

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И МОЛОДЁЖИ
РЕСПУБЛИКИ КРЫМ
Муниципальное бюджетное учреждение
«ДЕТСКИЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ЦЕНТР»
муниципального образования Советский район Республики Крым

**Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды
имени Б.В. Всесвятского**

Номинация (секция): Астрономия и
изучение космического пространства

СВЕТ ЯСНЫЙ ЗВЕЗД ПРЕКРАСНЫХ

Работу выполнила:

Кодирохунова Анифе Диляверовна
учащаяся 9 класса муниципального
бюджетного общеобразовательного
учреждения «Черноземненская средняя
школа» Советского района
Республики Крым

Научный руководитель:

Вареникова Ирина Антоновна,
учитель математики и физики
муниципального бюджетного
общеобразовательного учреждения
«Черноземненская средняя школа»
Советского района Республики Крым

Свет ясный звезд прекрасных

Кодиरोхунова Анифе Диляверовна, учащаяся 9 класса муниципального бюджетного общеобразовательного учреждения «Черноземненская средняя школа» Советского района Республики Крым, село Черноземное.

Научный руководитель: Вареникова Ирина Антоновна, учитель математики и физики муниципального бюджетного общеобразовательного учреждения «Черноземненская средняя школа» Советского района Республики Крым

Актуальность данной работы состоит в том, что материалы исследования и изготовленные учебные пособия можно использовать на уроках астрономии и физики для повышения эффективности обучения при изучении основных характеристик света звезд.

Цель исследования: изучить разнообразие мира звезд и их основные параметры.

Для достижения поставленной цели, определены следующие **задачи**:

1. Изучить параметры, характеризующие свет звезд
2. Исследовать закономерности распространения света в зависимости от расстояния
3. Изготовить из подручных материалов модель диаграммы спектр-светимость и модели нескольких созвездий для выполнения практических работ по астрономии.

Объект исследования: звезды

Предмет исследования: закономерности распространения света в зависимости от расстояния.

Методы исследования:

изучение литературы,
проведение экспериментов,
анализ полученных данных
изготовление модели

Гипотеза: Законы, описывающие природные явления, порой связывают далекий космос и привычные повседневные события. Закономерности распространения света характерны как для света звезд, так и для света электрической лампочки.

В ходе исследования был изучен теоретический материал, проведена экспериментальная проверка справедливости закона обратных квадратов и изготовлены модели диаграммы «Спектр - светимость» и карточки, демонстрирующие различие в видимой и абсолютной звездных величинах, для нескольких созвездий.

Конечно, в рамках одной исследовательской работы, невозможно охватить весь материал по данной теме, поэтому это исследование ведется несколько лет. На основе изученного материала можно сделать следующие **выводы**:

1. Мир звезд очень разнообразен, но наблюдая с Земли, мы видим звезды в виде точечных источников света из-за огромных расстояний между нами.
2. Звёзды имеют блеск, яркость и светимость, которые отличаются друг от друга. Ученым удаётся различать эти характеристики звёзд, не смотря на то, что наблюдая с Земли, кажется, что все звезды светят одинаково и находятся на одинаковом расстоянии.
3. На основании проведенных опытов, можно сказать, что свет звезд распространяется по тем же законам, что и свет обычной электрической лампы. Следовательно, моя гипотеза подтвердилась.
4. Построенную диаграмму «Спектр - светимость» и модели созвездий можно использовать на уроках астрономии и во внеклассных мероприятиях..

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
РАЗДЕЛ 1	
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	5
1.1. Что такое звезда.....	5
1.2. Светимость.....	5
1.3. Блеск и звездная величина.....	6
1.3.1. Освещённость.....	7
1.4. Яркость.....	8
1.5. Закон обратных квадратов.....	8
1.6. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.....	9
РАЗДЕЛ 2	
ПРАКТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	12
2.1. Экспериментальное исследование закона обратных квадратов	12
2.2. Изготовление наглядной модели для сравнения видимой и абсолютной звездных величин.....	13
2.3. Изготовление модели диаграммы «Спектр-светимость».....	16
ВЫВОДЫ.....	19
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	20
ПРИЛОЖЕНИЯ	21

ВВЕДЕНИЕ

Звездное небо всегда притягивало людей, такое далёкое и загадочное. Оно является источником вдохновения и непрерывного исследования. Всё больше и больше интересного мы узнаем о небесных телах, их строении, жизни и развитии. Этот интерес связан, в том числе, и с потребностями нашей повседневной жизни: необходимостью ориентироваться при путешествиях, при создании и уточнении календаря, а также для определения точного времени. Поэтому изучение звезд всегда **актуально**.

Цель исследования: изучить разнообразие мира звезд и их основные параметры.

Для достижения поставленной цели, я определила следующие **задачи**:

1. Изучить параметры, характеризующие свет звезд
2. Исследовать закономерности распространения света в зависимости от расстояния
3. Изготовить из подручных материалов модель диаграммы «Спектр-светимость» и модели нескольких созвездий для выполнения практических работ по астрономии.

Объект исследования: звезды

Предмет исследования: основные характеристики звезд и закономерности распространения света в зависимости от расстояния.

Методы исследования:

- изучение литературы,
- проведение экспериментов
- анализ полученных данных
- изготовление модели

Гипотеза: Законы, описывающие природные явления, порой связывают далекий космос и привычные повседневные события. Закономерности распространения света характерны как для света звезд, так и для света электрической лампочки.

РАЗДЕЛ 1

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1. Что такое звезда?

Приступив к изучению этой темы, для начала, я решила точно узнать, что такое звезда. «Звезда — массивное самосветящееся небесное тело, состоящее из газа или плазмы, в котором происходят, происходили или будут происходить термоядерные реакции».[2] То есть, звезда — это шар, состоящий из горячего газа, нагретый ядерной энергией и удерживаемый гравитационными силами.

Звезды имеют разный размер, температуру, а также яркость, но об этом позже. Так, например, Солнце представляется нам самым ярким объектом на небе, но это только потому, что оно находится ближе к нашей планете.

Я решила более подробно исследовать, что означают такие понятия, как «блеск звезды», «светимость звезды», «яркость звезды». Возможно, многие подумают, что речь идет о том, насколько звезда яркая или тусклая. Но давайте разберёмся, для чего ввели три разных термина? Возможно, все эти термины просто синонимы, а фразы означают одно и то же? Давайте разбираться.

1.2. Светимость

Звезды выбрасывают в космос огромное количество энергии, почти полностью представленной разными типами лучей. Суммарная энергия излучения светила, излучаемая за период времени — это и есть светимость звезды. Показатель светимости очень важен при изучении светил, так как от него зависит все характеристики звезды.

И так, значит светимость — это мощность излучения небесного тела.[3] Как и светимость обычной лампочки, светимость звезд измеряется в ваттах. Но в этом случае числа получаются огромными. Поэтому чаще всего астрономы измеряют светимость звёзд по светимости Солнца.

Первое, что стоит отметить, говоря о светимости звезды — ее легко спутать с другими параметрами светила. Но на самом деле все очень просто — надо только знать, за что отвечает каждая характеристика.

Светимость звезды (L) в первую очередь отражает количество энергии, которое излучает звезда — и поэтому, как и любая другая количественная характеристика энергии измеряется в ватах. То есть светимость показатель того, как ярко звезда светится. Это объективная величина: она не меняется при движении наблюдателя. Вычисляется по формуле:

$$L=4\pi R^2 \cdot \sigma T^4, \quad (1.1)$$

где : L - светимость звезды; R - радиус звезды ; T – Температура ;
 $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²·К⁴) – постоянная Стефана Больцмана; $\pi = 3,14$

1.3. Блеск и звездная величина

Следующий термин, который мы должны изучить - блеск. Блеск – освещенность, которое создаёт небесное тело на приемниках излучения [3, 4]. Объяснение немного не понятное, поэтому я объясню всё простыми словами: чем выше блеск звезды, тем сильнее она освещает наши глаза, тем лучше мы ее видим! Ночью хорошо видны звезды высокой яркости, мы говорим о них с восхищением: «Какие яркие звезды!» Звезды низкой яркости практически не видны или вообще не видны без телескопа. Такие звёзды мы называем тусклыми.

Раз понятие блеска в астрономии имеет строгое научное определение, значит, блеск можно измерить.

На самом деле блеск звезд измеряется в звездных величинах. **Звездная величина** — это особая безразмерная физическая величина, которая используется только в астрономии и астрофизике. Обозначается латинской буквой *m* над числовым значением.

Также блеск измеряется не только в звёздных величинах, но и в традиционных физических величинах, например в люксах. Соотношение между звездной величиной и люксами выглядит следующим образом:

$$m = -14 - 2,5 \lg J, \quad (1.2)$$

где *J* — значение в люксах.

Видимый блеск и видимая звёздная величина звезды зависят от её расстояния до наблюдателя – *r*. Чтобы освободиться от влияния расстояния, введено понятие об абсолютном блеске и абсолютной величине звезды.

Абсолютным блеском звезды *L* называется тот блеск, который она имела бы, будучи удалена от наблюдателя на расстояние равное 10 парсекам.

Так как освещённость убывает обратно пропорционально квадрату расстояния, то абсолютный блеск *L* и видимый блеск *l* связаны соотношением:

$$L/l = r^2/100 = 2,512^{m-M} \quad (1.3)$$

m – видимая звёздная величина, *M* – абсолютная звёздная величина, под которой понимают ту звёздную величину, которую бы имела звезда, будучи удалённой на расстояние, равное 10 парсекам.

Из указанного соотношения получаем формулу:

$$M = m + 5 - 5 \lg r \quad (1.4)$$

1.3. 1. Освещённость

Рассказывая о блеске, я упомянула про освещенность. Освещённость — световая величина, равная отношению светового потока, падающего на малый участок поверхности, к его площади. [6] Из этого я могу сделать вывод, что эти величины взаимосвязаны.

Единицей измерения освещённости в Международной системе единиц служит люкс. Освещённость зависит от расстояния до источника света и светимости звезды.

Освещённость можно вычислить по формуле

$$E = \frac{L}{4\pi d^2}, \quad (1.5)$$

где L — светимость звезды; d — расстояние до источника света в м.

1.4. Яркость

В результате исследования мы выяснили, что такое светимость и блеск звезды, и узнали, что такое освещённость. Теперь осталось определить, что такое яркость звезд. Ранее я упомянула, что звёзды высокого блеска мы называем яркими. А теперь стоит задуматься, неужели понятия блеск и яркость небесного тела обладает одним и тем же значением? Совсем нет! Яркость — это количество света, поступающее с единицы площади объекта.[3]

Именно по этой причине понятие яркость применяется только к крупным телам — Солнцу, Луне, планетам, кометам, туманностям. Однако к небольшим звездам или метеорам, не имеющим ширины, термин яркость мы применить не сможем, так как площадь у них отсутствует. Но в таком случае можем применить термин блеск, так как он отображает освещённость, созданную любым небесным телом.

1.5. Закон обратных квадратов

Изучая такой показатель, как «освещённость» я выяснила, что существует единый закон, который характеризует закономерности распространения света и для звезд и для других источников, например, обычной электрической лампочки.

Закон обратных квадратов — это закон, утверждающий, что значение некоторой физической величины в данной точке пространства обратно пропорционально квадрату расстояния от источника поля, которое характеризует эта физическая величина.[8]

Интенсивность света, который исходит от точечного источника, обратно пропорциональна квадрату расстояния от источника. Это значит, что, объект, перемещённый на расстояние в 2 раза большее от источника, получает только четверть той мощности, которую он получал в первоначальном положении. Под «интенсивностью» мы понимаем энергию, приходящуюся на единицу площади в единицу времени.

Например, интенсивность солнечных лучей составляет 9140 Вт на квадратный метр на орбите Меркурия, но лишь 1370 Вт на орбите Земли (на ту же площадь) — 2,6-кратное увеличение расстояния влечёт 6,76-кратное уменьшение интенсивности солнечных лучей.

Однако закон обратных квадратов может быть применён только в случае исследования только **точечных** источников света (например, лампа сферической формы), цилиндрические лампы дневного света не являются точечными источниками, и поэтому к ним нельзя применять закон обратных квадратов. (Рис. 1.1)

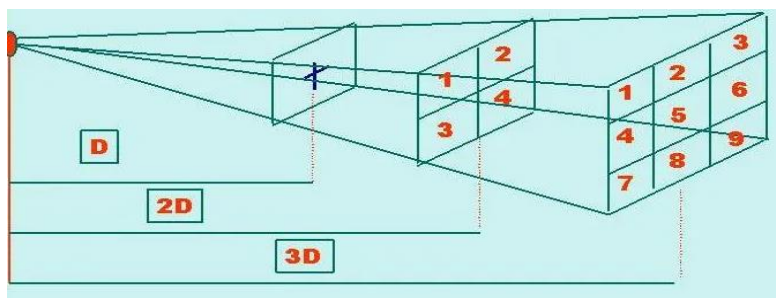


Рис 1.1

1.6. Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

Наблюдения показали, что светимость звезды зависит от температуры звезды и от ее размеров. [1] Чем больше звезда, тем она ярче при одинаковой температуре. И при одинаковом размере, чем горячее звезда, тем она ярче. Звезды имеют разный цвет. Есть голубые, белые, желтые, оранжевые, красные. Температура напрямую связана с цветом звезды. Есть такое понятие, как спектральные классы. (см. табл.1.1)

Таблица 1.1

Основная гарвардская спектральная классификация звезд

Спектральный класс	Температура, К	Истинный цвет	Видимый цвет
O	30000-60000	голубой	Голубой
B	10000-30000	Бело-голубой	Бело-голубой или белый
A	7500-10000	Белый	Белый
F	6000-7500	Желто-белый	Белый
G	5000-6000	Желтый	Желтый
K	3500-5000	Оранжевый	Желто-оранжевый
M	2000-3500	Красный	Оранжево-красный

То есть, класс O – это самые горячие звезды, они имеют голубой цвет, а M – самые холодные и они имеют красную окраску. Между каждыми двумя классами введены подклассы, обозначенные цифрами от 0 (самые горячие) до 9 (самые холодные). Например, спектр типа A5 находится посередине между A0 и F0. [9]

Имеется ещё одна интересная связь между спектральным классом звезды и её светимостью. Была создана диаграмма, в которой спектральные классы были

отложены по горизонтальной оси, другими словами можно сказать, что отложена температура (см. рис. 1.2). По вертикальной оси отложили светимость (в светимостях Солнца). Эта диаграмма получила название «Спектр-светимость». Также данную диаграмму часто называют именами ученых, которые ее составили - диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

При нанесении на данную диаграмму звезд обнаружили интересный факт: большая часть звезд выстраиваются в одну линию, которая проходит диагонально через всю координатную систему. Кроме того, обнаружили скопления звезд чуть выше этой линии и чуть ниже. То есть, звезды, как бы разбиваются на группы. Эти группы называют **классами светимости**.

Что это за классы? Звезды, расположившиеся на диагонали, образовали самый большой класс, его назвали **звездами Главной последовательности** и обозначили римской цифрой V. На этой линии «живут» стандартные звезды, такие как Солнце. Они там «проживают» большую часть своей жизни. То есть, это звезды, которые находятся на стадии термоядерной реакции.

Над Главной последовательностью располагаются классы субгигантов (IV), гигантов (III) и сверхгигантов (I и II), а ниже находится область субкарликов (VI) и карликов (VII).

То есть, спектральный класс обозначается латинской буквой и показывает, какая у этой звезды температура, а класс светимости обозначается латинской цифрой и показывает, каких размеров эта звезда. Таким образом, мы можем получить комплексное представление о звезде. Например, Солнце относится к типу G2V, то есть, является желтой звездой, которая относится к главной последовательности.

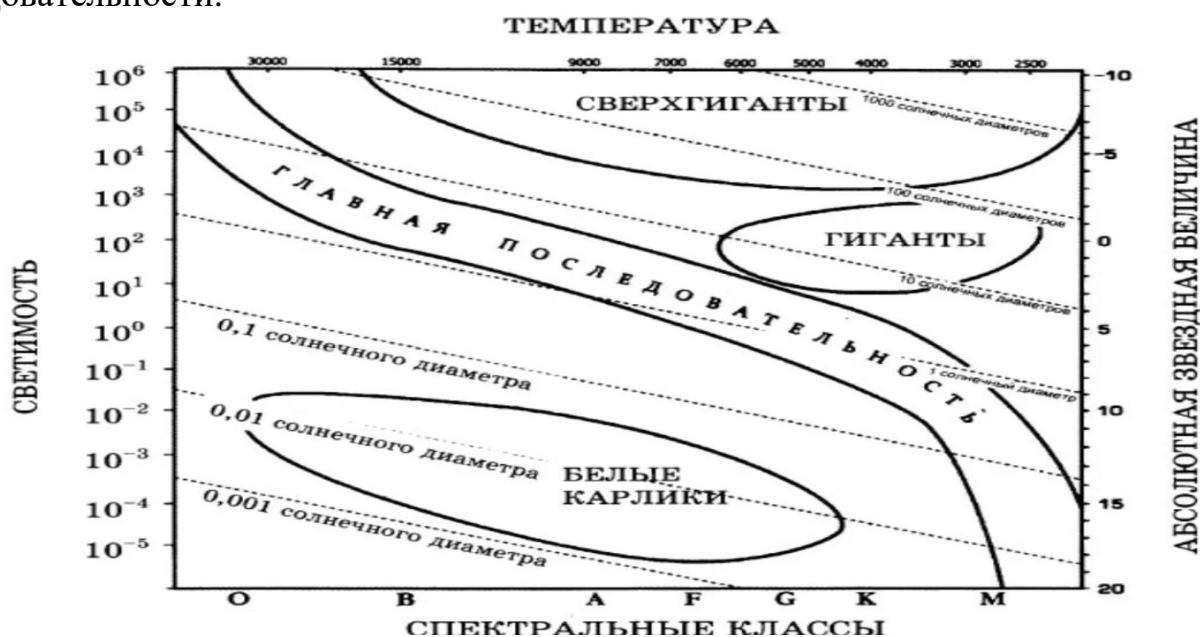


Рис.1.2 Диаграмма Герцшпрунга-Рассела.

РАЗДЕЛ 2.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Экспериментальное исследование закона обратных квадратов

Практическая работа №1

Тема: Экспериментальное исследование закона обратных квадратов

Исследование зависимости освещенности электрических ламп различных типов и мощности с помощью мобильного приложения Sensor Box for Android от расстояния. [7]

Цель: Экспериментально проверить справедливость закона обратных квадратов.

Приборы и материалы: светильник, лампа светодиодная энергосберегающая мощностью 5 Вт, лампа накаливания, мощностью 75Вт, рулетка с делениями, мел. Мобильный телефон Xiaomi redmi 9T с установленным приложением для измерения освещенности Sensor Box for Android. (Приложение Г)

Ход эксперимента:

1. Перед выполнением практической работы изучила правила техники безопасности при работе с электроприборами и правилами поведения в аварийной ситуации.
2. С помощью мерной ленты на полу делаем метки мелом через каждые 10 см. (Приложение Г)
3. Мобильный телефон с установленным приложением для измерения освещенности Sensor Box for Android размещаем на подставке перпендикулярно к лучам света. (Приложение Г)
4. Измеряем освещенность светодиодной лампы мощностью 5 Вт через каждые 10 см. Измерения повторяем 3 раза. Опыт проводим в темном помещении.
5. Повторяем данный опыт для лампы накаливания мощностью 75Вт.
6. Результаты исследования оформляем в виде таблиц и графиков. (Приложение А-В).
7. Аналогичное исследование было проведено с помощью телефона Realme c55 с установленным приложением для измерения освещенности Phyphox для лампы светодиодной энергосберегающей мощностью 15 Вт. Результаты представлены в Приложении Д.

Вывод: Результаты проведенных опытов подтвердили справедливость закона обратных квадратов. Чем дальше расстояние от источника света, тем меньше освещенность на поверхности и она пропорциональна обратному квадрату расстояния. Графики, построенные по результатам проведения опытов, близки к графикам, построенным на основании расчетных данных. Эта закономерность справедлива для ламп различной мощности. Однако данные, полученные расчетным путем, не совпали на 100% с результатами измерений. Возможно, это связано с тем, что в помещении, где проводился опыт, было не полное затемнение и освещенность от других источников дала такую погрешность.

2.2. Изготовление наглядной модели для сравнения видимой и абсолютной звездных величин

Практическая работа №2

Тема: Изготовление наглядной модели для сравнения видимой и абсолютной звездных величин на примере основных звезд созвездия Большая медведица

Цель: Наглядное представление изменения параметров видимости звезды в зависимости от расстояния на примере семи звезд созвездия Большая медведица.

Приборы и материалы: персональный компьютер, принтер, бумага А-4

Ход работы:

1) Перед выполнением практической работы ознакомились с правилами техники безопасности при работе с компьютером.

2) В текстовом редакторе Word построили таблицу некоторых параметров семи звезд созвездия Большая Медведица (см. табл. 2.1.)

Таблица 2.1.

Некоторые астрофизические параметры семи звезд созвездия Большая Медведица

Имя звезды	светимость в светимостях Солнца	расстояние до Земли, св.лет	расстояние до Земли, пк	видимая звездная величина	абсолютная звездная величина
Дубхе (альфа)	316	123	37,7	1,81	-1,091
Мерак (бета)	64	97	29,8	2,34	0,61
Фегда (гамма)	64,44	83	25,5	2,41	-0,66
Мегрец (дельта)	14	80,8	24,8	3,3	1,39
Алиот (эпсилон)	102	82,6	25,3	1,76	-0,2
Мицар (дзета)	33	78	23,9	2,33	0,33
Бенетнаш (эта)	1,35	100	30,7	1,86	-0,6

3) В редакторе Excel построили диаграмму зависимости видимой (см. рис. 2.1) и абсолютной звездных величин (см. рис. 2.2) с помощью пузырьковой диаграммы для семи звезд созвездия Большая Медведица



Рис. 2.1 Видимая звездная величина семи звезд созвездия Большая Медведица



Рис. 2.2 Абсолютная звездная величина семи звезд созвездия Большая Медведица

4) С помощью редактора Paint изготовили наглядные модели созвездия Большая Медведица с учетом расстояния, видимой звездной величины и абсолютной звездной величины. (Приложение И)

Вывод:

Видимая звездная величина из-за различия в расстояниях не отражает действительные показатели яркости звезд. Для этого используют такой показатель, как абсолютная звездная величина, т.е. звездная величина, которую имела бы звезда, если ее наблюдать с расстояния в 10 парсек. Сравнивая полученные модели, можно сказать, что внешний вид созвездия Большая медведица изменится. Более яркими станут звезды Дубхе, Фегда, Бенетнаш.

Изготовленное наглядное пособие можно применять на уроках астрономии при изучении темы «Основные характеристики звезд»

Аналогично был изготовлен наглядный материал в виде карточек для сравнения видимой и звездной величин созвездий Кассиопея и Орион. (Приложение Л, М)

2.3. Изготовление модели диаграммы спектр-светимость

Практическая работа №3

Тема: Изготовление модели диаграммы спектр-светимость

Цель: построить диаграмму спектр-светимость и установить взаимосвязь между характеристиками звёзд; изготовить наглядное пособие, которое можно использовать на уроках астрономии и во внеклассных мероприятиях в качестве настольной игры.

Оборудование: персональный компьютер, принтер, бумага А-4, ножницы

Ход работы:

1) Перед выполнением практической работы ознакомились с правилами техники безопасности при работе с компьютером и при работе с ножницами.

В текстовом редакторе Word построили таблицу. По вертикали отложили светимость (в светимостях Солнца), по горизонтали – спектр (температуру); (Приложение Ж)

2) используя таблицу «спектральная классификация звёзд» (см. табл. 1.1), построили на диаграмме вертикальные цветные полосы, соответствующие цвету звёзд.

3) нанесли на диаграмму точку, соответствующую расположению Солнца, и направление Главной последовательности;

4) отметили на диаграмме области, где расположены: Главная последовательность, гиганты, белые карлики, сверхгиганты.

5) изготовили фишки для нанесения расположения звезд на диаграмме. Фишки могут быть нескольких видов (цветные, белые, с названиями и без) в зависимости от типа задания. (Приложение Е)

Таблица 2.2.

Смета для изготовления наглядного пособия «Диаграмма «Спектр-светимость»»

	количество	цена	стоимость
Лист бумаги А-4	2	0,70	1,40
Лист картона А-4	1	7,50	7,50
Цветная распечатка	2	5,00	10,00
Итого			18,90

Задание для выполнения практической работы по астрономии.

1. Расположите фишки на диаграмме, используя характеристики, представленные в таблице. (см. табл. 2.3)

2. Ответьте на вопросы (письменно):

А) Какую зависимость между температурой звезды и её цветом вы можете установить, пользуясь построенной диаграммой?

Б) Оцените температуру и цвет звезды главной последовательности спектрального класса А. Приведите примеры таких звезд.

В) Используя, полученную диаграмму, определите тип звезды. Звезды Главной последовательности относятся к V классу светимости, класс субгигантов (IV), гигантов (III) и сверхгигантов (I и II), субкарликов (VI) и карликов (VII). Например, Солнце относится к типу GV.

Вывод:

Из подручных материалов можно изготовить модель диаграммы «Спектр-светимость», которая наглядно показывает взаимосвязь между данными характеристиками звёзд. Использование данного наглядного пособия на уроках астрономии будет способствовать более эффективному усвоению учебного материала.

Таблица 2. 3
Характеристики звезд

№ п/п	Звезда	Температура Т, К	Светимость L / L _☉
1.	Солнце	5800	1
2.	α Центавра А	5800	1,3
3.	Беллатрикс	22000	6400
4.	Барнарда	2800	0,0004
5.	Сириус А	10400	23
6.	Сириус Б	10700	0,008
7.	Процион А	6500	7,6
8.	Процион В	7400	0,0005
9.	Канопус	7400	1500
10.	Арктур	4500	90
11.	Вега	10700	60
12.	Полярная звезда	5820	1450
13.	Ригель	11800	40000
14.	Бетельгейзе	3200	17000
15.	Ахернар	14300	200
16.	Альтаир	8000	10
17.	Альдебаран	4200	90
18.	Спика	21300	1900
19.	Антарес	3400	4400
20.	Денеб	9900	40000

ВЫВОДЫ

В начале своего исследования мною были поставлены следующие задачи:

1. Изучить параметры, характеризующие свет звезд;
2. Исследовать закономерности распространения света в зависимости от расстояния;
3. Изготовить из подручных материалов модель диаграммы «Спектр-светимость» и модели нескольких созвездий для выполнения практических работ по астрономии.

В ходе исследования был изучен теоретический материал, проведена экспериментальная проверка справедливости закона обратных квадратов и изготовлены модели диаграммы «Спектр - светимость» и карточки, демонстрирующие различие в видимой и абсолютной звездных величинах, для нескольких созвездий.

Конечно, в рамках данной исследовательской работы, невозможно охватить весь материал по данной теме, поэтому я продолжаю исследование уже несколько лет. На основе изученного материала можно сделать следующие выводы:

1. Мир звезд очень разнообразен, но наблюдая с Земли, мы видим звезды в виде точечных источников света из-за огромных расстояний между нами.

2. Звёзды имеют блеск, яркость и светимость, которые отличаются друг от друга. Ученым удаётся различать эти характеристики звёзд, не смотря на то, что наблюдая с Земли, кажется, что все звезды светят одинаково и находятся на одинаковом расстоянии.

3. На основании проведенных опытов, можно сказать, что свет звезд распространяется по тем же законам, что и свет обычной электрической лампы. Следовательно, моя гипотеза подтвердилась.

4. Построенную диаграмму «Спектр - светимость» и модели созвездий можно использовать на уроках астрономии и во внеклассных мероприятиях.

Эта работа была очень увлекательной и познавательной для меня, поэтому я хочу продолжить данное исследование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чаругин, В.М. Астрономия. 10-11классы [Текст] : учеб. для общеобразоват. организаций : базовый уровень/ В.М.Чаругин. – М. : Просвещение, 2018 – 144с.
2. Звёзды и созвездия [Электронный ресурс] <https://multiurok.ru/files/interaktivnyi-urok-astronomii-11-klass-na-temu-zve.html>
3. Блеск, яркость и светимость в астрономии. В чем отличие? [Электронный ресурс] <http://skygazer.ru/blesk-yarkost-i-svetimost-v-astronomii-v-chem-otlichie/#i>
4. Что такое блеск и звездная величина светила? [Электронный ресурс] <http://skygazer.ru/chto-takoe-zvezdnaya-velichina/>
5. Звёздная величина [Электронный ресурс] <https://spacegid.com/zvezdnaya-velichina.html>
6. Освещённость [Электронный ресурс] <https://ru.wikipedia.org/wiki/Освещённость>
7. Курс «Лаборатория в кармане», А. Шперх. Эпизод 3 – Свет далекой звезды [Электронный ресурс] <https://www.youtube.com/watch?v=dMyGGQEGQ0s&list=PLXhIhLnfpajoDKqVBcqDJhn4mcDhCxF-&index=11>
8. Закон обратных квадратов [Электронный ресурс] <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1496798>
9. Спектральная классификация звезд [Электронный ресурс] <https://myvera.ru/stars/3-4a>
10. Практическая работа: ПОСТРОЕНИЕ ДИАГРАММЫ ГЕРЦШПРУНГА-РАССЕЛА И ЕЁ АНАЛИЗ [Электронный ресурс] <https://helpiks.ru/3-148538.html>

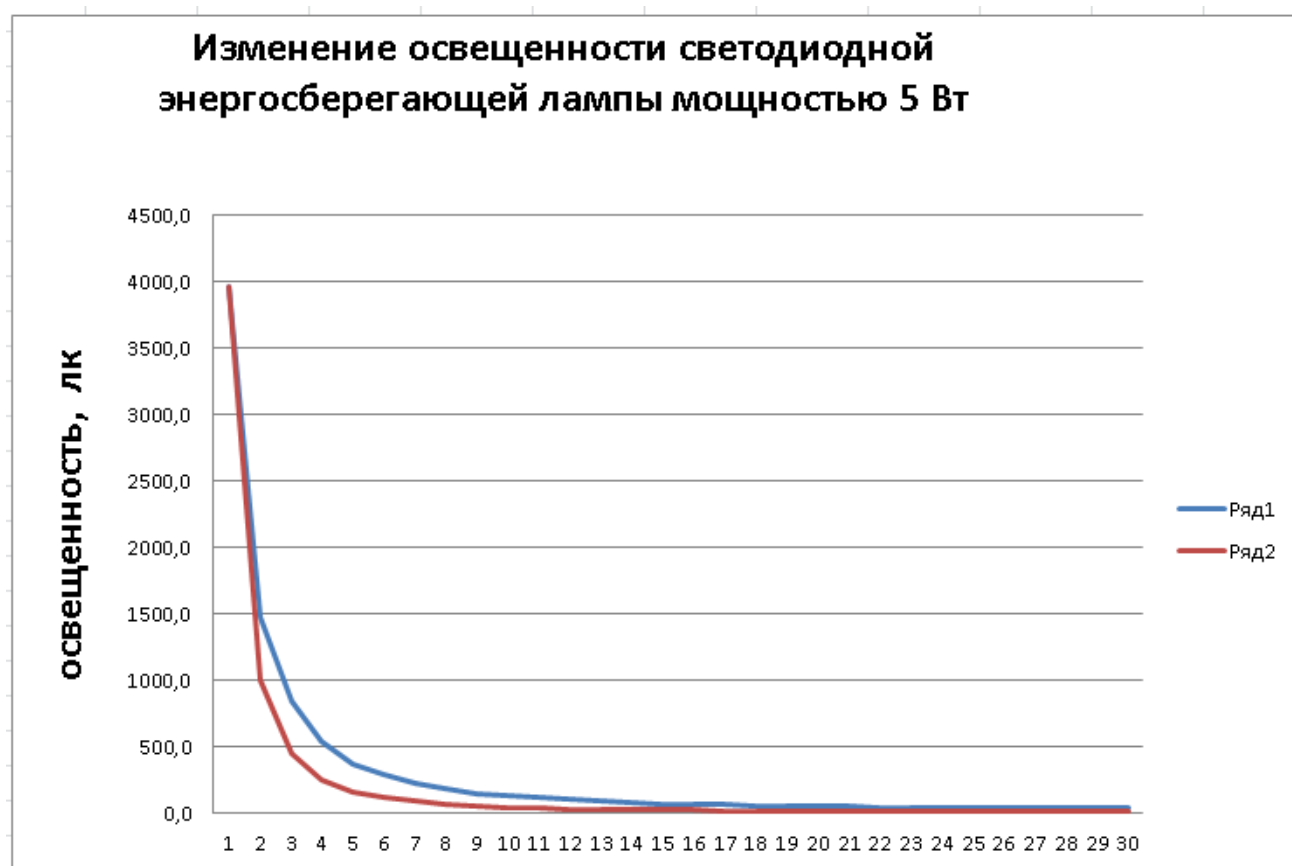
ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 1

Исследование освещенности светодиодной энергосберегающей лампы мощностью 5 Вт

Расстояние, дм	Освещенность, лк				
	Опыт 1	Опыт 2	Опыт 3	Среднее значение	Расчетное значение
1	3856,9	3930,1	4097,4	3961,8	3961,8
2	1456,2	1460,4	1511,9	1476,8	990,5
3	857,2	829,3	841,6	843,7	440,2
4	557,4	542,7	517,8	540,6	247,6
5	390,6	371	316	360,9	158,5
6	287,2	268,7	279,1	280,3	110,1
7	220,3	203,8	220,4	217,2	80,9
8	181,7	167	172,1	176,3	61,9
9	147,4	134,1	134,5	141,7	48,9
10	125,5	111,2	113,1	119,9	39,6
11	107,3	97,6	108	108,0	32,7
12	92,6	97,1	96,3	99,3	27,5
13	80,5	75,1	78,7	82,4	23,4
14	70,2	64	70	72,7	20,2
15	59,4	59,7	58,9	64,3	17,6
16	53,9	52,9	55,4	59,4	15,5
17	48,3	48,6	48,6	54,2	13,7
18	42,5	44	42,9	49,1	12,2
19	39,6	41,1	38,3	46,0	11,0
20	36,8	38,2	35	43,3	9,9
21	34,6	35,7	32,5	41,3	9,0
22	32,5	33,6	30,2	39,4	8,2
23	30,4	32,1	29	38,2	7,5
24	29,3	30,7	27,1	37,0	6,9
25	27,5	29,7	26,7	36,3	6,3
26	26,1	28,2	25,3	35,2	5,9
27	25	26,4	24,8	34,4	5,4
28	23,9	25,3	23,7	33,6	5,1
29	23,2	24,3	22,3	32,9	4,7
30	22,5	23,2	21,6	32,4	4,4

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
Диаграмма 1



Ряд 1 – среднее значение данных, полученных при проведении опытов.

Ряд 2 – расчетные данные, полученные с учетом закона обратных квадратов

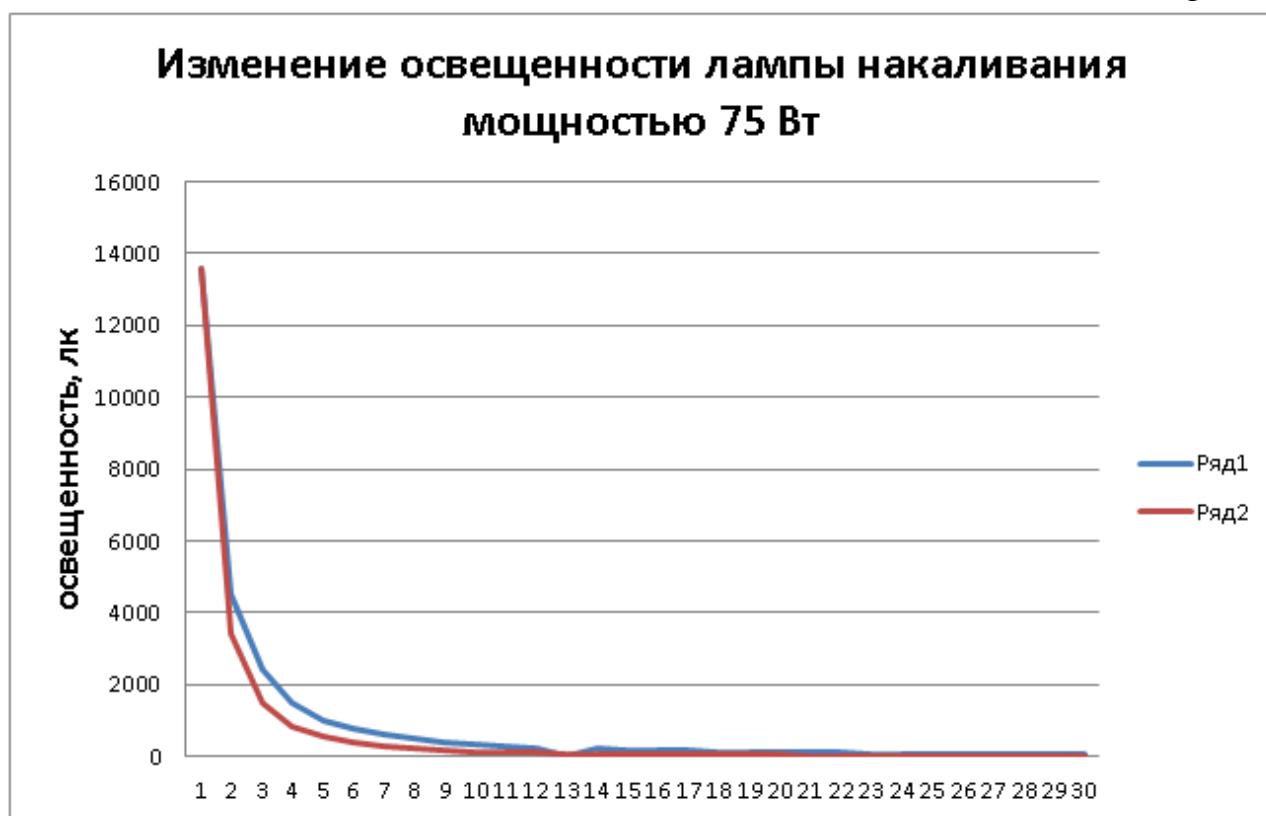
ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица 2

Исследование освещенности лампы накаливания мощностью 75 Вт

Расстояние, дм	Освещенность, лк		Расстояние, дм	Освещенность, лк	
	Опыт 4	Расчетное значение		Опыт 4	Расчетное значение
1	13578,5	13578,5	16	147,7	53,0
2	4505	3394,6	17	128,4	47,0
3	2438,6	1508,7	18	113,4	41,9
4	1505,8	848,7	19	106,2	37,6
5	996	543,1	20	93,7	33,9
6	755,6	377,2	21	89,7	30,8
7	623,9	277,1	22	80,1	28,1
8	498	212,2	23	76,2	25,7
9	389,3	167,6	24	70,8	23,6
10	308,1	135,8	25	67,9	21,7
11	265,7	112,2	26	64	20,1
12	229,6	94,3	27	57,5	18,6
13	204,3	80,3	28	53,6	17,3
14	178,2	69,3	29	49,7	16,1
15	160,3	60,3	30	47,2	15,1

Диаграмма 2



Ряд 1 – данные полученные при проведении опытов.

Ряд 2 – расчетные данные, полученные с учетом закона обратных квадратов

ПРИЛОЖЕНИЕ Г



ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица 3

Исследование освещенности светодиодной энергосберегающей лампы мощностью 15 Вт

Расстояние, дм	Освещенность, лк		Расстояние, дм	Освещенность, лк	
	Опыт 5	Расчетное значение		Опыт 5	Расчетное значение
1	16170	16170,0	16	351	63,2
2	7090	4042,5	17	315	56,0
3	4089	1796,7	18	280	49,9
4	2282	1010,6	19	273	44,8
5	2102	646,8	20	258	40,4
6	1506	449,2	21	239	36,7
7	1240	330,0	22	220	33,4
8	1169	252,7	23	207	30,6
9	978	199,6	24	191	28,1
10	822	161,7	25	173	25,9
11	700	133,6	26	161	23,9
12	537	112,3	27	150	22,2
13	476	95,7	28	139	20,6
14	433	82,5	29	126	19,2
15	385	71,9	30	120	18,0

Диаграмма 3



Ряд 1 – данные полученные при проведении опытов.

Ряд 2 – расчетные данные, полученные с учетом закона обратных квадратов

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Изготовление диаграммы «Спектр - светимость»

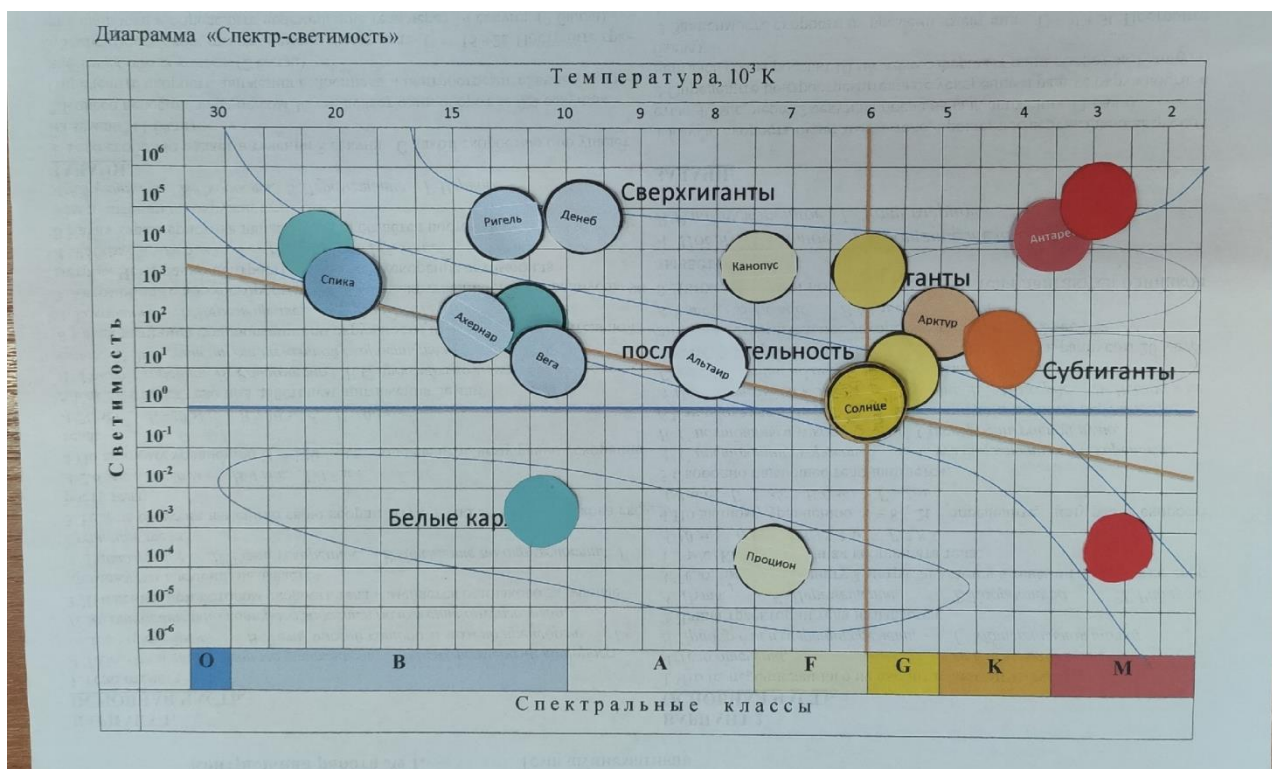
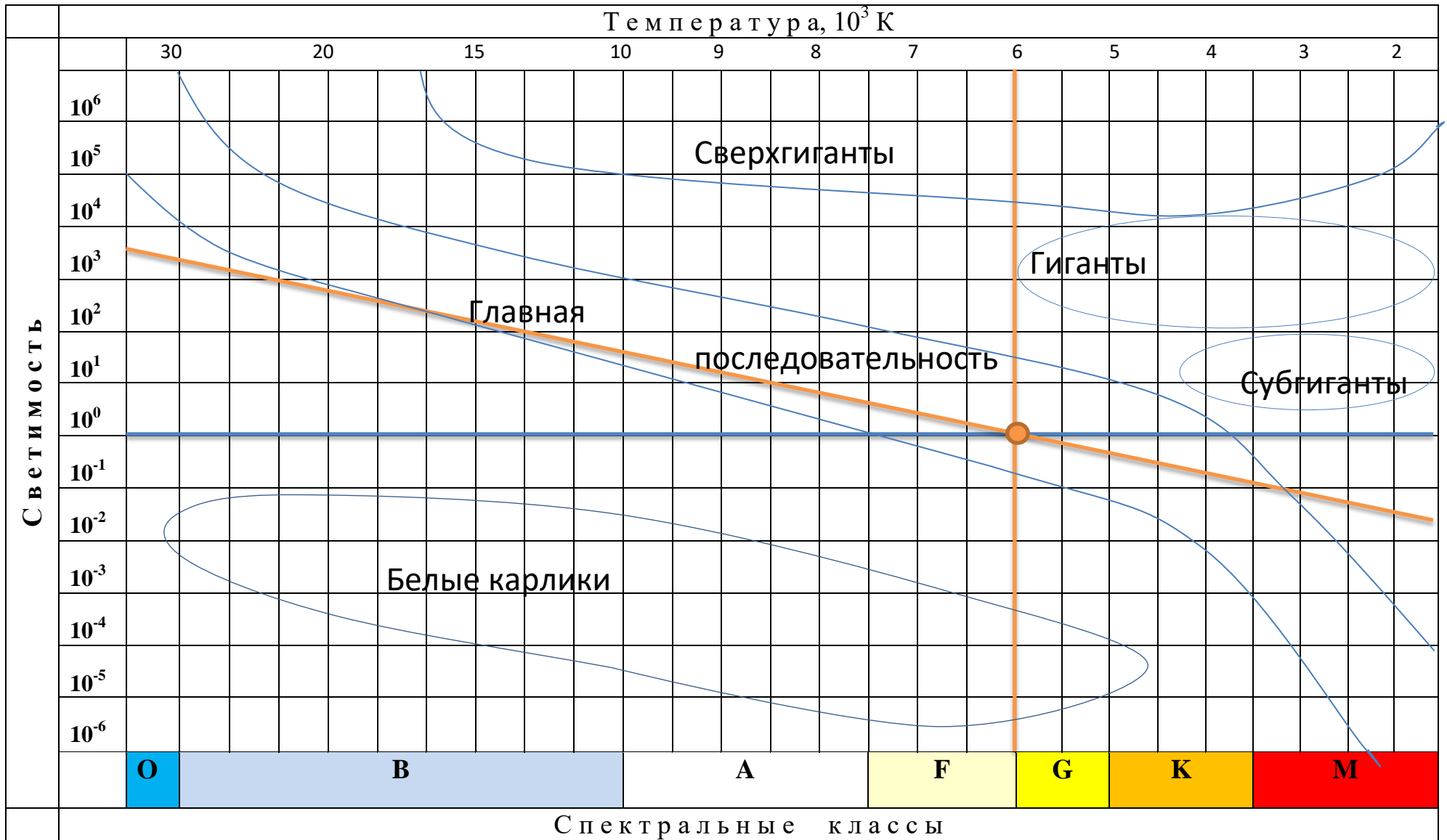


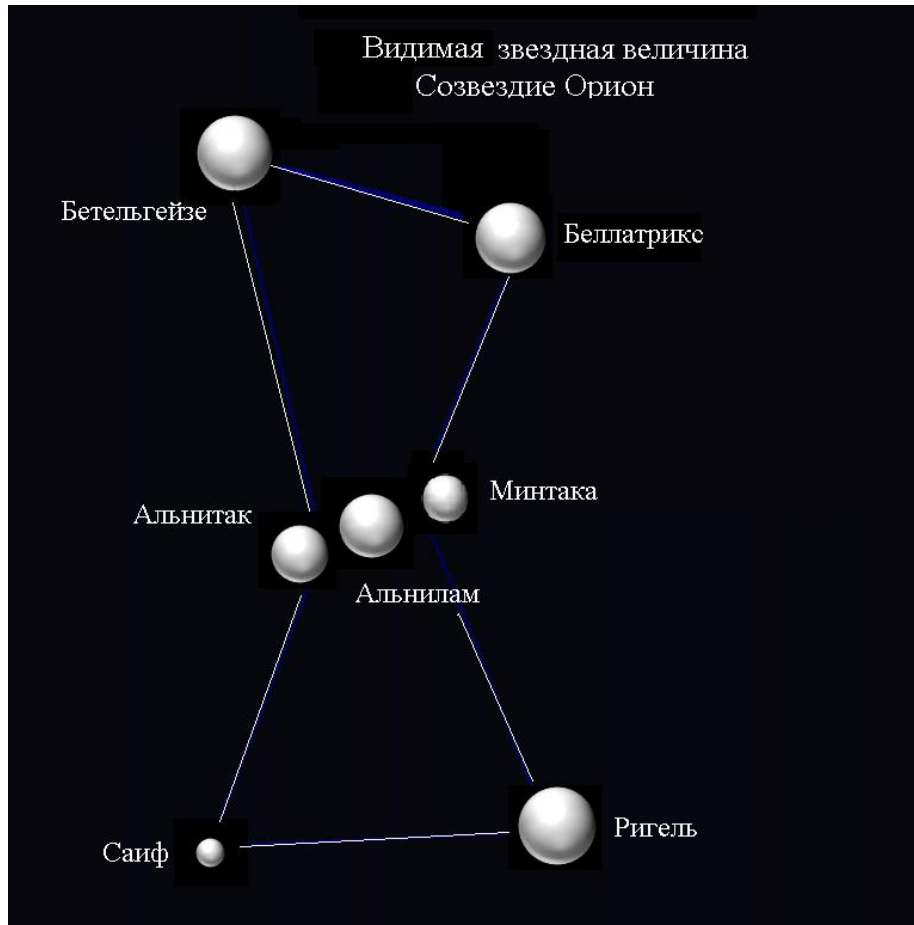
Диаграмма «Спектр-светимость»







Созвездие Кассиопея	ВИДИМАЯ звездная величина	АБСОЛЮТНАЯ звездная величина
α (Шедар)	3,37	-3,55
β (Каф)	2,24	-1,99
ε (Сегин)	2,28	1,16
δ (Рукбах)	2,15	4,22
γ (Нави)	2,66	0,24



Созвездие Орион	ВИДИМАЯ звездная величина	АБСОЛЮТНАЯ звездная величина
Бетельгейзе (α Ориона)	0,20	-5,85
Ригель (β Ориона)	0,12	-7,84
Беллатрикс(γ Ориона)	1,64	-2,8
Минтака (δ Ориона)	2,25	-4,99
<u>Альнилам</u> (ϵ Ориона)	1,69	-6,89
<u>Альнитак</u> (ζ Ориона)	1,74	-5,25
Саиф (κ Ориона)	2,75	-5,3

