форме профиля импульса конкретного пульсара выполняется усреднение как минимум 1000 последовательных импульсов и формируется средний профиль. В таблице 1 представлены численные данные для среднего временного профиля импульса радиоизлучения пульсара PSR J1645–0317 на частоте $\nu_0 = 610$ МГц в виде зависимости спектральной плотности потока радиоизлучения S_{ν} от времени τ , выраженного в единицах периода P следования радиоимпульсов данного пульсара.

Из многочисленных астрономических наблюдений известно, что спектр радиоизлучения пульсаров существенно отличается от планковского спектра и может быть описан степенной зависимостью вида $S_{\nu} \sim \nu^{\alpha}$, где α – спектральный индекс. Более того, зарегистрированы спектры ряда пульсаров, которые описываются двумя и даже тремя степенными зависимостями для различных диапазонов частот. В таблице 2 представлены значения спектральной плотности потока радиоизлучения пульсара PSR J1645–0317 на различных частотах.

Таблица 1. Спектральная плотность потока радиоизлучения пульсара PSR J1645–0317 в различные моменты времени

τ	S_ν , мЯн
0,000	10,6
0,002	73,6
0,004	238,4
0,006	1705,0
0,007	4419,7
0,008	8632,6
0,009	12556,2
0,010	13560,1
0,011	10524,8
0,012	6039,3
0,013	2738,7
0,014	1087,8
0,016	205,5
0,018	142,5
0,020	146,9
0,022	91,6

Примечание: Ян (сокр. от Янский) – единица измерения спектральной плотности потока излучения в радиоастрономии, равная 10^{-26} Вт/(м²·Гц)

Таблица 2. Спектральная плотность потока радиоизлучения пульсара PSR J1645–0317 на различных частотах

№	ν , ГГц	S_ν , мЯн
1	0,082	491
2	0,09	584
3	0,098	552
4	0,105	582
5	0,111	590
6	0,112	620
7	0,113	633
8	0,114	702
9	0,115	640
10	0,116	700
11	0,117	753
12	0,118	747
13	0,13	729
14	0,26	498
15	0,285	320
16	0,38	251
17	0,4	216
18	0,61	–
19	0,85	12,80
20	1,055	6,22

а) Определите полуширину $\Delta\tau$ импульса радиоизлучения (в единицах периода P). Оцените скважность Q импульсного радиосигнала пульсара как отношение периода следования импульсов к полуширине импульса, выраженной в секундах.

б) Найдите суммарную спектральную плотность потока радиоизлучения данного пульсара на частоте ν_0 и дополните таблицу 2.

в) Определите спектральный индекс α , используя данные таблицы 2 (методы линеаризации вам помогут).

г) Оцените частоту ν_m (в МГц) радиоизлучения, соответствующую максимуму радиоспектра пульсара.

ЗАДАНИЕ 4 РАЗНООБРАЗИЕ ХАББЛА

В течение длительного времени накапливались результаты определения значения постоянной Хаббла, полученного различными методами. В настоящее время стало очевидным, что имеется два набора значений этой постоянной, Практический тур. Вариант 1. Бланк для учащихся

которые между собой не согласуются. Первая группа значений получена с помощью калибровочных методов (с использованием стандартных свеч) и демонстрирует «местное» значение постоянной Хаббла, которое относится к современной Вселенной. Другая группа значений получена из наблюдений реликтового излучения и барионных акустических колебаний и даёт представление о значении постоянной Хаббла в ранней (молодой) Вселенной. Такое «напряжение» Хаббла ученым еще предстоит объяснить.

Перед вами таблица, содержащая значения постоянной Хаббла из одной из этих групп.

Год наблюдения	Метод / Стандартная свеча	$H \pm \sigma_H$, км/(Мпк·с)
2018	Цефеиды + сверхновые SNIa	$73,2 \pm 2,3$
2018	Области HII в галактиках	$71,0 \pm 3,5$
2019	TRGB + сверхновые SNIa	$71,1 \pm 1,9$
2019	Цефеиды + сверхновые SNIa	$74,0 \pm 1,4$
2020	Мазеры	$73,9 \pm 3,0$
2020	Зависимость Талли-Фишера	$75,1 \pm 2,8$
2020	Сверхновые SNII	$75,8 \pm 2,8$
2020	TRGB + сверхновые SNIa	$72,1 \pm 2,0$
2020	Цефеиды + сверхновые SNIa	$73,2 \pm 1,3$
2021	Цефеиды + сверхновые SNIa	$73,04 \pm 1,04$

а) Вычислите среднее взвешенное значение постоянной Хаббла, учитывая, что весовой коэффициент каждого значения равен обратной дисперсии.

б) Определите дисперсию среднего взвешенного значения постоянной Хаббла с учетом весовых коэффициентов.

в) Вычислите расстояние r (в пк) до квазара 3C 273 ($z = 0,158 \pm 6,7 \cdot 10^{-5}$).

г) Вычислите погрешность расстояния до указанного квазара.

ЗАДАНИЕ 5 СТРЕЛЕЦ А

По современным представлениям, в центре нашей Галактики находится сверхмассивная черная дыра Sgr A*. Для определения параметров этой черной дыры астрономы выполнили ряд наблюдений в обсерватории Кека. В таблице представлены данные измерения периодов движения и лучевых скоростей некоторых звезд, движущихся по наиболее близким к центру Галактики орбитам (так называемые S-звезды). Масса сверхмассивной черной дыры во много раз превосходит массу скопления S-звезд, поэтому саму черную дыру

можно считать неподвижной, а гравитационным взаимодействием звезд между собой пренебречь.

А). Считая орбиты S-звезд круговыми и пренебрегая релятивистскими поправками, записать формулу, связывающую период T , массу черной дыры M и лучевую скорость звезды v .

Б). На основании формулы, полученной в предыдущем пункте, построить модель линейной регрессии без свободного члена. На основании полученной модели определить массу сверхмассивной черной дыры M (в массах Солнца), а также погрешность ΔM . Гравитационную постоянную принять равной $G = 6,67 \times 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{кг}^2}$, массу Солнца $M_{\odot} = 1,99 \times 10^{30} \text{ кг}$.

В). Лучевые скорости были определены на основе красного смещения спектральных линий звезд. Для какой из звезд относительная погрешность лучевой скорости, связанная с пренебрежением релятивистскими поправками в формуле для эффекта Доплера наиболее высока? Оцените ее значение.
Примечания:

1. В случае релятивистского эффекта Доплера красное смещение спектральных линий для удаляющегося со скоростью v источника, определяется по формуле:

$$Z = \sqrt{\frac{1 + \frac{v}{c}}{1 - \frac{v}{c}}} - 1,$$

где Z – красное смещение источника, $c \approx 3 \times 10^8 \text{ м/с}$ – скорость света в вакууме.

2. При оценке можно воспользоваться приближенным соотношением:

$$(1 + x)^{\alpha} \approx 1 + \alpha x + \left(\frac{\alpha(\alpha - 1)}{2} \right) x^2,$$

справедливом при всех действительных α и малых x . Величинами порядка x^3 при этом можно пренебрегать.

Звезда	Лучевая скорость, v , 10^6 м/с	Период обращения, T , лет
S2	3,84	16,5
S19	1,32	57,2
S28	1,12	55,4
S38	1,82	19,6

Заключительный этап республиканской олимпиады по учебному предмету
«Астрономия» 2024/2025 учебный год

S39	1,28	46,2
S41	1,41	41,3
S62	2,25	9,92
S61	1,52	38,0
S63	1,63	36,7
S64	1,49	32,2