

Продолжаем серию листочков для самостоятельной подготовки к региональному этапу. По каждой теме вам будет предложено решить от 8 до 15 задач. В конце каждой подборки будут ответы, указания или подсказки.

Лучший способ качественно подготовиться к олимпиадам и глубоко разобраться в темах, это решать тематические подборки. А вот проверять Ваши знания я рекомендую на заданиях прошедших олимпиад.

Часть I

4.3 Астрофизика разная

1. Из спектральных наблюдений остатка сверхновой, вспыхнувшей около 5 000 лет назад, было определено, что линия H_{α} наблюдается в диапазоне длин волн от 6 566 до 6 568 ангстрем. Определите расстояние до остатка, его среднюю скорость расширения и линейную скорость, если его угловой размер составляет примерно $2'$.

2. В галактике на расстоянии 44 Мпк наблюдается мазерный радиисточник (излучающий на фиксированной длине волны),двигающийся вблизи центральной черной дыры. Орбита источника перпендикулярна картинной плоскости, а большая ось лежит в картинной плоскости. Угловые размеры орбиты источника составляют $0.0005''$, относительное смещение спектральных линий для наблюдаемой звезды относительно лабораторной длины волны составляет от 0.008 до 0.011. Определите массу центральной черной дыры. Собственным вращением звезды пренебречь (СПБАО, 2018)

3. Звезда А вдвое горячее, вдвое дальше и выглядит на 2^m ярче, чем звезда В. Найдите соотношение размеров звезд. Межзвездное поглощение не учитывать. (Рег-2016)

0.1 Наша Галактика

4. Перед вами график (см. рисунок 1) зависимости скорости вращения звёзд в зависимости от расстояния до центра нашей Галактики. Известно, что возраст нашего Солнца 4.5 млрд. лет. Определите период обращения Солнца вокруг центра Галактики, так называемый «Галактический год» (T), и возраст Солнца в этих годах. Определите, каков бы был этот «Галактический год» и возраст Солнца в этих единицах, если бы оно находилось на расстояниях от центра Млечного пути, указанных в таблице. Заполните таблицу полученными величинами. Орбиту Солнца вокруг центра Галактики считать круговой. Расстояние от Солнца до центра нашей Галактики 8.27 кпк. (МК)

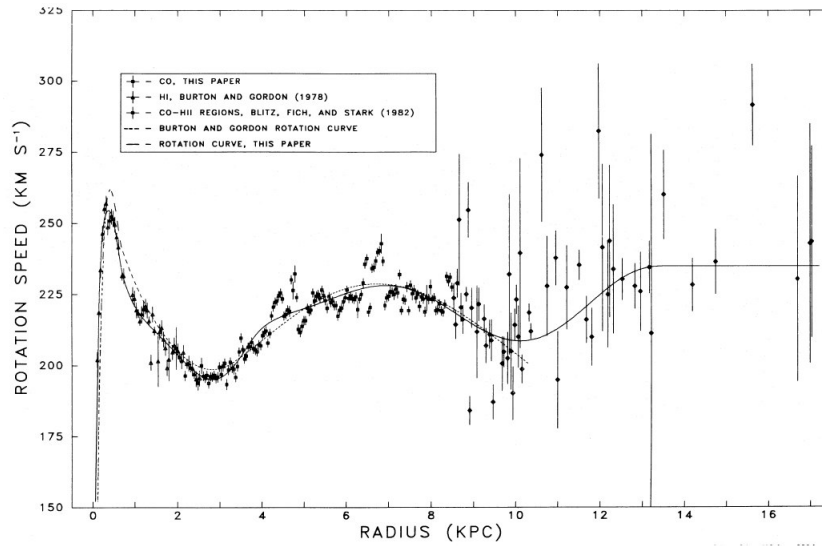


Рис. 1: Диаграмма скоростей вращения звезд в зависимости от расстояния от центра Галактики, к задаче 4.

Расстояние, (кпк)	скорость, км/с	$\frac{V}{V_{\odot}}$	$\frac{a}{a_{\odot}}$	T , млн. лет	M , M_{\odot}
2					
4					
6					
8					
10					
12					
14					

5. Для данных из задачи 4 и рисунка 1 определите массу галактики внутри орбит с радиусами в целое значение килопарсек и постройте график зависимости $M(r)$. (ВИ)

6. Звезда, похожая на Солнце, обращается вокруг центра Галактики. Скорость звезды относительно Солнца равна 150 км/с. Известно, что обе звезды находятся на одинаковом расстоянии от центра Галактики, равном 8 кпк, и движутся в одном направлении по окружности с одинаковой скоростью 220 км/с. Считая, что среднее межзвездное поглощение равно $2^m/\text{кпк}$, найдите видимую звездную величину этой звезды. (Рег-2018)

7. Как видна наша Галактика со скопления М92 и какова ее поверхностная звездная величина, если ее размер 125 тысяч световых лет, толщина диска 800 св.лет, предположив что она полностью состоит из 300 млрд. звезд типа Солнца? Галактическая широта скопления М92 принять равным 35° . (МК)

8. Предположим, что в диске Млечного Пути звезды главной последовательности типа Солнца подчиняются вертикальному экспоненциальному распределению с масштабной высотой 300 пк. Во сколько раз плотность этих звезд изменяется на 0.5 и 1.5 кпк относительно плотности в центральной плоскости. (ЮАА)

0.2 Немного космологии

9. В галактике, красное смещение линий в спектре которой соответствует скорости 2000 км/с, вспыхнула сверхновая звезда. Ее яркость в максимуме была равна 14^m . Определите абсолютную звездную величину и светимость?

10. На небе обитаемой планеты, находящейся в далекой галактике, наша Галактика с большим трудом различима в школьный телескоп ($D = 100$ мм). Найдите красное смещение далекой галактики.

11. Галактика А имеет красное смещение 0.05. Галактика В, расположенная на небе в 90 градусах от галактики А, имеет красное смещение 0.1. Какое красное смещение будет иметь галактика В для наблюдателя в галактике А?

12. Галактика, похожая на нашу Галактику Млечный Путь, имеет красное смещение 0.01. На угловом расстоянии $5'$ от нее виден ее спутник — карликовая галактика. Оцените период ее обращения вокруг большой галактики. (Рег-2017)

13. Скопление галактик состоит из 10 000 одинаковых галактик с блеском 18^m каждая. Все скопление на земном небе имеет угловой диаметр 5° . Спектральные измерения показали, что красное смещение скопления составляет 0.1, а разность лучевых скоростей отдельных галактик и лучевой скорости скопления достигает ± 500 км/с. Считая, что все галактики состоят из звезд, похожих на Солнце, определите вклад «темной материи» в массу скопления.

0.3 Дополнительные задачи

14. Известно, что звездные скопления не вечны и разрушаются. Рассеянные звездные скопления «живут» в среднем 500 млн. лет. Темп их образования (выражаемый, например, в числе скоплений, родившихся за млн. лет) был максимален 10 млрд. лет назад, когда сформировался диск Галактики, и с тех пор по линейному закону уменьшился до нуля. В окрестности Солнца с радиусом 2.5 кпк в настоящее время известно около 2 000 скоплений. Оцените полное число скоплений, образовавшихся в диске Галактики за 10 млрд. лет, а также максимальный темп их образования. Для простоты считайте, что скопления в диске диаметром 25 кпк распределены приблизительно однородно. (Всеросс-2007, Расторгуев)

15. Солнце еще на протяжении 5 миллиардов лет будет светить как звезда главной последовательности, постепенно увеличивая свою светимость на 10% каждый миллиард лет.

- Определите светимость Солнца перед превращением его в красный гигант (в единицах современной светимости L_0).
- Как далеко сдвинется зона жизни (зона обитаемости) в Солнечной системе к концу жизни Солнца? Принять текущие границы зоны жизни $0.8 - 1.1$ а.е.
- Текущая потеря массы Солнцем примерно $5 \cdot 10^{-12}$ масс Солнца в год. Если предположить, что рост темпа потери массы будет таким же как и рост светимости, какую часть массы Солнце потеряет до превращения в красный гигант?
- Сравните полученный результат с изменением массы Солнца за счет явления дефекта массы в термоядерных реакциях.

Стадия красного гиганта для Солнца продолжится на протяжении 100 миллионов лет, пока постепенно не рассеется вся оболочка звезды, а Солнце не превратится в белый карлик массой 0.6 современной массы Солнца.

- Определите скорость потери массы Солнцем (в массах Солнца в год) на этом этапе.
- Определите, во сколько раз изменился радиус орбит уцелевших планет.

Часть II

Ответы и решения

1. 800 пк, скорость расширения 45.7 км/с, линейная скорость — 183 км/с. 2. $2 \cdot 10^6 M_\odot$ 3. 5/4 4. 5. 6. 29.5^m 7. Поверхностная яркость галактики 20.4^m на квадратную секунду. 8. $\rho_{0.5} = 0.189\rho_0$, $\rho_{1.5} = 0.0064\rho_0$ 9. $M = -18.3^m$, $L = 1.74 \cdot 10^9 L_\odot$ 10. $z = 0.007$ 11. $z = 0.112$ 12. $1.5 \cdot 10^9$ лет. 13. На темную материю приходится $\approx 92\%$ массы скопления. 14. Максимальный темп — 4 000 скоплений за миллион лет. Общее число образованных скоплений $2 \cdot 10^7$. 15. (1) $L = 1.6 L_\odot$; (2) 1 — 1.4 а.е.; (3) $0.032 M_\odot$; (4) $4.3 \cdot 10^{-8} M_\odot/\text{год}$; (5) $0.4 \cdot 10^{-8} M_\odot/\text{год}$; (6) радиусы орбит планет вырастут в 1.7 раза

©Игнатьев В.Б., Долгопрудный, 2021