бюджетное профессиональное образовательное учреждение

Вологодской области «Вологодский колледж технологии и дизайна»

УТВЕРЖДЕНО

приказом директора

БПОУ ВО «Вологодский колледж технологии и дизайна»

от 31.08. 2022 № 580

**Методические рекомендации**

**по проведению практических ЗАНЯТИЙ**

по УЧЕБНОМУ ПРЕДМЕТУ

ОУДБ.08 АСТРОНОМИЯ

Специальность 46.02.01 Документационное обеспечение

управления и архивоведение

Вологда

2022

Методические рекомендации составлены в соответствии с ФГОС среднего общего образования и рабочей программой учебного предмета

Организация-разработчик: БПОУ ВО «Вологодский колледж технологии и дизайна»

Разработчик:

Лучкин М.В.*,* преподаватель БПОУ ВО «Вологодский колледж технологии и дизайна»

Рассмотрена и рекомендована к использованию в образовательном процессе   
предметной цикловой комиссией, протокол № 1 от 31.08.2022

# Пояснительная записка

**Практические занятия** - одна из важнейших форм контроля самостоятельной работой обучающихся над учебным материалом, качеством его усвоения. Готовясь к практическим занятиям, обучающиеся должны изучить рекомендованную литературу: первоисточники, соответствующие разделы учебников, учебных пособий, конспекты лекций и т.д.

**Цель практических занятий –** формирование практических умений: выполнение определённых действий, операций, необходимых в последующей профессиональной или учебной деятельности. В связи с этим содержанием практических занятий является решение задач, выполнение вычислений, расчётов, работа с литературой, работа с лекциями, справочниками, инструкциями. Выполнению практических занятий может предшествовать проверка знаний обучающихся, их теоретической готовности к выполнению заданий.

**Формы** организации деятельности обучающихся на практических занятиях могут быть: индивидуальная и (или) групповая.

**Планируемые результаты освоения учебного предмета**

Освоение содержания учебного предмета обеспечивает достижение следующих результатов:

***Личностных,*** с учетом рабочей программы воспитания***:***

|  |  |
| --- | --- |
| **Личностные результаты**  **реализации программы воспитания**  *(дескрипторы)* | **Код личностных результатов реализации программы воспитания** |
| Осознающий себя гражданином и защитником великой страны. | **ЛР 1** |
| Проявляющий и демонстрирующий уважение к людям труда, осознающий ценность собственного труда. Стремящийся к формированию в сетевой среде личностно и профессионального конструктивного «цифрового следа». | **ЛР 4** |
| Демонстрирующий приверженность к родной культуре, исторической памяти на основе любви к Родине, родному народу, малой родине, принятию традиционных ценностей многонационального народа России. | **ЛР 5** |
| Осознающий приоритетную ценность личности человека; уважающий собственную и чужую уникальность в различных ситуациях, во всех формах и видах деятельности. | **ЛР 7** |
| Проявляющий и демонстрирующий уважение к представителям различных этнокультурных, социальных, конфессиональных и иных групп. Сопричастный к сохранению, преумножению и трансляции культурных традиций и ценностей многонационального российского государства. | **ЛР 8** |
| Заботящийся о защите окружающей среды, собственной и чужой безопасности, в том числе цифровой. | **ЛР 10** |
| **Личностные результаты реализации программы воспитания,  определенные отраслевыми требованиями к деловым качествам личности** | |
| Готовность обучающегося соответствовать ожиданиям работодателей; ответственный специалист, дисциплинированный, трудолюбивый, нацеленный на достижение поставленных задач, эффективно взаимодействующий с членами команды | **ЛР 14** |

* формирование умения управлять своей познавательной деятельностью, ответственное отношение к учению, готовность и способность к саморазвитию и самообразованию, а также осознанному построению индивидуальной образовательной деятельности на основе устойчивых познавательных интересов;
* формирование познавательной и информационной культуры, в том числе навыков самостоятельной работы с книгами и техническими средствами информационных технологий;
* формирование убежденности в возможности познания законов природы и их использования на благо развития человеческой цивилизации;
* формирование умения находить адекватные способы поведения, взаимодействия и сотрудничества в процессе учебной и внеучебной деятельности, проявлять уважительное отношение к мнению оппонента в ходе обсуждения спорных проблем науки;

**Личностные:**

* российскую гражданскую идентичность, патриотизм, уважение к своему народу, чувства ответственности перед Родиной, гордости за свой край, свою Родину, прошлое и настоящее многонационального народа России, уважение государственных символов (герб, флаг, гимн);
* гражданскую позицию как активного и ответственного члена российского общества, осознающего свои конституционные права и обязанности, уважающего закон и правопорядок, обладающего чувством собственного достоинства, осознанно принимающего традиционные национальные и общечеловеческие гуманистические и демократические ценности;
* готовность к служению Отечеству, его защите;
* сформированность мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки и общественной практики, основанного на диалоге культур, а также различных форм общественного сознания, осознание своего места в поликультурном мире;
* сформированность основ саморазвития и самовоспитания в соответствии с общечеловеческими ценностями и идеалами гражданского общества; готовность и способность к самостоятельной, творческой и ответственной деятельности;
* находить проблему исследования, ставить вопросы, выдвигать гипотезу, предлагать альтернативные способы решения проблемы и выбирать из них наиболее эффективный, классифицировать объекты исследования, структурировать изучаемый материал, аргументировать свою позицию, формулировать выводы и заключения;
* анализировать наблюдаемые явления и объяснять причины их возникновения;
* на практике пользоваться основными логическими
* приемами, методами наблюдения, моделирования, мысленного эксперимента, прогнозирования;
* выполнять познавательные и практические задания, в том числе проектные;
* извлекать информацию из различных источников (включая средства массовой информации и интернет-ресурсы) и критически ее оценивать;
* готовить сообщения и презентации с использованием материалов, полученных из Интернета и других источников

**Метапредметные**:

* умение самостоятельно определять цели деятельности и составлять планы деятельности; самостоятельно осуществлять, контролировать и корректировать деятельность; использовать все возможные ресурсы для достижения поставленных целей и реализации планов деятельности; выбирать успешные стратегии в различных ситуациях;
* умение продуктивно общаться и взаимодействовать в процессе совместной деятельности, учитывать позиции других участников деятельности, эффективно разрешать конфликты;
* владение навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности, навыками разрешения проблем; способность и готовность к самостоятельному поиску методов решения практических задач, применению различных методов познания;
* готовность и способность к самостоятельной информационно-познавательной деятельности, владение навыками получения необходимой информации из словарей разных типов, умение ориентироваться в различных источниках информации, критически оценивать и интерпретировать информацию, получаемую из различных источников;
* умение использовать средства информационных и коммуникационных технологий (далее - ИКТ) в решении когнитивных, коммуникативных и организационных задач с соблюдением требований эргономики, техники безопасности, гигиены, ресурсосбережения, правовых и этических норм, норм информационной безопасности;
* умение определять назначение и функции различных социальных институтов;
* умение самостоятельно оценивать и принимать решения, определяющие стратегию поведения, с учетом гражданских и нравственных ценностей;
* владение языковыми средствами - умение ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства;
* владение навыками познавательной рефлексии как осознания совершаемых действий и мыслительных процессов, их результатов и оснований, границ своего знания и незнания, новых познавательных задач и средств их достижения.
* формирование представлений о строении Солнечной системы, эволюции звезд и Вселенной, пространственно-временных масштабах Вселенной;
* понимание сущности наблюдаемых во Вселенной явлений;
* владение основополагающими астрономическими понятиями, теориями, законами и закономерностями, уверенное пользование астрономической терминологией и символикой;
* формирование представлений о значении астрономии в практической деятельности человека и дальнейшем научно-техническом развитии;
* осознание роли отечественной науки в освоении и использовании космического пространства и развитии международного сотрудничества в этой области

**Предметные:**

* сформированность представлений о строении Солнечной системы, эволюции звезд и Вселенной, пространственно-временных масштабах Вселенной;
* понимание сущности наблюдаемых во Вселенной явлений;
* владение основополагающими Астрономическими понятиями, теориями, законами и закономерностями, уверенное пользование Астрономической терминологией и символикой;
* сформированность представлений о значении Астрономии в практической деятельности человека и дальнейшем научно-техническом развитии;
* осознание роли отечественной науки в освоении и использовании космического пространства и развитии международного сотрудничества в этой области.

**Критерии оценки результатов практической работы студентов:**

* уровень освоения студентом учебного материала;
* умение студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
* сформированность общеучебных умений;
* обоснованность и четкость изложения ответа;
* четкое и правильное выполнение заданий.

Критерии оценки результатов практической работы обучающихся:

|  |  |
| --- | --- |
| Оценка | Критерии |
| «Отлично» | Оценку «отлично» заслуживает обучающийся, обнаруживший всесторонние, систематические и глубокие знания теоретического материала, в соответствии с требованиями профессиональной образовательной программы, выполнивший полностью практическую (лабораторную) работу. Допускаются единичные несущественные ошибки, самостоятельно исправленные студентом. |
| «Хорошо» | Оценку «хорошо» заслуживает обучающийся, обнаруживший полное знание программного материала, умеющий пользоваться нормативной и справочной документацией, успешно выполнивший предусмотренные практические задания, допустивший неточности при выполнении практической работы. Допускаются отдельные несущественные ошибки, исправленные студентом после указания на них. |
| «Удовлетвори-тельно» | Оценку «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший неполные знания программного материала, но умеющий пользоваться нормативной и справочной документацией, допустивший ошибки в выполнении практической работы. Допускаются отдельные существенные ошибки, исправленные с помощью преподавателя. |
| «Неудовлетво-рительно» | Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, имеющему пробелы в знаниях программного материала по профессиональной образовательной программе, допустившему существенные ошибки в выполнении практических заданий или не выполнивший их. |

**Перечень практических занятий**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № | Тема | Кол-во часов |
|  | Практическое занятие: «Исследование суточного видимого движения Солнца» | 1 |
|  | Практическое занятие: «Исследование движения искусственных спутников Земли» | 1 |
|  | Практическое занятие: «Изучение вулканической активности на спутнике Юпитера Ио» | 1 |
|  | Практическое занятие: «Построение диаграммы Герцшпрунга—Рессела и её анализ» | 1 |
|  | Практическое занятие: «Определение скорости удаления галактик по их спектрам» | 1 |
|  | Практическое занятие «Оценивание возможности наличия жизни на экзопланетах». | 1 |
|  | Итого | 6 |

**Практическое занятие № 1**

**Тема:** Исследование суточного видимого движения Солнца

**Цель:** По фотографии суточного движения Солнца определить широту места, где производилась съёмка.

**Приобретаемые умения и знания:**

Задачи, решаемые при выполнении работы:

* использовать теоретический материал для объяснения наблюдаемых явлений; устанавливать закономерности, опираясь на наблюдения за природными явлениями;
* ориентироваться на местности по Солнцу.

Метапредметные (общеучебные) умения:

* устанавливать причинно-следственные связи и давать объяснения на их основе;
* устанавливать аналогии, строить умозаключения, делать выводы.

**Норма времени:** 1 час

**Учебно-методическое оснащение рабочего места:** тетрадь, фотография суточного движения Солнца, карандаш, линейка.

**Контрольные вопросы:**

1. Почему происходит смена времён года?
2. В какие даты Солнце восходит точно на востоке и заходит точно на западе?
3. Можно ли на территории России увидеть Солнце в зените?

**Литература:**

* Астрономия. 10—11 классы : учеб, для общеобразоват. организаций базовый уровень / В.М. Чаругин. — М. : Просвещение, 2018. — 144 с. ил. — (Сферы 1—11).
* Астрономия. Тетрадь-практикум. 10—11 классы: учеб, пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Е. В. Кондакова, В. М. Чаругин. — М.: Просвещение, 2018. — 32 с.: ил. — (Сферы 1—11).

**Ход работы**

На рисунке 3 представлен суточный трек Солнца, смонтированный из реальных снимков (фото Д.Ю. Клыкова). На фото представлены 12 изображений Солнца с интервалом в 1 час. Точки восхода и захода отмечены стрелками. Первое изображение Солнца снято через 30 минут после восхода, последнее — за 30 минут до захода.

**

**Задание № 1.**

Определите продолжительность дня фотосъёмки.

**Задание № 2.**

Исходя из продолжительности дня, определите примерную дату фотосъёмки.

**Задание № 3.**

Соответствует ли дата съёмки (примерно) одному из дней равноденствия или солнцестояния? Если да, то какому?

На рисунке отметьте стороны света.

Измерьте линейкой расстояние между точками восхода и заката (помечены стрелками) в миллиметрах: =?

Определите, чему равно угловое расстояние между точками восхода и заката

в данную дату:

*Примечание: угловое расстояние между точками восхода и заката равно угловой мере дуги математического горизонта между этими точками.*

На снимке измерьте линейкой высоту Солнца в верхней точке трека (в кульминации) в миллиметрах: =

Рассчитайте высоту Солнца в кульминации в градусах hкульм-град. Для этого составим пропорцию:

Вычислите hкульм-град:

Вычислите широту места наблюдения:

**Форма отчетности**

Письменная работа, отчет

**Критерии оценки:** см. таблицу оценки

**Практическое занятие № 2**

**Тема:** Исследование движения искусственных спутников Земли

**Цель:** рассчитать скорости движения спутников по круговым и эллиптическим орбитам, определить условия, при которых спутники мо­гут столкнуться, оценить последствия возможного столкновения спутников.

**Приобретаемые умения и знания:**

Задачи, решаемые при выполнении работы:

* развить умение использовать теоретический материал для решения задач;
* углублённо рассмотреть некоторые задач небесной механики.

Метапредметные (общеучебные) умения:

* устанавливать причинно-следственные связи и анализировать их;
* устанавливать аналогии, строить умозаключения, делать выводы.

**Норма времени:** 1 час

**Учебно-методическое оснащение рабочего места: тетрадь, рисунок орбит спутников, калькулятор.**

**Контрольные вопросы:**

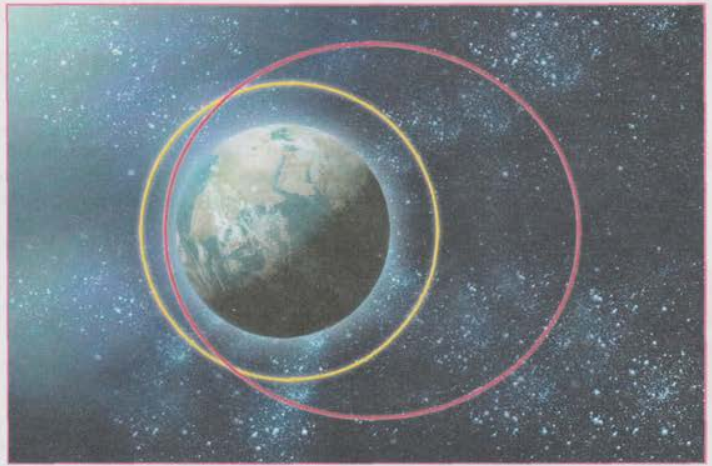
1. Человек на космической станции находится в состоянии невесомости. Действует ли на него притяжение Земли?
2. Почему спутник, обращаясь вокруг Земли, не падает на её поверхность?
3. На каких орбитах могут находиться искусственные спутники, совершаю­щие обороты вокруг Земли? Отметьте правильные варианты:
   * круговые;
   * эллиптические, близкие к круговым;
   * эллиптические;
   * параболические;
   * гиперболические.
4. Какой из двух спутников — с меньшей или с большей полуосью орбиты — будет иметь больший период обращения?
5. Почему на одном расстоянии от центра Земли в рассмотренной задаче спут­ники имели разную скорость?

**Литература:**

* Астрономия. 10—11 классы : учеб, для общеобразоват. организаций базовый уровень / В.М. Чаругин. — М. : Просвещение, 2018. — 144 с. ил. — (Сферы 1—11).
* Астрономия. Тетрадь-практикум. 10—11 классы: учеб, пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Е. В. Кондакова, В. М. Чаругин. — М.: Просвещение, 2018. — 32 с.: ил. — (Сферы 1—11).

**Ход работы**

На рисунке показаны орбиты двух спутников. Спутник № 1 движется по круговой орбите на высоте 2000 км от поверхности Земли. Орбита спутника №2 — эллипс с большой полуосью 9000 км. Плоскости орбит и направление движения совпадают. Могут ли спутники столкнуться?



**Задание № 1.**

Подпишите номера спутников на рисунке. Отметьте стрелками места возмож­ных столкновений.

**Задание № 2.**

Не производя вычислений, определите, какой спутник (№ 1 или № 2) имеет большую скорость в местах возможного столкновения. Ответ поясните.

**Задание № 3.**

Определите радиус орбиты R спутника № 1 в метрах.

**Задание № 4.**

Вычислите скорость спутника № 1 в метрах в секунду.

**Задание № 5.**

Определите, на каком расстоянии г от центра Земли находился спутник № 2 в момент столкновения (ответ дайте в метрах).

**Задание № 6.**

Вычислите скорость спутника № 2 в метрах в секунду.

**Задание № 7.**

Рассчитайте скорость сближения спутников в метрах в секунду.

Сделайте выводы о возможных последствиях такого предполагаемого «космического транспортного происшествия».

**Форма отчетности**

Конспект, расчёты по формулам, вывод.

**Критерии оценки:**

Грамотно заполненный конспект. См. таблицу оценки

**Практическое занятие № 3**

**Тема:** Изучение вулканической активности на спутнике Юпитера Ио

**Цель:**определить высоту и скорость выброса вещества из жерла вулкана на спутнике Юпитера Ио.

**Приобретаемые умения и знания:**

* Задачи, решаемые при выполнении работы: наглядно убедиться, что по реальным снимкам космических объектов воз­можно вычислить некоторые их физические характеристики.
* Метапредметные (общеучебные) умения: интерпретировать и анализировать полученные результаты, оценивать их достоверность.

**Норма времени:** 1 час

**Учебно-методическое оснащение рабочего места: тетрадь, фотография Ио с извергающимся вулканом, линейка.**

**Контрольные вопросы:**

1. Как связана вулканическая активность Ио с почти полным отсутствием ударных кратеров на его поверхности, столь характерных для Луны и спутников других планет?
2. На Земле вулканическая активность связана с выделением тепла при распаде радиоактивных элементов внутри неё, а какой процесс, по современным представлениям, плавит недра Ио?

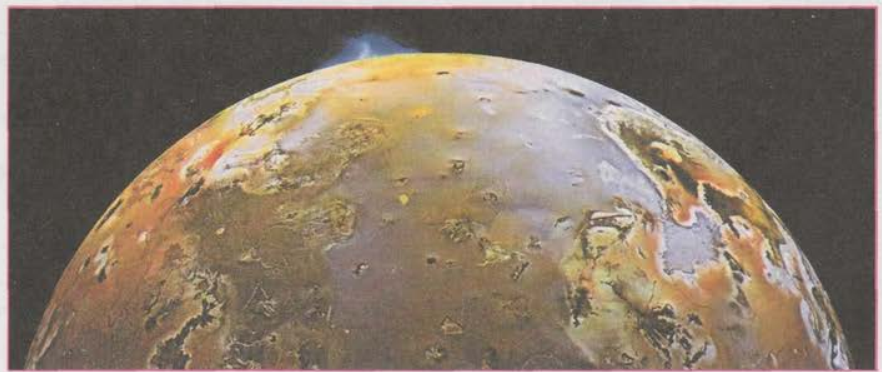
**Литература:**

* Астрономия. 10—11 классы : учеб, для общеобразоват. организаций базовый уровень / В.М. Чаругин. — М. : Просвещение, 2018. — 144 с. ил. — (Сферы 1—11).
* Астрономия. Тетрадь-практикум. 10—11 классы: учеб, пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Е. В. Кондакова, В. М. Чаругин. — М.: Просвещение, 2018. — 32 с.: ил. — (Сферы 1—11).

**Ход работы**

Обратите внимание: радиус Ио 1820 км, масса 8,94-1022 кг.

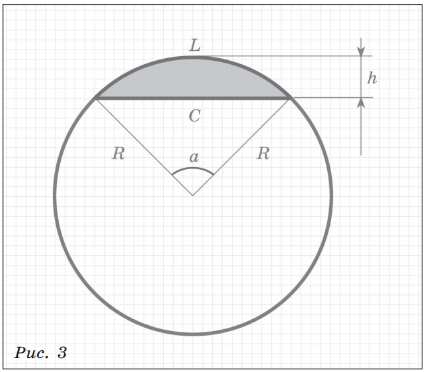
Ио — один из Галилеевых спутников Юпитера, по размерам Ио немного больше Луны (радиус Луны 1740 км, её масса 7,3 • 1022 кг). Но в отличие от Луны на Ио наблюдается вулканическая деятельность. В 1979 г. один из космических кораблей «Вояджер» сделал снимки Ио, на которых удалось обнаружить девять извержений вулканов. Причиной разогрева внутрен­них слоёв Ио, что подтверждают расчёты, являются огромные приливные воздействия Юпитера, Европы и Ганимеда. Кроме того, орбиты Галилеевых спутников Юпитера лежат в области влияния магнитного поля, возможно, это также объясняет вулканическую деятельность Ио.



**Задание № 1.**

Учащиеся работают со снимком вулкана на поверхности Ио. Следует по­яснить, что результаты носят оценочный характер. На рис. 3 представлен сегмент Ио. Поэтому для вычисления радиуса изображения воспользуемся формулами геометрии:

где С — длина хорды, h — высота сегмента.

Измеряем длину хорды на снимке (по нижнему краю снимка) и высоту. Вычисляем радиус.

Определите масштаб снимка, учитывая, что радиус Ио равен 1820 км.

**Задание № 2.**

Измерьте высоту выброса в миллиметрах и с помощью масштаба рассчитайте реальную высоту выброса в километрах.

**Задание № 3.**

Ускорение свободного падения на Ио вычисляем по формуле:

По массе и радиусу определите ускорение свободного падения на поверхности спутника.

Используя закон сохранения энергии, определите скорость выброса вещества из жерла вулкана.

**Задание № 4.**

Используя закон сохранения энергии, определите скорость выброса вещества из жерла вулкана.

Требуется сравнить с земными (50 — 70 м/с) и сделать вывод.

**Задание № 5.**

Используя дополнительные источники информации, в том числе ресурсы Интернета, сравните полученную скорость со скоростью извержения вещества в земных вулканах. Результаты сравнения оформите в виде таблицы.

**Форма отчетности**

Конспект, расчёты по формулам, таблица и выводы.

|  |  |
| --- | --- |
| Скорость извержения вещества в земных вулканах | Скорость выброса вещества из жерла вулкана на Ио |
|  |  |

**Критерии оценки:** См. таблицу оценки

**Практическое занятие № 4**

**Тема:** Построение диаграммы Герцшпрунга—Рессела и её анализ

**Цель:** построить диаграмму температура—светимость и установить взаимосвязь между характеристиками звёзд. Используя результаты работы, учитель имеет возможность более глубоко исследовать взаимосвязь характеристик звёзд, а также раскрыть важность диаграммы ГР для изучения их эволюции.

**Приобретаемые умения и знания:**

Задачи, решаемые при выполнении работы:  
— установить взаимосвязи между физическими характеристиками звёзд;  
— убедиться в наличии разных групп звёзд, принадлежность к которым обусловлена их физическими характеристиками;  
— развивать умение использовать теоретический материал, в том числе законы физики, для объяснения выявленных закономерностей.  
Метапредметные (общеучебные) умения:  
— устанавливать причинно-следственные связи и давать объяснения на их  
основе;  
— устанавливать закономерности между характеристиками объектов;  
— устанавливать аналогии, строить умозаключения, делать выводы.

**Норма времени:** 1 час

**Учебно-методическое оснащение рабочего места:** тетрадь, раздаточный материал

**Контрольные вопросы:**

1. Привести примеры звёзд для различной классификации
2. «Как будут выглядеть на диаграмме температура—светимость линии, вдоль которых располагаются звёзды одинакового радиуса?»

**Литература:**

* Астрономия. 10—11 классы : учеб, для общеобразоват. организаций базовый уровень / В.М. Чаругин. — М. : Просвещение, 2018. — 144 с. ил. — (Сферы 1—11).
* Астрономия. Тетрадь-практикум. 10—11 классы: учеб, пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Е. В. Кондакова, В. М. Чаругин. — М.: Просвещение, 2018. — 32 с.: ил. — (Сферы 1—11).

**Ход работы**

Диаграмма Герцшпрунга—Рессела (для краткости будем обозначать её буквами ГР) является очень важным источником сведений об эволюции звёзд, так как расположение звёзд на ней имеет глубокий физический смысл. В учебнике (с. 92—93) описаны группы звёзд, выделяемые на диаграмме, и представлен рисунок. В разделе «Дополнительные сведения» тетради-практикума приводится краткое описание истории построения диаграммы и содержится ссылка на Интернет-ресурсы, где можно найти более подробные сведения о ней.

Диаграмма ГР связывает две основные характеристики звезды: светимость (или абсолютную звёздную величину) и спектральный класс (температуру). Для большого числа звёзд только эти характеристики (светимость и спектр) можно получить непосредственно из наблюдений.

Так как чёткое определение понятия «светимость» в учебнике не приводится, уточним его. В первую очередь следует разъяснить учащимся, что в астрономии сложился собственный научный язык и некоторые величины имеют отличное от таких же по сути физических величин название.

Энергия, излучаемая звездой, в астрономии характеризуется светимостью L, интенсивностью излучения I и освещённостью Е.

Светимость звезды — физическая величина, характеризующая полную энергию, излучаемую звездой по всем направлениям в единицу времени. Обозначается L (*светимость по-английски — luminosity*). Единица измерения — ватт, т. е. светимость имеет такую же размерность, как и мощность.

В астрономии удобно светимости звёзд выражать в светимостях Солнца: Lo = 3,8 • 1026 Вт.

Интенсивность излучения I — физическая величина, характеризующая мощность излучения с единицы поверхности звезды, измеряется в Вт/м2. Очевидно, что L = I • S, где S — площадь поверхности излучаемого тела.

Считая звезду шаром, имеем:

Наблюдения показывают, что сплошной спектр излучения звезды близок к излучению абсолютно чёрного тела с температурой, равной температуре её фотосферы. Поэтому для вычисления светимости звезды используют закон Стефана—Больцмана:

где σ = 5,67 · 108 кг · с3 · К4 — постоянная Стефана—Больцмана (в учебнике  
таким образом рассчитывается светимость Солнца, см. с. 83)

Освещённость Е — это количество световой энергии, попадающее поверхность единичной площади за единицу времени, измеряется в Вт/м2. Мерой освещённости в астрономии обычно является видимая звёздная величина источника.

Не следует путать понятия интенсивности и освещённости. Интенсивность характеризует энергию, излучаемую звездой, а освещённость — энергию, приходящуюся на единицу поверхности удалённого тела (например, планеты).

Светимость звезды зависит от двух её физических характеристик: темпе­ратуры и радиуса. Важно понимать, что интенсивность (мощность) излуче­ния энергии единицей поверхности зависит только от температуры. Полная энергия, излучаемая звездой, пропорциональна площади её поверхности, следовательно, зависит от радиуса звезды.

Масса звезды имеет фундаментальное значение в определении её физи­ческих характеристик. Количественно это выражается зависимостью «масса- светимость» для звёзд главной последовательности (учебник, с. 93):

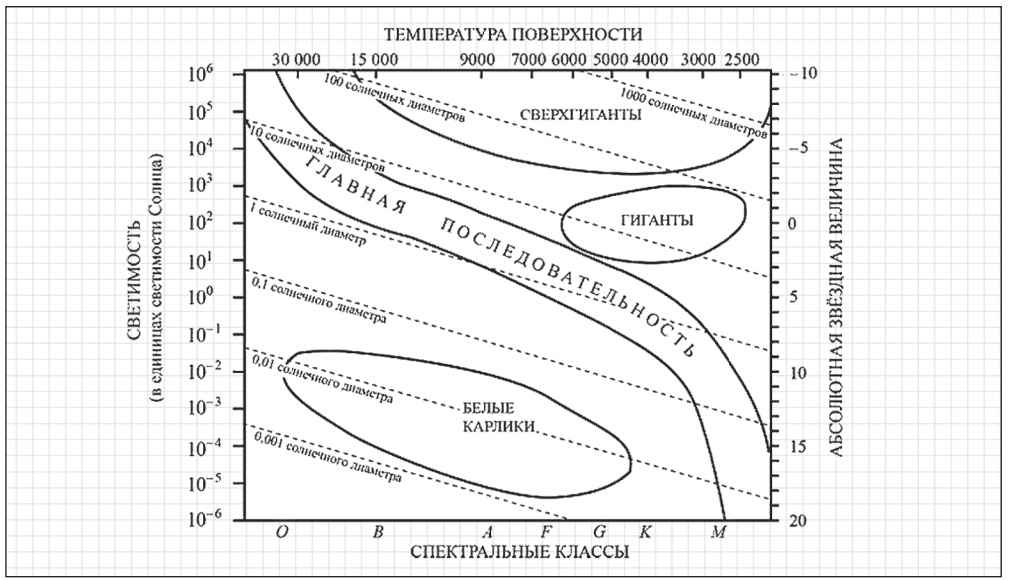
Важно подчеркнуть, что эта закономерность справедлива для звёзд главной последовательности. Массивные звёзды главной последовательности обладают большей светимостью, так как температура в их недрах более высокая, что благоприятно для протекания ядерных реакций. С другой стороны, реакции горения протекают интенсивнее, и время пребывания массивной звезды на главной последовательности меньше, чем у менее массивных. При исчерпании «ядерного горючего» светимость звезды значительно меняется, а масса звезды при этом изменяется в гораздо меньшей степени. На диаграмме ГР такие звёзды расположены вне главной последовательности.

В процессе жизни изменяются и спектр звёзд, и их светимость. А так как положение звезды на диаграмме ГР определяется именно этими характеристиками, то в течение жизни звезда будет «перемещаться» по ней. Именно поэтому можно проследить эволюцию звёзд на диаграмме ГР. Важно понимать, что изменение положения звезды на диаграмме с течением вре­мени связано только с изменением её физических характеристик.

Большую роль диаграмма ГР имеет для изучения характеристик звёзд в звёздных скоплениях. Звёздные скопления имеют примерно одинаковый возраст, но при этом могут сильно различаться по массам. Вид диаграммы будет различным для различных звёздных скоплений, а её анализ позво­лит определить физические характеристики скопления в целом, в частно­сти, его возраст и расстояние до него. Более подробные сведения о звёзд­ных скоплениях вы можете найти в «Астронет»: <http://www.astronet.ru/db/msg/1245721/lec.7.3.html>

Принадлежность звезды к определённому классу светимости определяется на основании специальных дополнительных признаков спектральной  
классификации

При выполнении данной работы полезно ознакомить учащихся с диаграммой Герцшпрунга-Рессела в том виде, как она представлена в материалах открытого банка заданий ЕГЭ по физике.

****

**Задание № 1.**

Анализ диаграммы ГР позволяет выделить различные группы звёзд, объединённые общими физическими свойствами. Для звёзд главной после­довательности чётко выражена зависимость между температурой и светимо­стью. Внимательное изучение диаграммы позволяет выделить на ней ряд других последовательностей: область красных гигантов, сверхгигантов, белых карликов (с. 92 учебника). Эти области «населены» звёздами одинаковых или близких классов светимости. Классы светимости звёзд отражают индивиду­альные зависимости их светимости от температуры. Всего выделяют 7 классов светимости. Проанализировать и построить таблицу по образцу. Сформулировать вывод спектральной классификации звёзд.

**Форма отчетности**

Заполненная таблица:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Класс светимости | Звёзды | Представители |
| I | Сверхгиганты | Ригель |
| II | … | … |
| … |  |  |
| VII |  |  |

**Критерии оценки:**

Грамотно заполненная таблица и правильно сформулированный вывод. См. таблицу оценки

**Практическое занятие № 5**

**Тема:** Определение скорости удаления галактик по их спектрам

**Цель:** вычислить скорости удаления галактик по красному смещению линии Нα в их спектрах, построить график зависимости скорости удаления от расстояния до галактики и проанализировать его

**Приобретаемые умения и знания:**

Задачи, решаемые при выполнении работы:  
— познакомиться с методами анализа спектров;  
— развить умение работать с различными типами представления данных (в данном случае — фотографии и спектры);  
— применять физические законы для решения задач астрофизики.  
Метапредметные (общеучебные) умения:  
— преобразовывать модели из одной знаковой системы в другую;  
— систематизировать объекты по заданным параметрам;  
— обрабатывать данные наблюдений;  
— устанавливать причинно-следственные связи и анализировать их;  
— устанавливать аналогии, строить умозаключения, делать выводы.

**Норма времени:** 1 час

**Учебно-методическое оснащение рабочего места:** тетрадь, раздаточный материал

**Контрольные вопросы:**

1. Ответить на вопрос о физическом смысле постоянной Хаббла после изучения параграфа 35 «Расширяющаяся Вселенная».
2. Ответить на вопрос «О чём свидетельствует разбегание галактик?»

**Литература:**

* Астрономия. 10—11 классы : учеб, для общеобразоват. организаций базовый уровень / В.М. Чаругин. — М. : Просвещение, 2018. — 144 с. ил. — (Сферы 1—11).
* Астрономия. Тетрадь-практикум. 10—11 классы: учеб, пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Е. В. Кондакова, В. М. Чаругин. — М.: Просвещение, 2018. — 32 с.: ил. — (Сферы 1—11).

**Ход работы**

В работе использованы фотографии галактик и их спектры, полученные с помощью виртуального спектроскопа: <https://www.cfa.harvard.edu/seuforum/galSpeed/>.

**Задание № 1.**

Расположить галактики по их удалённости от поверхности Земли: от самых близких до самых далёких. Так как на фотографиях представлены галактики, которые имеют примерно одинаковые физические размеры, то самой близкой будет галактика, которая имеет на фотографии большие размеры. Таким образом, по удалённости от Земли галактики расположатся следующим образом: 3, 1, 5, 2, 4. Номера галактик по их удаленности от Земли подписывают на горизонтальной оси диаграммы (с. 26).

Для каждой галактики приведены их спектры в двух видах: в виде горизонтальной цветовой полосы (результат разложения света в спектрографе) и в виде графика изменения интенсивности излучения от длины волны. Вт спектрах всех галактик легко различима яркая красная линия водорода Нα, которая смещена относительно лабораторного значения λНα ≈ 656 нм. Лабораторный спектр водорода дан на рисунке 1, с. 27 тетради-практикума. Смещение линии Нα в спектре галактики указывает на её движение относительно наблюдателя на Земле. Ученики определяют примерную длину волны λ этой линии в спектрах галактик (рисунки 1 и 2, с. 27 и 28 тетради-практикума). Линия отмечена на спектрах знаком Нα, что облегчает измерения. Цена деления составляет 10 нм, поэтому для более точного определения λ можно предложить ученикам дополнительно использовать линейку с миллиметровыми делениями. Результаты измерений заносятся в таблицу на с. 28 тетради-практикума (второй столбец). Далее ученики определяют смещение спектральной линии Нα по формуле

где λ — длина волны линии Нα на спектре галактики (значение берется из столбца 2 таблицы на с. 28), λНα = 656 нм — лабораторное значение линии Нα. Красное смещение z рассчитывается по формуле:

Следует обратить внимание учащихся на то, что z — это безразмерная величина, величины в числителе и знаменателе должны быть представлены в одних и тех же единицах измерения (в нашем случае в нм). Результаты вычислений заносятся в таблицу на с. 28 (столбец 4).

Скорость удаления галактики находим по формуле

принимая c = 300 000 км/с. Таким образом, скорость удаления галактик выражена также в км/с.

**Задание № 2.**

Полученные значения скоростей удаления галактик заносятся в таблицу и отмечаются на диаграмме (с. 26). Построив по полученным данным график зависимости скорости удаления галактик от расстояния до Земли, ученики делают вывод о соотношении расстояния до галактики и скорости её удаления: чем дальше расположена галактика, тем больше скорость её удаления от Земли. На основании этого вывода ученики заключают, что данные галактики удаляются от Земли, при этом скорость удаления галактики пропорциональна расстоянию до неё. Формулировку закона Хаббла следует записать словами и в виде формулы *v* = *H* · *r*. Отметим, что, если ученики неверно расположили галактики по их удалённости от Земли в первом задании, они вряд ли получат правильную закономерность (прямую линию на графике). Ответить на вопрос «О чём свидетельствует разбегание галактик?» возможно, опираясь на полученную закономерность: *v* = *H* · *r*. Чем дальше находится галактика, тем быстрее она удаляется от наблюдателя. Следовательно, этот факт свидетельствует о расширении Вселенной. Отметим, что значение красного смещения не зависит от того, в каком спектральном интервале находится линия: наблюдения в оптическом, радио-, рентгеновском диапазоне дают одно и то же значение *z*. Рекомендуется обсудить с учениками следующий вопрос: какова будет скорость удаления объекта, красное смещение которого *z* > 1? Если использовать формулу *v* = *c* · *z*, мы получим значение скорости, превосходящее скорость света. Но это противоречит постулатам специальной теории относительности. В ситуации, когда *v*  *c*, скорость удаления можно найти по формуле

Для значений z > 1 и эта формула становится неприменимой, так как на таких больших расстояниях само понятие скорости становится сложным и неоднозначным, и формулы специальной теории относительности «не работают».

Если же речь идёт об очень далёких объектах, следует рассматривать не скорости или расстояния до них, а определяемые по спектрам красные смещения.

Более подробные сведения о красном смещении и расширении Вселенной вы можете найти в «Астронет»:

<http://www.astronet.ru/db/msg/1162269>;

<http://www.astronet.ru/db/msg/1320286>.

В рамках выполнения заданий данной работы достаточно красное смещение характеризовать как наблюдаемое свойство далёких галактик, которое может быть использовано (и используется) для определения расстояний до них с помощью эмпирически установленного закона Хаббла. Если галактика изолирована, то этот способ является практически единственным надёжным способом определения расстояния до неё.

**Задание № 3.**

Последний этап работы — вычислить расстояния до галактик, используя закон Хаббла. Обратите внимание, что значение постоянной Хаббла выражается в км/(с Мпк). Поэтому значения расстояний до галактик будут получены в Мпк, тогда как в таблицу требуется занести результаты в миллионах световых лет. Вспоминаем: 1 пк = 3,26 световых года. Следовательно, чтобы получить результат в световых годах, следует полученное по формуле:

расстояние умножить на 3,26.

**Форма отчетности**

Выполнив расчёты, ученики заполняют таблицу и проверяют, правильно ли они первоначально расположили галактики по степени их удалённости от Земли (сверяют с табличными данными в раздаточном материале).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Галактика** | **Длина**  **волны λ**  **водорода**  **в спектре**  **галактики,**  **нм** | **Смещение**  **спектральной линии** | **Красное**  **смещение**  **z** | **Скорость**  **удаления**  **галактики**  **v, км/с** | **Расстояние**  **до галактики, млн св.**  **лет** |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

**Критерии оценки:**

Грамотно заполненная таблица. См. таблицу оценки

**Практическое занятие № 6**

**Тема:** Оценивание возможности наличия жизни на экзопланетах.

**Цель:** по снимкам экзопланет определить радиусы их орбит, вычислить температуру поверхности экзопланет и оценить возможность наличия жизни земного типа на них

**Приобретаемые умения и знания:**

Задачи, решаемые при выполнении работы:

— формировать умение определять физические характеристики объектов по их снимкам;

— применять физические законы для решения задач астрофизики;

— оценивать физические параметры планет;

— познакомиться с одним из методов оценки температур экзопланет.

Метапредметные (общеучебные) умения:

— преобразовывать модели из одной знаковой системы в другую;

— устанавливать причинно-следственные связи и анализировать их;

— интерпретировать полученные результаты;

— устанавливать аналогии, строить умозаключения, делать выводы.

**Норма времени:** 1 час

**Учебно-методическое оснащение рабочего места:** тетрадь, данные по экзо-планетам.

**Литература:**

* Астрономия. 10—11 классы : учеб, для общеобразоват. организаций базовый уровень / В.М. Чаругин. — М. : Просвещение, 2018. — 144 с. ил. — (Сферы 1—11).
* Астрономия. Тетрадь-практикум. 10—11 классы: учеб, пособие для общеобразоват. организаций: базовый уровень / Е. В. Кондакова, В. М. Чаругин. — М.: Просвещение, 2018. — 32 с.: ил. — (Сферы 1—11).

**Ход работы**

В работе использованы материалы практического тура Санкт- Петербургской астрономической олимпиады (2017 г.). Задание олимпиады является более сложным, чем предложенные в работе. Выражаем благодарность авторам В. В. Григорьеву и П. А. Тараканову за предоставленную возможность использовать идею задания.

Перед выполнением заданий обязательно нужно ознакомиться с дополнительными сведениями, в которых приводится описание одного из методов определения температуры экзопланеты. С тепловым излучением учащиеся знакомятся в курсе физики, но понятие «чёрное тело» может быть им незнакомо.

Чёрное тело (правильнее — абсолютно чёрное тело) — это физическая абстракция (модель). Его свойства: чёрное тело поглощает всё падающее на него электромагнитное излучение во всех диапазонах; ничего не отражает; может излучать электромагнитные волны любой частоты; спектр излучения чёрного тела определяется только его температурой.

Мощность излучения абсолютно чёрного тела определяется по закону Стефана—Больцмана (с. 83 учебника).

Из наблюдений установлено, что излучение звёзд по своим характеристикам близко к излучению абсолютно чёрного тела, что позволяет определять температуру звезды, если известна её светимость (и наоборот). Предположим, что планета поглощает как чёрное тело (это предположение не противоречит наблюдаемым данным в том случае, если планета не имеет собственных источников энергии). В этом случае в единицу времени планета поглощает столько же энергии от звезды, сколько излучает сама.

**Задание № 1.**

Используя закон обратных квадратов, можно подсчитать энергию, получаемую планетой радиуса R, находящейся на расстоянии a от звезды, светимость которой L:

Энергия излучения планеты определяется по закону Стефана—Больцмана:

Приравнивая эти выражения, находим формулу для вычисления температуры планеты с помощью формулы (1):

(1)

Формула (1) позволяет оценить температуру планеты, не имеющей собственных источников энергии, т.е. минимальное возможное значение температуры. Чтобы определить реальную температуру, необходима дополнительная информация. Но если температура, вычисленная описанным способом, выше 273 К, то на планете может быть вода в жидком состоянии, а следовательно, возможна и жизнь земного типа.

**Форма отчетности**

Конспект и сводная таблица с четырьмя планетами.

**Критерии оценки:**

Грамотно заполненная таблица.