

АСТРОФИЗИКА

А. А. Никитин

Возбуждение и ионизация атомов гелия в атмосферах звезд,
 обусловленные возбуждением двух электронов

(Представлено академиком В. А. Амбарцумяном 6.V.1959)

Атом гелия, помимо обычных уровней, имеет еще термы, связанные с конфигурациями, в которых возбуждены оба электрона. Переходы между этими и обычными уровнями определяются известными правилами Лапорта. Представляет интерес выяснить, могут ли переходы типа $1s2s^1S - 2s2p^1P$ и т. д. существенно влиять на населенности метастабильных уровней 2^1S и 2^3S в звездных атмосферах.

Оценим вначале вероятности этих переходов.

Сила осциллятора переходов $1s2s^1S - 2s2p^1P$ дается формулой

$$f_{12} = (W_1 - W_2) |z_{12}|^2, \quad (1)$$

W_1 и W_2 — энергии соответствующих состояний, а $|z_{12}|$ равно

$$|z_{12}| = \left| \int \psi_1 (r_1 \cos \theta_1 + r_2 \cos \theta_2) d\tau_1 d\tau_2 \right|; \quad (2)$$

ψ_1 и ψ_2 — волновые функции, которые можно построить, используя ⁽¹⁾, ⁽²⁾. Производя все расчеты и полагая $W_1 - W_2 = 3R_v$, находим, что

$$f(1s2s^1S - 2s2p^1P) \approx 0.12 \text{ и } f(1s2s^3S - 2s2p^3P) \approx 0.10. \quad (3)$$

Вероятности этих переходов будут равны $2 \cdot 10^{10}$ и 10^{10} . Аналогично можно найти приближенное выражение силы осцилляторов для дискретных переходов $1s2s^1S - 2snp^1P$ и коэффициента поглощения при переходе в состояние прерывного спектра.

Асимптотическое выражение силы осциллятора при больших r будет иметь вид:

$$f_n = \frac{1.10}{n^3}. \quad (4)$$

Для коэффициента поглощения с использованием ⁽³⁾ получается следующее выражение

$$\alpha_v = 4.4 \cdot 10^{-18} \frac{v_0^2}{v^2}, \quad (5)$$

v_0 — частота ионизации у границы серии, причем $h\nu_0 \approx 42eV$.

Нужно заметить, что с уровнями $2s2p^1\ ^3P$ и т. д. очень велика вероятность автоионизации (¹), так что, практически, все переходы на эти уровни ведут к однократной ионизации атома гелия. Атом гелия, находящийся в состоянии $1s2s^1\ ^3S$, может переходить в состояние непрерывного спектра либо по схеме $1s2s^1\ ^3S - 1skp^1\ ^3P$, либо $1s1s^1\ ^3S - 2skp^1\ ^3P$ с потенциалами ионизации, равными соответственно $5eV$ и $42eV$. Для грубо приближенной оценки значимости обеих процессов возьмем следующую модель.

Пусть атомы гелия находятся в тонкой оболочке, поле радиации которой приближенно описывается функцией Планка с эффективными температурами и коэффициентами диллюции, различными для разных участков спектра. Обозначим через T_2, W_2, T_1, W_1 температуры и коэффициенты диллюции для участков спектра с $\lambda = 3000$ и $\lambda = 300$ Å. Выясним, при каких значениях этих параметров число переходов типа $1s2s^1\ ^3S - 2snp^1\ ^3P$ будет сравнимо с числом ионизаций с метастабильных уровней 2^1S и 2^3S .

Продельвая все расчеты, можно получить, что если $T_2 \sim 10^4$, то $T_1 \sim 4 \cdot 10^4$ при $W_1 = W_2$ и т. д. Такая разница в эффективных температурах для пекулярных, двойных звезд и т. д., в принципе, вполне возможна.

Если процесс $1s2s^1\ ^3S - 2snp^1\ ^3P$ с последующей автоионизацией существенен для оболочек некоторых звезд, то в них должен быть недостаток атомов нейтрального гелия, находящихся в метастабильном состоянии $2^{1,3}S$.

Астрономическая обсерватория
Ленинградского государственного университета

Ա. Ա. ՆԻԿԻՏԻՆ

Հելիումի ատոմների զրգուումը և իոնացումը՝ պայմանավորված երկու էլեկտրոնների զրգումամբ՝ աստղերի մթնոլորտներում

Գնահատվում են $1s2s^1\ ^3S - 2sp^1\ ^3P$ տիպի զիսուլային անցումների հավանականությունները հելիումի ատոմների համար և նրանց դերը հելիումի ատոմների զրգումում և իոնացման զործում աստղերի մթնոլորտներում:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

¹ Л. Гольдберг и Клогстон, Rev. phys., 56, 927 (1935). ² Та-Ю-Бу и С. Ма, Chinese Chem. Soc., 4, 345 (1935). ³ Т. Харгривз, Proc. Camb. Phil Soc., 25, 91 (1928—1929). ⁴ А. Далгарно и Б. Брандсен, Proc. Phys. Soc., 55, № 406 (1953).