

Урок «Вещество в сверхплотном состоянии» 11 класс, элективный курс «Астрономия»

Задачи урока:

- Актуализировать знания, полученные в курсе физики;
- Заложить основы для более глубокого изучения темы «строение вещества» в курсе физики;
- Продолжить формирования навыков решения нестандартных физических задач;

Черная дыра—это экзотика нашего мира. Рядовой школьник на вопрос «Что это такое?» вероятнее всего ответит, что «это такое место в космосе, куда засасываются космические корабли». Который год мои одиннадцатиклассники отвечают мне неизменно так. И, конечно же, детям всегда интересно узнать правду о таких фантастических объектах. Поэтому, в заголовок урока мы вынесем

Черные дыры.

На последнем уроке мы говорили о этапах эволюции звезд и, более подробно о дальнейшей эволюции Солнца. Вспомним об этом с помощью учебного фильма.

Демонстрация фрагмента фильма «Эволюция Солнца» (1,5 мин). Заканчивается словами: «Что же происходит со звездами, масса которых больше 1,4 массы Солнца?»

Итак, сегодня мы более подробно обсудим, что произойдет на заключительных этапах эволюции с массивными звездами.

Мы много раз произносим слова «черная дыра». Что же значит это понятие? Ответы детей...

Итак, прежде всего определение: **Черной дырой называют объект, гравитационное поле которого такое, что вторая космическая скорость на его поверхности больше, либо равна скорости света.**

Очевидно, что бы говорить о физических параметрах черной дыры, необходимо отталкиваться от определения, а для этого вспомним формулу второй космической скорости:

$$V_{II} = \sqrt{2Rg} \quad (1)$$

где R—радиус дыры, g—ускорение на ее поверхности.

Ускорение свободного падения на поверхности космического объекта зависит от его массы и радиуса:

$$g = \frac{GM}{R^2} \quad (2)$$

Теперь подставим в (1) и приравняем полученное согласно определению скорости света:

$$V_{II} = \sqrt{\frac{2GM}{R}} = c \quad (3)$$



Анализируя формулу, увидим, что для того чтобы звезда стала черной дырой необходимо значительно увеличить ее массу или же уменьшить диаметр. Черная дыра—один из заключительных этапов эволюции звезд, причем массивных. Очевидно, что какие бы процессы ни происходили со звездой, ее масса возрасти уже не может (за исключением случаев слияния нескольких звезд). Для одиночной звезды возможен только один путь—значительное уменьшение ее радиуса. Этот процесс называется **гравитационным коллапсом**.

Выясним, каким же должен стать радиус звезды:

$$R = \frac{2GM}{c^2} \quad (4)$$

Эта величина традиционно называется **гравитационным радиусом** звезды.

Попробуем рассчитать значение гравитационного радиуса для Солнца. (должно получится около 3 км). В настоящее время радиус Солнца 690 000 км. Необходимо сжать его до 3 км—меньше Земли! Что же произойдет с веществом звезды при таком сжатии?

Ответы детей...

Выясним, что будет, рассчитав плотность вещества.

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3} = 1,76 \cdot 10^{19} \text{ кг/м}^3$$



Мы даже и не знаем вещества с такой фантастической плотностью!

Открывает заготовленная заранее информация

Плотность ядра атома $2,8 \cdot 10^{17} \text{ кг/м}^3$.

Мы получили, что вещество внутри звезды более плотно, чем атомные ядра! Вспомним размеры ядра:

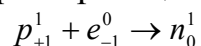
Размер ядра 10^{-15} — 10^{-14} м

Размер атома 10^{-10} м.

Изобразим схематично атом водорода в виде планетарной модели. Если на доске поставить меловую точку размером 1 мм—она будет обозначать ядро атома, то электрон надо будет при соблюдении масштаба изобразить на расстоянии 10-15 м и уйти для этого в коридор!

В обычном состоянии атом «пустой». Вот эти резервы пространства и уничтожаются при сжатии вещества. Под действием гравитации атомы разрушаются и располагаются очень плотно ядра и электроны.

Сила внешнего давления такова, что она спрессовывает ядра и электроны, преодолевая кулоновское взаимодействие. Вспомним, что ядро атома водорода—это просто протон. При таких близких расстояниях частицы взаимодействуют и протекает ядерная реакция:



Все протоны и электроны превращаются в нейтроны—частицы, которые уже не будут отталкиваться, они электрически нейтральны. Такие частицы можно упаковать очень плотно. (*обязательное обсуждение вопроса, почему эта реакция не происходит в обычных условиях*)

Но тогда уже и нельзя говорить об отдельных атомах, так как в этом случае они уже перестают существовать—это вырожденное вещество, вещество нейтронной звезды.

Подведем итоги, что мы узнали нового о нейтронных звездах и черных дырах. *Ответы детей...*

Вывод: Внутри черных дыр и пульсаров вещество вырождено и существует в иных от обычного состояния формах.

В заключение выпишем в таблицу информацию о классификации звездных остатков:

	Белые карлики	Нейтронные звезды	Черные дыры
Начальная масса	$<1,46 M_{\text{солнца}}$	$<2 M_{\text{солнца}}$	$>2 M_{\text{солнца}}$
Характерная плотность вещества	$<2 \cdot 10^{17} \text{ кг/м}^3$	$10^{17} \text{—} 10^{18} \text{ кг/м}^3$	$>10^{18} \text{ кг/м}^3$

Мы заканчиваем разговор о звездах, их свойствах и эволюции. Очень многие вопросы мы рассмотрели кратко или не коснулись совсем. Например: Почему нейтронные звезды называются еще и пульсарами? Обнаружены ли черные дыры? Что такое переменные звезды? А сверхновые звезды? Домашним заданием будет: подготовить сообщение-презентацию о экзотических объектах среди звезд. На следующем уроке будет проходить конференция докладов.

Методические рекомендации учителю:

Предлагаемый сценарий урока рассчитан на активное использование исследовательских форм деятельности учащихся, а также командной формы организации работы на уроке. Текст задает содержательную канву урока, оставляя место для импровизации с учетом уровня подготовки детей, их учебной активности.



Урок предполагает актуализацию знаний, полученных в курсе физики 7-9 класса напоминая понятия: плотность вещества, условие покидания спутником поля тяготения планеты (звезды) и выражение для расчета второй космической скорости, которая является условием этого, понятие ускорения свободного падения расширяется на более широкий класс объектов взамен привычного соотношения для одной только Земли, Сопоставление второй космической скорости со скоростью света заставляет углубить понимание физического смысла этого понятия, которое одновременно изучается на уроках физики 11 класса. Безусловно, этот этап урока требует от учителя дискуссии и обсуждения подобного применения известных формул.



Выведенное детьми соотношение для гравитационного радиуса требует анализа, который показывает, что величина зависит от

констант—скорости света и гравитационной постоянной, которые в пределах изученной Вселенной одинаковы для всех ее точек и являются фундаментальными постоянными, определяющими ее свойства. Единственным переменным параметром является масса звезды, которая и будет целиком определять гравитационный радиус. Дальнейшие самостоятельные расчеты у детей неизменно вызывают удивление, так как получаемый результат совершенно противоречит обыденным представлениям о веществе и природе окружающего мира. Переход к обсуждению ключевой темы урока «характеристики вещества в сверхплотном состоянии» неизменно происходит естественным образом, без навязывания такой темы учителем, в силу детского любопытства.



На этом этапе происходит актуализация знаний из физики и химии о строении атома. Более того, этот сюжет оказывается согласованным с курсом физики 11 класса, как правило, урок астрономии опережает на 1-2 урока изучение темы «строение атома—опыты Резерфорда» в параллельном курсе физики. Расчет масштабной модели атома также надо предложить сделать детям самостоятельно, так как полученный результат также неизменно вызывает изумление.

В качестве опережения даются понятия ядерной реакции и взаимодействий частиц, которое рассматривалось ранее в 9 классе на уроках физики и будет чуть позже развиваться и углубляться на уроках физики 11 класса.

Выводы урока позволяют дать естественную классификацию звездных остатков, на основе знаний о строении вещества. Таким образом, красивые названия, известные детям по популярной литературе получают физические основания.