

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н. Г.  
ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра физики и методико-информационных технологий

Звезды. Рождение и эволюция

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ

Студента 5 курса 533 группы

направления 44.03.01 Педагогическое образование,

профиль «Физика» физического факультета

Ялынычева Алексея Андреевича

Научный руководитель,

к. ф.-м. н., доцент \_\_\_\_\_  В.П. Вешнев

Зав. кафедрой,

д. ф.- м. наук, профессор \_\_\_\_\_  Б. Е. Железовский

Саратов, 2018 год

## ВВЕДЕНИЕ

В далеком прошлом, когда из практических навыков, накопленных в повседневной жизни и деятельности, еще не сформировалось никаких систематических знаний по физике и химии, астрономия уже была высокоразвитой наукой.

История астрономии совпадает с процессом развития человечества, начиная с самого возникновения цивилизации, и относится главным образом к тому времени, когда общество и личность, труд и обряд, наука и религия в основном еще составляли единое неразделимое целое.

На протяжении веков, люди смотрели на небо и удивлялись его тайнами. Наблюдали за восходом огромного раскаленного шара больших размеров (Солнца) который грел и освещал все вокруг, и окружающее повсюду голубое небо, с пархающими в нем белоснежными облаками разных форм и размеров. Когда Солнце уходило в закат, то забирало с собой столь выраженное тепло, яркий свет и исчезало с поля зрения, погружая все вокруг в мрак и темноту. Именно тогда приходила на смену громадных размеров ночное светило (Луна), излучающая холодный свет и небо усыпалось огромным количеством светящихся точек (Звезд) разных размеров, которые мерцали, подмигивали и завораживали наблюдателей.

Первые записи наблюдений, относятся к VIII в. до н.э. Однако известно, что еще за 3 тысячи лет до н.э. египетские жрецы подметили, что разливы Нила, регулировавшие экономическую жизнь страны, наступают вскоре после того, как появляется самая яркая из звезд, Сириус. Они заметили, что воды реки начинали подниматься тогда, когда Сириус после длительного исчезновения показывался опять на короткое время на востоке как раз перед восходом Солнца. Длительное наблюдение за совпадением этих явлений привело египтян к мысли о связи между ними, и день появления звезды был выбран днем начала Нового года. Затем уже они создали календарь, вероятно, сначала лунный (поскольку фазы Луны легко

наблюдать), а затем солнечный. Изучение и регистрация небесных явлений и связь их с календарем подразумевали употребление символов, то есть письменности.

Спустя много лет древние майя – индейский народ, живший на рубеже I тыс. до н.э. - II тыс. н.э., занимались не только счетом дней и созданием концепции времени. Они также были опытными астрономами. Как и другие народы, майя придавали особый смысл движению небесных тел. Довольно важные части храмов майя, были ориентированы таким образом, что их положение обозначало восход, кульминацию и закат тех или иных звезд. Особенно интересовали майя созвездие, которые мы сейчас называем созвездием Плеяды, а также траектория таких планет, как Меркурий, Венера, Марс и Юпитер. Они очень внимательно наблюдали за движением Солнца и Луны, а потому умели предсказывать затмения. Очень многие вычисления древних майя о времени в сутках, дней в месяце и месяцев в году совпадают с современными данными, с минимальной погрешностью.

Уже тогда многое зависело от наблюдений и знаний предшественников. Все связанное с урожаем и земледелием: когда сажать, когда поливать, какие дни будут благоприятными, когда будет непогода, вплоть до момента сбора урожая. Все данные полученные астрономами с характерными изменениями погоды привели к понятию времена года.

Вселенная представляет собой постоянно меняющийся макромир, где каждый объект пребывает в процессах трансформации и изменений.

Эти процессы длятся миллиарды лет. Первые модели строились исходя из предположения стационарности Вселенной. Звезды, которые мы сейчас наблюдаем на ночном небосклоне, были такими же и тысячи лет назад, когда их могли видеть египетские фараоны, однако на самом деле все это время ни на секунду не прекращалось изменение физических характеристик небесных светил. Звезды рождаются, живут и непременно стареют — эволюция звезд

идет своим чередом. Однако эти изменения заметны через десятки, сотни тысячелетий, а то и миллиарды лет. А человек живет всего столетие.

Для наблюдателя космос представляется миром спокойствия и безмолвия. На самом деле Вселенная является гигантской физической лабораторией, где происходят грандиозные преобразования, в ходе которых меняется химический состав, физические характеристики и строение звезд. Жизнь звезды длится до тех пор, пока она светит и отдает тепло. Однако такое блистательное состояние не вечно. За ярким рождением следует период зрелости звезды, который неизбежно заканчивается старением небесного тела и его смертью.

В течение последних нескольких веков, изучение физики, химии, математики, биологии, переросла более в точное русло, стало известно что все состоит из атомов, их строение, таблица Менделеева со всеми известными элементами, единицы измерений всего, Астрономия эволюционировала с простейшей наблюдательной и описательной науки, в более точную, понятную и углубленную во всех показателях. Вычисления расстояний, размеры и составы, влияние друг на друга и окружение, перемещение и развитие, и многое другое. Объяснение всего этого расширило и увлекло современных ученых, некоторые из них (Николай Коперник, Галилео Галилей, Иоганн Кеплер, Исаак Ньютон, Альберт Эйнштейн, Эдвин Хаббл и сотни других ученых) расширили наши знания о Вселенной, в которой мы живем. Во Вселенной сотни миллиардов галактик, в каждой из которых сотни миллиардов звезд. Общее число звезд в бескрайнем космосе невозможно себе представить. Наблюдательная астрономия расширилась и породила самостоятельную науку Астрофизику, объясняющая причины эволюции Вселенной и звезд в частности. Мы переживаем эпоху космических открытий. Каждый день спутники, телескопы, космические аппараты передают массу новых данных о

Вселенной, галактиках и небесных телах. Но наши знания все еще достаточно малы. Для нас в космосе еще слишком много неизвестного. Мы мало знаем о звездах, их строении, истории возникновения. Ученые пытаются выяснить, как появились первые звезды, отследить их развитие и гибель. Какие причины повлияли на формирование Солнечной системы и сыграли ключевую роль в нашем существовании. Это еще более глубокая наука изучения космоса - Космология, как и Астрономия с Астрофизикой, изучающая галактики и вселенные. В этом и стоит одна из главных задач Астрономии, так как она стоит у руля развития Астрофизики и Космологии, но это уже для более углубленного изучения.

Так что же происходило с изучением и преподаванием Астрономии?

Астрономию как предмет, преподавали и раньше в школах. Официально предмет стоял в программе, но в реальности преподавался не во всех школах. Главной задачей являлось формирование у школьников адекватной картины мира. (Планеты, Солнце, звезды т.д. )

Благодаря телескопу Хаббл, мы узнали о том, что галактик во Вселенной насчитывается до  $10^{12}$ , и в каждой из них  $10^{11} - 10^{12}$  звезд. Кроме того, **Астрофизика** и **Космология** является одной из самых бурно развивающихся наук на протяжении последних десятилетий, т.е. знания по астрофизике, которые взрослые получили в школе **30-40 лет** назад, существенно устарели. Теперь астрономии в школах почти совсем нет. В итоге в массе своей люди имеют довольно смутное представление о том, как устроен мир в масштабе, большем, чем орбиты планет Солнечной системы.

С тех пор многое изменилось. Прогресс не стоит на месте, современные телескопы могут заглянуть куда дальше чем их предшественники. В космосе находятся огромное количество спутников, и станций, цель которых изучение и доказательство нашего происхождения. Ученые получают куда больше информации и данных, которые успешно используют для развития **Космологии, Астрофизики** и **Астрономии** в частности.

Изменения современного развития просто обязали вновь ввести Сегодня предмет «Астрономия» но только на **базовом уровне**. В 2017 – 2018 учебном году предмет «Астрономия» вносится в учебный план среднего общего образования в перечень учебных предметов независимо от профильной направленности. Время на изучение астрономии выделяется из компонента школы в объеме **не менее 35 часов**.

Включены в федеральный перечень учебников приказом Минобрнауки России от 20 июня 2017 г. №581

1: Чаругин В. М. Астрономия 10-11 класс, Издательства «Просвещение»

2: Воронцов –Вельяминов Б.А., Страут Е. К. Астрономия. Базовый уровень 11 класс, Издательства «Дрофа»

Что же означает **Астрономия** на базовом уровне? Какая последовательность обучению **Астрономии**? **Какие задачи школьного курса Астрономии**?

Изучив оба издания, предлагаемые для изучения по Школьной программе Астрономии, поставленные задачи в курсе примерно одинаковые:

- **Наблюдения и описание движения небесных тел.**
- **Солнечная система.**
- **Звезды и источники их энергии.**
- **Современные представления об Эволюции Солнца и Звезд.**
- **Галактика.**
- **Пространственные масштабы наблюдаемой Вселенной.**
- **Применимость законов физики для объяснения природы космических объектов.**

Поэтому в своей Выпускной Дипломной Работе, хочу подробнее и точнее разобрать один из важнейших пунктов развития Школьной Астрономии как **Звезды. Рождение и Эволюция**

## Содержание Главы 1.

Глава начинается с обзора одного из рекомендуемых министерством образования РФ учебного пособия для школьников ( Чаругин В.М. *Астрономия 10-11*) , а именно раздела « Астрофизика и Звездная астрономия» выбранная для Дипломной работы « Звезды. Рождение и Эволюция».

### «Астрофизика и Звездная Астрономия»

1.1 Методы астрофизических исследований.....	
1.2 Солнце.....	
1.3 Внутреннее Строение и Источник энергии Солнца.....	
1.4 Основные характеристики звезд.....	
1.5 Внутреннее строение звезд.....	
1.6 Белые карлики, нейтронные звезды, пульсары и черные дыры.....	
1.7 Двойные, кратные и переменные звезды.....	
1.8 Новые и сверхновые звезды.....	
1.9 Эволюция звезд.....	

Далее подробно рассматривается каждый параграф учебника по отдельности. Кратко конспектируется самая важная информация, рассматриваемая в параграфах.

После последовательно изучения предоставленного материала из всех вышеперечисленных параграфов, предоставленных для обучения школьников по теме звезды, хотелось бы добавить, что для базового уровня информации о характеристиках, измерениях, составах и нахождения достаточно. Собственно эволюция звезд, их физическая закономерность перехода из одного состояния в другое, то есть **причинно-следственная**

связь излагается поверхностно, порой просто недостаточно. Но ведь эволюция звезд тесно связана с эволюцией Вселенной. На основании чего поставлена задача анализа причинно-следственных связей, происхождения, рождения и последовательной эволюции звезд, и разработки соответствующего дополнения к параграфу **Эволюции звезд**, о чем хотелось бы рассказать подробно в следующей главе.

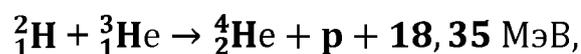
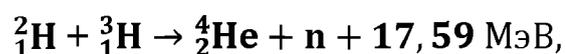
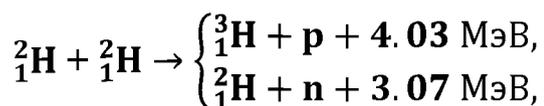
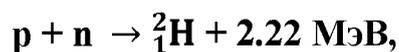
## **Содержание Главы 2.**

По всем известным на сегодняшний день данным, в нашей галактике находятся все известные нам звезды (Солнце, белые карлики, гиганты, нейтронные и т.д.), а значит что все они прошли процесс эволюции от рождения, до того состояния, в котором они прибывают сейчас.

В этой главе представлен материал, посвященный дополнению к школьному курсу Астрономии по разделу Эволюции звезд, который более подробно объясняет последовательный алгоритм эволюции звезд. Именно по этому, для точного понимания устройства Вселенной, необходимо проследить весь путь перехода состояний и развития звезд.

### **§ 2.1. Рождение звезд.**

Подробно объясняет последовательность рождения звезд с начальной стадий образования газовой туманностей, появления в ней молекул и пылинок, действующих сил сжатия, гравитации и зарождения в недрах термоядерных реакций.



Исходя из описанных процессов, можно сделать вывод, эволюция звезд представляет собой последовательную смену источников звездной энергии.

В современной астрофизике процессы трансформации звезд можно расставить в соответствии с тремя основными отрезками ее жизни: **ядерный отрезок жизни** (ядерная временная шкала)  $t_n$ , **тепловой отрезок жизни** (тепловая временная шкала)  $t_t$  и **динамический отрезок жизни** (временная шкала свободного падения)  $t_d$ .

### **§ 2.2. Звезда на пути главной последовательности.**

Формирование звезды происходит в соответствии с динамической временной шкалой. Звездный газ свободно падает внутрь к центру, увеличивая плотность и давление в недрах будущего объекта. Чем выше плотность в центре газового шара, тем больше температура внутри объекта. С этого момента основной энергией небесного тела становится тепло. Чем больше плотность и выше температура, тем больше давление в недрах будущей звезды.

### **§ 2.3. Фаза главной последовательности.**

Фаза главной последовательности является той эволюционной стадией, в течение которой энергия, освобождаемая вследствие «горения» водорода в ядре, есть единственный источник звездной энергии. В течение этой стадии звезда находится в устойчивом равновесии, и ее структура изменяется только по тому, что ее химический состав постепенно видоизменяется из-за ядерных реакций. Показывается нахождение звезд на диаграмме Герцшпунга- Рассела. Схематично показан перенос энергии у звезд различных масс, находящихся в фазе главной последовательности:

### **§ 2.4. Последующие этапы эволюции звезд.**

Путешествуя по главной последовательности, звезда с массой, примерно равной массе Солнца, имеет три основных варианта маршрута:

1. спокойно прожить свою жизнь и мирно почить в бескрайних просторах Вселенной;
2. перейти в фазу красного гиганта и медленно стареть;

3. перейти в категорию белых карликов, вспыхнуть сверхновой и превратиться в нейтронную звезду.

Причины превращения обычной звезды главной последовательности в красного гиганта за счет внутренних процессов.

### **§ 2.5. Особенности фаз гиганта.**

Главная особенность процесса заключается в том, что вырожденный газ не имеет способности расширяться. Под воздействием высокой температуры увеличивается только скорость горения гелия, что сопровождается взрывной реакцией. В такие моменты мы можем наблюдать гелиевую вспышку. Яркость объекта увеличивается в сотни раз, однако агония звезды продолжается. Происходит переход звезды в новое состояние, где все термодинамические процессы происходят в гелиевом ядре и в разряженной внешней оболочке.

В конце звезда будет состоять из последовательности слоев, отличающихся по составу. В звездах более массивных, чем  $15 M_{\odot}$  – вплоть до железа.

В конце фазы гиганта давление излучения срывает внешние слои, которые образуют планетарную туманность. Горячее ядро остается как **белый карлик**.

### **§ 2.6. Судьба белого карлика.**

Оказавшись в состоянии белого карлика, объект пребывает в крайне неустойчивом состоянии. Прекратившиеся ядерные реакции приводят к падению давления, ядро переходит в состояние коллапса. Энергия, выделяемая в данном случае, расходуется на распад железа до атомов гелия, который дальше распадается на протоны и нейтроны. Запущенный процесс развивается со стремительной скоростью. Коллапс звезды характеризует

динамический отрезок шкалы и занимает по времени долю секунды. Возгорание остатков ядерного топлива происходит взрывным образом, освобождая в доли секунды колоссальный объем энергии. Этого вполне достаточно, чтобы взорвать верхние слои объекта. **Финальной стадией белого карлика является вспышка сверхновой.**

Оставшееся сверхплотное ядро будет представлять собой скопление протонов и электронов, которые сталкиваясь друг с другом, образуют нейтроны. Вселенная пополнилась новым объектом — нейтронной звездой. Из-за высокой плотности ядро становится вырожденным, процесс коллапсирования ядра останавливается. Если бы масса звезды была достаточно большой, коллапс мог бы продолжаться до тех пор, пока остатки звездной материи не упадут окончательно в центре объекта, **образуя черную дыру.**

## **§ 2.7. Финальная часть эволюции звезд.**

Финальный этап эволюции звезд можно представить в виде последовательной цепочки двух типов:

- нормальная звезда — красный гигант — сброс внешних слоев — белый карлик;
- массивная звезда — красный сверхгигант — взрыв сверхновой — нейтронная звезда или черная дыра — небытие.

Объяснить с точки зрения науки происходящие процессы достаточно трудно. Ученые-ядерщики сходятся во мнении, что в случае с финальным этапом эволюции звезд мы имеем дело с усталостью материи. В результате длительного механического, термодинамического воздействия материя меняет свои физические свойства. Усталостью звездной материи,

истощенной длительными ядерными реакциями, можно объяснить появление вырожденного электронного газа, его последующую нейтронизацию и аннигиляцию. Если все перечисленные процессы проходят от начала до конца, звездная материя перестает быть физической субстанцией – звезда исчезает в пространстве.

### **Заключение.**

Таким образом, в результате анализа учебников, предлагаемых Министерством образования Российской Федерации в качестве использования в средних школах, высказано предложение об углублении и расширении темы Эволюции звезд.

С этой целью, на основании современных знаний был разработан дополнительный материал по Эволюции звезд, позволяющий учащимся понять причинность развития звезд Вселенной.

Эти результаты изложены во второй главе работы. Они могут быть использованы школьными учителями для углубления знаний школьников по Астрофизике как в рамках плановых уроков по Астрономии, так и на внеклассных дополнительных кружковых занятиях.

Изучение предлагаемого материала, позволит школьникам задуматься и лучше понять причинно- следственные связи, и тем самым увидеть последовательный путь Эволюции нашей Вселенной.

### **Список использованных источников:**

1. Бакулин П.И., Кононович Э.В., Мороз В.И. Курс общей астрономии. М.: Наука. 1966.
2. Аллер Л. Х. Астрофизика. ИЛ.1955
3. Аллен К.У. Астрофизические величины. М.: ИЛ. 1960.
4. Аллер Л.Х.. Атомы, звёзды и туманности. М.: Мир. 1976.
5. Макс Планк. Избранные труды. М.: Наука. 1975.

6. Струве О., Зебергс В. *Астрономия XX века*. М.: Мир. 1968.
7. К. де Ягер. *Звёзды наибольшей светимости*. М.: Мир. 1984.
8. *Ядерная астрофизика*. Под редакцией Ч. Барнса, Д. Клейна, Д. Шрамма. М.: Мир. 1986. 90
9. Шапиро С., Тьюколски С. *Черные дыры, белые карлики и нейтронные звёзды*. М.: Мир. 1985.
10. Гурзadyн Г.А. *Звездные вспышки*. М.: Наука. 1985.
11. Шкловский И. С. *Сверхновые звёзды*. М.: Наука. 1966.
12. Лозинская Т. А., *Сверхновые звёзды и звёздный ветер: Взаимодействие с газом галактики*, М.: Наука. 1986.
13. Псковский Ю. П. *Новые и сверхновые звёзды*. М.: Наука. 1983.
14. Липунов В. М. *Астрофизика нейтронных звезд*. М.: Наука. 1987.
15. *Физика космоса. Маленькая энциклопедия*. 1986
16. Рамнуэль П. Р. *Небо в рентгеновских лучах*. М.: Наука. 1984.
17. Попов С. Б. и Прохоров М. Е. *Астрофизика одиночных нейтронных звезд: радиотихие нейтронные звезды и магнитары*. (astro-ph/ 0205298).
18. Лучков Б. И., Митрофанов И. Г., Розенталь И. Л. *О природе космических гамма-всплесков//УФН. Т.166 . №7. С.743- 762.1996.*
19. Беляев Н.А, Чурюмов К.И. *Комета Галлея и её наблюдение*. М.: Наука. 1985.
20. Сурдин В. Г. и Ламзин С. А. *Протозвёзды. Где, как и из чего формируются звёзды*. Серия ПНТП. М.: Наука. 1992.
21. П. С. Лаплас. *Изложение системы мира*. Серия «Классики науки». Ленинград. Наука. 1982.
22. Альвен Х., Аррениус Г. *Эволюция Солнечной системы*. М.: «Мир». 1979.
23. Turner M. S. and Tyson J. A. *COSMOLOGY AT THE MILLENNIUM//arXiv:astro-ph/9901113 1999.*
24. Filippenko A.V, and Riess A.G. *RESULTS FROM THE HIGHZ SUPERNOVA SEARCH TEAM/ astro-ph/9807008 v1 1 Jul 1998.*
25. Засов А.В. и Постнов К. А. *Общая астрофизика*. 2006.

26. WarWays – Эволюция звезд [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<https://warways.ru/kosmos/ehvolyuciya-zvezd.html>

27. Live Journal – Звёзды [Электронный ресурс]. Режим доступа:

<https://nurniazov.livejournal.com/144497.html>

28. Astrophysics – Курс лекций по астрофизики [Электронный ресурс]. Режим

доступа: [http://www.astro.tsu.ru/astrophysics/lecture\\_7.pdf](http://www.astro.tsu.ru/astrophysics/lecture_7.pdf)

Prof. Lyubkovskiy A.A.

19.06.18.