

## СПЕЦИФИКАЦИЯ

### диагностической работы по АСТРОНОМИИ

для 10–11 классов общеобразовательных организаций г. Москвы

#### 1. Назначение диагностической работы

Диагностическая работа предназначена для оценки индивидуальных образовательных результатов учащихся 10 и 11 классов в предметной области «Астрономия» за курс среднего общего образования (базовый уровень).

#### 2. Документы, определяющие содержание и характеристики диагностической работы

Содержание и основные характеристики диагностической работы определяются на основе следующих документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования. Стандарт среднего (полного) общего образования по астрономии. (Утверждён Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 07 июня 2017 г. №506 «О внесении изменений в федеральный компонент государственных образовательных стандартов начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования, утверждённый приказом министерства образования Российской Федерации от 5 марта 2004 г. №1089»).
- О сертификации качества педагогических тестовых материалов (Приказ Минобразования России от 17.04.2000 г. №1122).

#### 3. Условия проведения диагностической работы

При проведении диагностической работы используются стационарные или переносные компьютеры (за отдельным компьютером работает только один учащийся). Компьютеры должны быть оснащены гарнитурой для прослушивания звукового сопровождения видеофайлов.

При выполнении диагностики в классе должен присутствовать технический специалист (или учитель информатики), способный оказать учащимся помощь в запуске необходимого программного обеспечения и устранении неполадок, связанных с работой ПК или подключением к сети Интернет (стабильное интернет-соединение необходимо для работы учащихся на платформе тестирования).

Для выполнения некоторых заданий диагностики необходимо использовать программу космического планетария. Данную программу необходимо установить на рабочем компьютере до начала выполнения диагностической работы учащимися (рекомендуется познакомить

учащихся с навигатором программы до проведения тестирования). Программа космического планетария доступна для скачивания по ссылке <http://stellarium.org/ru>.

#### 4. Время выполнения диагностической работы

Диагностическая работа состоит из двух частей, для выполнения каждой части отводится 35 мин. Общее время выполнения работы составляет 70 минут (с перерывом 5 минут).

#### 5. Содержание и структура диагностической работы

Диагностическая работа состоит из 16 заданий, среди которых 4 задания с выбором одного верного ответа, 9 заданий с кратким ответом, включая задания на самостоятельную запись ответа в виде слова или словосочетания, задания на множественный выбор и задания на соответствие элементов двух множеств, а также 3 задания с развёрнутым ответом.

В работу включены 11 заданий базового уровня, выполнение которых составляет 57% от максимального балла, и 5 заданий повышенного уровня.

Диагностическая работа содержит задания по всем темам программы по астрономии. В таблице приведены данные о количестве заданий по каждой из тем курса.

Таблица

*Распределение заданий по темам курса*

Темы курса астрономии	Число заданий
1. Предмет астрономии	2
2. Основы практической астрономии	4
3. Законы движения небесных тел	1
4. Солнечная система	4
5. Методы астрономических исследований	1
6. Звёзды	2/4
7. Наша Галактика – Млечный Путь	2/0
Итого:	16

Задания работы проверяют уровень сформированности различных умений. В заданиях 1-4 оценивается умение узнавать основные понятия астрономии и распознавать основные исторические факты, связанные с развитием астрономии и космонавтики. Задания 5-7 проверяют умение пользоваться компьютерным приложением для определения положения ярких звёзд и хорошо различаемых созвездий.

В заданиях 8-11 требуется проявить умения по работе с информацией астрономического содержания: со схемами и видеоматериалами. Задания 12-14 требуют анализа, обобщения и интерпретации информации, представленной в виде таблиц и диаграмм.

Задания 15 и 16 представляют собой исследовательскую задачу, которую необходимо выполнить, используя дополнительные источники информации.

#### 6. Система оценивания выполнения отдельных заданий и диагностической работы в целом

Задание с выбором ответа считается выполненным, если выбранный учащимся номер ответа совпадает с верным ответом. Все задания с выбором ответа (1–3 и 9) оцениваются в 1 балл.

Задание с кратким ответом считается выполненным, если записанный ответ совпадает с верным ответом. Максимальный балл за задания с кратким ответом 4–6 и 10 составляет 1 балл.

Задания 8 и 11–14 с кратким ответом оцениваются в 2 балла, если верно указаны все элементы ответа, и в 1 балл, если один из элементов не указан или в нём содержится ошибка. В остальных случаях ответ на задание оценивается 0 баллов.

Задания с развёрнутым ответом 7, 15 и 16 оцениваются экспертом с учётом правильности и полноты ответа. К каждому заданию приводятся критерии оценивания для экспертов, в которых указывается, за что выставляется каждый балл – от 0 до 2 баллов.

Максимальный балл за всю работу – 24 балла.

В приложении 1 представлен обобщённый план варианта диагностической работы.

В приложении 2 приведён Кодификатор проверяемых элементов содержания по астрономии.

Демонстрационный вариант диагностической работы представлен в Приложении 3 и доступен по ссылке <http://demo.mcko.ru/>.

## Приложение 1

### План диагностической работы по астрономии для учащихся 10-11 классов

Используются следующие условные обозначения:

- 1) КЭС – контролируемые элементы содержания.
- 2) Уровни сложности заданий: Б – базовый, П – повышенный.
- 3) Тип задания: ВО – задания с выбором ответа, КО – задания с кратким ответом, РО – задания с развёрнутым ответом.

№ задания	Контролируемые элементы содержания (КЭС)	Код КЭС	Тип задания	Уровень сложности	Макс. балл за задание
<b>Часть 1</b>					
1	Роль астрономии в развитии цивилизации. Знаменитые астрономы	1.1	ВО	Б	1
2	История развития отечественной космонавтики	1.4	ВО	Б	1
3	Наземные и космические телескопы. Космические аппараты	5.2	ВО	Б	1
4	Малые тела Солнечной системы/ Конфигурация и условия видимости планет	4.3 3.1	КО	Б	1
5	Звёздная карта, созвездия, использование компьютерных приложений для отображения звёздного неба	2.2	КО	Б	1
6	Звёздная карта, созвездия, использование компьютерных приложений для отображения звёздного неба	2.2	КО	Б	1
7	Суточное движение светил. Связь видимого расположения объектов на небе и географических координат наблюдателя	2.3	РО	П	2
8	Видимое движение и фазы Луны	2.4	КО	Б	2
9	Планеты земной группы.	4.2	ВО	Б	1
10	Планеты-гиганты. Спутники и кольца планет (работа с информацией – видеофрагмент)	4.3	КО	Б	1
11			КО	Б	2
12	Солнечная система	4.1- 4.3	КО	П	2
13	Звёзды: основные физико-	6.1	КО	П	2

**Кодификатор контролируемых элементов содержания по астрономии для 10-11 классов (базовый уровень)**

Кодификатор подготовлен в соответствии с Обязательным минимумом содержания образования по астрономии Федерального государственного образовательного стандарта среднего (полного) общего образования (Утверждён Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 07 июня 2017 г. №506 «О внесении изменений в федеральный компонент государственных образовательных стандартов начального общего, основного общего и среднего (полного) общего образования, утверждённый приказом министерства образования Российской Федерации от 5 марта 2004 г. №1089»).

**Перечень контролируемых элементов содержания по астрономии**

	химические характеристики и их взаимная связь. Разнообразие звёздных характеристик и их закономерности				
14	Эволюция звёзд, её этапы и конечные стадии	6.6	КО	Б	2
<b>Часть 2</b>					
15	Роль магнитных полей на Солнце. Солнечно-земные связи/ Красное смещение. Закон Хаббла	6.5 7.4	РО	П	2
16	Роль магнитных полей на Солнце. Солнечно-земные связи/ Красное смещение. Закон Хаббла	6.5 7.4	РО	П	2
<b>Итого:</b> 16 заданий, из них: ВО – 4, КО – 9, РО – 3 базового уровня – 11, повышенного уровня – 5 Максимальный балл – 24					

Код темы	Код КЭС	Контролируемые элементы содержания (КЭС)
1	<b>ПРЕДМЕТ АСТРОНОМИИ</b>	
	1.1	Роль астрономии в развитии цивилизации. Эволюция взглядов человека на Вселенную
	1.2	Геоцентрическая и гелиоцентрическая системы
	1.3	Особенности методов познания в астрономии. Практическое применение астрономических исследований
	1.4	История развития отечественной космонавтики. Первый искусственный спутник Земли, полёт Ю.А. Гагарина. Достижения современной космонавтики
2	<b>ОСНОВЫ ПРАКТИЧЕСКОЙ АСТРОНОМИИ</b>	
	2.1	Небесная сфера. Особые точки небесной сферы. Небесные координаты
	2.2	Звёздная карта, созвездия, использование компьютерных приложений для отображения звёздного неба. Видимая звёздная величина
	2.3	Суточное движение светил. Связь видимого расположения объектов на небе и географических координат наблюдателя
	2.4	Движение Земли вокруг Солнца. Видимое движение и фазы Луны. Солнечные и лунные затмения
	2.5	Время и календарь
3	<b>ЗАКОНЫ ДВИЖЕНИЯ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ</b>	
	3.1	Структура и масштабы Солнечной системы. Конфигурация и условия видимости планет
	3.2	Методы определения расстояний до тел Солнечной системы и их размеров
	3.3	Небесная механика. Законы Кеплера. Определение масс небесных тел. Движение искусственных небесных тел
4	<b>СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА</b>	

	4.1	Происхождение Солнечной системы. Система Земля – Луна
	4.2	Планеты земной группы. Планеты-гиганты
	4.3	Спутники и кольца планет. Малые тела Солнечной системы. Астероидная опасность
5	<b>МЕТОДЫ АСТРОНОМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ</b>	
	5.1	Электромагнитное излучение, космические лучи и гравитационные волны как источник информации о природе и свойствах небесных тел
	5.2	Наземные и космические телескопы, принцип их работы. Космические аппараты
	5.3	Спектральный анализ. Эффект Доплера
	5.4	Закон смещения Вина
	5.5	Закон Стефана-Больцмана
6	<b>ЗВЁЗДЫ</b>	
	6.1	Звёзды: основные физико-химические характеристики и их взаимная связь. Разнообразие звёздных характеристик и их закономерности
	6.2	Определение расстояния до звёзд, параллакс
	6.3	Внутреннее строение и источники энергии звёзд. Происхождение химических элементов
	6.4	Двойные и кратные звёзды. Переменные и вспыхивающие звёзды. Коричневые карлики
	6.5	Внесолнечные планеты. Проблема существования жизни во Вселенной
	6.6	Эволюция звёзд, её этапы и конечные стадии
	6.7	Строение Солнца, солнечной атмосферы. Проявления солнечной активности: пятна, вспышки, протуберанцы. Периодичность солнечной активности. Роль магнитных полей на Солнце. Солнечно-земные связи
7	<b>НАША ГАЛАКТИКА – МЛЕЧНЫЙ ПУТЬ</b>	
	7.1	Состав и структура Галактики. Звёздные скопления. Межзвёздный газ и пыль. Вращение Галактики. Тёмная материя
	7.2	Галактики. Строение и эволюция Вселенной
	7.3	Открытие других галактик. Многообразие галактик и их основные характеристики. Сверхмассивные чёрные дыры и активность галактик
	7.4	Представление о космологии. Красное смещение. Закон Хаббла. Эволюция Вселенной. Большой Взрыв. Реликтовое излучение. Тёмная энергия

## Демонстрационный вариант

### ЧАСТЬ 1

#### №1

На портрете изображён великий российский учёный и энциклопедист, который в 1761 году, наблюдая прохождение Венеры по диску Солнца, открыл атмосферу у этой планеты.



О каком учёном идет речь?

- 1) П.Н. Штернберг
- 2) К.Э. Циолковский
- 3) А.А. Фридман
- 4) М.В. Ломоносов

#### №2

Посмотрите видеофрагмент об историческом событии стыковки двух космических кораблей.

В каком году произошло это событие?

- 1) 1957 г.
- 2) 1961 г.
- 3) 1975 г.
- 4) 1996 г.

#### №3

Астрономию называют всеволновой наукой, поскольку она использует телескопы, работающие во всех диапазонах электромагнитных излучений. При помощи какого инструмента было открыто реликтовое излучение?

- 1)  оптический телескоп
- 2)  радиотелескоп
- 3)  рентгеновский телескоп
- 4)  ультрафиолетовый телескоп

#### №4

В состав Солнечной системы входят небольшие тела, которые состоят из льда, пыли и небольших каменных обломков. Они окружены оболочкой из разреженного газа и вращаются вокруг Солнца по сильно вытянутым эллиптическим орбитам.



Запишите название этих небесных тел.

Ответ: \_\_\_\_\_

#### №5

При помощи фрагмента карты звёздного неба найдите **Полярную звезду**.



Запишите название этой звезды с указанием созвездия (например:  $\beta$  Гидры)

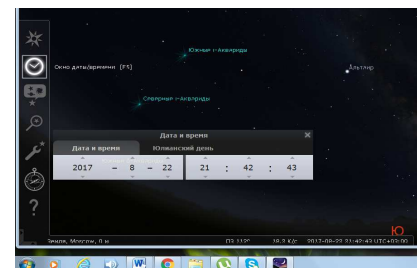
Ответ: \_\_\_\_\_

#### Задания 6 и 7 выполняются при помощи компьютерного планетария.

#### №6

Для выполнения задания необходимо использовать программу компьютерного планетария «Stellarium», установленную на Вашем компьютере.

Установите в планетарии место наблюдения при помощи кнопки «**окно местоположения**» (Москва) и дату наблюдения при помощи кнопки «**окно даты/времени**» (21 ч 00 мин 19 января 2018 года).



Найдите созвездие Кассиопеи и определите собственное название самой яркой звезды этого созвездия. Запишите в ответ название звезды.

Ответ: \_\_\_\_\_

#### №7

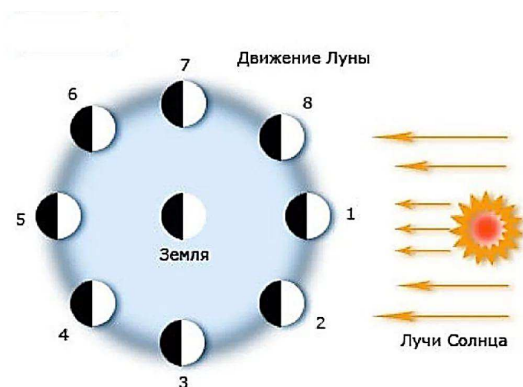
Для выполнения задания необходимо использовать программу компьютерного планетария «Stellarium», установленную на Вашем компьютере.

При помощи компьютерного планетария пронаблюдайте изменение положения на небосклоне (для широты Москвы) созвездия Кассиопеи с 20 ч вечера 19 января до 6 ч утра 20 января 2018 г. Опишите эти изменения и сформулируйте вывод о том, к какому созвездию относится Кассиопея (восходящее, заходящее, незаходящее, невосходящее).



## №8

На схеме показаны 8 случаев взаимного расположения Земли и Луны, которые соответствуют различным фазам Луны.



На рисунке указаны названия различных фаз Луны.



Посмотрите на фотографию вида Луны в один из вечеров и ответьте на вопросы.



Как называется эта фаза Луны?

Ответ: \_\_\_\_\_

Какой цифрой на схеме обозначен случай взаимного расположения Земли и Луны, который соответствует этой фазе?

Ответ: \_\_\_\_\_

*Посмотрите видеофрагмент о планете Меркурий и выполните задания 9–11*

## №9

В каком году была составлена первая полная карта Меркурия?

- 1) в 1957 году
- 2) в 1991 году
- 3) в 2009 году
- 4) в 2011 году

## №10

Планеты земной группы исследовались при помощи космических аппаратов. Укажите планеты в порядке возрастания числа космических аппаратов, при помощи которых они исследовались.

Марс  
Венера  
Меркурий

→→

## №11

*Вставьте в текст пропущенные слова, опираясь на содержание видеофрагмента.*

Меркурий – первая планета в Солнечной системе, он вращается на расстоянии примерно \_\_\_\_\_ млн км от Солнца. Поверхность Меркурия изрыта \_\_\_\_\_, а температура на дневной поверхности из-за близости Солнца достигает \_\_\_\_\_ градусов Цельсия. В центре планеты находится \_\_\_\_\_ ядро, которое занимает почти 83% от её объёма, далее располагается \_\_\_\_\_ и кора.

## №12

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца (в а.е.*)	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения,	Первая космическая скорость, км/с	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>
Меркурий	0,39	4 878	28°	2,97	5,43
Венера	0,72	12 104	3°	7,25	5,25
Земля	1,00	12 756	23°27′	7,89	5,52
Марс	1,52	6 794	23°59′	3,55	3,93
Юпитер	5,20	142 800	3°05′	42,1	1,33
Сатурн	9,54	119 900	26°44′	25,0	0,71
Уран	19,19	51 108	82°05′	15,7	1,24
Нептун	30,52	49 493	28°48′	17,5	1,67

\*1 а.е. составляет 150 млн км.

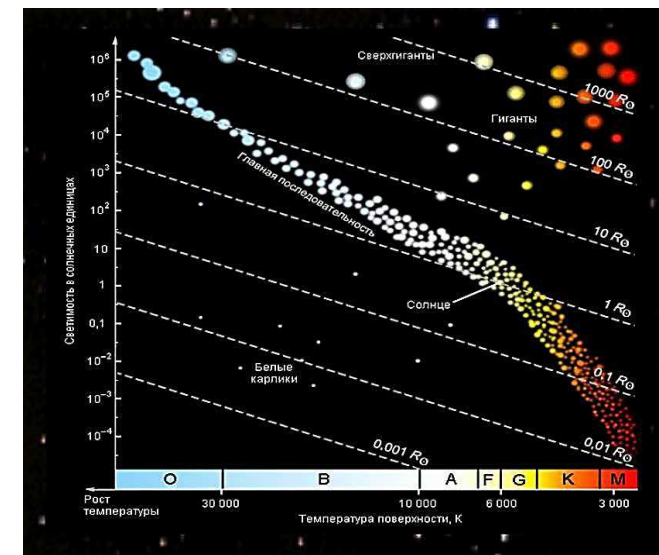
Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Ускорение свободного падения на Юпитере составляет 42,1 м/с<sup>2</sup>.
- 2) На Сатурне может наблюдаться смена времен года.
- 3) Орбита Марса находится на расстоянии примерно 228 млн км от Солнца.
- 4) Сатурн имеет самую маленькую массу из всех планет Солнечной системы.
- 5) Масса Сатурна меньше массы Марса.

## №13

В таблице приведены сведения о некоторых звёздах, а на рисунке – диаграмма Герцшпрунга – Рассела. Температура приводится в кельвинах (К), расстояние до звезды – в световых годах. Светимость, радиус и масса звезды указываются по отношению, соответственно, к светимости ( $L_{\odot}$ ), радиусу ( $R_{\odot}$ ) и массе ( $M_{\odot}$ ) Солнца.

Название	Температура (К)	Светимость ( $L / L_{\odot}$ )	Радиус ( $R / R_{\odot}$ )	Масса ( $M / M_{\odot}$ )	Расстояние до звезды (св.год)
Альтаир	7500	10,6	1,9	1,8	18
Антарес	3400	57500	800	15,5	65
Арктур	4300	219	25	1,5	36
Вега	9600	37	2,33	2,1	25
Процион В	9700	0,0055	0,02	0,6	11

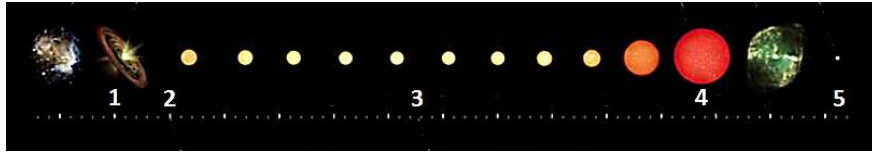


Установите соответствие между названием звезды и её характеристиками, представленными в таблице и на диаграмме.

Название звезды	Характеристики звезды
А) Альтаир	1) белый карлик
Б) Арктур	2) белая звезда главной последовательности
	3) звезда главной последовательности спектрального класса В
	4) гигант спектрального класса К

## №14

Рассмотрите диаграмму, схематически отражающую эволюцию Солнца.



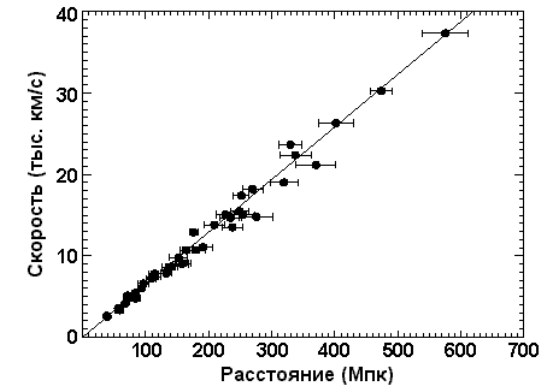
Выберите **два** утверждения, которые соответствуют стадиям эволюции, обозначенным цифрами 1–5.

- 1) Цифра 1 – система планет, на месте которых образовалось наше Солнце.
- 2) Цифра 2 – эра начала в недрах Солнца ядерных реакций.
- 3) Цифра 3 – эра начала рентгеновского излучения атмосферы Солнца.
- 4) Цифра 4 – красный гигант, в который превратится Солнце после выгорания водорода.
- 5) Цифра 5 – чёрная дыра, в которую превратится наше Солнце в конце жизни.

## ЧАСТЬ 2

Американский астроном Эдвин Хаббл в 1929 году получил закон расширения Вселенной. Закон Хаббла был сформулирован на основании данных о скоростях разбегания галактик. Скорости галактик узнают при анализе их спектра, используя эффект Доплера.

На графике представлены данные о зависимости скоростей движения известных галактик от расстояния до них.



Используя представленный график и дополнительные источники информации, выполните задания №15 и №16.

## №15

Утверждается, что наблюдаемая на Земле жёлтая линия натрия в спектре удалённой галактики находится в ультрафиолетовой области. Верно ли это? Свой ответ поясните.

## №16

Определите примерную величину постоянной Хаббла согласно данным графика. Приведите решение и ответ. Запишите ответ с учётом указанных единиц.



## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

### 1. Эффект Доплера (<http://rdt45.narod.ru/kce/problems/dopler.htm>)

Если рассмотреть эффект Доплера в самом простейшем виде, то следует отметить, что данное физическое явление описывает изменение частоты сигнала по отношению к величине перемещения самого источника данного сигнала от приёмника, который его принимает. Например, волна, которая исходит от некоторого источника и которая имеет некоторую фиксированную частоту  $\nu_0$ , будет принята приёмником уже на другой частоте, если за время её прохождения источник и приёмник сменили своё местоположение относительно друг друга, то есть переместились. Учитывая эффект Доплера, можно однозначно утверждать, что, если приёмник удаляется от источника – значение частоты волны уменьшается. Если же приёмник приближается к источнику волнового излучения, то показатель величины частоты волны увеличивается.

Эффект Доплера в случае электромагнитных волн зависит только от относительного движения источника волн и приёмника. Пусть излучатель производит электромагнитные волны в виде одинаковых очень коротких прямоугольных импульсов с частотой  $\nu_0$ .

В случае сближения источника и приёмника регистрируемая частота будет равна

$$\nu = \nu_0 \sqrt{\frac{1 + \frac{V}{c}}{1 - \frac{V}{c}}},$$

В случае взаимного удаления источника и приёмника частота будет равна

$$\nu = \nu_0 \sqrt{\frac{1 - \frac{V}{c}}{1 + \frac{V}{c}}}.$$

С помощью ЭД по спектру небесных тел определяется их лучевая скорость. Изменение длин волн световых колебаний приводит к тому, что все спектральные линии в спектре источника смещаются в сторону длинных волн, если лучевая скорость его направлена от наблюдателя (красное смещение), и в сторону коротких, если направление лучевой скорости – к наблюдателю (фиолетовое смещение).

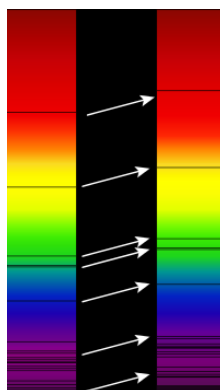


Рис. Красное смещение спектральных линий поглощения в спектре удаляющейся звезды сходного с Солнцем спектрального класса. Для сравнения слева показан спектр Солнца.

### 2. Христиан Доплер

([http://www.peoples.ru/science/physics/kristian\\_doppler/](http://www.peoples.ru/science/physics/kristian_doppler/))

Христиан Доплер (нем. Christian Doppler) родился 29 ноября 1803 года в Зальцбурге. В 1825 году окончил Политехнический институт в Вене, с 1835 по 1847 год работал в Праге, с 1847 года – профессор Горной и Лесной академий в Хемнице, с 1848 года – член Венской Академии Наук, с 1850 года – профессор Венского университета и директор первого в мире Физического института, созданного при Венском университете по его инициативе.

Научные интересы Христиана Доплера лежали в таких областях физики, как оптика и акустика. Основные труды выполнены по абберации света, теории микроскопа и оптического дальномера, теории цветов и некоторым другим темам. В 1842 году Доплер теоретически обосновал зависимость частоты колебаний, воспринимаемых наблюдателем, от скорости и направления движения источника волн и наблюдателя относительно друг друга. Это явление впоследствии было названо его именем (эффект Доплера).

### 3. Диапазоны ЭМИ (<https://gitak.ru/200-zakonov-mirozdaniya/fizika/215-spektr-elektromagnitnogo-izlucheniya.html>)

Имеется целый ряд типов электромагнитного излучения, начиная с радиоволн и заканчивая гамма-лучами. Электромагнитные лучи всех типов распространяются в вакууме со скоростью света и отличаются друг от друга только длинами волн.

Радиоволны могут значительно различаться по длине — от нескольких сантиметров до сотен и даже тысяч километров, что сопоставимо с радиусом Земного шара (около 6400 км). Волны всех радиодиапазонов широко используются в технике.

Микроволны и радиоволны диапазона сверхвысоких частот (СВЧ) имеют длину от 300 мм до 1 мм. Сантиметровые волны, подобно дециметровым и метровым радиоволнам, практически не поглощаются атмосферой и поэтому широко используются в спутниковой и сотовой связи и других телекоммуникационных системах.

Инфракрасные волны – это часть электромагнитного спектра, включающая излучение с длиной волны от 1 миллиметра до восьми тысяч атомных диаметров (около 800 нм). Лучи этой части спектра человек ощущает непосредственно кожей как тепло.



Длины электромагнитных волн видимого светового диапазона колеблются в пределах от 800 до 400 нм. Человеческий глаз представляет собой идеальный инструмент для регистрации и анализа электромагнитных волн этого диапазона.

К ультрафиолетовым лучам относят электромагнитное излучение с длиной волны от 400 до 10 нм. В этой части спектра излучение начинает оказывать влияние на жизнедеятельность живых организмов.

Излучение в диапазоне длин волн от нескольких атомных диаметров до нескольких сот диаметров атомного ядра называется рентгеновским. Рентгеновские лучи проникают сквозь мягкие ткани организма и поэтому незаменимы в медицинской диагностике.

Самые короткие по длине волны и самые высокие по частоте и энергии лучи в электромагнитном спектре — это  $\gamma$ -лучи (гамма-лучи).

#### 4. Закон Хаббла (<http://spacegid.com/zakon-habbla.html>)

Закон Хаббла – физико-математическая формула, доказывающая, что наша Вселенная постоянно расширяется. Причём расширение космического пространства, в котором находится и наша галактика Млечный Путь, характеризуется однородностью и изотропией. То есть наша Вселенная расширяется одинаково во всех направлениях. Формулировка закона Хаббла доказывает и описывает не только теорию расширения Вселенной, но и главную идею её происхождения – теорию Большого взрыва.

Хаббл удалось сопоставить результаты своих измерений расстояний до соседних галактик (по наблюдениям переменных цефеид) с измерениями скоростей их удаления (по красному смещению). И Хаббл выяснил, что чем дальше от нас находится галактика, тем с большей скоростью она удаляется.

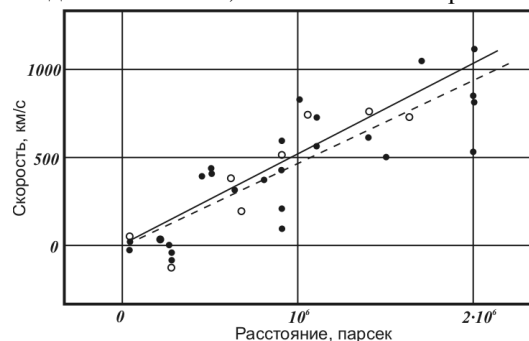


График из оригинальной работы Хаббла 1929 года

Это самое явление центростремительного «разбегания» видимой Вселенной с нарастающей скоростью по мере удаления от локальной точки

наблюдения и получило название закона Хаббла. Математически он формулируется очень просто:

$$v = H * r,$$

где  $v$  – скорость удаления галактики от нас,  $r$  – расстояние до неё, а  $H$  — так называемая постоянная Хаббла.

Галактики разбегаются по одной простой причине: расширяется сама ткань мирового пространства. Все наблюдатели (и мы с вами не исключение) считают себя находящимися в центре Вселенной. Лучше всего это сформулировал мыслитель XV века Николай Кузанский: «Любая точка есть центр безграничной Вселенной».

#### 5. Эдвин Хаббл ([http://elementy.ru/trefil/21148/Zakon\\_Khabbla](http://elementy.ru/trefil/21148/Zakon_Khabbla))

**Эдвин Пауэлл ХАББЛ**

**Edwin Powell Hubble, 1889–1953**

Американский астроном Эдвин Хаббл родился в г. Маршфилд (штат Миссури, США), вырос в Уитоне (штат Иллинойс). Окончив с отличием Чикагский университет, подрабатывал ассистентом в лаборатории нобелевского лауреата Роберта Милликена (см. Опыт Милликена), а в летние каникулы – геодезистом на железнодорожном строительстве.



Получив в 1910 году диплом бакалавра, Хаббл отправился в Оксфорд благодаря полученной стипендии Роудса. Там он начал было изучать римское и британское право, но, по его собственным словам, «променял юриспруденцию на астрономию». Большинство наблюдений учёный проводил на базе обсерватории Йеркса, затем в новой обсерватории Маунт-Вилсон.

Тут, однако, вмешались исторические события. США вступили в Первую мировую войну, и Хаббл за одну ночь довёл до ума свою диссертацию на степень PhD, на следующее утро защитил её – и тут же ушёл добровольцем в армию. Демобилизовавшись летом 1919 года, учёный немедленно вернулся в калифорнийскую обсерваторию Маунт-Вилсон, где вскоре и обнаружил, что Вселенная состоит из разлетающихся галактик, что и получило название закона Хаббла.

В 1930-е годы Хаббл продолжил активное изучение мира за пределами Млечного Пути, за что вскоре и снискал признание не только в научных кругах, но и среди широких масс. Эдвин Хаббл вообще был человеком уникально широких интересов. Так, в 1938 году его избрали в состав совета попечителей Южно-Калифорнийской библиотеки Хантингтона (Лос-Анджелес, США). Любимым же видом отдыха Хаббла была рыбная ловля на спиннинг – он и в этом добился вершин. Эдвин Хаббл

скоропостижно скончался 28 сентября 1953 года в результате кровоизлияния в мозг.

#### 6. Значение закона Хаббла (<http://light-science.ru/zakon-xabbla.html>)

Эйнштейн оценивал работу Хаббла достаточно высоко, а закон получил быстрое признание в науке. Именно наблюдения Хабблом (совместно с Хьюмасоном) красных смещений сделало вероятным допущение, что Вселенная не является стационарной. Закон, сформулированный великим учёным, фактически стал указанием на то, что во Вселенной присутствует некая структура, влияющая на разбегание галактик. Она имеет свойство сглаживать неоднородности космического вещества. Поскольку разбегающиеся галактики не замедляются, как это должно было быть вследствие действия их собственного тяготения, то должна существовать какая-то сила, их расталкивающая. И эта сила получила название тёмной энергии, которая имеет около 70% всей массы/энергии видимой Вселенной.

Сейчас расстояния до удалённых галактик и квазаров оцениваются посредством закона Хаббла. Главное, чтобы он действительно оказался верным для всей Вселенной, безграничной в пространстве и во времени. Ведь мы ещё не знаем свойств тёмного вещества, которое вполне может подкорректировать любые представления и законы.

#### Ответы на задания 1–6, 8-14

№ задания	Ответ
1	4
2	3
3	2
4	кометы
5	$\alpha$ М. Медведицы
6	Шедар/Шедир
8	первая четверть; 3
9	3
10	Меркурий – Марс – Венера
11	1- 46 2- кратерами 3- 430 4- железное 5- мантия
12	23
13	24
14	24

## Критерии оценивания заданий №7, 15-16

### №7

Элементы содержания верного ответа	
1. С 20 ч вечера до 6 ч утра высота созвездия над горизонтом сначала уменьшается, а затем увеличивается. 2. Созвездие Кассиопеи является незаходящим созвездием на широте Москвы.	
Указания к оцениванию	Баллы
Приведено два элемента верного ответа	2
Приведён один элемент верного ответа	1
Другие ответы, или ответ отсутствует	0

### № 15

Элементы содержания верного ответа	
1. Невозможно. 2. Согласно эффекту Доплера при удалении объекта происходит красное смещение длины волны в красную область спектра, т.е. более длинных волн. Ультрафиолетовые лучи имеют более короткие волны по сравнению с жёлтым светом.	
Указания к оцениванию	Баллы
Приведён верный ответ, и дано пояснение с опорой на эффект Доплера	2
Приведён верный ответ, приведено объяснение, в котором есть ссылка на Эффект Доплера, но в объяснении допущена ошибка	1
Другие ответы, или ответ отсутствует	0

### № 16

Элементы содержания верного ответа	
1. Постоянную Хаббла можно найти по формуле: $H = v/r$ , где $v$ – скорость галактики, $r$ – расстояние до неё. Значит, постоянная Хаббла будет равна тангенсу угла наклона графика к оси расстояний. $\frac{40000 \text{ км/с}}{620 \text{ Мпк}} \approx 65 \text{ км/с} \cdot \text{Мпк}$ 2.	
Указания к оцениванию	Баллы
Верно выполнены два элемента верного ответа: 1) верно записана формула для расчёта постоянной Хаббла, 2) получен верный ответ (числовое значение и единицы)	2
Верно выполнен только один из элементов ответа	1
Другие ответы, или ответ отсутствует	0