

Название методической разработки: Технологическая карта к уроку астрономии

Автор разработки: Сергеева Екатерина Олеговна

Урок по астрономии

Способы определения расстояний до звёзд. Основные физические характеристики звёзд и связь между ними (2 ч на профильный класс)

Класс: 11

Вид урока: 1-урок «открытие новых знаний»; 2-урок усвоения новых знаний.

Способы и методы подачи информации: словесный, наглядный (презентация, видеофрагмент), практический.

Номер урока в теме: 1-2

Технологии обучения: компьютерные (новые информационные) технологии обучения; проблемно-поисковый.

Цель урока: познакомить учащихся с понятиями и формулами, связанными с характеристиками звёзд, и областью применения данных знаний.

Задачи урока:

- 1) образовательная: добиться умения решать задачи по данной теме по образцу и решению задач в новых ситуациях.
- 2) развивающая:
 - развитие логического мышления при решении поставленных задач;
 - приобретение навыков постановки собственных вопросов и задач;
 - поддержка познавательной активности учащихся.
- 3) воспитательная:
 - формирование коммуникативных компетенций: эмоционального позитивного отношения к процессу сотрудничества с одноклассниками;
 - продолжение развития интереса к изучению научно-популярной литературы и умения выделять информацию по теме из Интернета и других источников;
 - формирование умения высказывать свою точку зрения.

Форма урока: коллективная, индивидуальная.

Общая часть

Предмет	Класс	Тема урока
Астрономия	11	Способы определения расстояний до звёзд. Основные физические характеристики звёзд и связь между ними (2 ч на профильный класс))

Используемый учебник

Название	Класс	Авторы
Астрономия	11	Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия. Базовый уровень. 11 класс: учебник / Б.А. Воронцов-Вельяминов, Е.К. Страут. – 5-е изд., пересмотр. – М.: Дрофа, 2018.

Планируемые образовательные результаты

Предметные	Метапредметные	Личностные
Научатся: - определять понятия «годовой параллакс», «парсек», «световой год», «светимость», «освещённость (блеск)», «видимая звёздная величина», «абсолютная звёздная величина»; - определять расстояния до звёзд в разных единицах; - сравнивать блеск звёзд разных звёздных величин; - определять абсолютную звёздную величину и светимость по формуле Погсона; - определять радиус звезды по её характеристикам; - применять законы Ньютона и Кеплера к системам двойных звёзд.	<i>Регулятивные:</i> - выбирать оптимальный путь достижения цели; - сопоставлять полученный результат деятельности с поставленной ранее целью. <i>Коммуникативные:</i> - развёрнуто, логично и точно излагать свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств; - владение монологической и диалогической формами речи. <i>Познавательные:</i> - искать и находить обобщённые способы решения задач; - анализировать и преобразовывать проблемно-противоречивые ситуации; - выходить за рамки учебного предмета и осуществлять целенаправленный поиск возможности широкого переноса средств и способов действий.	- способность ставить цели и жизненные планы; - формирование мировоззрения, соответствующее современному уровню развития науки и общественной практики.

ТСО (оборудование)	Средства ИКТ (ЭФУ, программы, приложения, ресурсы сети Интернет)
Компьютер, проектор, экран Планшеты (индивидуально с разрешения родителей) Опорные конспекты лекций Раздаточный материал: листы формата А4 с напечатанными условиями задач	Открытая астрономия 2.6 (лучше 2.7) (или Уроки открытого колледжа: астрономия) Видеофрагмент «Метод параллакса (СПбГЭТУ ЛЭТИ)» Презентация «Определение расстояний до звёзд»

Организационная структура урока

Этап урока	Образовательные задачи (планируемые результаты)	Используемые ресурсы, в т.ч. ЭФУ (для ЭФУ укажите названия конкретных объектов и страницу)	Деятельность учителя	Деятельность обучающихся	длит. этапа (мин)
1.	Создание условий для		приветствует учащихся;	приветствуют учителя;	1

Организационный	восприятия нового материала.		• проверяет подготовленность к учебному занятию; • создаёт положительный психологический климат.	• проводят самоорганизацию и рефлексия на учебную деятельность.	
2. Мотивация к учебной деятельности	Формулирование темы и цели урока.		• мотивирует учебную деятельность учащихся; • акцентирует внимание на основные вопросы темы.	• озвучивают тему и цель урока; • готовятся к волевой саморегуляции.	1-2
3. Актуализация знаний	• создание проблемной ситуации и поиск её решения; • умение пользоваться методами научного исследования; • знакомство учащихся с историческими сведениями.		• организует обсуждение с учащимися плана изучения данной проблемы; • организует устный коллективный анализ учебной задачи.	• отвечают на вопросы учителя; • осознанно строят свои высказывания.	2-3
4. Изложение нового материала («открытие нового знания»)	• построение астрономических моделей; • обнаруживание связи между физическими и астрономическими величинами, т.е. межпредметный анализ учебных задач.	Открытая астрономия Видеофрагмент https://www.youtube.com/watch?v=Uhf5YqZNlmQ Презентация http://www.myshared.ru/slide/451869/ Учебник стр. 144-148	• организует работу учащихся по составленному плану урока; • таблицы, математические модели-результат совместной деятельности.	• слушают учителя; • отвечают на вопросы учителя; • осознанно строят свои высказывания.	15-20
5. Первичное осмысление и закрепление материала	• просмотр опорного конспекта; • просмотр текста учебника; • сознательное усвоение теоретического материала; • на основе анализа	Учебник стр. 152 (пример решения задачи)	Организует работу по расчёту задач.	Анализируют и структурируют свои знания.	10

	астрономической задачи выделить формулы для расчёта определённой величины.				
6. Практическая работа по решению задач с самопроверкой	Умение применять теоретические данные на практике.		• организует контроль правильности выполнения заданий; • корректирует знания учащихся; • определяет содержание и уровень сложности задач для классов разного профиля; • дифференцирует задачи по уровню сложности в зависимости от индивидуального развития ученика; • организует работу учащихся в парах в классах общеобразовательного уровня, самостоятельно-в профильном; • выбирает дальнейшую форму урока: коллективную или индивидуальную.	• контролируют свои знания и способы действий с заданным эталоном с целью обнаружения отклонений и отличий от него; • готовятся к ЕГЭ и школьному туру олимпиады по астрономии; • выбирают уровень задач для собственного усвоения.	46-54
7. Рефлексия. Подведение итогов.	Формирование целостной картины мира		• фиксирует промежуточные выводы по новому материалу; • выставляет отметки за урок.	Уточняют наиболее сложные моменты и способы действия.	2-3
8. Домашнее задание	• приобретение самостоятельного опыта в применении		• задаёт домашнее задание и комментирует наиболее трудные моменты;	Записывают условие домашних задач и задают уточняющие вопросы.	5

	новых полученных знаний; • самостоятельная подготовка к ЕГЭ и олимпиаде по астрономии.		• подбирает условие домашних задач, отсутствующих в ГДЗ по астрономии.		
--	---	--	--	--	--

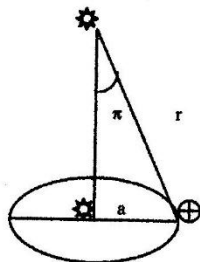
Приложение:

- конспект урока (в виде схемных и знаковых моделей учебного материала (по В.Ф. Шаталову)-печатный материал у каждого ученика);
- вопросы и задачи по теме (раздаточный материал для учеников);
- вопросы и задачи по теме с решениями (для учителя);
- домашняя работа (с решениями для проверки учителем);
- материал для самостоятельной работы на следующем уроке.

Тема №11

Способы определения расстояний до звезд. Единицы измерения расстояний и связь между ними. Основные физические характеристики звезд и связь между ними.

Годичный параллакс π – угол, под которым со звезды видна большая полуось земной орбиты.



r – расстояние от звезды до Земли.

a – большая полуось земной орбиты ($a = 1,496 \cdot 10^8$ км).

$$\sin \pi = \frac{a}{r}$$

$$r = \frac{a}{\sin \pi}, \text{ если } [\pi] = \text{рад. Т. к. } \pi < 5^\circ, \text{ то } \sin \pi \approx \pi, \quad r = \frac{a}{\pi}$$

Т. к. $\pi < 1'$, то π удобнее измерять в секундах.

1 рад = 206 265", то

$$\pi'' = \frac{\pi}{206\,265''}, \quad \boxed{r = \frac{206\,265'' \cdot a}{\pi''} [\text{а. е.}]}$$
 - расстояние до звезды в а. е.

Если $\pi = 1''$, то $r = 206\,265$ а. е.

$r = 206\,265$ а. е. = 1 пк

1 пк – парсек – это расстояние, с которого земная полуось видна под углом $1''$. Слово “парсек” образовано от слов “параллакс” и “секунда”.

$$r = \frac{206\,265'' \cdot a}{\pi''} = \frac{1}{\pi''}$$

$$\boxed{r = \frac{1}{\pi''} [\text{пк}]}$$
 - расстояние до звезды в пк.

Световой год – расстояние, которое проходит свет за 1 год.

$$1 \text{ св. год.} = ct = 3 \cdot 10^5 \text{ км/с} \cdot 365,26 \cdot 24 \cdot 3\,600 \text{ с} = 9,46 \cdot 10^{12} \text{ км.}$$

$$1 \text{ пк} = 206\,265 \text{ а. е.} = 206\,265 \cdot 1,496 \cdot 10^8 \text{ км} = 3,08 \cdot 10^{13} \text{ км.}$$

$$1 \text{ пк} = \frac{3,08 \cdot 10^{13} \text{ км}}{9,46 \cdot 10^{12} \text{ км}} = 3,26 \text{ св. лет.}$$

$$1 \text{ пк} = 3,26 \text{ св. лет} = 206\,265 \text{ а. е.} = 3,08 \cdot 10^{13} \text{ км.}$$

Светимость звезды L – энергия (мощность), излучаемая звездой по всем направлениям в пространстве. $L_\odot = 4 \cdot 10^{26}$ Вт, $L_{\text{Сирius}} = 22 L_\odot$, $L_{\text{Арктурa}} = 107 L_\odot$.

Освещенность (блеск) звезды E – энергия, поступающая от звезды на Землю (в одном направлении в пространстве).

Блеск звезды характеризуется видимой звездной величиной.

m – видимая звездная величина (по лат. magnitude – “величина”).

Исторически яркие звезды имеют первую звездную величину 1^m , еле различимые невооруженным глазом 6^m , причем $1^m > 6^m$ в 100 раз (мощные телескопы различают звезды величиной 29^m).

Если x – различие в одной звездной величине, то

$$\begin{aligned} x^5 &= 100 \\ \lg x^5 &= \lg 100 \\ \lg x^5 &= \lg 10^2 \\ 5 \lg x &= 2 \lg 10 \\ \lg x &= 0,4 \\ x &= 2,512 \end{aligned}$$

m – это логарифм по основанию 2,512 от освещенности, создаваемой данным объектом на площади, перпендикулярной световым лучам. Логарифм берется со знаком «-».

$$\begin{aligned} m &= -\log_{2,512} E \\ m_1 - m_2 &= -\log_{2,512} E_1 - (-\log_{2,512} E_2) = -\log_{2,512} E_1 + \log_{2,512} E_2 = -\log_{2,512} \frac{E_1}{E_2} \\ \frac{E_1}{E_2} &= 2,512^{-(m_1 - m_2)} \end{aligned}$$

$$\lg \frac{E_1}{E_2} = -0,4 (m_1 - m_2)$$

$$m_{\text{Луны}} = -11^m, m_{\text{Венеры}} = -4^m, m_{\text{Сатурна}} = -1,46^m.$$

Видимая звездная величина ничего не говорит о светимости звезд.

Для определения истинной (абсолютной) звездной величины звездный объект мысленно располагают на расстоянии 10 пк.

M – абсолютная звездная величина объекта, наблюдаемого с расстояния 10 пк.

Пусть один и тот же звездный объект имеет освещенность E_0 на расстоянии $r_0 = 10$ пк, и E – на расстоянии r .

$$\text{Причем } E \sim \frac{1}{r^2}$$

$$\frac{E_0}{E} = \frac{r^2}{r_0^2}; \lg \frac{E_0}{E} = \lg \frac{r^2}{r_0^2}; \lg \frac{E_0}{E} = 2 (\lg r - \lg r_0); \lg r_0 = \lg 10 = 1; \lg \frac{E_0}{E} = 2 (\lg r - 1)$$

$$-0,4 (m_1 - m_2) = 2 (\lg r - 1), m_1 = M$$

$$-0,4 (M - m_2) = 2 (\lg r - 1)$$

$$-0,4 M + 0,4 m_2 = 2 \lg r - 2$$

$$-0,4 M = 2 \lg r - 2 - 0,4 m_2$$

$$\begin{aligned} M &= -5 \lg r_{\text{пк}} + 5 + m \\ [M] &= M_{\odot} \end{aligned}$$

— формула Погсона, выражающая абсолютную звездную величину объекта в единицах абсолютной звездной величины Солнца.

$$M_{\odot} = 4,8^m.$$

$$\text{Т. к. } r = \frac{1}{\pi''}, \text{ то}$$

$$M = 5 \lg \pi'' + 5 + m$$

$$L = 4\pi^2 E \text{ — светимость звезды.}$$

$$\text{Между светимостью и абсолютной звездной величиной действует соотношение } \lg \frac{L_1}{L_2} = -0,4 (M_1 - M_2).$$

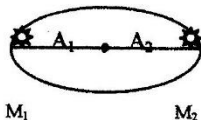
Обычно светимость звезд сравнивают со светимостью Солнца, которую принимают $L_{\odot} = 1$.

$$\lg \frac{L}{L_{\odot}} = -0,4 (M - M_{\odot}); \lg L = 0,4 (M_{\odot} - M)$$

$$\begin{aligned} L &= 2,512^{M_{\odot} - M} L_{\odot} \\ [L] &= L_{\odot} \end{aligned}$$

Радиус звезды можно определить, зная светимость звезды L , температуру звезды T , ее радиус R , температуру фотосферы Солнца $T_{\odot} = 6000$ К.

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \left(\frac{R}{R_{\odot}} \right)^2 \cdot \left(\frac{T}{T_{\odot}} \right)^4, \text{ тогда } R = \sqrt{L} : \left(\frac{T}{T_{\odot}} \right)^2 \cdot R_{\odot}, [R] = R_{\odot}$$



К системам двойных звезд применимы законы Ньютона и законы Кеплера.

M_1, M_2 – массы звезд в двойной системе; $[M] = M_{\odot}$;

A_1, A_2 – расстояния от центра масс до звезд;

P – период обращения спутника;

π'' – годичный параллакс;

α'' – угловое расстояние между компонентами;

$A = \frac{\alpha''}{\pi''}$ – большая полуось орбиты звезд; $[A] = 1$ а. е.

$$\frac{(M_1 + M_2)P^2}{(M_{\odot} + M_{\oplus})T_{\oplus}^2} = \frac{A^3}{a^3}. \text{ Если принять } M_{\odot} \ll M_{\oplus}, T_{\oplus} = 1 \text{ г., } a = 1 \text{ а. е., то } \frac{M_1 + M_2}{M_{\odot}} = \frac{A^3}{P^2} \frac{(\alpha'')^3}{(\pi'')^3 P^3}; \frac{M_1}{M_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

Годичный параллакс. Звёздные величины

1. Годичный параллакс Веги (α Лиры) равен $0,12''$. Каково расстояние до неё в парсеках и световых годах?
2. Во сколько раз ближе звезда Проксима Центавра, чем Вега? Параллакс Проксимы $0,762''$.
3. Сколько лет надо лететь до Веги со скоростью 30 км/с ?
4. Расстояние до звезды Бетельгейзе 652 св. года . Чему равен её параллакс?
5. Видимые звёздные величины звезд Сириуса и Капеллы соответственно равны $-1,6^m$ и $0,2^m$. Во сколько раз видимый блеск Сириуса больше блеска Капеллы?
6. Во сколько раз Солнце ярче, чем Сириус? Видимая звездная величина Солнца равна -26^m , Сириуса $-1,6^m$.
7. Одна звезда ярче другой в 16 раз. Чему равна разность их звёздных величин?
8. Во сколько раз звезда $3,4$ звёздной величины слабее, чем Сириус, имеющий звёздную величину $-1,6^m$.
9. Чему равна абсолютная звёздная величина Сириуса, если расстояние до него $2,7 \text{ пк}$, а видимая звёздная величина равна $-1,6^m$?
10. Какова светимость Сириуса? Абсолютная звездная величина Солнца $4,8^m$.
11. Какова светимость звезды ξ Скорпиона, если её видимая звёздная величина 3, а расстояние до неё $7\,500 \text{ св. лет}$?
12. Вспыхнувшая звезда в ближайшей галактике имеет видимую звёздную величину $16,80^m$, а абсолютную $M = -7,45 M_{\odot}$. Вычислить расстояние до этой звезды в пк и светимость.
13. Во сколько раз звезда Арктур больше Солнца, если светимость Арктура равна 100, а температура $4\,500 \text{ К}$?
14. У голубого сверхгиганта Ригель (β Ориона) поверхностная температура равна $13\,000 \text{ К}$, масса – 400 масс Солнца, абсолютная звёздная величина $-5,5^m$. Найдите светимость Ригеля и его радиус.
15. Какова плотность красного сверхгиганта, если его диаметр в 300 раз больше солнечного, а масса в 30 раз больше, чем масса Солнца? Плотность Солнца 1400 кг/м^3 .
16. Какова температура звезды по сравнению с температурой Солнца ($6\,000 \text{ К}$), если её размеры такие же, как у Солнца, а светимость больше солнечной в 16 раз?
17. Во сколько раз красный гигант больше красного карлика, если их светимость отличается в 10^8 раз?
18. У двойной звезды период обращения равен 100 лет. Большая полуось видимой орбиты $\alpha = 2''$, а годичный параллакс $\pi = 0,05''$. Определите сумму масс и массы звёзд в отдельности, если звезды отстоят от центра масс на расстояниях, относящихся как 1 : 4.
19. На каком расстоянии от центра галактики находится сверхновая звезда, если её угловое расстояние от центра галактики $3'$, а расстояние до нее 10^7 пк ?
20. (д/з). Звезда Бернарда находится от нас на расстоянии $1,85 \text{ пк}$. Чему равен её годичный параллакс? Во сколько раз она ближе Проксимы, если параллакс Проксимы равен $0,762''$?
21. (д/з). Во сколько раз видимый блеск звезды Веги больше блеска Полярной, если их видимые звёздные величины соответственно равны $0,1^m$ и $2,1^m$?
22. (д/з). Вычислите абсолютную звёздную величину Веги, если расстояние до нее $8,1 \text{ пк}$. Какова ее светимость?
23. (д/з). Сверхновая звезда, вспыхнувшая в 1885 г, имела видимую звездную величину $6,5^m$. Расстояние до этой галактики $2,3 \text{ млн. св. лет}$. Найдите расстояние в пк, светимость звезды и абсолютную звёздную величину.
24. (д/з). У белого карлика поверхностная температура 500 К , масса составляет $0,31$ массы Солнца, абсолютная звездная величина равна $-11,3^m$. Найдите светимость и радиус звезды.
25. (д/з). У красного сверхгиганта Антарес (α Скорпиона) абсолютная звёздная величина равна $-3,9^m$, а поверхностная температура $3\,200 \text{ К}$, масса больше солнечной в 50 раз. Найдите светимость и радиус звезды.
26. (д/з). Во сколько раз отличаются светимости двух звезд одинакового цвета, если радиус одной в 25 раз больше, чем другой?

Задача № 1. Годичный параллакс Веги (α Лиры) равен $0,12''$. Каково расстояние до нее в парсеках и световых годах?

$$\begin{array}{l|l} \text{Дано:} & \gamma = \frac{1}{\pi''} \quad \gamma = \frac{1}{0,12''} = 8,33 \text{ пк} \\ \pi = 0,12'' & \\ \gamma = ? & \gamma = 8,33 \text{ пк} \cdot 3,26 \text{ св. г.} = \underline{\underline{27,1 \text{ св. лет}}} \end{array}$$

Задача № 2. Во сколько раз ближе звезда Проксима Центавра, чем Вега? Параллакс Проксимы $0,762''$.

$$\begin{array}{l|l} \text{Дано:} & \gamma = \frac{1}{\pi''} \\ \pi_n = 0,762'' & \\ \pi_b = 0,12'' & \\ \frac{\gamma_n}{\gamma_b} = ? & \frac{\gamma_n}{\gamma_b} = \frac{\frac{1}{\pi_n''}}{\frac{1}{\pi_b''}} = \frac{\pi_b''}{\pi_n''} = \frac{0,12''}{0,762''} = \underline{\underline{0,16}} \end{array}$$

Задача № 3. Сколько лет надо лететь до Веги со скоростью 30 км/с ?

$$\begin{array}{l|l} v = 30 \text{ км/с} & t = \frac{S}{v} ; 1 \text{ св. лет} = ct \\ t = ? & S = \gamma = 27,1 \text{ св. лет} = 27,1 \cdot 3,15 \frac{\text{кч}}{\text{с}} \cdot 365,26 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с} = 27,1 \cdot 9,46 \cdot 10^{12} \text{ км} = \\ & = 256,4 \cdot 10^{12} \text{ км} \\ & t = \frac{256,4 \cdot 10^{12} \text{ км}}{30 \text{ км/с}} = 8,55 \cdot 10^{12} \text{ с} = 0,14 \cdot 10^{12} \text{ мин} = 0,0024 \cdot 10^{12} \text{ г} = 2,4 \cdot 10^8 \text{ лет} = \underline{\underline{2,4 \cdot 10^8 \text{ лет}}} \end{array}$$

Задача № 4. Расстояние до звезды Бетельгейзе 652 св. года . Чему равен ее параллакс?

$$\begin{array}{l|l} \text{Дано:} & \gamma_{\text{пк}} = \frac{1}{\pi''} \quad 1 \text{ пк} = 3,26 \text{ св. г.} \\ \gamma = 652 \text{ св. г.} & \gamma_{\text{св. г.}} = 652 \text{ св. г.} \\ \pi'' = ? & \pi'' = \frac{1}{\gamma_{\text{пк}}} \quad \pi'' = \frac{652 \text{ св. г.}}{3,26 \text{ св. г.}} \\ & \pi = \frac{1}{\frac{652 \text{ св. г.}}{3,26 \text{ св. г.}}} = \frac{3,26 \text{ св. г.}}{652 \text{ св. г.}} = \underline{\underline{0,005''}} \end{array}$$

Задача № 5. Видимые величины звезд Сириуса и Капеллы соответственно равны $-1,6^m$ и $0,2^m$. Во сколько раз видимый блеск Сириуса больше блеска Капеллы?

$$\begin{array}{l|l} m_c = -1,6^m & \frac{E_1}{E_2} = 2,512^{-(m_1 - m_2)} \\ m_k = 0,2^m & \\ \frac{E_c}{E_k} = ? & \frac{E_c}{E_k} = 2,512^{-(m_c - m_k)} ; \frac{E_c}{E_k} = 2,512^{-(-1,6 - 0,2)} = 2,512^{1,8} = \underline{\underline{5,24}} \end{array}$$

Задача № 6. Во сколько раз Солнце ярче, чем Сириус? Видимая звездная величина Солнца равна -26^m , Сириуса $(-1,6^m)$.

$$\begin{array}{l|l} \text{Дано:} & \frac{E_1}{E_2} = 2,512^{-(m_1 - m_2)} \\ m_{\text{сол}} = -26^m & \\ m_{\text{сир}} = -1,6^m & \\ \frac{E_{\text{сол}}}{E_{\text{сир}}} = ? & \frac{E_{\text{сол}}}{E_{\text{сир}}} = 2,512^{-(m_{\text{сол}} - m_{\text{сир}})} ; \frac{E_{\text{сол}}}{E_{\text{сир}}} = 2,512^{-(26 - (-1,6))} = 2,512^{27,4} \approx \underline{\underline{10^{10}}} \end{array}$$

Задача № 7. Одна звезда ярче другой в 16 раз. Чему равна разность их звездных величин?

$$\begin{array}{l|l} \text{Дано:} & \frac{E_1}{E_2} = 2,512^{-(m_1 - m_2)} \\ \frac{E_1}{E_2} = 16 & \\ m_2 - m_1 = ? & \frac{E_1}{E_2} = 2,512^{m_2 - m_1} \\ & 2,512^{m_2 - m_1} = 16 \\ & \lg 2,512^{m_2 - m_1} = \lg 16 \\ & -0,4(m_1 - m_2) = 1,2041 \\ & 0,4(m_2 - m_1) = 1,2041 \end{array}$$

(т.к. $2,512 = 0,4$)
т.е. $16 = 1,2041$
по таблице.

Задача № 8. Во сколько раз звезда 3,4 звездной величины слабее, чем Сириус, имеющий звездную величину $-1,6^m$.

$$\begin{array}{l|l} \text{Дано:} & \\ m_1 = -1,6^m & \\ m_2 = 3,4^m & \\ \hline \frac{E_1}{E_2} = ? & \frac{E_1}{E_2} = 2,512^{-(m_1 - m_2)} \\ & \frac{E_1}{E_2} = 2,512^{-(-1,6 - 3,4)} = 2,512^5 = \underline{\underline{100}} \end{array}$$

Задача № 9. Чему равна абсолютная звездная величина Сириуса, если расстояние до него 2,7 пк, а видимая звездная величина равна $-1,6^m$?

$$\begin{array}{l|l} \text{Дано:} & \\ r = 2,7 \text{ пк} & \\ m = -1,6^m & \\ \hline M = ? & M = -5 \lg r_{\text{пк}} + 5 + m \\ & M = -5 \lg 2,7 + 5 + (-1,6) = \underline{\underline{1,24 M_{\odot}}} \end{array}$$

Задача № 10. Какова светимость Сириуса? Абсолютная звездная величина Солнца $4,8^m$.

$$\begin{array}{l|l} M_{\odot} = 4,8^m & L = 2,512^{M_{\odot} - M_{L_{\odot}}} \quad (M_{\text{сир}} = 1,24 M_{\odot} \text{ из предыдущей задачи}) \\ \hline L = ? & L = 2,512^{4,8 - 1,24} L_{\odot} = 2,512^{3,56} L_{\odot} = \underline{\underline{363,2 L_{\odot}}} \end{array}$$

Задача № 11. Какова светимость звезды ξ Скорпиона, если ее видимая звездная величина 3, а расстояние до нее 7 500 св. лет?

$$\begin{array}{l|l} \text{Дано:} & \\ m = 3^m & \\ r = 7500 \text{ св. лет} & \\ \hline L = ? & \begin{array}{l} 1) L = 2,512^{M_{\odot} - M_{L_{\odot}}} \\ 2) M = -5 \lg r_{\text{пк}} + 5 + m \\ 3) 1 \text{ пк} = 3,26 \text{ св. лет} \\ r_{\text{пк}} = 7500 \text{ св. лет} \end{array} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} r_{\text{пк}} = \frac{7500 \text{ св. лет}}{3,26 \text{ св. лет}} = 2300 \text{ пк} \\ M = -5 \lg 2300 + 5 + 3 = -8,8 M_{\odot} \\ L = 2,512^{4,8 - (-8,8)} L_{\odot} = 2,512^{13,6} L_{\odot} = \underline{\underline{3,3 \cdot 10^5 L_{\odot}}} \end{array}$$

Задача № 12. Вспыхнувшая звезда в ближайшей галактике имеет видимую звездную величину $16,80^m$, а абсолютную $M = -7,45 M_{\odot}$. Вычислить расстояние до этой звезды в пк и светимость.

$$\begin{array}{l|l} \text{Дано:} & \\ m = 16,80^m & \\ M = -7,45 M_{\odot} & \\ \hline r_{\text{пк}} = ? & \\ L = ? & \end{array}$$

$$\begin{array}{l} 1) M = -5 \lg r_{\text{пк}} + 5 + m \\ 5 \lg r_{\text{пк}} = m + 5 - M \\ 5 \lg r_{\text{пк}} = 16,80 + 5 - (-7,45) = 29,25 \\ \lg r_{\text{пк}} = 5,85 \\ r_{\text{пк}} = 10^{5,85} \text{ пк} \\ 2) L = 2,512^{M_{\odot} - M_{L_{\odot}}} \\ L = 2,512^{4,8 - (-7,45)} L_{\odot} = 2,512^{12,25} L_{\odot} = \underline{\underline{79476,8 L_{\odot}}} \end{array}$$

Задача № 13. Во сколько раз звезда Арктур больше Солнца, если светимость Арктура равна 100, а температура 4 500 К?

Дано:

$$\begin{array}{l} L_a = 100 L_{\odot} \\ L_{\odot} = 1 \\ T_a = 4500 \text{ K} \\ T_{\odot} = 6000 \text{ K} \\ \frac{R_a}{R_{\odot}} = ? \end{array} \quad \begin{array}{l} R = \sqrt{L} : \left(\frac{T}{T_{\odot}} \right)^2 [R_{\odot}] \\ \frac{R}{R_{\odot}} = \sqrt{100} : \left(\frac{4500 \text{ K}}{6000 \text{ K}} \right)^2 \\ \frac{R}{R_{\odot}} = 18 \end{array}$$

Задача № 14. У голубого сверхгиганта Ригель (в Ориона) поверхностная температура равна 13 000 К, масса – 400 масс Солнца, абсолютная звездная величина -5,5^m. Найдите светимость Ригеля и его радиус.

Дано:

$$\begin{array}{l} T = 13000 \text{ K} \\ m = 400 m_{\odot} \\ M = -5,5^m \\ L = ? \\ R = ? \end{array} \quad \begin{array}{l} 1) L = 2,512^{4,8 - (-5,5)} = 2,512^{10,3} = 13188,7 L_{\odot} \\ 2) R = \sqrt{L} : \left(\frac{T}{T_{\odot}} \right)^2 [R_{\odot}] \\ R = \sqrt{13188,7} : \left(\frac{13000 \text{ K}}{6000 \text{ K}} \right)^2 = 539,12 R_{\odot} \end{array}$$

Задача № 15. Какова плотность красного сверхгиганта, если его диаметр в 300 раз больше солнечного, а масса в 30 раз больше, чем масса Солнца? Плотность Солнца 1400 кг/м³.

Дано:

$$\begin{array}{l} d = 300 d_{\odot} \\ m = 30 m_{\odot} \\ \rho_{\odot} = 1400 \text{ кг/м}^3 \\ \rho = ? \end{array} \quad \begin{array}{l} \rho = \frac{m}{V} \\ V = \frac{4}{3} \pi R^3 \\ \rho = \frac{m}{\frac{4}{3} \pi R^3} = \frac{3m}{4\pi R^3} \\ \rho = \frac{d}{2} \end{array} \quad \begin{array}{l} \rho = \frac{3m}{4\pi \left(\frac{d}{2} \right)^3} = \frac{3m \cdot 2}{\pi d^3} = \frac{6m}{\pi d^3} \\ \frac{\rho}{\rho_{\odot}} = \frac{6m}{\pi d^3} : \frac{6m_{\odot}}{\pi d_{\odot}^3} = \frac{6m \cdot \pi d_{\odot}^3}{\pi d^3 \cdot 6m_{\odot}} = \frac{30 m_{\odot} \cdot d_{\odot}^3}{(300 d_{\odot})^3 m_{\odot}} = \\ = \frac{30}{300^3} = 1,1 \cdot 10^{-6} \\ \rho = 1,1 \cdot 10^{-6} \rho_{\odot} = 1,1 \cdot 10^{-6} \cdot 1400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} = 1,54 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \end{array}$$

Задача № 16. Какова температура звезды по сравнению с температурой Солнца (6 000 К), если ее размеры такие же, как у Солнца, а светимость больше солнечной в 16 раз?

Дано:

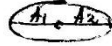
$$\begin{array}{l} T_{\odot} = 6000 \\ R = R_{\odot} \\ L = 16 L_{\odot} \\ L_{\odot} = 1 \\ T = ? \end{array} \quad \begin{array}{l} R = \sqrt{L} : \left(\frac{T}{T_{\odot}} \right)^2 [R_{\odot}] \\ \frac{R}{R_{\odot}} = \sqrt{16} : \left(\frac{T}{T_{\odot}} \right)^2 \\ 1 = \sqrt{16} : \left(\frac{T}{T_{\odot}} \right)^2 \end{array} \quad \begin{array}{l} 1 = 4 : \left(\frac{T}{T_{\odot}} \right)^2 \\ \left(\frac{T}{T_{\odot}} \right)^2 = 4 \\ \frac{T}{T_{\odot}} = 2; T = 2 T_{\odot} = 2 \cdot 6000 \text{ K} = 12000 \text{ K} \end{array}$$

Задача № 17. Во сколько раз красный гигант больше красного карлика, если их светимость отличается в 10⁸ раз?

Дано:

$$\begin{array}{l} \frac{L_1}{L_2} = 10^8 \\ T_1 = T_2 \text{ (м.к. одинаков)} \\ \frac{R_1}{R_2} = ? \end{array} \quad \begin{array}{l} R = \sqrt{L} : \left(\frac{T}{T_{\odot}} \right)^2 [R_{\odot}] \\ \frac{R_1}{R_2} = \frac{\sqrt{L_1} : \left(\frac{T_1}{T_{\odot}} \right)^2 [R_{\odot}]}{\sqrt{L_2} : \left(\frac{T_2}{T_{\odot}} \right)^2 [R_{\odot}]} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}} \\ \frac{R_1}{R_2} = \sqrt{10^8} = 10^4 \end{array}$$

Задача № 18. У двойной звезды период обращения равен 100 лет. Большая полуось видимой орбиты $a=2''$, а годичный параллакс $\pi=0,05''$. Определите сумму масс и массы звезд в отдельности, если звезды отстоят от центра масс на расстояниях, относящихся как 1 : 4.

$P = T = 100 \text{ лет}$ $a = 2''$ $\pi = 0,05''$ $\frac{a_1}{a_2} = \frac{1}{4}$ $M_1 = ?$ $M_2 = ?$		$2) M_1 + M_2 = \frac{a^3}{P^2}$ $4M_2 + M_2 = \frac{a^3}{T^2}$ $5M_2 = \frac{a^3}{T^2}$ $M_2 = \frac{a^3}{5T^2}$ $M_2 = \frac{(404.6)^3}{5(100 \text{ лет})^2} = 1,28 M_\odot$	$3) a = \frac{a}{\pi}$ $a = \frac{2''}{0,05''} = 40 \text{ а.е.}$ $4) M_1 = 4M_2 = \underline{\underline{5,12 M_\odot}}$
---	---	---	--

Задача № 19. На каком расстоянии от центра галактики находится сверхновая звезда, если ее угловое расстояние от центра галактики $3'$, а расстояние до нее 10^7 пк?

$$r = 10^7 \text{ пк} \cdot \frac{3 \cdot 60''}{206265''} = 8,7 \cdot 10^3 \text{ пк}$$

Задача № 20 (д\з). Звезда Бернарда находится от нас на расстоянии 1,85 пк. Чему равен ее годичный параллакс? Во сколько раз она ближе Проксимы, если параллакс Проксимы равен $0,762''$?

Дано: $r_B = 1,85 \text{ пк}$ $\pi_B = 0,762''$ $\pi_P = ?$ $r_P = ?$ $\frac{r_B}{r_P} = ?$	$1) \pi = \frac{1}{r''}$ $\pi_B'' = \frac{1}{r_B}$ $\pi_P'' = \frac{1}{r_P} = \frac{1}{1,85 \text{ пк}} = \underline{\underline{0,54''}}$	$2) \frac{r_B}{r_P} = \frac{\pi_P''}{\pi_B''} = \frac{\pi_P''}{\pi_B''}$ $\frac{r_B}{r_P} = \frac{0,762''}{0,54''} = \underline{\underline{1,4}}$
---	---	--

Задача № 21 (д\з). Во сколько раз видимый блеск звезды Веги больше блеска Полярной, если их видимые звездные величины соответственно равны $0,1^m$ и $2,1^m$?

Дано: $m_B = 0,1^m$ $m_P = 2,1^m$ $\frac{E_B}{E_P} = ?$	$\frac{E_1}{E_2} = 2,512^{-(m_1 - m_2)}$ $\frac{E_B}{E_P} = 2,512^{-(m_B - m_P)}$ $\frac{E_B}{E_P} = 2,512^{-(0,1 - 2,1)} = 2,512^2 = \underline{\underline{6,3}}$
---	--

Задача № 22 (д\з). Вычислите абсолютную звездную величину Веги, если расстояние до нее $8,1$ пк. Какова ее светимость?

Дано: $r = 8,1 \text{ пк}$ $M = ?$	$M = -5 \lg \pi_{\text{пк}} + 5 + m, m = 0,1^m (\text{из предыдущ. задачи})$ $M = -5 \lg 8,1 + 5 + 0,1 = \underline{\underline{0,56 M_\odot}}$ $L = 2,512^{M_\odot - M}; L = 2,512^{4,8 - 0,56} = 2,512^{3,24} = \underline{\underline{59,7 L_\odot}}$
---	--

Задача № 23 (д\з). Сверхновая звезда, вспыхнувшая в 1885 г, имела видимую звездную величину 6,5^m. Расстояние до этой галактики 2,3 млн. св. лет. Найдите расстояние в пк, светимость звезды и абсолютную звездную величину.

Дано: $r = 2,3 \cdot 10^6$ св. лет $m = 6,5^m$ $\gamma_{nk} = ?$ $L = ?$ $M = ?$	1) $\gamma_{nk} = ?$ $\gamma_{nk} = 3,26 \text{ св. л.}$ $\gamma_{nk} = 2,3 \cdot 10^6 \text{ св. лет}$ $\gamma_{nk} = \frac{2,3 \cdot 10^6 \text{ св. лет}}{3,26 \text{ св. л.}} = 7 \cdot 10^5 \text{ св. лет}$ 2) $M = -5 \gamma_{nk} + 5 + m$ $M = -5 \cdot 7 \cdot 10^5 + 5 + 6,5 = -5 \cdot 3,5 \cdot 10^5 + 11,5 = -17,6^m$ 3) $L = 2,512^{M-M_{\odot}} L_{\odot}$ $L = 2,512^{17,6 - (-17,6)} L_{\odot}$ $L = 91 \cdot 10^8 L_{\odot}$
---	--

Задача № 24 (д\з). У белого карлика поверхностная температура 500 К, масса составляет 0,31 массы Солнца, абсолютная звездная величина равна -11,3^m. Найдите светимость и радиус звезды.

$T = 500 \text{ K}$ $M = 0,31 M_{\odot}$ (масса) $M = -11,3^m$ $L = ?$ $R = ?$	1) $L = 2,512^{M-M_{\odot}} L_{\odot}$ $L = 2,512^{11,3 - (-11,3)} = 2,512^{22,6} = 2,8 \cdot 10^6 L_{\odot}$ 2) $R = \sqrt{L} : \left(\frac{T}{T_{\odot}}\right)^2 R_{\odot}$ $R = \sqrt{2,8 \cdot 10^6} : \left(\frac{500 \text{ K}}{5700 \text{ K}}\right)^2 R_{\odot}$ $R = 1,7 \cdot 10^3 : (0,087)^2 R_{\odot}$ $R = 1,9 \cdot 10^5 R_{\odot}$
--	--

Задача № 25 (д\з). У красного сверхгиганта Антарес (α Скорпиона) абсолютная звездная величина равна -3,9^m, а поверхностная температура 3 200 К, масса больше солнечной в 50 раз. Найдите светимость и радиус звезды.

Дано: $M = -3,9^m$ $T = 3200 \text{ K}$ $M = 50 M_{\odot}$ (масса) $L = ?$ $R = ?$	1) $L = 2,512^{M-M_{\odot}} L_{\odot}$ $L = 2,512^{3,9 - (-3,9)} L_{\odot} = 2,512^{7,8} L_{\odot} = 3021 L_{\odot}$
---	--

Задача № 26 (д\з). Во сколько раз отличаются светимости двух звезд одинакового цвета, если радиус одной в 25 раз больше, чем другой?

Дано: $T_1 = T_2$ (одинаков. цвет) $T_1 = T_2$ $R_1 = 25 R_2$ $\frac{L_1}{L_2} = ?$	$R = \sqrt{L} : \left(\frac{T}{T_{\odot}}\right)^2 R_{\odot}$ $\frac{R_1}{R_2} = \frac{\sqrt{L_1} : \left(\frac{T_1}{T_{\odot}}\right)^2 R_{\odot}}{\sqrt{L_2} : \left(\frac{T_2}{T_{\odot}}\right)^2 R_{\odot}}$ $\frac{25 R_2}{R_1} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$ $\sqrt{\frac{L_1}{L_2}} = 25$ $\frac{L_1}{L_2} = 625$
--	---

Самостоятельная работа по астрономии – 11
“Характеристики звезд”

Вариант 1

1. Параллакс Прокциона равен $0,28''$. Каково расстояние до звезды в пк и св. годах?
2. Во сколько раз Арктур больше Солнца, если светимость Арктура 100, а температура 4 500 К? Температура поверхностных слоев Солнца 6 000 К.

Вариант 2

1. Расстояние до звезды Бетельгейзе 652 св. года. Чему равен ее параллакс?
2. Какова температура звезды по сравнению с температурой Солнца (6 000 К), если ее размеры такие же, как у Солнца, а светимость больше солнечной в 16 раз?

Реш. ① $\pi = 0,28''$ | $\pi_{пк} = \frac{1}{\pi''}$
 $\pi_{пк} = \frac{1}{0,28} = 3,57 \text{ пк}$
 $\pi = 3,57 \cdot 3,26 \text{ св. л.} = 11,6 \text{ св. лет}$

② $L_A = 100$ | $R = \sqrt{L : \left(\frac{T}{T_\odot}\right)^2 [R_\odot]}$
 $L_\odot = 1$ | $\frac{R}{R_\odot} = \sqrt{100 : \left(\frac{4500 \text{ К}}{6000 \text{ К}}\right)^2}$
 $T_A = 4500 \text{ К}$ | $\frac{R}{R_\odot} = 18$
 $T_\odot = 6000 \text{ К}$ |

Реш. ① $\pi = 652 \text{ св. л.}$ | $\pi_{пк} = \frac{1}{\pi''}$ | $\pi_{пк} = 3,26 \text{ св. л.}$
 $\pi'' = \frac{1}{\pi_{пк}}$ | $\pi_{пк} = 652 \text{ св. л.}$
 $\pi' = \frac{3,26}{652} = 0,005''$

② Дано: | $R = \sqrt{L : \left(\frac{T}{T_\odot}\right)^2 [R_\odot]}$
 $T_\odot = 6000 \text{ К}$ | $\frac{R}{R_\odot} = \sqrt{L : \left(\frac{T}{T_\odot}\right)^2}$
 $R = R_\odot$ | $1 = \sqrt{16 : \left(\frac{T}{6000}\right)^2}$
 $L = 16 L_\odot$ | $1 = 4 : \left(\frac{T}{6000}\right)^2$
 $L_\odot = 1$ | $\left(\frac{T}{6000}\right)^2 = 4$; $\frac{T}{6000} = 2$; $T = 2 T_\odot = 12000 \text{ К}$
 $T = ?$

Самостоятельная работа по астрономии – 11
“Характеристики звезд”

Вариант 3

1. Параллакс Альтаира $0,20''$. Чему равно расстояние до звезды в пк и световых годах?
2. Во сколько раз красный гигант больше красного карлика, если их светимость отличается в 10^8 раз.

Вариант 4

1. Годичный параллакс Веги (α Лиры) равен $0,12''$. Каково расстояние до нее в пк и световых годах?
2. Во сколько раз отличаются светимости двух звезд одинакового цвета, если радиус одной в 25 раз больше, чем другой?

Реш. ① $\pi = 0,12''$ | $\pi = \frac{1}{\pi''}$
 $\pi = \frac{1}{0,12} = 8,33 \text{ пк}$
 $\pi = 8,33 \cdot 3,26 \text{ св. л.} = 27,1 \text{ св. лет}$

② $T_1 = T_2$ (одинак. цвет) | $R = \sqrt{L : \left(\frac{T}{T_\odot}\right)^2 [R_\odot]}$
 $R_1 = 25 R_2$ | $\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2} : \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2}$
 $\frac{L_1}{L_2} = ?$ | $\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$
 $25 = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$ | $\frac{L_1}{L_2} = 625$

Реш. ① $\pi = 0,20''$ | $\pi = \frac{1}{\pi''}$
 $\pi = \frac{1}{0,20} = 5 \text{ пк}$
 $\pi = 5 \cdot 3,26 \text{ св. л.} = 16,3 \text{ св. лет}$

② $\frac{L_1}{L_2} = 10^8$ | $\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2} : \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^2}$
 $T_1 = T_2$ (одинак. цвет) | $\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{L_1}{L_2}}$
 $\frac{R_1}{R_2} = ?$ | $\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{10^8} = 10^4$

Литература

Воронцов-Вельяминов Б.А. Астрономия. Базовый уровень. 11 класс: учебник / Б.А. Воронцов-Вельяминов, Е.К. Страут. – 5-е изд., пересмотр. – М.: Дрофа, 2018.

Е.П. Разбитная. Лекции по астрономии (пособие для студентов пединститута). Владимир, 1968.

Задачи Московской Астрономической олимпиады. 1997-2002. Под ред. Угольникова О.С., Чичмаря В.В. Сборник. — М. МИОО, 2002.

Румянцев А. Ю., Серветник Т. А. Астрономия: Учебно-методическое пособие для преподавателей астрономии, студентов педагогических вузов и учителей средних учебных заведений / Под ред. А. В. Усовой. – Магнитогорск: МаГУ, 2003.

Угольников О.С. Всероссийская олимпиада школьников по астрономии: содержание олимпиады и подготовка конкурсантов. Москва, 2006.

Физика. Всё для учителя! №1 (73), 2017, стр.27.

Физика. Всё для учителя! №7-8 (79-80), 2017, стр. 61.