

Анализ механизмов формирования и эволюционного изменения спектров звезд

А. А. Крушев, Дм. А. Крушев, Д. А. Крушев, Н. И. Славцик, П. А. Крушев.

Рассматриваются механизмы формирования и эволюционных изменений общих спектров звезд и газов в Метагалактике. Определено: звезды и газы в Метагалактике являются связанными квантово-термодинамическими системами, стремящимися к квантово-термодинамическому равновесию. Состояния газов в звездах и в космическом пространстве соответствуют непрерывным зависимостям между средней энергией возбужденных электронов, давлением и интенсивностью излучения. В разреженных космических газах и наружных газовых оболочках звезд происходят процессы увеличения энергии электронов, сопровождающиеся эволюционными процессами: распадом молекул с образованием атомарных состояний газов; квантовой ионизацией атомов с образованием многократно ионизированных нуклидов и жестким рентгеновским излучением. Формирование протозвездных облаков и эволюция звезд сопровождаются снижением средних энергий возбужденных электронов и смещением максимальной интенсивности общих спектров в мягкие рентгеновские частоты. Определена эволюционная последовательность классов звезд:

$$T \rightarrow L \rightarrow M \rightarrow K \rightarrow G \rightarrow F \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow O.$$

Определено: в протозвездных облаках присутствуют все известные химические элементы; последними этапами обычных звезд являются белые карлики; на всех этапах процессы эволюции звезд проходят спокойно.

Переход максимальных интенсивностей излучений через видимые длины волн объясняет высокую светимость звезд Вольфа-Райе.

Ключевые слова: механизмы формирования и изменения спектров звезд.

1. Введение

В астрономии уделяется большое внимание изучению и систематизированию эволюционных процессов в звездах и космических газах. Но проблема заключается в том, что для объяснения наблюдаемых

процессов в Метагалактике нужны теории, соответствующие реальным процессам. При теориях, не соответствующих реальным процессам, самое лучшее оборудование бесполезно. Соответствие теорий реальным процессам можно подтвердить только лабораторными проверками. Поэтому определение методов исследования эволюции звезд и вещества в Метагалактике, подтверждаемых в лабораторных условиях, является крайне актуальным.

Одним из немногих методов исследования звезд, имеющим возможность проверки теоретических моделей в лабораторных условиях, является спектроскопия. Объяснение механизмов формирования и эволюционных изменений спектров звезд является фундаментальной задачей, так как может оказать содействие в объяснении общих механизмов эволюции звезд.

Целью статьи является анализ механизмов формирования и эволюционных изменений общих спектров звезд.

2. Обзор наблюдаемого материала

Частоты максимальных интенсивностей излучений общих спектров звезд изменяются от радиочастот [1], [2] до рентгеновских частот [3]; [4]. Наблюдаемое смещение частот максимальных интенсивностей излучений общих спектров позволяет разделять звезды на Гарвардскую спектральную классификацию звезд. В звездах параллельно с изменениями частот максимальных интенсивностей излучений общих спектров наблюдаются изменения состояний газов – молекулярные, нейтральные, ионизированные и многократно ионизированные.

В статьях [5], [6] определено, что излучение и поглощение тепловой энергии сопровождается изменением энергии электронами.

В статье [7] определено, что молярная тепловая энергия газов соответствует средней энергии возбужденных электронов.

В статье [8] определена зависимость между температурой, средней энергией электронов и давлением:

$$R^{\gamma} T^{\gamma} = k k_E^{\gamma} \bar{E}^{\gamma} P^{\gamma-1}, \quad (1)$$

где R – универсальная газовая постоянная; T – абсолютная температура; \bar{E} – средняя энергия возбужденных электронов; P – давление; γ – показатель адиабаты; k – коэффициент пропорциональности между молярной тепловой энергией, молярным объемом и давлением; k_E – коэффициент пропорциональности между молярной тепловой энергией и средней энергией возбужденных электронов.

В статье [9] определены механизмы формирования общих спектров. Показано, что тепловые излучения формируются в результате взаимных возмущений между электромагнитными полями электронов сталкивающихся молекул. Формирование интенсивностей излучений в сериях происходит параллельно; интенсивности излучений общих спектров формируются в результате сумм интенсивностей излучений в сериях. Максимальные интенсивности излучений в общих спектрах не зависят от реальных температур и соответствуют средней энергии возбужденных электронов. Определено: в законах, разработанных для видимых частот спектров, таких как законы смещения Вина, уравнения Рэля–Джинса, Планка, можно использовать только частоты серии Бальмера и нельзя использовать частоты других серий или общих спектров.

3. Анализ изменения средней энергии возбужденных электронов в космических газах

Изменение средней энергии возбужденных электронов при поглощении или излучении энергии свидетельствует, что звезды и газы в Метагалактике можно рассматривать как связанные термодинамические системы с передачей энергии излучением.

В соответствии с формулой (1) изотермическое равновесие систем с разными давлениями соответствует уравнению:

$$T_1 = T_2 \Rightarrow \check{E}_1^Y P_1^{Y-1} = \check{E}_2^Y P_2^{Y-1}, \quad (2)$$

где T_1 и T_2 – температуры, P_1 и P_2 – давления, \check{E}_1 и \check{E}_2 – средние энергии возбужденных электронов соответственно в первой и второй термодинамических системах.

Так как давление в космических газах низкое, а внутреннее давление звезд высокое, то в соответствии с уравнением (2) стремление звезд и космических газов к термодинамическому равновесию должно сопровождаться увеличением средней энергии возбужденных электронов в космических газах и снижением средней энергии возбужденных электронов во внутренних объемах звезд.

В уравнении (1) зависимость температуры от средних энергий возбужденных электронов и давления свидетельствует, что температура определяется общей молярной мощностью излучения энергии:

$$T = f(W), \quad (3)$$

где W – молярная мощность общего излучения всех частот; f – функция зависимости температуры от молярной мощности излучения.

В соответствии с уравнением (3) термодинамическое равновесие космических газов может наблюдаться только при равновесии молярной мощности излучения космическими газами и мощности на один моль газа поступающего внешнего излучения:

$$T_1 = T_2 \Rightarrow W_1 = W_2, \quad (4)$$

где W_1 – молярная мощность излучения электронами атомов космических газов, W_2 – молярная мощность поступающего внешнего излучения, приходящаяся на моль газа.

Звезды и газы в Метагалактике излучают и поглощают энергию. Это позволяет рассматривать космические газы как квантовые термодинамические системы в соответствии с уравнениями (1) и (2).

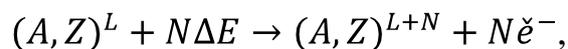
В космических газах процессы захвата электронами энергии излучения из космического пространства приводят к увеличению энергии электронов. Так как давление в разреженных космических газах низкое, $P \rightarrow 0$, то в соответствии с уравнениями (1) и (3) молярная мощность теплового излучения и температура космических газов стремятся к нулю, $W_1 \rightarrow 0 \Rightarrow T \rightarrow 0$, при любых энергиях электронов. Следовательно, в разреженных космических газах даже при незначительной мощности поступающего внешнего излучения из космического пространства оно превышает тепловое излучение нуклидов космических газов и электроны нуклидов, захватывая фотоны из космоса, постепенно увеличивают энергию:

$$W_1 < W_2 \Rightarrow \Delta\check{E} > 0,$$

где $\Delta\check{E}$ – приращение средней энергии электронами нуклидов.

Валентные энергетические уровни соответствуют только определенным энергиям электронов. При превышении энергии электронов валентных энергетических уровней происходит распад молекул на атомы.

Постепенно энергия электронов достигает отрыва электронов от атомов, происходит квантовая ионизация атомов, а в дальнейшем и многократная ионизация атомов:



где A – массовое число; Z – заряд ядра; \check{e}^- – свободный электрон с энергией ионизации; L и N – целые числа; ΔE – приращение энергии излучения.

Следовательно, в разреженных космических газах происходит эволюционное увеличение энергий возбужденных электронов сопровождающееся распадом молекул с образованием многократно ионизированных нуклидов. Ионизированные нуклиды притягивают свободные электроны из окружающего пространства, что сопровождается жесткими излучениями в сериях.

Процессы захвата электронами энергии излучения из космоса объясняют механизмы образования многократной ионизации нуклидов и жесткого рентгеновского излучения в коронах звезд и космических газах.

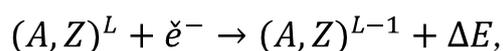
В соответствии с механизмами формирования общих спектров [9], в разреженных космических газах в результате высоких энергий электронов и низких давлений переходы электронов происходят между высокими энергетическими уровнями и подуровнями. Это объясняет инфракрасное и радиоизлучение разреженных космических газов.

4. Анализ изменения средних энергий электронов при формировании протозвездных облаков и эволюции звезд

Космические газы по плотности не однородны и динамически активны. В результате сил гравитации происходит сгущение космических газов в протозвездные облака. При гравитационном сжатии космических газов происходит увеличение давления. В соответствии с уравнением (1) с увеличением давления происходит увеличение интенсивности теплового излучения электронами. При превышении интенсивности теплового излучения космических газов над интенсивностью поступающего внешнего излучения начинаются процессы эволюционного снижения средних энергий электронов в нуклидах:

$$W_1 > W_2 \Rightarrow \Delta \check{E} < 0,$$

Снижение средней энергии электронов в нуклидах сопровождается снижением степени ионизации нуклидов



и переходом газов из атомарных состояний в молекулярные состояния.

Следовательно, в космических газах молекулярные соединения образуются при формировании протозвездных облаков. При образовании молекулярных соединений происходит резкое снижение электронов по энергетическим уровням, сопровождающееся излучением энергии. Возможно, это может вызывать интенсивное свечение космических туманностей независимо от наличия близких источников энергии.

В протозвездных облаках давление, вызванное гравитационным сжатием, неоднородно. В центре протозвездных облаков происходит эволюционное увеличение давления, а в наружных слоях остается низкое, постепенно переходящее в космический вакуум.

В соответствии с уравнениями (2) и (4) слои протозвездных облаков можно рассматривать как квантовые термодинамические системы с разными давлениями, стремящиеся к равновесию молярных мощностей излучения. При эволюционном сжатии протозвездных облаков равновесие молярных мощностей излучений между внутренними и внешними слоями может наблюдаться только при снижении энергии электронов во внутренних областях и увеличении энергии электронов во внешних областях.

В соответствии с механизмами формирования общих спектров [9], во внутренних оболочках звезд в результате эволюционного снижения средней энергии электронов максимальные интенсивности излучений спектров смещаются на нижние энергетические уровни, в сторону мягких рентгеновских частот. В наружных слоях газовых оболочек звезд, находящихся при низком давлении, в результате захвата энергии излучения из внутренних областей звезд происходит эволюционное увеличение энергии электронов, что сопровождается смещением максимальных интенсивностей излучений в инфракрасные частоты. В средних слоях звезд формирование спектров происходит на средних энергетических уровнях. В результате общие спектры звезд представляют сложную сумму спектров с разных слоев звезд.

Эволюционное излучение энергии в окружающее пространство сопровождается эволюционным снижением возбужденных электронов по энергетическим уровням в нуклидах звезд. Снижение средних энергий электронов сопровождается снижением относительных интенсивностей излучений инфракрасных серий и увеличением относительных интенсивностей излучений ультрафиолетовой (Лаймана) и рентгеновской (К) серий. Это объясняет эволюционное смещение максимальных интенсивностей излучений общих спектров звезд в мягкие рентгеновские частоты и эволюционное увеличение энергий излучаемых фотонов.

Из реальных наблюдений известно, что как при снижении энергии электронов, так и при увеличении давления происходит конденсация газов в жидкие и твердые состояния. Следовательно, во внутренних областях звезд снижение энергии электронов и увеличение давления должно сопровождаться конденсацией газов в жидкое и твердое состояние. Со снижением масс газовых оболочек звезд увеличивается прозрачность газовых

оболочек. Эволюционное увеличение энергии фотонов излучаемых из внутренних областей звезд, и эволюционное увеличение прозрачности газовых оболочек звезд сопровождается эволюционным увеличением молярной мощности излучений, поступающих к нуклидам в верхних слоях газовых оболочек звезд, что сопровождается эволюционным увеличением энергии электронов и эволюционными изменениями состояний газов в верхних слоях: молекулярные → атомарные → ионизированные → многократно ионизированные. Так как фотосфера относится к верхним слоям газовых оболочек звезд, то температурная (гарвардская) спектральная классификация звезд отслеживает эволюционные изменения только верхних слоев газовых оболочек звезд, имеющих низкие давления и относительно низкие массы.

В связи с тем, что по отношению к общим массам звезд относительные массы фотосфер звезд низкие, эволюционные изменения интенсивностей излучений фотосфер практически не влияют на эволюционные смещения максимальных интенсивностей излучений общих спектров звезд. Поэтому, эволюционное излучение энергии в космическое пространство сопровождается снижением средних энергий электронов в нуклидах звезд и смещением максимальных интенсивностей излучений общих спектров звезд из инфракрасных частот в мягкие рентгеновские частоты, что соответствует эволюционной последовательности классов звезд:

$$T \rightarrow L \rightarrow M \rightarrow K \rightarrow G \rightarrow F \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow O.$$

В данной последовательности плавное снижение энергии электронов во внутренних объемах звезд сопровождается плавным увеличением энергии электронов в фотосфере звезд и наблюдаемым плавным изменением химического состава звезд. Анализ эволюционного изменения химического состава звезд показывает: при образовании протозвездных облаков присутствуют все известные химические элементы. Последними этапами обычных звезд являются белые карлики. Эволюционное снижение средних энергий электронов в звездах сопровождается наблюдаемыми плавными изменениями относительных интенсивностей линий всех химических элементов. Плавные изменения как смещения максимальных интенсивностей излучений спектров, так и химического состава свидетельствуют: данная последовательность является эволюционной, и все эволюционные этапы звезд от протозвездных облаков до последних стадий белых карликов проходят спокойно.

В результате анализа спектров звезд Вольфа-Райе [10] можно сделать вывод: снижение масс газовых оболочек звезд, сопровождающееся увеличением прозрачности газовых оболочек и переходом максимальных

интенсивностей излучений через видимые частоты, объясняет высокую интенсивность излучений звезд Вольфа-Райе в видимых частотах.

В соответствии с выводами в статье [9], максимальные интенсивности общих спектров определяют средние энергии электронов и по максимальным интенсивностям общих спектров нельзя определять температуру. Поэтому Гарвардскую классификацию звезд нужно рассматривать как классификацию звезд по эволюционному снижению средних энергий электронов в звездах.

5. Вывод

В результате анализа механизмов формирования и эволюционных изменений общих спектров звезд и космических газов определено: звезды и газы в Метагалактике являются связанными квантово-термодинамическими системами. Состояния газов в звездах и в Метагалактике соответствуют непрерывным зависимостям между энергией электронов, давлением и интенсивностью излучения.

В разреженных космических газах и наружных газовых оболочках звезд в результате захвата электронами энергии излучения происходят процессы увеличения энергии возбужденных электронов, сопровождающиеся эволюционными процессами: распадом молекул с образованием атомарных состояний газов; квантовой ионизацией атомов с образованием многократно ионизированных нуклидов и жестким рентгеновским излучением.

Формирование протозвездных облаков и эволюция звезд сопровождаются снижением средних энергий возбужденных электронов и смещением максимальной интенсивности излучений общих спектров в мягкие рентгеновские частоты. Определена эволюционная последовательность классов звезд:

$$T \rightarrow L \rightarrow M \rightarrow K \rightarrow G \rightarrow F \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow O.$$

Определено: в протозвездных облаках присутствуют все известные химические элементы; последними этапами обычных звезд являются белые карлики; на всех этапах эволюционной последовательности звезд от формирования протозвездных облаков до последних стадий белых карликов процессы эволюции звезд проходят спокойно.

Переход максимальных интенсивностей излучений через видимые длины волн объясняет высокую светимость звезд Вольфа-Райе.

Литература

1. Амирханян, В. Р. Оптические спектры и красные смещения радиоисточников Зеленчукского обзора / В. Р. Амирханян [и др.] // Письма астрон. журн. 2004. Т. 30, № 12. С. 915–923.
2. Barnbaum, C. Moderate-Resolution Spectral Atlas of Carbon Stars: R, J, N, CH, and Barium Stars / C. Barnbaum [et al.]// [1996ApJS..105..419B](#)
3. Kleinman, S. J. A Catalog of Spectroscopically Identified White Dwarf Stars in the First Data Release of the Sloan Digital Sky Survey / S. J. Kleinman [et al.] // [2004ApJ...607..426K](#)
4. Stefano, R. Di. The Discovery of Quasi-soft and Supersoft Sources in External Galaxies / R. Di Stefano, A. K. H. Kong // [2004ApJ...609..710D](#)
5. Bohr, N. Atomic Structure / N. Bohr // Nature. 107, 104–107 (1921).
6. Bohr, N. Atomic Structure / N. Bohr // Nature. 108, 208–209 (1921).
7. Крушев, Дм. А. Анализ зависимости изменения средней энергии электронов в идеальных газах / Дм. А. Крушев [и др.] // *Анализ квантовых механизмов...* (Четыре четверти, Минск, 2010), С. 11–13.
8. Крушев, А. А. Анализ зависимостей между молярной тепловой энергией, средней энергией возбужденных электронов, температурой, давлением и молярным объемом в идеальных газах / А. А. Крушев [и др.] // *Анализ квантовых механизмов...* (Четыре четверти, Минск, 2010), С. 14–16.
9. Крушев, А. А. Анализ механизмов формирования интенсивностей излучений в общих спектрах / А. А. Крушев [и др.] // *Анализ квантовых механизмов...* (Четыре четверти, Минск, 2010), С. 17–24.
10. Schmutz, W. Spectral analysis of 30 Wolf–Rayet stars / W. Schmutz [et al.] // [1989A&A...210..236S](#)