Анализ зависимостей изменения молярной тепловой энергии в идеальных газах

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

Все авторы имеют равное участие в данной статье

В статье определены зависимости между молярной тепловой энергией, давлением, температурой и молярным объемом в идеальных газах.

Ключевые слова: зависимости изменения молярной тепловой энергии идеальных газов.

1. Введение

Во всех термодинамических процессах, кроме адиабатических, изменение состояний идеальных газов сопровождается изменением молярной тепловой энергии. Для расчетов непрерывных термодинамических процессов определение непрерывных зависимостей между молярной тепловой энергией, средней энергией возбужденных электронов, температурой, давлением и молярным объемом в идеальных газах является актуальным.

Целью статьи является определение непрерывных зависимостей между молярной тепловой энергией, давлением, температурой и молярным объемом в идеальных газах.

2. Анализ зависимости между молярной тепловой энергией, температурой, давлением и молярным объемом в идеальных газах

Зависимость между температурой, давлением и молярным объемом в идеальных газах соответствует уравнениям [1]; [2]; [3]

в уравновешенных процессах:

$$VP = RT, \tag{1}$$

где T – абсолютная температура; R – универсальная газовая постоянная; V – молярный объем; P – давление;

в адиабатических процессах:

$$E = \text{const} => PV^{\gamma} = \text{const}, \quad (2)$$

$$E = \text{const} => V^{\gamma-1}T = \text{const}, \quad (3)$$

$$E = \text{const} => P^{\gamma-1}T^{-\gamma} = \text{const}, \quad (4)$$

где E – молярная тепловая энергия (энергия излучения, накопленная в одном моле); γ – показатель адиабаты.

Изменение уравновешенных состояний идеальных газов сопровождается изменением молярной тепловой энергии

в изохорных процессах:

$$V = const => \Delta E = V\Delta P; \quad (5)$$

$$V = const => \Delta E = \Delta T; \quad (6)$$

в изобарных процессах:

$$P = const => \Delta E = \Delta VP, \quad (7)$$

$$P = const => \Delta E = \Delta T, \quad (8)$$

где ΔE – приращение молярной тепловой энергии (энергии излучения); ΔV – приращение молярного объема; ΔP – приращение давления; ΔT – приращение температуры.

Из уравнений (5)–(8) следует, что зависимость между молярной тепловой энергией, давлением и молярным объемом в первом приближении можно записать:

$$E = f(V, P, T), \quad (9)$$

где f – функция зависимости между молярной тепловой энергией; молярным объемом; давлением и температурой.

Для определения непрерывных зависимостей между молярной тепловой энергией, температурой, молярным объемом и давлением в реальных смешанных процессах можно воспользоваться тем, что уравнения адиабатических процессов представляют точные уравнения зависимостей между постоянной молярной тепловой энергией, давлением, температурой и молярным объемом. Решая уравнения (9), (2)–(4), получаем зависимости между молярной тепловой энергией, температурой, давлением и молярным объемом в идеальных газах, с точностью до коэффициентов пропорциональностей:

$$k_1 PV^{\gamma} = E^{\gamma}, \quad (10)$$

$$k_2 V^{\gamma-1}T = E^{\gamma}, \quad (11)$$

$$k_3 T^{\gamma} = E^{\gamma}P^{\gamma-1}, \quad (12)$$

из уравнений (10)–(12) получаем:

$$k_4 T^{\gamma} = V^{\gamma}P^{\gamma}, \quad (13)$$

где k_1, k_2, k_3, k_4 – коэффициенты пропорциональности.

Уравнение (13) тождественно уравнению состояния идеальных газов Менделеева-Клапейрона (1). Это свидетельствует, что полученные уравнения (10)–(13) определяют зависимости между молярной тепловой энергией, температурой, давлением и молярным объемом во всех термодинамических процессах.

Решая уравнения (1) и (10)–(13), получаем точные уравнения непрерывных зависимостей между молярной тепловой энергией, температурой, давлением и молярным объемом для всех термодинамических процессов в идеальных газах:

$$kE^{\gamma} = PV^{\gamma},$$
$$kE^{\gamma} = RTV^{\gamma-1},$$
$$kE^{\gamma}P^{\gamma-1} = R^{\gamma}T^{\gamma},$$

где k – коэффициент пропорциональности, определяющий зависимость между молярной тепловой энергией, давлением и молярным объемом:

$$k = 1\left(\frac{\text{м}^3}{\text{Дж}}\right)^{\gamma-1}.$$

Определение точных уравнений состояния идеальных газов, определяющих зависимости изменений между молярной тепловой энергией, давлением, температурой и молярным объемом позволяет учитывать изменения молярной тепловой энергии при расчетах термодинамических процессов в идеальных газах.

3. Заключение

В результате анализа зависимостей изменений состояний идеальных газов, определены зависимости между молярной тепловой энергией, давлением, температурой и молярным объемом для всех термодинамических процессов в идеальных газах:

$$kE^{\gamma} = PV^{\gamma},$$
$$kE^{\gamma} = RTV^{\gamma-1},$$
$$kE^{\gamma}P^{\gamma-1} = R^{\gamma}T^{\gamma}.$$

Определен коэффициент пропорциональности, определяющий зависимость между молярной тепловой энергией, давлением и молярным объемом:

$$k = 1\left(\frac{\text{м}^3}{\text{Дж}}\right)^{\gamma-1}.$$

Литература

1. Clapeyron, E. Mémoire sur la puissance motrice de la chaleur / E. Clapeyron // *Journal de l'École Polytechnique. XIV*, 153–90 (1834) (French).
2. Clausius, R. Ueber die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen / R. Clausius // Annalen der Physik und Chemie. **100**, 353–79 (1857) doi: 10.1002/andp.18571760302. (German)
3. Krönig, A. Grundzüge einer Theorie der Gase / A. Krönig // *Annalen der Physik* 99, 315–22 (1856). doi: 10.1002/andp.18561751008. (German)

Анализ зависимости изменения средней энергии электронов в идеальных газах

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

Все авторы имеют равное участие в данной статье

В статье определены зависимости между изменениями молярной тепловой энергией и средней энергией возбужденных электронов в идеальных газах. Определено: изменение молярной тепловой энергии прямо пропорционально изменениям средних энергий возбужденных электронов молекул; излучение и поглощение энергии излучения электронами является основным механизмом передачи тепловой энергии в термодинамических системах.

Ключевые слова: состояния идеальных газов; изменения средней энергии возбужденных электронов в идеальных газах.

1. Введение

Из реальных наблюдений известно: поглощение и излучение тепловой энергии изменяет состояния идеальных газов. Развитие таких наук, как спектроскопия, требует объяснения и определения зависимостей между изменениями молярной тепловой энергии и средней энергии электронов в идеальных газах.

Целью статьи является: определение зависимости между изменением молярной тепловой энергии и изменением средней энергии возбужденных электронов в идеальных газах.

2. Анализ зависимости изменения средней энергии возбужденных электронов в идеальных газах

В соответствии с теорией Бора [1], [2] электроны имеют дискретные энергетические уровни. Процессы приращения энергии излучения сопровождаются изменением энергии возбужденных электронов. Следовательно, при термодинамических процессах в идеальных газах, приращение энергии излучения должно сопровождаться приращением энергии возбужденных электронов.

В молярных объемах количество молекул и возбужденных электронов постоянно. Следовательно, приращение молярной тепловой энергии (энергии

излучения) сопровождается прямо пропорциональным приращением средней энергии электронов в молекулах:

$$\Delta E \propto \Delta \breve{E}, \quad (1)$$

где ΔE – приращение молярной тепловой энергии (энергии излучения); $\Delta \breve{E}$ – среднее приращение энергии возбужденными электронами.

Из пропорциональности (1) следует, что в молекулах идеальных газов молярная тепловая энергия прямо пропорциональна средней энергии возбужденных электронов:

$$E = k_E \breve{E},$$

где E – молярная тепловая энергия (энергия излучения, накопленная в одном моле); $\breve{E}$ – средняя энергия возбужденных электронов; k_E – коэффициент пропорциональности между молярной тепловой энергией и средней энергией возбужденных электронов.

Это свидетельствует о тождественности молярной тепловой энергии идеальных газов, средней энергии возбужденных электронов:

$$E \equiv \breve{E}.$$

Тождественность молярной тепловой энергии средней энергии возбужденных электронов объясняет механизмы излучения и поглощения тепловой энергии, а также механизмы изменения средней энергии возбужденных электронов в идеальных газах. Процессы излучения и поглощения энергии электронами являются основными механизмами передачи тепловой энергии. Следовательно, термодинамические системы, перегороженные вакуумными перегородками, нужно рассматривать как связанные системы.

3. Заключение

В результате анализа механизмов излучения и поглощения энергии при термодинамических процессах, определено: механизмы изменения молярной тепловой энергии в идеальных газах определяются процессами изменения средней энергии возбужденных электронов. Молярная тепловая энергия в идеальных газах прямо пропорциональна средней энергии возбужденных электронов:

$$E = k_E \breve{E}.$$

Процессы излучения и поглощения энергии электронами являются основными механизмами передачи тепловой энергии. Термодинамические системы, перегороженные вакуумными перегородками, являются связанными системами.

Литература

1. Bohr, N. Atomic Structure. / N. Bohr // *Nature*. 107, 104–107 (1921).
2. Bohr, N. Atomic Structure. / N. Bohr // *Nature*. 108, 208–209 (1921).
3. Clapeyron, E. Mémoire sur la puissance motrice de la chaleur / E. Clapeyron, // *Journal de l'École Polytechnique*. XIV, 153–90 (1834) (French).
4. Clausius, R. Ueber die Art der Bewegung, welche wir Wärme nennen / R. Clausius, // *Annalen der Physik und Chemie*. **100**, 353–79 (1857) doi: 10.1002/andp.18571760302. (German).
5. Krönig, A. Grundzüge einer Theorie der Gase / A. Krönig // *Annalen der Physik* **99**, 315–22 (1856). doi: 10.1002/andp.18561751008. (German).

Анализ зависимостей между молярной тепловой энергией, средней энергией возбужденных электронов, температурой, давлением и молярным объемом в идеальных газах

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

Все авторы имеют равное участие в данной статье

Определены зависимости между молярной тепловой энергией, средней энергией возбужденных электронов, температурой, давлением и молярным объемом во всех термодинамических процессах.

Ключевые слова: состояния идеальных газов; молярная тепловая энергия идеальных газов; зависимость средней энергии возбужденных электронов в идеальных газах.

1. Введение

В настоящее время быстро развивается спектроскопия. Для объяснения методами анализа спектров процессов в термодинамике, а так же наблюдаемых процессов в Метагалактике требуется определение зависимостей между изменениями молярной тепловой энергии, средней энергии возбужденных электронов, температурой, давлением и молярным объемом.

Целью статьи является определение зависимостей между молярной тепловой энергией, средней энергией возбужденных электронов, температурой, давлением и молярным объемом в идеальных газах.

2. Анализ зависимостей между изменениями молярной тепловой энергией, средней энергией возбужденных электронов, температурой, давлением и молярным объемом в идеальных газах

В статье [1] определены зависимости между молярной тепловой энергией, температурой, давлением и молярным объемом:

$$kE^{\gamma} = PV^{\gamma}, \tag{1}$$

$$kE^{\gamma} = RTV^{\gamma-1}, \tag{2}$$

$$kE^{\gamma}P^{\gamma-1} = R^{\gamma}T^{\gamma}, \tag{3}$$

где E – молярная тепловая энергия (энергия излучения накопленная в одном моле); T – абсолютная температура; V – молярный объем; P – давление; R – универсальная газовая постоянная; γ – показатель адиабаты; k – коэффициент пропорциональности между молярной тепловой энергией, давлением и молярным объемом.

В статье [2] определено, что молярная тепловая энергия прямо пропорциональна средним энергиям возбужденных электронов:

$$E = k_E \breve{E}, \tag{4}$$

где $\breve{E}$ – средняя энергия возбужденных электронов; k_E – коэффициент пропорциональности между молярной тепловой энергией и средней энергией возбужденных электронов.

Заменяя в уравнениях (1)–(3) в соответствии с уравнением (4) молярную тепловую энергию на среднюю энергию возбужденных электронов, получаем тождественные уравнения зависимостей между молярной тепловой энергией, средней энергией возбужденных электронов, температурой, давлением и молярным объемом для всех термодинамических процессов:

$$kE^{\gamma} = PV^{\gamma} \equiv kk_E^{\gamma}\breve{E}^{\gamma} = PV^{\gamma},$$

$$kE^{\gamma} = RTV^{\gamma-1} \equiv kk_E^{\gamma}\breve{E}^{\gamma} = RTV^{\gamma-1},$$

$$kE^{\gamma}P^{\gamma-1} = R^{\gamma}T^{\gamma} \equiv kk_E^{\gamma}\breve{E}^{\gamma}P^{\gamma-1} = R^{\gamma}T^{\gamma}.$$

Определение непрерывных зависимостей между молярной тепловой энергией, средней энергией возбужденных электронов, температурой, давлением и молярным объемом позволяет объяснять процессы изменения энергии возбужденными электронами при термодинамических процессах и производить расчеты во всех термодинамических процессах.

3. Заключение

Определены непрерывные зависимости между молярной тепловой энергией, средней энергией возбужденных электронов, температурой, давлением и молярным объемом:

$$kE^{\gamma} = PV^{\gamma} \equiv kk_E^{\gamma}\breve{E}^{\gamma} = PV^{\gamma},$$

$$kE^{\gamma} = RTV^{\gamma-1} \equiv kk_E^{\gamma}\breve{E}^{\gamma} = RTV^{\gamma-1},$$

$$kE^{\gamma}P^{\gamma-1} = R^{\gamma}T^{\gamma} \equiv kk_E^{\gamma}\breve{E}^{\gamma}P^{\gamma-1} = R^{\gamma}T^{\gamma}.$$

Литература

1. Крушев, Д. А. Анализ зависимостей изменения молярной тепловой энергии в идеальных газах / Д. А. Крушев [и др.] // *Анализ квантовых механизмов…* (Четыре четверти, Минск, 2010), С. 7–10.
2. 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.

Анализ механизмов формирования интенсивностей излучений в общих спектрах

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

Все авторы имеют равное участие в данной статье

Рассматриваются механизмы формирования интенсивностей излучений в сериях и общих спектрах. Определено: тепловые излучения формируются в результате возмущений, оказываемых на электроны электромагнитными силами электронных оболочек сталкивающихся молекул. Формирование интенсивностей излучений в сериях происходит параллельно; интенсивности излучений общих спектров формируются в результате сумм интенсивностей излучений всех серий; в формулах термодинамики, определенных для видимых частот спектров, можно использовать только частоты серии Бальмера и нельзя использовать частоты других серий или общих спектров.

Ключевые слова: механизмы формирования спектров.

1. Введение

В последнее время быстро развивается спектроскопия. Преимуществами спектроскопии являются дистанционность исследований и возможность лабораторной проверки теорий. В спектроскопии объяснение формирования интенсивностей излучений в сериях и общих спектрах является фундаментальной задачей, так как может оказать содействие в объяснении возмущений зависимостей эффективных температур от смещения максимальных интенсивностей излучений в сериях и общих спектрах, а так же объяснить механизмы эволюционных изменений спектров звезд и газов в Метагалактике.

Целью статьи является анализ механизмов формирования общих спектров.

2. Анализ формирования интенсивностей излучений в отдельных сериях и общих спектрах

Из реальных наблюдений известно, что частоты максимальных интенсивностей излучений общих спектров изменяются от радиочастот [1], [2] до рентгеновских частот [3]; [4]. В общих спектрах на границах серий наблюдается Бальмеровский скачок интенсивностей излучений.

Зависимость максимальной интенсивности излучений видимых длин волн от температуры определена законом смещения Вина:

$$\lambda_{\max} = 0{,}0028999T^{-1}, \quad (1)$$

где $\lambda_{\max}$ – длины волн максимальной интенсивности излучения, в метрах, T – абсолютная температура.

При этом как в адиабатических, так и в изохорных процессах изменение длин максимальной интенсивности излучения обратно пропорционально приращению энергии излучения.

Но, при расчетах эффективных температур одних и тех же объектов, по частотам максимальных интенсивностей излучений в разных сериях, получаются разные эффективные температуры [5].

В статье [6] определено: непрерывная зависимость между температурой, средней энергией возбужденных электронов и давлением соответствует уравнению

$$R^{\gamma}T^{\gamma} = kk_E^{\gamma}\breve{E}^{\gamma}P^{\gamma-1}, \quad (2)$$

где R – универсальная газовая постоянная; $\breve{E}$ – 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.

Из уравнения (1) получаем:

$$T = 0{,}0028999\lambda_{\max}^{-1}. \quad (3)$$

Подставляя зависимость температуры от длины волны максимальной интенсивности (3) в уравнение (2), получаем:

$$\breve{E}^{\gamma}P^{\gamma-1}\lambda_{\max}^{\gamma} = \text{konst}. \quad (4)$$

Из уравнения (4) видно, что длины волн максимальных интенсивностей излучений зависят как от средней энергии возбужденных электронов, так и от давления.

Зависимость длин волн максимальных интенсивностей от энергии электронов и давления можно объяснить следующим.

В соответствии с теорией Бора [7], [8] электроны имеют дискретные энергетические уровни. Из этого можно предположить, что для перехода отдельно взятого электрона с одного дискретного энергетического уровня на другой электрон должен получить внешнее возмущение, соответствующее энергии перехода. Для перехода электрона на более высокий энергетический уровень электрон должен захватить фотон с энергией равной энергии

перехода. Для снижения электрона на более низкий энергетический уровень электрон должен получить тормозное возмущение, с энергией соответствующей энергии перехода электрона. Без внешнего воздействия электроны на дискретных энергетических уровнях могут находиться неопределенно долгое время.

В идеальных газах расстояния между молекулами значительно больше размеров молекул. Атомы и молекулы в идеальных газах можно рассматривать как точечные ядра, окруженные электронными оболочками с отрицательными зарядами. В результате действия электромагнитных сил электронные оболочки соседних молекул отталкиваются друг от друга. В результате движения электронов, при разных положениях возбужденных электронов в соседних молекулах электромагнитные силы отталкивания между электронными оболочками соседних молекул неравномерны. Это объясняет броуновское движение молекул с максвелловским распределением скоростей молекул в газах.

Мощность ударов между молекулами зависит от скорости сближения молекул и расстояний между их траекториями движения. При увеличении средней энергии возбужденных электронов, а также при сжатии газов изменяются расстояния между возбужденными электронами соседних молекул. Это объясняет прямо пропорциональную зависимость интенсивности броуновского движения молекул как от изменения энергии возбужденных электронов, так и от изменения давления.

Электрическое поле электронных оболочек является объемным. При ударах молекул происходит взаимное воздействие электрических полей электронных оболочек молекул на все возбужденные электроны взаимодействующих молекул, это приводит к тормозному возмущению движения электронов на всех энергетических уровнях в соответствии с мощностью ударов молекул. При энергии ударов молекул ниже энергии, необходимой для перехода электрона с одного энергетического уровня на другой, возмущения остаются упругими, без перехода электронов по энергетическим уровням.

Так как скорость броуновского движения молекул различна и соответствует дисперсии, расстояния между траекториями молекул различны и соответствуют дисперсии, то и энергии ударов между молекулами различны и соответствуют дисперсии относительно средней энергии ударов. Следовательно, и переходы электронов с одних и тех же энергетических уровней соответствуют дисперсии относительно средней энергии переходов. В результате дисперсии переходов электронов по энергетическим уровням

формирование интенсивностей излучений во всех сериях происходит параллельно (рис. 1, *a, b, c*). Это подтверждается анализом интенсивностей разных серий спектров звезд в статье [5].

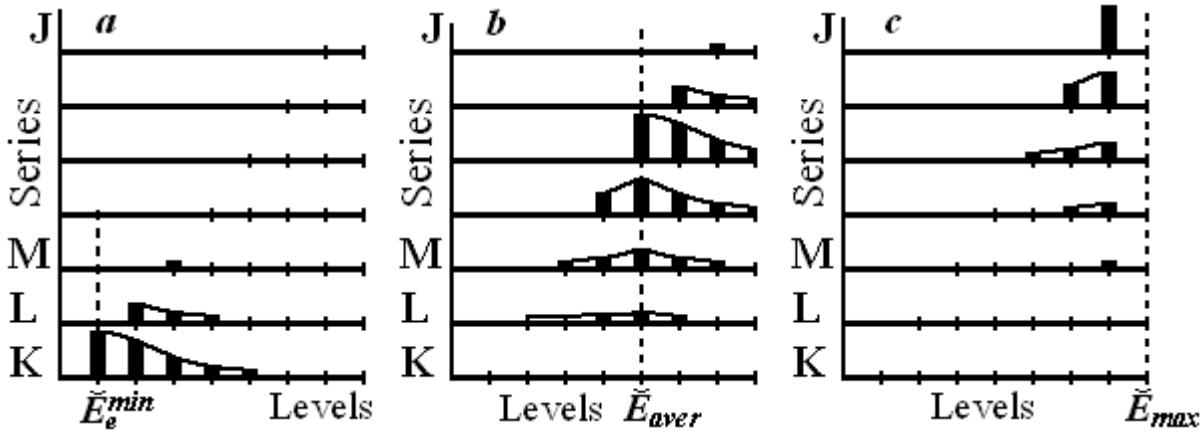

Рис. 1. Формирование относительных интенсивностей излучений в сериях в зависимости от изменения энергии электронов:

a) при низких энергиях электронов $\breve{E}_{min}$;

b) при средних значениях энергии электронов $\breve{E}_{aver}$;

c) при высоких энергиях электронов $\breve{E}_{max}$ -- энергия ионизации.

Тонкие линии показывают дисперсию интенсивностей излучений в сериях.

Пунктирные линии соответствуют средним энергиям возбужденных электронов.

В разных сериях, аналогичные переходы электронов имеют разные энергии переходов. Наименьшую энергию аналогичных переходов электронов имеют электроны на верхних энергетических уровнях. Со снижением энергетических уровней мощность аналогичных переходов электронов увеличивается. Разные энергии аналогичных переходов электронов на разных энергетических уровнях приводят к тому, что в термодинамических системах, в которых давление отлично от нуля, в результате взаимных ударов молекул, происходит торможение электронов с более высокими энергиями и распределение возбужденных электронов по энергетическим уровням в соответствии с дисперсией относительно средних энергий возбужденных электронов. Снижение средних энергий возбужденных электронов сопровождается соответствующим снижением относительных интенсивностей излучений инфракрасных серий и увеличением относительных интенсивностей ультрафиолетовой (Лаймана) и рентгеновской (К) серий (рис. 1, *c, b, a*).

В сериях наименьшую энергию имеют переходы с ближайших энергетических подуровней и уровней. В соответствии с уравнением (4) это объясняет относительно высокую интенсивность мягких излучений в сериях при низких давлениях и зависимость смещения частот максимальных

интенсивностей излучений от изменения энергии электронов и давления в изобарных, изохорных и адиабатических процессах в серии Бальмера, определенные законом смещения Вина (1).

Параллельное формирование интенсивностей излучений во всех сериях свидетельствует об аналогичности формирования интенсивностей излучений во всех сериях.

В сериях наблюдается изменение смещения интенсивностей излучений от верхних границ серий. Это объясняется двумя причинами. Первая: при средних энергиях возбужденных электронов значительно ниже энергии ионизации, дисперсией распределения электронов по энергетическим уровням объясняется плавное снижение интенсивностей жестких излучений в сериях (рис. 1, *a, b*). Вторая: ионизация атомов сопровождается переходом частот и интенсивностей излучений в другие участки общего спектра. Ионизация газов объясняет резкое снижение интенсивностей излучений возле границ высоких частот в сериях (рис. 1, *c*). В зависимости от энергий поступающих фотонов ионизация атомов происходит с разных энергетических уровней. Изменение энергий захватываемых фотонов электронами объясняет изменение смещения резкого снижения интенсивностей излучений от границ высоких частот серий.

Интенсивность излучения общих спектров формируется в результате суммы интенсивностей излучений всех серий.

В общих спектрах частоты серий расположены последовательно. На границах серий происходит скачкообразный переход от мягких излучений в одной серии к жестким излучениям в другой серии. Разные типы излучений, образованные переходами электронов с разных энергетических уровней, объясняют механизм образования на границах серий Бальмеровского скачка интенсивностей излучений.

При анализе механизмов формирования интенсивностей излучений общих спектров определено: первое, в общих спектрах, на участках частот разных серий формируются интенсивности излучений от переходов электронов с одних и тех же энергетических уровней. Следовательно, частоты общих спектров не имеют непрерывных зависимостей от изменения энергии электронов.

Второе, максимальные интенсивности общих спектров соответствуют средним энергиям возбужденных электронов. Это является существенным, так как по смещениям максимальных интенсивностей общих спектров можно определять изменения средних энергий возбужденных электронов:

$$\breve{E} = f(\tilde{\lambda}_{\max}),$$

где $\tilde{\lambda}_{\max}$ – длины волн максимальной интенсивности излучений в общих спектрах; f – функция, определяющая зависимость средней энергии возбужденных электронов от длин волн максимальных интенсивностей излучений в общих спектрах.

Как определено в работах [9] и [6], средняя энергия возбужденных электронов тождественна молярной тепловой энергии в газах:

$$E \equiv \breve{E},$$

где E – молярная тепловая энергия (энергия излучения, накопленная в одном моле).

Следовательно, по максимальной интенсивности излучений общих спектров можно определять молярную тепловую энергию в газах.

Третье. В соответствии с уравнением (2) изотермические системы с разными давлениями должны соответствовать уравнению:

$$T_1 = T_2 => \breve{E}_1^{\gamma} P_1^{\gamma-1} = \breve{E}_2^{\gamma} P_2^{\gamma-1}, \quad (5)$$

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

В соответствии с уравнением (5) в изотермических системах с разными давлениями средние энергии возбужденных электронов и частоты максимальных интенсивностей общих спектров должны быть разными (рис. 1, *a, b, c*). Изотермическое равновесие термодинамических систем с разными давлениями и энергиями электронов должно соответствовать одинаковой молярной мощности общих излучений этими системами. Следовательно, по частотам максимальных интенсивностей излучений общих спектров нельзя определять температуры.

Четвертое. Параллельное формирование интенсивностей излучений во всех сериях сопровождается формированием в каждой серии своих максимальных интенсивностей излучений (рис. 1, *a, b, c*), соответствующих одним и тем же состояниям идеальных газов. Следовательно, в законах определенных для видимых частот спектров, таких как законы смещения Вина (1), уравнения Рэлея–Джинса, Планка и др., можно использовать только частоты серии Бальмера и нельзя использовать частоты максимальных интенсивностей других серий или общих спектров. Это объясняет причины «ультрафиолетовой катастрофы», получения разных эффективных температур при использовании частот разных серий, например [5], и невозможность подбора универсальных функций и коэффициентов для формул при использовании частот общих спектров.

Уравнение (4), тоже относится только к серии Бальмера. Возможно, оно справедливо и для других серий, но у авторов нет возможности проверки данного уравнения в разных сериях.

Во многих случаях доступны только частоты отдельных серий, но требуется определение эффективных температур. Так как формирование интенсивностей излучений происходит параллельно во всех сериях и механизмы формирования интенсивностей излучений одинаковы для всех серий, следовательно, для всех серий можно определить общие закономерности перевода частот разных серий в условные частоты серии Бальмера, для которой существуют разработанные и проверенные уравнения состояний идеальных газов.

В результате ионизации атомов срез жестких интенсивностей излучений во всех сериях должен соответствовать одним и тем же энергиям электронов (рис. 1, *c*). Это подтверждается соответствием интенсивностей разных серий при накладывании их друг на друга в статье [5]. В соответствии с формулой Ридберга (Rydberg) частоты разных серий, от переходов электронов с одних и тех же энергетических уровней, можно перевести в условные частоты серии Бальмера в соответствии с уравнением:

$$\tilde{\nu} = \nu_i + R\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{i^2}\right),$$

где $\tilde{\nu}$ – условная частота серии Бальмера; ν_i – частота среза интенсивностей жестких излучений в исследуемой серии; R – постоянная Ридберга; i – номер энергетического уровня исследуемой серии.

Нужно учитывать, что увеличение энергии поступающих фотонов увеличивает смещение среза интенсивностей излучений от границ серий. Данная особенность изменения спектров не учитывается формулами Планка и законами смещения Вина.

3. Вывод

В результате анализа механизмов формирования интенсивностей излучений определено: причиной теплового излучения энергии являются возмущения, оказываемые на электроны на всех энергетических уровнях от электрических полей электронных оболочек сталкивающихся молекул. Длины волн излучений зависят от энергий электронов и энергии взаимных ударов молекул. Формирование интенсивностей излучений в разных сериях происходит параллельно. Для серии Бальмера, максимальные интенсивности излучений соответствуют уравнению

$$\breve{E}^{\gamma} P^{\gamma-1} \lambda_{max}^{\gamma} = konst.$$

В законах, разработанных для видимых частот спектров, таких как законы смещения Вина, уравнения Рэлея–Джинса, Планка и др., можно

использовать только частоты серии Бальмера и нельзя использовать частоты других серий или общих спектров.

Формирование интенсивностей излучений общих спектров является суммой интенсивностей излучений всех серий. Максимальные интенсивности общих спектров определяют средние энергии возбужденных электронов:

$$\breve{E} = f(\tilde{\lambda}_{\max}).$$

По максимальным интенсивностям излучений общих спектров нельзя определять эффективные температуры газов.

Литература

1. Амирханян, В. Р. Оптические спектры и красные смещения радиоисточников Зеленчукского обзора / В. Р. Амирханян [и др.] // *Письма астрон. журн*. **30** (12), 915–923 (2004)
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. Di Stefano, R. The Discovery of Quasi-soft and Supersoft Sources in External Galaxies / R. Di Stefano, A. K. H. Kong // 2004ApJ...609..710D
5. Barstow, M. A., A comparison of DA white dwarf temperatures and gravities from FUSE Lyman line and ground-based Balmer line observations / M. A. Barstow [et al.] // 2003MNRAS.344..562B
6. 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.
7. Bohr, N. Atomic Structure. / N. Bohr // Nature. 107, 104–107 (1921)
8. Bohr, N. Atomic Structure. / N. Bohr // Nature. 108, 208–209 (1921)
9. Крушев, Д. А. Анализ зависимостей изменения молярной тепловой энергии в идеальных газах / Д. А. Крушев [и др.] // *Анализ квантовых механизмов…* (Четыре четверти, Минск, 2010), С. 7–10.