

Учреждение образования
«Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина»

АСТРОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В БрГУ ИМЕНИ А. С. ПУШКИНА

Сборник материалов
факультетского научно-практического семинара

Брест, 12 апреля 2022 года

Брест
БрГУ имени А. С. Пушкина
2022

УДК 372.85+52+536+537.6+539+737
ББК 22.2+22.6
А 91

Под общей редакцией
кандидата физико-математических наук, доцента **А. И. Серого**

Рецензенты:
кандидат физико-математических наук, доцент **Н. Н. Сендер**
кандидат физико-математических наук, доцент **Д. В. Грицук**

А 91 **Астрофизические** исследования в БрГУ имени А. С. Пушкина :
сб. материалов фак. науч.-практ. семинара, Брест, 12 апр. 2022 г. /
Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. А. И. Серого. –
Брест : БрГУ, 2022. – 39 с.
ISBN 978-985-22-0463-7.

В сборник включены материалы, отражающие результаты научных и научно-методических исследований в области астрофизики, а также преподавания астрономии и астрофизики.

Материалы могут быть использованы научными работниками, аспирантами, преподавателями, магистрантами и студентами высших и средних учебных заведений.

УДК 372.85+52+536+537.6+539+737
ББК 22.2+22.6

ISBN 978-985-22-0463-7

© УО «Брестский государственный
университет имени А. С. Пушкина», 2022

УДК 537.6+539.171

**И. А. ВОЛОШИК, М. В. ЖУЧИК, Д. А. МОТУЗКО,
А. Ю. СТАРОВОЙТОВ, А. И. СЕРЫЙ**

О РАЗНОВИДНОСТЯХ ЗАДАЧ ДЛЯ СИСТЕМ ПРОТОНОВ И НЕЙТРОНОВ В ФИЗИКЕ И АСТРОФИЗИКЕ

Исследование систем протонов и нейтронов продолжается уже не одно десятилетие, в связи с чем представляется интересной классификация некоторых известных задач, связанных с указанными объектами исследования. Соответствующие примеры приведены в таблице.

Таблица – Разновидности задач для систем протонов и нейтронов

	Протон и нейтрон	Множество протонов и нейтронов
Обязательно ли наличие электронов	Нет, поскольку удалить электрон из исходной электрически нейтральной системы на практике довольно легко	Да (т. е. это электронно-протонно-нейтронное вещество; достичь заметного отклонения от электрической нейтральности путем удаления электронов затруднительно)
Примеры без магнитного поля (МП)	Фазы и сечения рассеяния при различных энергиях [1, с. 13–24, 31–67], свойства дейтрона [1, с. 9–13]	Свойства электронно-протонно-нейтронного вещества при различных температурах без МП
Примеры с МП	Возможность образования связанного синглетного состояния в МП [2, с. 268–273]	Свойства замагниченного электронно-протонно-нейтронного вещества при различных температурах [3, с. 167–186]

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ситенко, А. Г. Лекции по теории ядра / А. Г. Ситенко, В. К. Тартаковский. – М. : Атомиздат, 1972. – 351 с.
2. Серый, А. И. О синглетном состоянии системы «нейтрон-протон» с параболическим потенциалом в магнитном поле / А. И. Серый // Сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та виробництва: міжгалузеві диспути : матеріали XIII міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., Київ, 26 лют. 2021 р. – Київ, 2021. – С. 322–331.
3. Секержицкий, В. С. Равновесные системы фермионов и бозонов в магнитных полях : монография / В. С. Секержицкий ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : Изд-во БрГУ, 2008. – 198 с.

УДК 372.852+52+737

А. В. ДЕМИДЧИК

АСТРОНОМИЯ И НУМИЗМАТИКА

Бесспорен тот факт, что при чтении лекции по любой учебной дисциплине, относящейся как к естественно-научному, так и гуманитарному профилю, в качестве иллюстрации пройденного материала, его дополнения интересным будет использование общедоступных, простых, занимательных, позволяющих на некоторое время сделать паузу во время занятий примеров, относящихся к области хобби, увлечений. К их числу можно отнести бонистику (коллекционирование бумажных денежных знаков), филателию (коллекционирование почтовых марок), нумизматику (коллекционирование монет), фалеристику (коллекционирование значков, медалей, орденов, знаков) и т. п. В настоящей работе речь пойдет о коллекционировании монет, точнее о том, как изображения на некоторых монетах связаны с астрономией.

Люди, населявшие около двух тысяч лет назад долину Нила, обратили внимание, что Солнце влияет на продуктивность возделываемой почвы. Так возникла необходимость изучить движение животворного светила (чтобы установить последовательность и продолжительность сезонов и месяцев в году), а вместе с ней научный интерес к небу из-за хозяйственных нужд человека. В 146 г. в честь 60-летия императора Антонина Пия Александрия выпустила серию специальных медных монет с зодиакальными изображениями (помесячный астрологический гороскоп).

Национальный банк Республики Беларусь выпустил в 2013 г. комплект серебряных монет серии «Знаки зодиака. 2013» (рисунок 1, Овен). В последующие годы вновь были выпущены медно-никелевые и серебряные монеты на тему «Зодиакальный гороскоп и знаки зодиака»: в 2014 г. – Телец, Водолей, Овен (рисунок 2), Близнецы, Козерог, Рыбы, в 2015 г. – Весы, Стрелец, Дева, Скорпион, Рак, Лев.

С 2012-го по 2021 г. выпускались серебряные монеты серии «Китайский календарь»: Год Змеи (2012), Год Лошади (2013), Год Овцы (2014, рисунок 3), Год Обезьяны (2015), Год Петуха (2016), Год Собаки (2017), Год Свиньи (2018), Год Крысы (2019), Год Быка (2020) и Год Тигра (2021).

В 2012 г. в Беларуси вышел комплект серебряных монет серии «Солнечная система»: Солнце (рисунок 4), Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун.

Уделено внимание на монетах первому полету человека в космос. В 1981 г. Чехословакия выпустила 100 крон из серебра серии «Человек

в космосе. 1961–1981». В 1989 г. Маршалловы Острова выпустили серебряную монету в 50 долларов серии «Первый человек в космосе – 1961». Банк СССР в 1991 г. выпустил 3 рубля из серебра серии «30 лет первого полета человека в космос». Банк России в 2001 г. – 3 рубля и 100 рублей из серебра серии «40-летие первого полета человека в космос», а также 2 рубля (рисунок 5) и 10 рублей (рисунок 6) из медно-никелевого сплава этой же серии с изображением Юрия Алексеевича Гагарина. В 2021 г. появились 10 рублей и 25 рублей России серии «60-летие первого полета человека в космос». В 1983 г. СССР выпустил медно-никелевую монету достоинством 3 рубля серии «16–19.VI.1963» с изображением первой женщины-космонавта Валентины Владимировны Терешковой, совершившей полет в космос на корабле «Восток-6».

Существуют монеты с изображением календаря. Так, в 2004 г. Замбия выпустила серебряную монету с календарем на 2003 г.!? В том же году в Конго появилась на свет серебряная монета 10 франков, выполняющая при необходимости роль солнечных часов, а также монета того же достоинства, но изготовленная в виде календаря на 50 лет.



Рисунок 1



Рисунок 2



Рисунок 3



Рисунок 4



Рисунок 5



Рисунок 6

УДК 537.6+539.171

**М. В. ЖУЧИК, А. В. ЛАВРЕНТИКОВ, А. А. СВИРЕПА,
А. И. СЕРЫЙ****О РАЗНОВИДНОСТЯХ ЗАДАЧ ДЛЯ СИСТЕМ ПРОТОНОВ
В ФИЗИКЕ И АСТРОФИЗИКЕ**

Теоретическое и экспериментальное исследование систем протонов осуществляется уже не одно десятилетие, в связи с чем представляет интерес классификация некоторых известных задач, связанных с данным направлением. Соответствующие примеры приведены в таблице.

Таблица – Разновидности задач для систем протонов

	Два протона	Множество протонов
Обязательно ли наличие электронов	Нет, поскольку удалить два электрона из исходной электрически нейтральной системы на практике довольно легко	Да (т. е. это водород; достичь заметного отклонения от электрической нейтральности путем удаления электронов затруднительно)
Примеры без магнитного поля (МП)	Фазы и сечения рассеяния при различных энергиях [1, с. 25–31, 61]	Свойства твердого и газообразного водорода при различных температурах без МП; порог нейтронизации водорода без МП
Примеры с МП	Возможность образования связанного синглетного состояния в МП [2, с. 268–273]	Свойства твердого и газообразного замагниченного водорода при различных температурах [3, с. 74–96]

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ситенко, А. Г. Лекции по теории ядра / А. Г. Ситенко, В. К. Тартаковский. – М. : Атомиздат, 1972. – 351 с.
2. Серый, А. И. О синглетном состоянии системы двух протонов в магнитном поле / А. И. Серый // Сучасні виклики і актуальні проблеми науки, освіти та виробництва: міжгалузеві диспути : матеріали XIV міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., Київ, 26 берез. 2021 р. – Київ, 2021. – С. 268–273.
3. Секержицкий, В. С. Равновесные системы фермионов и бозонов в магнитных полях : монография / В. С. Секержицкий ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : Изд-во БрГУ, 2008. – 198 с.

УДК 372.852+52

П. Б. КАЦ

О НЕКОТОРЫХ НЕДОРАЗУМЕНИЯХ, СВЯЗАННЫХ С ПОНЯТИЕМ ЯРКОСТИ И СВЕТИМОСТИ В АСТРОНОМИИ

Бывают ситуации, когда какой-то термин в строгом смысле и при популярном изложении может иметь различные значения. Это может привести к недоразумениям и недопониманию при общении.

Недавно мне довелось беседовать в интернете с человеком, имеющим астрономическое образование. Дискуссия возникла по поводу квазара J043947.08 + 163415.7. В сети встречается информация, что его яркость в 600 триллионов раз больше яркости Солнца! На это я выдвинул возражение, что речь идет о мощности излучения квазара, а не о яркости в физическом смысле. Надо отметить, что само понятие «светимость» различается в физике и в астрономии. Если в физике светимость относится к единице площади объекта, то в астрономии – ко всему объекту. Однако яркость и в оптике, и в астрономии определяется одинаково (см., например, [1, с. 195]).

Об объектах с большей звездной величиной обычно говорят как о более ярких. Отсюда и возникает недоразумение. Рассмотрим определение:

Звездная величина – безразмерная физическая величина, характеризующая освещенность, создаваемую небесным объектом вблизи наблюдателя. Субъективно ее значение воспринимается как блеск (у точечных источников) или яркость (у протяженных) [2].

В разнице между точечными и протяженными источниками и состоит, по-видимому, источник недоразумения. Объяснение можно найти в [3, с. 173]: *визуальные наблюдения точечных объектов, т. е. объектов, не разрешимых глазом, фактически дают представление об освещенности от объекта. Происходит это потому, что получающиеся на сетчатке глаза изображения звезд имеют один и тот же размер, соответствующий разрешению глаза. Для протяженных объектов дело обстоит иначе.*

Из курса оптики известно, что освещенность сетчатки от протяженного объекта пропорциональна яркости поверхности объекта. Поэтому о яркости объекта мы судим по освещенности сетчатки. Для точечных же объектов освещенность на сетчатке определяется освещенностью зрачка у поверхности Земли, т. е. звездной величиной. Таким образом, звезды, создающие большую освещенность, мы субъективно воспринимаем как более яркие. Если же речь идет про абсолютную звездную величину, то она определяется именно светимостью, которая определяется в свою

очередь яркостью и площадью поверхности тела. Тут еще играют роль особенности языка. Нельзя сказать «объект во сколько-то раз светимее другого», но можно сказать, что он во сколько-то раз ярче. Хотя физически это будет обозначать именно отношение светимостей.

Рассмотрим примеры задач, позволяющие лучше уяснить разницу между яркостью и светимостью:

Задача 1. Мощность излучения (для астрономов – светимость) Солнца $3,83 \cdot 10^{26}$ Вт. Мощность излучения (светимость) самого мощного квазара $2,66 \cdot 10^{41}$ Вт. Расстояние до квазара 12,5 млрд световых лет.

Определите, во сколько раз отличаются лучистые потоки (светимости – для задач по астрономии) квазара и Солнца. (Ответ: $6,95 \cdot 10^{14}$)

Определите, во сколько раз отличаются яркости поверхностей квазара и Солнца. Считайте, что диаметр квазара 100 астрономических единиц. (Ответ: $6 \cdot 10^6$)

Определите, во сколько раз отличаются энергетические освещенности, создаваемые Солнцем (E_C) и квазаром ($E_{кв}$) на площадке, перпендикулярной направлению падения лучей от этих объектов на уровне Земли. (Ответ: $E_{кв}/E_C = 1,111 \cdot 10^{-21}$)

Найдите видимую звездную величину квазара, если видимая звездная величина Солнца $-26,8^m$. (Ответ: $25,6^m$)

Найдите абсолютную звездную величину квазара, если абсолютная звездная величина Солнца $+4,7^m$. (Ответ: $-32,4^m$)

Для того чтобы показать, что яркости и светимости – это не одно и то же, полезно рассмотреть такую задачу:

Задача 2. Найдите, во сколько раз различается яркость и мощность излучения (светимость для задач по астрономии) Альдебарана и Солнца? Считайте, что эти звезды излучают, как абсолютно черное тело с температурой соответственно 3934 К и 5772 К. Радиус Альдебарана в 45,1 раза больше радиуса Солнца. (Ответ: яркость Альдебарана в 4,63 раза меньше, чем у Солнца, а мощность излучения (светимость) в 439 раз больше.)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курс общей астрономии / П. И. Бакулин [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Наука, 1977. – 544 с.
2. Звездная величина [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.astronet.ru/db/msg/1174337>. – Дата доступа: 11.04.2022.
3. Кононович, Э. В. Общий курс астрономии : учеб. пособие / Э. В. Кононович, В. И. Мороз ; под ред. В. В. Иванова. – Изд. 2-е, испр. – М. : Эдиториал УРСС, 2004. – 544 с.

УДК 537.6+539.1

А. А. СВИРЕПА, А. И. СЕРЫЙ

К ВОПРОСУ ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ФАЗЫ ТВЕРДОГО ТЕЛА В СВЕРХПЛОТНОМ ЭЛЕКТРОННО-ЯДЕРНОМ ВЕЩЕСТВЕ

В исследованиях сверхплотного вещества важное место занимает вопрос о критерии устойчивости фазы твердого тела, в том числе при наличии внешнего магнитного поля (МП). Представляется интересным сопоставить такие критерии для холодного и горячего вещества. Ниже это сделано в виде таблицы, при составлении которой были использованы сведения из [1, с. 106]. При этом использованы следующие обозначения: ρ – плотность, A – массовое число, Z – зарядовое число, T – абсолютная температура, $u = \omega_B / \omega_0$, ω_0 – частота нулевых колебаний ядра в ячейке кристаллической решетки, ω_B – гиромагнитная частота при наличии внешнего МП. Таблица может быть использована как в процессе преподавания астрономии и физики атомного ядра, так и в научных исследованиях для более четкого выбора направления исследований и для составления сравнительных таблиц по другим вопросам данной тематики.

Таблица – Устойчивость фазы твердого тела для холодного и горячего электронно-нуклонного вещества

	Холодное вещество	Горячее вещество
Критерий устойчивости фазы твердого тела без МП	$\rho^{1/6} \leq 1,68ZA^{2/3}$, или $\rho \leq 21,4Z^6A^4$ (г/см ³)	$\rho^{1/3} \geq 2,65 \cdot 10^{-4}TZ^{-2}A^{1/3}$, или $\rho \geq 1,86 \cdot 10^{-11}T^3Z^{-6}A$ (г/см ³)
То же с МП	$\rho^{1/6} \leq 0,1 \frac{50,5ZA^{2/3}}{2\sqrt{1+u^2}+1}$, или $\rho \leq \frac{1,56 \cdot 10^4 Z^6 A^4}{(2\sqrt{1+u^2}+1)^6}$ (г/см ³)	$\rho^{1/3} \geq 2,65 \cdot 10^{-4}TZ^{-2}A^{1/3}$, или $\rho \geq 1,86 \cdot 10^{-11}T^3Z^{-6}A$ (г/см ³), отсутствует зависимость от параметра u
Т. е. критерии при наличии МП и в его отсутствие	различаются (совпадение при $u = 0$, что соответствует исчезновению магнитного поля)	совпадают

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Секержицкий, В. С. Равновесные системы фермионов и бозонов в магнитных полях : монография / В. С. Секержицкий ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : Изд-во БрГУ, 2008. – 198 с.

УДК 539

А. А. СВИРЕПА, А. И. СЕРЫЙ**ОБ ОСНОВНЫХ МОДЕЛЯХ СВЕРХПЛОТНОГО
ЭЛЕКТРОННО-ЯДЕРНОГО ВЕЩЕСТВА**

Поскольку экспериментальное исследование сверхплотного вещества на сегодняшний день невозможно, используются различные модели теоретического описания и математического моделирования такого вещества. Представляется интересным сопоставить некоторые из таких моделей. В качестве примеров рассмотрены модели А. А. Абрикосова и Д. А. Киржниц, сравнительная характеристика которых дана ниже в таблице, составленной на основе [1, с. 1797–1805; 2, с. 503–508].

Таблица – Сравнение двух моделей сверхплотного вещества

Характеристика модели	Модель	
	Квантово-механическая	Оценочная
Автор	А. А. Абрикосов	Д. А. Киржниц
Год	1960	1960
Математическая строгость	Одна из наиболее строгих	Довольно приближенная
Математическая сложность	Довольно громоздкая	Более простая
Применимость для астрофизических оценок	В силу математической громоздкости ее применение для астрофизических оценок затруднительно и нецелесообразно	Не позволяет проводить более-менее точные квантово-механические расчеты, но дает возможность на основе грубых оценок получать некоторые качественные зависимости, имеющие важные астрофизические приложения

Предложенная таблица может быть использована как в процессе преподавания астрономии и физики атомного ядра, так и в научных исследованиях для более четкого выбора направления исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрикосов, А. А. Некоторые свойства сильно сжатого вещества / А. А. Абрикосов // Журн. эксперим. и теорет. физики. – 1960. – Т. 39, № 6 (12). – С. 1797–1805.
2. Киржниц, Д. А. О внутреннем строении сверхплотных звезд / Д. А. Киржниц // Журн. эксперим. и теорет. физики. – 1960. – Т. 38, № 2. – С. 503–508.

УДК 539

А. А. СВИРЕПА, А. И. СЕРЫЙ**ОБ ОСНОВНЫХ ТИПАХ РЕАКЦИЙ В СВЕРХПЛОТНОМ ВЕЩЕСТВЕ**

Теоретическое исследование реакций, происходящих в сверхплотном веществе, осуществляется уже не одно десятилетие, в связи с чем представляет интерес систематизация некоторых основных сведений. Для этих целей составлены (на основе [1, с. 67–73, 81]) таблицы 1, 2.

Таблица 1 – Сравнение двух основных типов реакций

Типы реакций	Синтеза	Обмен нейтронами
Для каких ядер характерны	Для легких	Для средних и тяжелых
Что происходит при туннельном эффекте	Столкновения ядер (благодаря преодолению кулоновского барьера)	Переход нейтронов из одних ядер в другие

Таблица 2 – Основные типы превращений в устойчивых состояниях вещества

Состояние вещества	Относительно устойчивое	Абсолютно устойчивое
Как достигается	За счет бета-процессов в сильно сжатом веществе	За счет пикноядерных реакций в относительно устойчивом веществе
Возможны ли бета-превращения	Нет	Нет
Возможны ли пикноядерные реакции	Да (синтез легких ядер и обмен средних и тяжелых ядер нейтронами)	Нет (запрещены все ядерные превращения)

Предложенные таблицы могут быть использованы как в процессе преподавания астрономии и физики атомного ядра, так и в научных исследованиях для более четкого выбора направления исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саакян, Г. С. Равновесные конфигурации вырожденных газовых масс / Г. С. Саакян. – М. : Наука, 1972. – 344 с.

УДК 539

А. А. СВИРЕПА, А. И. СЕРЫЙ

ОБ ОСНОВНЫХ ФАЗАХ ВЕЩЕСТВА В АСТРОФИЗИКЕ

Теоретическое исследование сверхплотного вещества осуществляется уже не одно десятилетие, в связи с чем представляет интерес систематизация некоторых основных результатов. Соответствующие сведения представлены в таблице, составленной на основе [1, с. 49, 62, 83].

Таблица – Сравнительная характеристика фаз вещества

Плотность ρ , г/см ³	Фаза	Примечания
До 0,05	<i>Ae</i> (электронно-ядерная, ионизация не играет заметной роли; ядра не являются нейтронно-избыточными)	Обычное вещество (при таких плотностях вещество еще не относится к сверхплотным)
От 0,05 до 10 ⁵	<i>Ae</i> (электронно-ядерная, происходит постепенная ионизация; ядра не являются нейтронно-избыточными)	Нижняя граница диапазона соответствует полной ионизации водорода; для других химических элементов соответствующее значение плотности растет с ростом номера химического элемента
От 10 ⁵ до 10 ⁷	<i>Ae</i> (электронно-ядерная, электроны свободные, полная ионизация; ядра не являются нейтронно-избыточными)	При $\rho > 10^6$ г/см ³ электронный газ становится релятивистским
От 10 ⁷ до 10 ¹¹	<i>Ae</i> (электронно-ядерная, электроны свободные, полная ионизация; ядра постепенно становятся нейтронно-избыточными)	Связано с обогащением ядер нейтронами за счет увеличения роли реакций электронного захвата
От 10 ¹¹ до 10 ¹³	<i>Aen</i> (электронно-нейтронно-ядерная)	Связано с насыщением ядер нейтронами за счет реакций электронного захвата, приводящее к образованию свободных нейтронов
Свыше 10 ¹³	<i>enp</i> (электронно-нуклонная; сплошная ядерная материя)	Связано с развалом ядер

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Саакян, Г. С. Равновесные конфигурации вырожденных газовых масс / Г. С. Саакян. – М. : Наука, 1972. – 344 с.

УДК 539

А. А. СВИРЕПА, А. И. СЕРЫЙ**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НЕКОТОРЫХ
МОДЕЛЕЙ ЯЧЕЕК КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ
СВЕРХПЛОТНОГО ВЕЩЕСТВА В ТВЕРДОТЕЛЬНОЙ ФАЗЕ**

В исследованиях сверхплотного вещества важное место занимает вычисление вероятностей пикноядерных реакций, происходящих в таком веществе. На выбор методов вычислений и на их результаты существенно влияет не только выбор математических методов описания всего сверхплотного объекта в целом (например, квантово-механическая модель А. А. Абрикосова или оценочная модель Д. А. Киржница), но и выбор исходной модели ячейки кристаллической решетки. Ниже в виде таблицы (составленной на основе сведений из [1, с. 17–21]) дана сравнительная характеристик моделей сферических и эллипсоидальных ячеек в рамках оценочной модели сверхплотного вещества.

Таблица – Сравнение двух моделей ячеек

	I	II
Два ядра находятся	в двух сферических ячейках	в одной эллипсоидальной ячейке
В положении равновесия ядра находятся	в центрах двух сфер	в фокусах эллипсоида
По мере сближения ядер	электронные облака обеих ячеек сохраняют первоначальную сферическую симметрию (что некорректно, поскольку электроны должны увлекаться движущимся ядром)	форма ячейки приближается к сферической с двумя слившимися ядрами в центре
Нахождение волновых функций и вероятностей реакций	проще, поэтому уже проделано	Довольно затруднительно, поэтому пока еще не проделано

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чубарян, Э. В. Некоторые свойства вещества при плотностях ниже ядерной / Э. В. Чубарян // Докл. АН Арм. ССР. – 1964. – Т. 38, № 1. – С. 17–21.

УДК 536+537.6

В. С. СЕКЕРЖИЦКИЙ, А. И. СЕРЫЙ**О ЧАСТИЧНО ПОЛЯРИЗОВАННОМ ИДЕАЛЬНОМ
ЭЛЕКТРОННОМ ГАЗЕ В КВАНТУЮЩЕМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

Электронный газ в квантующем магнитном поле является объектом исследования многих астрофизических задач. При этом во многих случаях используется его модель, в которой он считается идеальным, вырожденным и поляризованным по спину.

В [1, с. 19] была получена система уравнений, связывающих степень спиновой поляризации p_{0e} и химический потенциал $\zeta_e(B)$ идеального вырожденного электронного газа с концентрацией n_e в магнитном поле с индукцией B (где m_e – масса электрона, μ_B – магнетон Бора):

$$n_e(1 + p_{0e}) = \frac{(2m_e)^{3/2} \mu_B B}{\pi^2 \hbar^3} \sum_{j=0}^k \sqrt{\zeta_e(B) - \mu_B B \cdot 2j}, \quad (1)$$

$$n_e(1 - p_{0e}) = \frac{(2m_e)^{3/2} \mu_B B}{\pi^2 \hbar^3} \sum_{j=0}^{k-1} \sqrt{\zeta_e(B) - \mu_B B \cdot 2(j+1)}, \quad (2)$$

где не учитывается аномальный магнитный момент электрона, а суммирование ведется до тех пор, пока подкоренное выражение, соответствующее следующему слагаемому, не станет отрицательным. При этом попытки исключить величину $\zeta_e(B)$ из (1) и (2) или выразить ее в явном виде (без суммирования по j) не предпринимались. Между тем это можно сделать, вычитая (2) из (1). В результате в правой части остается только одно слагаемое – то, в котором под корнем присутствует только $\zeta_e(B)$:

$$2n_e p_{0e} = \frac{(2m_e)^{3/2} \mu_B B}{\pi^2 \hbar^3} \sqrt{\zeta_e(B)}. \quad (3)$$

Из (3) легко получить, что

$$\zeta_e(B) = \frac{n_e^2 p_{0e}^2 \pi^4 \hbar^6}{2m_e^3 (\mu_B B)^2}. \quad (4)$$

Подставляя (4) в (1), получаем [2, с. 74]:

$$n_e(1 + p_{0e}) = \frac{(2m_e)^{3/2} \mu_B B}{\pi^2 \hbar^3} \sum_{j=0}^k \sqrt{\frac{n_e^2 p_{0e}^2 \pi^4 \hbar^6}{2m_e^3 (\mu_B B)^2} - \mu_B B \cdot 2j}. \quad (5)$$

Вместе с тем можно подставить (4) еще и в (2), в результате чего получим:

$$n_e(1 - p_{0e}) = \frac{(2m_e)^{3/2} \mu_B B}{\pi^2 \hbar^3} \sum_{j=0}^{k-1} \sqrt{\frac{n_e^2 p_{0e}^2 \pi^4 \hbar^6}{2m_e^3 (\mu_B B)^2} - \mu_B B \cdot 2(j+1)}. \quad (6)$$

Вычитание (6) из (5) уже не дает ничего нового, но вместо вычитания можно выполнить сложение, и тогда получим:

$$2n_e = \frac{(2m_e)^{3/2} \mu_B B}{\pi^2 \hbar^3} \left(\frac{n_e p_{0e} \pi^2 \hbar^3}{\sqrt{2m_e^3} \mu_B B} + 2 \sum_{j=1}^k \sqrt{\frac{n_e^2 p_{0e}^2 \pi^4 \hbar^6}{2m_e^3 (\mu_B B)^2} - \mu_B B \cdot 2j} \right). \quad (7)$$

Легко убедиться, что если в (5) $k=0$, то $p_{0e}=1$. При $k=1$ из (5), (6) или (7) независимыми способами получается одно и то же квадратное уравнение относительно p_{0e} :

$$3p_{0e}^2 + 2p_{0e} - 1 - \frac{2(2m_e)^3 (\mu_B B)^3}{n_e^2 \pi^4 \hbar^6} = 0. \quad (8)$$

В соответствии с исходным смыслом, для уравнения (8) берется только положительный корень (отрицательный корень к тому же превосходит единицу по модулю, что лишено физического смысла):

$$p_{0e} = \frac{1}{3} \left(-1 + \sqrt{1 + 3 \left(1 + 2(2m_e)^3 (\mu_B B)^3 / (n_e^2 \pi^4 \hbar^6) \right)} \right) = 0. \quad (9)$$

С дальнейшим ростом k получаются уравнения, сводимые к уравнениям четвертой и более высоких степеней.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Секержицкий, В. С. Равновесные системы фермионов и бозонов в магнитных полях : монография / В. С. Секержицкий ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : Изд-во БрГУ, 2008. – 198 с.

2. Секержицкий, В. С. О поляризации крайне вырожденных идеальных ферми-газов в магнитном поле / В. С. Секержицкий, А. И. Серый // Вучон. зап. Брэсц. дзярж. ун-та імя А. С. Пушкіна. – Брэст : БрДУ, 2020. – Вып. 16, ч. 2. – С. 69–78.

УДК 372.85

З. Н. СЕРАЯ, А. И. СЕРЫЙ**ОБ УРАВНЕНИЯХ В АСТРОНОМИИ И АСТРОФИЗИКЕ,
НЕ ИМЕЮЩИХ АНАЛИТИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ**

В астрономии и астрофизике встречаются уравнения (в том числе трансцендентные), не имеющие аналитического решения. На тех специальностях, где астрономия не изучается, такие уравнения можно включить в курс основ математического моделирования. Рассмотрим примеры.

I. Трансцендентное уравнение Кеплера [1, с. 49–50] для эксцентриситетской аномалии E , по которой затем находятся радиус-вектор r и истинная аномалия θ любого тела Солнечной системы, движущегося по эллиптической орбите:

$$\frac{2\pi}{T}(t-t_0) = E - e \sin E, \quad (1)$$

$$r = a(1 - e \cos E), \quad (2)$$

$$\operatorname{tg} \frac{\theta}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \operatorname{tg} \frac{E}{2}. \quad (3)$$

При этом T – период обращения по орбите, t_0 – начальный момент времени, t – текущий момент времени, e – эксцентриситет орбиты, a – большая полуось орбиты. Кроме того, уравнения (1) и (2) можно свести к одному трансцендентному уравнению (4), а уравнения (1) и (3) – к одному трансцендентному уравнению (5):

$$\frac{2\pi}{T}(t-t_0) = \arccos\left(\frac{1}{e}\left(1 - \frac{r}{a}\right)\right) - e \sin\left(\arccos\left(\frac{1}{e}\left(1 - \frac{r}{a}\right)\right)\right), \quad (4)$$

$$\frac{2\pi}{T}(t-t_0) = 2 \operatorname{arctg}\left(\sqrt{\frac{1-e}{1+e}} \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}\right) - e \sin\left(2 \operatorname{arctg}\left(\sqrt{\frac{1-e}{1+e}} \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}\right)\right). \quad (5)$$

II. Уравнение для поляризации p_{0n} магнитных моментов μ_n нейтронов в крайне вырожденном газе [2, с. 16; 3, с. 33] в магнитном поле с индукцией B с учетом ядерного взаимодействия между нейтронами:

$$\frac{(3\pi^2)^{2/3} \hbar^2 n_n^{2/3}}{2m_n} \left((1 + p_{0n})^{2/3} - (1 - p_{0n})^{2/3} \right) = 2|\mu_n|B + g_{nn}n_n p_{0n}. \quad (6)$$

При этом n_n – концентрация нейтронов, m_n – масса нейтрона, \hbar – постоянная Планка, g_{nn} – константа ядерного взаимодействия между нейтронами.

III. Уравнение для концентрации протонов и электронов n_e , соответствующих порогу нейтронизации крайне вырожденного газообразного водорода без спиновой поляризации с учетом энергии ядерного взаимодействия между нуклонами [4, с. 35]:

$$\sqrt{m_e^2 c^4 + (3\pi^2)^{2/3} \hbar^2 c^2 n_e^{2/3}} + m_p c^2 + \frac{(3\pi^2)^{2/3} \hbar^2 n_e^{2/3}}{2m_p} + \frac{g_{pp}}{2} n_e = m_n c^2 + g_{np} n_e. (7)$$

При этом c – скорость света в вакууме, m_e – масса электрона, m_p – масса протона, g_{pp} и g_{np} – константы ядерного взаимодействия соответственно между двумя протонами и между протоном и нейтроном.

Таблица – Сравнительная характеристика уравнений

Уравнение	Может ли быть сведено к алгебраическому	Наличие свободного параметра, значение которого можно менять и строить график зависимости решения от значения параметра
I	Нет, оно трансцендентное	Время t ; при других значениях T и e получаем семейства кривых
II	Да, девятой степени относительно p_{0n}	Индукция B ; при других значениях n_n получаем семейство кривых
III	Да, шестой степени относительно $x \equiv n_e^{1/3}$	Нет

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клищенко, А. П. *Астрономия : учеб. пособие* / А. П. Клищенко, В. И. Шупляк. – М. : Новое знание, 2004. – 224 с. : ил.

2. Секержицкий, В. С. *Равновесные системы фермионов и бозонов в магнитных полях : монография* / В. С. Секержицкий ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : Изд-во БрГУ, 2008. – 198 с.

3. Серый, А. И. О некоторых поляризационных эффектах в астрофизической плазме / А. И. Серый // *Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 4, Фізика. Матэматыка*. – 2014. – № 1. – С. 30–43.

4. Серый, А. И. О ферромагнетизме вырожденной нейтронно-протонной системы / А. И. Серый // *Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 4, Фізика. Матэматыка*. – 2012. – № 1. – С. 30–37.

УДК 524.3+539.1

А. И. СЕРЫЙ

К ВОПРОСУ О ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЕ НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД

К числу предметов теоретического исследования нейтронных звезд (НЗ) относится их внутренняя структура. Четыре основных предполагаемых слоя типичной НЗ сравниваются в таблице, составленной на основе сведений из [1, с. 281].

Таблица – Внутренние слои НЗ, масса которой близка к максимальной

Слой	Плотность ρ , г/см ³	Расстояние от центра НЗ, км	Состав	Состояние	У всех ли НЗ существует
1. Внешняя кора	От 0 до $4 \cdot 10^{11}$	От 11,5 до 12	Ядра <i>Fe</i> (с примесью <i>Cr</i> , <i>Ni</i> , <i>Co</i>) и вырожденные электроны	Твердое (с кристаллической решеткой)	Да
2. Внутренняя кора	От $4 \cdot 10^{11}$ до 10^{14}	От 10 до 11,5	Нейтронно-избыточные ядра <i>Fe</i> и соседних с ним элементов, вырожденные электроны и малая примесь свободных нейтронов		Да
3. Ядро	От 10^{14} до 10^{15}	От 3 до 10	Вырожденные нейтроны с малой примесью вырожденных протонов и электронов	Жидкое	Да
4. Центральная область	От 10^{15}	От 0 до 3	Возможно существование странных частиц, пионного конденсата, кварк-глюонной плазмы и других вариантов	Неопределенное	У тех, у которых $\rho > 10^{15}$ г/см ³

Предложенная таблица может найти применение в образовательном процессе при изучении дисциплины «Астрономия».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Большая рос. энцикл., 1992. – Т. 3 : Магнитноплазменный – Пойнтинга теорема. – 672 с.

УДК 524.3+539.1

А. И. СЕРЫЙ**К ВОПРОСУ О ПУТЯХ ОБРАЗОВАНИЯ НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД**

При исследовании нейтронных звезд (НЗ) важным является вопрос о путях их образования. Соответствующая информация систематизирована в таблицах 1 и 2, составленных на основе сведений из [1, с. 281–282].

Таблица 1 – Основные сценарии образования НЗ

	Коллапс	Аккреция в тесной двойной системе (ТДС)
Исходная звезда	Одиночная равновесная	Компонент ТДС (белый карлик (БК))
Исходная масса	В несколько раз больше M_s (массы Солнца)	Менее $1,4 M_s$ (предел Чандрасекара)
Баланс между силами тяжести и давления нарушается	так как масса центральных слоев звезды, сжавшихся и исчерпавших запасы ядерного горючего, превосходит $1,4 M_s$	так как в результате аккреции вещества на БК его масса превосходит $1,4 M_s$
Что происходит непосредственно на стадии образования НЗ	За несколько секунд или долей секунды – сжатие центральных областей до ядерных плотностей с нейтронизацией вещества («тихий» коллапс)	Сжатие БК до ядерных плотностей с нейтронизацией вещества
Масса образующейся НЗ	От $1,4 M_s$ до $2,7 M_s$	До $1,4 M_s$ (из-за гравитационного дефекта массы)
Возможен ли выброс массы	Да (вспышка сверхновой звезды)	Да, сброс внешних слоев БК
Масса НЗ в этом случае	Как от $1,4 M_s$ до $2,7 M_s$, так и до $1,4 M_s$ (вследствие выброса массы)	До $1,4 M_s$ (вследствие сброса внешних слоев БК)

Таблица 2 – Следствия законов сохранения (ЗС) при образовании НЗ

ЗС	К чему приводит при сжатии исходной звезды до НЗ
Момент импульса	К резкому возрастанию скорости вращения
Магнитного потока	К резкому возрастанию индукции магнитного поля

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Большая рос. энцикл., 1992. – Т. 3 : Магнитноплазменный – Пойнтинга теорема. – 672 с.

УДК 536+539.1

А. И. СЕРЫЙ

К ВОПРОСУ ОБ ИССЛЕДОВАНИИ ЭЛЕКТРОННО-ПРОТОННОГО И ЭЛЕКТРОННО-НУКЛОННОГО ВЕЩЕСТВА

В теоретической астрофизике важное место занимают вопросы об исследовании свойств электронно-протонного (ep) и электронно-протонно-нейтронного (enp) веществ [1, с. 74–104, 167–186]. Несмотря на то что первое из этих веществ можно считать частным случаем второго, непосредственный переход из стабильного состояния первого вещества в стабильное состояние второго не происходит, поскольку такие состояния находятся в разных диапазонах плотностей. В связи с этим представляет интерес сравнительная характеристика указанных двух фаз вещества. Основные вопросы отражены в таблице.

Таблица – Сравнительная характеристика ep - и enp -веществ

	ep	enp
Является частным случаем вещества	Электронно-ядерного Ae (когда ядра – протоны) и enp (когда нейтронов нет)	Электронно-нейтронно-ядерного Aen (когда ядра – протоны)
Стабильная фаза	При плотностях до 10^7 г/см ³	При плотностях от 10^{13} г/см ³
Корректность ферми-газовой модели при этом	Как правило, не вызывает нареканий	Заметно хуже, чем у модели ферми-жидкости
При более низких плотностях	<i>Плотность может быть сколь угодно малой, нижнего порога нет</i>	Переход к Aen -фазе (а не к ep)
При более высоких плотностях	Идет захват электронов протонами, но перехода к enp -фазе не происходит, так как образующиеся нейтроны тут же соединяются с протонами, образуя ядра (переход к Ae -фазе)	Переход к кварк-глюонной или гиперонной плазме (если после коллапса не происходит взрыв Сверхновой II типа)
Другие замечания	Возможна твердая фаза	Помимо электронов, могут быть π^- -мезоны

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Секержицкий, В. С. Равновесные системы фермионов и бозонов в магнитных полях : монография / В. С. Секержицкий ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : Изд-во БрГУ, 2008. – 198 с.

УДК 524.3+539.1

А. И. СЕРЫЙ**О ВАЖНЕЙШИХ НАПРАВЛЕНИЯХ ИССЛЕДОВАНИЙ
НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД**

История теоретического исследования нейтронных звезд (НЗ) насчитывает уже почти 90 лет (со времени предсказания их существования в первой половине 1930-х гг.), а история наблюдений – 55 лет (с 1967 г.). За это время сформировался ряд направлений в исследованиях НЗ. Сравнительная характеристика основных направлений представлена ниже в таблице, составленной на основе сведений из [1, с. 282].

Таблица – Основные направления исследования НЗ

Направление	Источники данных	Результаты	Теоретическое объяснение
Определение масс НЗ	Наблюдения тесных двойных систем (двойных пульсаров, рентгеновских пульсаров, барстеров)	Наиболее вероятные значения масс лежат в пределах от 1 до 2 масс Солнца	На основе уравнения состояния сверхплотного вещества и гидростатического равновесия с учетом эффектов общей теории относительности
Измерение периодов вращения	Радиосигналы от пульсаров	Монотонное возрастание периода с хаотическими вариациями и небольшими скачкообразными изменениями	1) Превращение кинетической энергии в энергию излучения; 2) разломы в коре; 3) эффекты сверхтекучести
Оценка верхних пределов температур НЗ	1) наблюдения остатков вспышек сверхновых звезд в рентгеновском диапазоне; 2) наблюдения периодов вращения некоторых НЗ	Значения близки к $2 \cdot 10^6$ К	Скорость охлаждения (фотонного и нейтринного) определяется влиянием сверхтекучести, сверхпроводимости, магнитного поля и ряда других свойств вещества в сверхплотном состоянии на механизмы переноса энергии в НЗ и на теплоемкость вещества НЗ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Большая рос. энцикл., 1992. – Т. 3 : Магнитноплазменный – Пойнтинга теорема. – 672 с.

УДК 372.852

А. И. СЕРЫЙ

О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАДАНИЙ ПО АСТРОНОМИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДВИЖНОЙ КАРТЫ ЗВЕЗДНОГО НЕБА

В одной из лабораторных работ (ЛР), предусмотренных учебными программами по астрономии, содержатся следующие задания:

1. Определите, в каком созвездии находилось Солнце в день Вашего рождения (ДР). 2. Также определите, в каком еще созвездии может находиться Солнце в течение года, когда у него склонение такое же, как в ДР.

Ниже в таблице приводится приблизительная последовательность действий по выполнению ЛР.

Таблица – Последовательность выполнения заданий

Шаг	Пояснения
1.1. На карте звездного неба (КЗН) находим день, соответствующий ДР, и определяем положение Солнца на эклиптике	а) Так как смещение точки весеннего равноденствия (ТВР) происходит медленно, считаем, что ее положение в течение Вашей земной жизни не меняется, поэтому склонение Солнца в Ваш ДР в текущем году примерно такое же, как в год Вашего рождения (малые колебания связаны с високосными годами, но на требуемую точность выполнения задания это не влияет); б) эклиптика на КЗН обозначена характерной кривой, поэтому нужно найти точку ее пересечения с лучом, проведенным из северного полюса мира к требуемому дню года, подписанному на краю КЗН
1.2. Определяем соответствующее созвездие	а) Созвездия подписаны на КЗН; б) они могут не совпадать с указанными в гороскопах, поскольку за две с лишним тысячи лет после начала использования зодиакальных созвездий ТВР существенно сместилась (иллюстрация антинаучности гороскопов)
2.1. Определяем другой день года, в который у Солнца такое же склонение	а) Склонение Солнца δ_c в заданный день года можно либо считать справочным (и аналогично найти другой день года с таким же δ_c), либо находить по формуле $\delta_c = \delta_{max} \sin(2\pi(t-t_0)/T)$, $\delta_{max} = 23^\circ 27'$, $T = 365,25$ суток, t_0 соответствует 21.03, $t_0 = 80$ суток в обычном году и 81 сутки в високосном, t (в сутках) отсчитывается от 1.01, причем нужно найти еще одно значение t , помимо ДР; б) если ДР в точности попадает на один из дней солнцестояния, то значение t будет единственным
2.2. Определяем соответствующее созвездие	а) Примечания, во-первых, те же, что и в пункте 1.2; б) во-вторых, если ДР близок ко дню летнего или зимнего солнцестояния, то созвездие может оказаться тем же, что и в ДР

УДК 372.852

А. И. СЕРЫЙ**О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАДАНИЙ
ПО АСТРОНОМИИ, СВЯЗАННЫХ С ВЫЧИСЛЕНИЕМ
ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ЯРКОСТИ ДВУХ ЗВЕЗД**

Учебная программа по астрономии для студентов специальности «Физика и информатика» предполагает выполнение лабораторных работ. В одной из таких работ присутствует задание следующего содержания. *Во сколько раз звезда, соответствующая Вашему варианту, ярче самых слабых звезд, которые может увидеть невооруженным глазом человек с нормальным зрением?*

С учетом того, что математическая подготовка и собранность средне-статистического студента на протяжении ряда лет имеет тенденцию к снижению, приходится разрабатывать все более детальные рекомендации по выполнению заданий к лабораторным работам. Это относится и к заданию, приведенному выше.

Последовательность действий по выполнению задания оформлена в виде таблицы.

Таблица – Этапы выполнения задания

Этап	Содержание	Пояснение
1	Находим значение видимой звездной величины (блеска) m_1 звезды в соответствии с вариантом	Это справочные данные; если они заранее не предоставлены, то их можно найти в Интернете
2	Полагаем $m_2 = 6$	Принято считать, что такое значение видимой звездной величины соответствует самым слабым звездам, которые может увидеть невооруженным глазом человек с нормальным зрением
3	Используем формулу Погсона $\lg(E_1/E_2) = -0,4(m_1 - m_2)$ [1, с. 85]	При этом E_1 и E_2 – освещенности, создаваемые соответственно первой и второй звездами в точке наблюдения
4	Из предыдущего соотношения находим E_1/E_2	Это и будет ответом на вопрос, сформулированный в задании

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клищенко, А. П. Астрономия : учеб. пособие / А. П. Клищенко, В. И. Шупляк. – М. : Новое знание, 2004. – 224 с. : ил.

УДК 536+539.1

А. И. СЕРЫЙ

О ВЫЧИСЛЕНИИ ХИМИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ИДЕАЛЬНОГО НЕВЫРОЖДЕННОГО ЭЛЕКТРОННОГО ГАЗА

В физике и астрофизике важное место занимает вопрос о вычислении химического потенциала электронного газа [1, с. 47, 48, 62, 64]. В связи с этим представляет интерес систематизация сведений об основных результатах соответствующих исследований, а также запись в явном виде некоторых результатов, полученных в неявном виде. Ниже в таблице указанные сведения представлены для идеального невырожденного электронного газа. При этом приняты следующие обозначения: χ – химический потенциал (включающий энергию покоя электрона mc^2), m – масса электрона, c – скорость света в вакууме, n – концентрация электронов, T – абсолютная температура, k – постоянная Больцмана, \hbar – постоянная Планка, B – индукция магнитного поля, $K_1(\eta)$ и $K_2(\eta)$ – модифицированные функции Бесселя, $\eta = mc^2/(kT)$, μ_B – магнетон Бора, $\alpha = \mu_B B/(kT)$, $\sigma_e \approx 1,00116$.

Таблица – Выражения для химического потенциала χ невырожденного электронного газа

Газ	Магнитного поля нет	Магнитное поле есть
Нерелятивистский	$mc^2 + \frac{3}{2}kT \ln\left(\frac{(4n)^{2/3} \pi \hbar^2}{2mkT}\right)$	$mc^2 + \frac{3}{2}kT \ln\left(\frac{(4n)^{2/3} \pi \hbar^2}{2mkT}\right) + kT \ln\left(\frac{sh\alpha}{\alpha ch(\sigma_e \alpha)}\right)$
Релятивистский	$kT \ln\left(\frac{n\pi^2 \hbar^3}{m^2 ckTK_2(\eta)}\right)$	$kT \ln\left(\frac{n\pi^2 \hbar^3}{m^2 ckT(0,3\alpha K_1(\eta) + 1,02K_2(\eta))}\right)$

Таким образом, в нерелятивистском случае при включении магнитного поля к выражению для химического потенциала, полученному в отсутствие магнитного поля, добавляется еще одно слагаемое. В релятивистском случае такой простой закономерности нет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Секержицкий, В. С. Равновесные системы фермионов и бозонов в магнитных полях : монография / В. С. Секержицкий ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : Изд-во БрГУ, 2008. – 198 с.

УДК 536+539.1

А. И. СЕРЫЙ

О ЗАВИСИМОСТИ ФАЗЫ ВЕЩЕСТВА ОТ ПЛОТНОСТИ

В теоретической астрофизике важное место занимают вопросы исследования вещества при высоких плотностях [1, с. 74–186]. Не принимая в рассмотрение странную (очарованную и т. д.) материю и кварк-глюонную плазму, остановимся на фазах вещества, «строительным материалом» для которого являются только электроны и нуклоны. В этом случае основными фазами являются электронно-протонная, электронно-ядерная, электронно-нейтронно-ядерная, электронно-нейтронно-протонная. Поскольку у каждой из этих фаз существует диапазон плотностей, при которых она устойчива, представляет интерес сравнительная характеристика этих фаз (таблица).

Таблица – Сравнительная характеристика основных фаз сверхплотного вещества

Фаза	Плотность, г/см ³	Как образуется фаза из предыдущей с ростом плотности	Возможно ли стабильное существование при более низких плотностях
<i>ep</i>	до 10 ⁷	<i>Она первична</i>	<i>Нижняя граница плотностей равна нулю</i>
<i>Ae</i>	10 ⁷ –10 ¹¹	Захват электронов протонами → образование нейтронов → захват нейтронов → образование ядер	Да, если ядра стабильны, а их устойчивость к бета-превращениям не зависит от плотности окружающего электронного газа
<i>Aen</i>	10 ¹¹ –10 ¹³	Переизбыток нейтронов в ядрах → новые образующиеся нейтроны становятся свободными	Нет (из-за нестабильности нейтронов по отношению к бета-превращению при более низких плотностях)
<i>enp</i>	от 10 ¹³	Взаимодействия ядер друг с другом и с окружающими нейтронами сравнимы с взаимодействием отдельных нуклонов в ядрах → развал ядер на отдельные нуклоны	Нет (из-за захвата нейтронов протонами и образующимися вследствие этого ядрами дейтерия и т. д.)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Секержицкий, В. С. Равновесные системы фермионов и бозонов в магнитных полях : монография / В. С. Секержицкий ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : Изд-во БрГУ, 2008. – 198 с.

УДК 536+539.1

А. И. СЕРЫЙ

О МОДЕЛЯХ ФЕРМИ-ГАЗОВ В АСТРОФИЗИКЕ

В основе теоретического исследования вещества в космических условиях часто лежит термодинамическое описание электронного, протонного и нейтронного газов [1, с. 5–7]. В связи с этим представляет интерес сравнительная характеристика некоторых замечаний, относящихся к исследованию таких систем. Соответствующие сведения представлены в таблице.

Таблица – Сравнительная характеристика фаз вещества

	Газ		
	электронный	протонный	нейтронный
Может ли стабильно существовать сам по себе	Нет (из-за кулоновского отталкивания электронов)	Нет (из-за кулоновского отталкивания протонов)	Нет (из-за нестабильности нейтронов)
Зависит ли ответ на предыдущий вопрос от температуры, плотности, учета отклонения от идеальности, присутствия магнитного поля	Нет	Нет	Нет
Примеры, когда стабильное существование такого газа возможно	ep -, Ae -, enp -, Aen -вещество	ep -, enp -вещество	enp -, Aen -вещество
Газовое приближение корректно при достаточно низких плотностях	Как в случае плазмы, так и при наличии кристаллической решетки для всех четырех типов веществ	Только в ep -плазме (без кристаллической решетки)	При взрывах Сверхновых II типа (при этом вещество нестабильно)
Основные виды учитываемых взаимодействий в присутствии других частиц	Обменная и корреляционная кулоновская энергия Хартри и Фока (в присутствии протонов или ядер)	То же, что для электронов (в их присутствии), а также ядерная с нейтронами	Ядерная с протонами или ядрами

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Секержицкий, В. С. Равновесные системы фермионов и бозонов в магнитных полях : монография / В. С. Секержицкий ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : Изд-во БрГУ, 2008. – 198 с.

УДК 536+539.1

А. И. СЕРЫЙ**О НЕКОТОРЫХ ОСОБЕННОСТЯХ СПИНОВОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ФЕРМИ-ГАЗОВ**

В теоретической астрофизике важное место занимает вопрос о спиновой поляризации ферми-газов [1, с. 15, 19, 53]. В связи с этим представляет интерес систематизация некоторых основных сведений по данной проблеме. Соответствующая информация представлена в таблице 1 и 2.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика фаз вещества

	Магнитного поля нет	Магнитное поле есть
Спиновая поляризация	Спонтанная [2, с. 549–555]	Индукцированная
Газ	Ферромагнитный	Ферромагнитный или парамагнитный
В идеальном газе	Такое невозможно	Такое возможно

Таблица 2 – Полная поляризация и квантовый предел при различных температурах

	Полная поляризация	Квантовый предел
Смысл	Значение спинового квантового (для главного это не обязательно) числа у всех частиц одинаково	Все частицы находятся на основном уровне энергии (с одинаковыми значениями главного и спинового квантового числа)
Возможность при абсолютном нуле температуры	Да	Да
Возможность при конечной температуре	Нет, так как есть отличная от нуля вероятность нахождения отдельно взятой частицы на каком угодно уровне энергии (не только на основном), в том числе с противоположным направлением спина	

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Секержицкий, В. С. Равновесные системы фермионов и бозонов в магнитных полях : монография / В. С. Секержицкий ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : Изд-во БрГУ, 2008. – 198 с.

2. Серый, А. И. Спиновая поляризация нуклонов. Пределы низких и высоких температур / А. И. Серый // Изв. РАН. Сер. физ. – 2015. – Т. 79, № 4. – С. 549–555.

УДК 524.3+539.1

А. И. СЕРЫЙ**О НЕКОТОРЫХ ТЕОРИЯХ СТРОЕНИЯ НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД**

В теоретической астрофизике важное место занимают вопросы теоретического исследования строения нейтронных звезд (НЗ). Основные классификационные признаки НЗ, влияющие на построение их моделей, перечислены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные классификационные признаки НЗ

Признак	Виды НЗ в соответствии с признаком
Температура	1) Холодные (крайне вырожденные); 2) с низкими отличными от нуля температурами; 3) горячие
Вращение	1) Невращающиеся; 2) вращающиеся без толчков; 3) вращающиеся с толчками
Магнитное поле	1) Немагнитные; 2) замагниченные

Таким образом, всевозможные сочетания перечисленных выше признаков дают $3 \times 3 \times 2 = 18$ типов моделей НЗ. Отдельным является вопрос о корреляции между видами НЗ по разным признакам и, соответственно, о распространенности конкретных примеров по каждому из 18 типов.

Далее рассмотрим сравнительную характеристику основных теорий строения холодных, невращающихся и немагнитных НЗ. Соответствующие основные вопросы отражены в таблицах 2–4, составленных на основе сведений из [1, с. 280–281]. При этом M_S – масса Солнца.

Таблица 2 – Пределы значений масс M_{NS} и центральных плотностей ρ_C НЗ

Значения	ρ_C , г/см ³	Плотности	$\frac{M_{NS}}{M_S}$	Чем обусловлен предел	Примечание
Минимальные	$2 \cdot 10^{14}$	Меньше ядерных (во всем объеме НЗ)	0,1	Нестабильностью нейтронов	Данные основаны на богатом экспериментальном материале, поэтому точны
Максимальные	от $1,4 \cdot 10^{15}$ до ∞	Больше ядерных (в большей части объема НЗ)	От 0,7 до 5,73	Отталкиванием нуклонов на малых расстояниях и эффектами общей теории относительности (ОТО)	Большой разброс значений связан с существенной зависимостью от модели сверхплотного вещества и учета эффектов ОТО

Таблица 3 – Основные факторы, влияющие на модели НЗ

Фактор	Важность	Примечания
Зависимость давления от плотности, т. е. уравнение состояния (УС)	Первостепенная (фактор учитывается уже в первом приближении)	УС существенно зависит от модели сверхплотного вещества
Условия гидростатического равновесия с учетом эффектов ОТО	Первостепенная (фактор учитывается уже в первом приближении)	Эффекты ОТО: 1) способность энергии создавать гравитационное поле (ГП); 2) искривление пространства при наличии ГП
Другие эффекты	Первостепенная (эффекты учитываются в следующих приближениях)	Эффекты, связанные с распределением температуры и других специфических свойств НЗ

Таблица 4 – Максимальные значения массы M_{NS}^{max} и центральной плотности ρ_C^{max} НЗ в некоторых моделях

Учет эффектов ОТО	УС	M_{NS}^{max} / M_S	ρ_C^{max} , г/см ³
Нет	При любых плотностях определяется свойствами вырожденного газа невзаимодействующих нейтронов	5,73 (предел Чандрасекара для нейтронного газа)	∞
Да	При любых плотностях определяется свойствами вырожденного газа невзаимодействующих нейтронов	0,7	$6 \cdot 10^{15}$
Да	Учитывает отталкивание нуклонов на малых расстояниях и рождение мезонов и гиперонов при высоких плотностях	От 1,4 до 2,7	От $1,4 \cdot 10^{15}$ до $6 \cdot 10^{15}$

Предложенные таблицы могут быть использованы: а) в образовательном процессе при изучении дисциплины «Астрономия» студентами специальности «Физика и информатика»; б) в образовательном процессе при написании курсовых и дипломных работ астрофизической направленности; в) в научно-исследовательской деятельности при написании статей обзорного характера по моделям НЗ других типов (с точки зрения классификационных признаков, перечисленных в таблице 1). Во всех перечисленных случаях возможен самостоятельный поиск сведений на основе работы с информационными источниками.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Большая рос. энцикл., 1992. – Т. 3 : Магнитноплазменный – Пойнтинга теорема. – 672 с.

УДК 524.3+539.1

А. И. СЕРЫЙ**О НЕСТАБИЛЬНОСТИ ВРАЩЕНИЯ НЕЙТРОННЫХ ЗВЕЗД**

Одним из важных предметов исследования нейтронных звезд (НЗ) являются периоды T их вращения. Основные типы неустойчивостей T сравниваются в таблицах 1 и 2, составленных на основе сведений из [1, с. 282].

Таблица 1 – Основные типы неустойчивостей T НЗ

Тип	Важность	Объяснение
1. Монотонное возрастание T	Основной фактор	Переход кинетической энергии вращения в энергию излучения НЗ
2. Небольшие скачкообразные изменения T	Поправка к первому фактору (более существенная, чем третья)	См. в таблице 2
3. Хаотические вариации T	Поправка к первому фактору (менее существенная, чем вторая)	

Таблица 2 – Объяснение второго и третьего типов неустойчивостей T НЗ

Сложность	По времени	Сущность объяснения
Более простое	Более раннее	Постепенный рост T ведет к изменениям центробежной силы и ростом напряжений в твердой коре НЗ. Иногда это приводит к растрескиванию коры, крупным разломам и звездотрясениям, из-за которых меняется момент инерции J коры, что ведет к изменениям T типов 2 и 3 (см. таблицу 1). Численные значения определяются степенью «сцепления» коры и сверхтекучего ядра НЗ
Более сложное	Более позднее	Есть более сложная связь изменений T со сверхтекучестью нейтронов в НЗ (как свободных, так и связанных в ядрах). Вращение НЗ порождает в сверхтекучей среде квантованные вихри, сложно взаимодействующие с нормальным компонентом вещества и с кристаллической решеткой внешней коры НЗ. При этом могут возникать коллективные процессы (не всегда порожденные звездотрясениями) с перераспределением момента импульса между твердой корой и ядром НЗ (J коры менее 10 % от J НЗ)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Большая рос. энцикл., 1992. – Т. 3 : Магнитноплазменный – Пойнтинга теорема. – 672 с.

УДК 536+539.1

А. И. СЕРЫЙ**О ПОДХОДАХ К КЛАССИФИКАЦИИ ФАЗ ВЕЩЕСТВА
В ФИЗИКЕ И АСТРОФИЗИКЕ**

Определение фазы вещества, приведенное, например, в [1, с. 443], относится к веществу в его классическом, атомно-молекулярном [1, с. 9] понимании: молекулы состоят из атомов, атомы – из электронов и ядер, а последние – из протонов и нейтронов. Между тем астрофизические исследования последних десятилетий значительно расширили значение термина «фаза», и упомянутое выше классическое определение фазы уже нельзя в полной мере применить ко всем разновидностям фаз, которые известны науке на сегодняшний день.

Представляет интерес классификация основных разновидностей фаз, причем в этой классификации можно выделить иерархические уровни (рисунок). При составлении схемы были использованы сведения из [2, с. 73, 76, 81; 3, с. 15–18, 35].

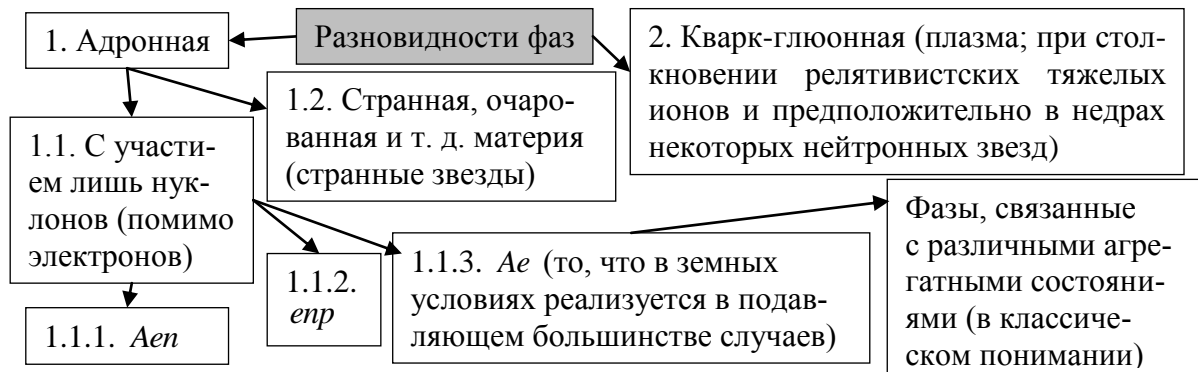


Рисунок – Иерархическая классификация возможных фаз вещества

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. – М. : Наука, 1975. – Т. 2 : Термодинамика и молекулярная физика. – 552 с.
2. Саакян, Г. С. Равновесные конфигурации вырожденных газовых масс / Г. С. Саакян. – М. : Наука, 1972. – 344 с.
3. Введение в релятивистскую ядерную физику / В. М. Емельянов [и др.]. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 184 с.

УДК 539.1

А. И. СЕРЫЙ**О ФАКТОРАХ, ВЛИЯЮЩИХ НА ХОД ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЙ**

В астрофизике важное место занимают вопросы исследования ядерных реакций (ЯР) в сверхплотном веществе [1, с. 74–95, 132–159]. Ниже в таблице рассмотрены основные факторы, влияющие на вероятность ЯР.

Сделаем замечания. 1. Все перечисленные факторы взаимосвязаны. 2. Поэтому трудно (если вообще возможно) подобрать пример эволюции какого-либо объекта, когда меняется только один параметр при неизменных остальных. 3. Из этого следует, что даже если удастся найти похожие объекты, у которых плавно меняются один-два параметра при неизменных остальных, после чего мысленно выстроить их в ряд и проследить за изменением соответствующих параметров в режиме анимации (плавно переходя от одного объекта к другому), то из этого, вообще говоря, не будет следовать, что эволюция отдельного объекта должна происходить по такому же сценарию. К примеру, можно мысленно пройти по звездам главной последовательности (ГП) в режиме анимации, подобрав конкретные экземпляры звезд; но сегодня теория, утверждающая, что отдельно взятая звезда в ходе эволюции перемещается по ГП, считается устаревшей.

Таблица – Основные факторы, влияющие на ход ЯР

Фактор	Примеры
Плотность	Существует пороговое значение плотности, выше которого начинается нейтронизация водорода [1, с. 88]
Температура	С ростом температуры скорость термоядерных реакций (где требуется преодоление кулоновского барьера) растет
Ядерное взаимодействие (ЯВ) между частицами	Массовое число наиболее устойчивых ядер уменьшается с учетом ЯВ для заданного значения плотности [1, с. 159]
Магнитное поле (МП)	Массовое число наиболее устойчивых ядер уменьшается с ростом индукции МП для заданного значения плотности
Спиновая поляризация (СП)	Ядерные силы зависят от взаимной ориентации спинов, поэтому СП влияет на сечения ЯР (нет однозначного ответа на вопрос о том, в какую сторону)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Секержицкий, В. С. Равновесные системы фермионов и бозонов в магнитных полях : монография / В. С. Секержицкий ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : Изд-во БрГУ, 2008. – 198 с.

УДК 372.852

А. И. СЕРЫЙ**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕБЕСНОГО ГЛОБУСА
В ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ ПО АСТРОНОМИИ**

В одной из лабораторных работ (ЛР), предусмотренных учебными программами по астрономии, содержится следующее задание. *С помощью небесного глобуса (НГ) определите, в какой части небесной сферы находится звезда, соответствующая Вашему варианту, в городе, соответствующем Вашему варианту, в полночь, предшествующую Вашему дню рождения.*

Приблизительная последовательность действий дана в таблице.

Таблица – Последовательность действий по выполнению задания

Содержание шага	Примечания
1. Наносим звезду на НГ в соответствии с ее значениями склонения δ и прямого восхождения α	а) Значения δ и α – справочные данные в соответствии с вариантом; если они заранее не предоставлены, то их можно найти в Интернете; б) данный шаг можно выполнить и позже, но обязательно до шага 5
2. Устанавливаем положение северного полюса мира (СПМ), т. е. делаем нужный наклон НГ	а) Руководствуемся теоремой о равенстве между высотой СПМ h_p над горизонтом и географической широтой места наблюдения φ ; б) значение φ – справочное в соответствии с вариантом; если оно заранее не предоставлено, то его можно найти в Интернете; в) данный шаг можно поменять местами с шагом 3, и при этом ничего не изменится
3. Наносим положение Солнца на НГ (на эклиптике, которая на НГ обозначена) в соответствии с днем года	а) Склонение Солнца δ_c в заданный день года можно либо считать справочным, либо находить по формуле $\delta_c = \delta_{max} \sin(2\pi(t-t_0)/T)$, $\delta_{max} = 23^\circ 27'$, $T = 365,25$ суток, t_0 соответствует 21.03, $t_0 = 80$ суток в обычном году и 81 сутки в високосном, t (в сутках) отсчитывается от 1.01; б) для удобства можно ориентироваться по точкам равноденствий (21.03, 21.09) и солнцестояний (21.06, 22.12), которые на НГ обозначены символами; в) данный шаг можно поменять местами с шагом 2
4. Поворачиваем НГ в позицию, соответствующую астрономической полночи	а) Солнце должно находиться в нижней кульминации; б) данный шаг не может быть выполнен раньше шага 3
5. Определяем, в какой части небесной сферы находится звезда	а) Возможные варианты ответа – в северо-восточной, юго-восточной, юго-западной, северо-западной; б) ориентируемся по СПМ и направлению вращения НГ

УДК 372.852

А. И. СЕРЫЙ**ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ ЗЕНИТНЫХ РАССТОЯНИЙ
И ПАРАЛЛАКСОВ В ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ
ПО АСТРОНОМИИ**

В одной из лабораторных работ (ЛР), предусмотренных учебной программой по астрономии для студентов специальности «Физика и информатика», содержатся следующие задания:

1. *Определите наблюдаемое зенитное расстояние звезды, соответствующей Вашему варианту, в городе, соответствующем Вашему варианту, в Ваш день рождения (ДР) в верхней и нижней кульминациях с учетом рефракции.*

2. *Определите суточный параллакс Солнца в городе, соответствующем Вашему варианту, в Ваш ДР с учетом рефракции.*

Опыт преподавания астрономии показывает, что с каждым годом учащиеся нуждаются во все более детальном пошаговом объяснении заданий к ЛР для успешного их выполнения. Данная ЛР не является исключением. Кроме того, при выполнении заданий 1 и 2 есть во многом похожие шаги, в связи с чем представляет интерес их сравнительная характеристика. Ниже в таблице 1 приводится примерная последовательность действий по выполнению заданий.

Таблица 1 – Последовательность и содержание шагов по выполнению заданий

Содержание шагов	Пояснения к заданию 1	Пояснения к заданию 2
1. Определяем зенитное расстояние z без учета рефракции	Опираемся на результаты другой ЛР, выполняемой ранее (в соответствии с учебным планом), причем вычисляем z для обеих кульминаций	Опираемся на результаты другой ЛР, выполняемой ранее (в соответствии с учебным планом), причем вычисляем z только для верхней кульминации
2. Вычисляем поправку ρ на рефракцию [1, с. 388]	См. схему на рисунке	См. таблицу 2
3. Определяем зенитное расстояние z' с учетом рефракции	$z' = z - \rho$ [2, с. 25]	$z' = z - \rho$ [2, с. 25]
4. Определение суточного параллакса p' [3, с. 530]	Для звезд не осуществляется, так как он весьма мал по сравнению с годичным, а последний определяется другими методами	$p' = p \sin z'$, где $p = 8'',79$ – горизонтальный параллакс Солнца [2, с. 27]

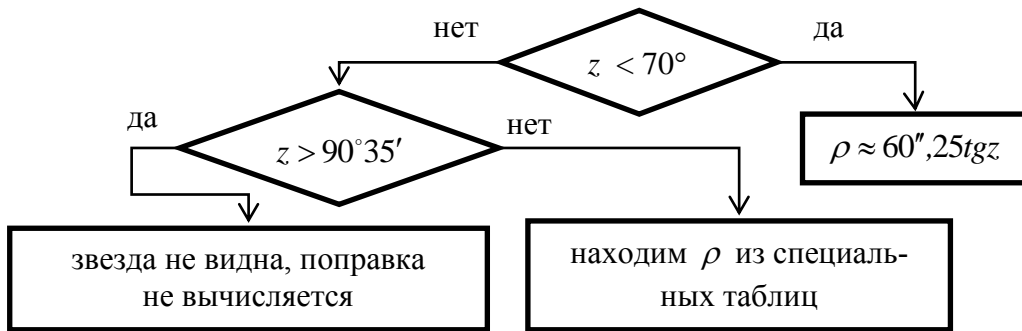


Рисунок – Блок-схема выполнения второго шага задания 1

Для Солнца данная блок-схема в контексте выполняемого задания содержит лишнюю информацию, поэтому вместо нее можно руководствоваться таблицей 2. Это связано с тем, что города, подобранные в заданиях, не попадают в приполярные области, поэтому Солнце в верхней кульминации всегда находится над плоскостью математического горизонта.

Таблица 2 – Особенности выполнения второго шага задания 3

Значение без поправки на рефракцию, вычисленное на предыдущем шаге	Вычисление поправки ρ на рефракцию
$z < 70^\circ$	По формуле $\rho \approx 60'', 25tgz$
$z \geq 70^\circ$	Находим ρ из специальных таблиц

Таблицы 1 и 2 вместе с блок-схемой могут быть использованы в образовательном процессе при изучении астрономии. Кроме того, формулируя свои собственные замечания по содержанию ЛР, возникшие в ходе выполнения ЛР, учащиеся могут дополнять таблицы и схемы (и даже создавать новые) по своему усмотрению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Большая рос. энцикл., 1994. – Т. 4 : Пойнтинга – Робертсона – Стримеры. – 704 с.
2. Клищенко, А. П. Астрономия : учеб. пособие / А. П. Клищенко, В. И. Шупляк. – М. : Новое знание, 2004. – 224 с. : ил.
3. Физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Большая рос. энцикл., 1992. – Т. 3 : Магнитноплазменный – Пойнтинга теорема. – 672 с.

УДК 372.852

А. И. СЕРЫЙ

ОБ ОПРЕДЕЛЕНИИ РАССТОЯНИЙ ДО ОБЪЕКТОВ ПО КРАСНОМУ СМЕЩЕНИЮ В ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ ПО АСТРОНОМИИ

Учебной программой по астрономии для студентов специальности «Физика и информатика» предполагается выполнение лабораторных работ. В одной из таких работ присутствуют задания следующего содержания:

1. Определить по красному смещению (в соответствии с вариантом) расстояние до галактики, соответствующей Вашему варианту.

2. Определить по красному смещению (в соответствии с вариантом) расстояние до квазара, соответствующего Вашему варианту.

Блок-схема получения общей формулы для расстояния (пока еще непригодной для расчетов) представлена на рисунке. Постоянная Хаббла H_0 [1, с. 120] и скорость света c считаются известными. Последовательность действий по нахождению β через доплеровское красное смещение z оформлена в виде таблицы.

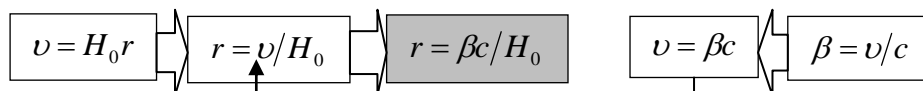


Рисунок – Блок-схема получения общей формулы для расстояния

Таблица – Пояснения к нахождению β в заданиях 1 и 2

Зада-ние	Формула для эффекта Допплера	Поэтому формула для z принимает вид	Выражаем β через z	Каким выбирается значение z
1	Нерелятивистская	$\sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}} - 1 \approx \{\beta \ll 1\} \approx \beta$	$\beta = z$	$z = 0,001N$ (N – номер варианта)
2	Релятивистская	$\sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}} - 1$ (без упрощений)	$\beta = \frac{(z+1)^2 - 1}{(z+1)^2 + 1}$	$z = 0,1N$ (N – номер варианта)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клищенко, А. П. Астрономия : учеб. пособие / А. П. Клищенко, В. И. Шупляк. – М. : Новое знание, 2004. – 224 с. : ил.

УДК 539.171

А. И. СЕРЫЙ, А. П. СУЛИМ

ОБ УСЛОВИЯХ БЕТА-РАВНОВЕСИЯ КРАЙНЕ ВЫРОЖДЕННОГО ЭЛЕКТРОННО-НУКЛОННОГО ВЕЩЕСТВА

Важное место в исследовании сверхплотного вещества в астрофизике занимают вопросы о пороге нейтронизации водорода и бета-равновесии электронно-нуклонного вещества. Две ветви (I и II) решений сравниваются в таблице, представленной ниже.

Таблица – Сравнение индуктивного и дедуктивного подходов

	Ветвь I	Ветвь II
1.1. Плотности ρ , г/см ³	10^7	10^{13}
1.2. Концентрация протонов n_0 у порога нейтронизации, см ⁻³	$\sim 7,4 \cdot 10^{30}$	$\sim 10^{38}$
1.3. Правильно ли называть это значение пороговым в смысле минимального	Да, так как с ростом ρ водорода нейтронизация начинается именно при n_0 (хотя следующая реакция нейтронизации соответствует меньшим концентрациям n_p [1, с. 271])	Не совсем, поскольку поведение кривой бета-равновесия таково, что в некотором интервале росту концентрации нейтронов n_n соответствует уменьшение n_p
2.1. Является ли устойчивым бета-равновесие	Нет (сразу после возникновения нейтронов происходит их захват протонами)	Да (нет захвата нейтронов протонами либо есть динамическое равновесие между процессами захвата нейтронов и расщепления соответствующих ядер)
2.2. Это объясняется тем, что притяжение между протоном и нейтроном	намного больше, чем со стороны окружающих их нуклонов	сравнимо с взаимодействием со стороны окружающих их нуклонов
2.3. Иными словами, среднее расстояние между нуклонами	намного больше радиуса действия ядерных сил	сравнимо с радиусом действия ядерных сил

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Физическая энциклопедия / гл. ред. А. М. Прохоров ; редкол.: Д. М. Алексеев [и др.]. – М. : Большая рос. энцикл., 1992. – Т. 3 : Магнитноплазменный – Пойнтинга теорема. – 672 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Волошик И. А., Жучик М. В., Мотузко Д. А., Старовойтов А. Ю., Серый А. И. О разновидностях задач для систем протонов и нейтронов в физике и астрофизике	3
Демидчик А. В. Астрономия и нумизматика	4
Жучик М. В., Лаврентиков А. В., Свирепа А. А., Серый А. И. О разновидностях задач для систем протонов в физике и астрофизике	6
Кац П. Б. О некоторых недоразумениях, связанных с понятием яркости и светимости в астрономии	7
Свирепа А. А., Серый А. И. К вопросу об устойчивости фазы твердого тела в сверхплотном электронно-ядерном веществе	9
Свирепа А. А., Серый А. И. Об основных моделях сверхплотного электронно-ядерного вещества	10
Свирепа А. А., Серый А. И. Об основных типах реакций в сверхплотном веществе	11
Свирепа А. А., Серый А. И. Об основных фазах вещества в астрофизике	12
Свирепа А. А., Серый А. И. Сравнительная характеристика некоторых моделей ячеек кристаллической решетки сверхплотного вещества в твердотельной фазе	13
Секержицкий В. С., Серый А. И. О частично поляризованном идеальном электронном газе в квантующем магнитном поле	14
Серая З. Н., Серый А. И. Об уравнениях в астрономии и астрофизике, не имеющих аналитического решения	16
Серый А. И. К вопросу о внутренней структуре нейтронных звезд	18
Серый А. И. К вопросу о путях образования нейтронных звезд	19
Серый А. И. К вопросу об исследовании электронно-протонного и электронно-нуклонного вещества	20
Серый А. И. О важнейших направлениях исследований нейтронных звезд	21
Серый А. И. О выполнении лабораторных заданий по астрономии с использованием подвижной карты звездного неба	22
Серый А. И. О выполнении лабораторных заданий по астрономии, связанных с вычислением относительной яркости двух звезд	23
Серый А. И. О вычислении химического потенциала идеального невырожденного электронного газа	24
Серый А. И. О зависимости фазы вещества от плотности	25
Серый А. И. О моделях ферми-газов в астрофизике	26
Серый А. И. О некоторых особенностях спиновой поляризации ферми-газов	27

Серый А. И. О некоторых теориях строения нейтронных звезд	28
Серый А. И. О нестабильности вращения нейтронных звезд	30
Серый А. И. О подходах к классификации фаз вещества в физике и астрофизике	31
Серый А. И. О факторах, влияющих на ход ядерных реакций	32
Серый А. И. Об использовании небесного глобуса в лабораторных работах по астрономии	33
Серый А. И. Об определении зенитных расстояний и параллаксов в лабораторных работах по астрономии	34
Серый А. И. Об определении расстояний до объектов по красному смещению в лабораторных работах по астрономии	36
Серый А. И., Сулим А. П. Об условиях бета-равновесия крайне вырожденного электронно-нуклонного вещества	37

Научное издание

АСТРОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
В БрГУ ИМЕНИ А. С. ПУШКИНА

Сборник материалов семинара

Подписано в печать 15.07.2022. Формат 60×84¹/₁₆. Бумага офсетная.

Гарнитура Таймс. Ризография. Усл. печ. л. 2,33. Уч.-изд. л. 2,33.

Тираж 15 экз. Заказ № 219.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования

«Брестский государственный университет имени А. С. Пушкина».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий

№ 1/55 от 14.10.2013.

224016, Брест, Мицкевича, 28.