

ФАКТОРЫ ФРАНКА – КОНДОНА ДЛЯ ЗАПРЕЩЕННЫХ ПЕРЕХОДОВ В МОЛЕКУЛАХ N_2 И $N_2^{+,*}$

А.А. Ильин^{1,2}

¹ *Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, г. Владивосток, Россия*

² *Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, о. Русский, Россия*

Проведен расчет ранее отсутствующих в литературе факторов Франка – Кондона для запрещенных переходов, связанных с первой отрицательной и второй положительной системами, на основе потенциала Морзе. Для разрешенных переходов показано, что потенциал Морзе позволяет точно вычислять значения факторов в зависимости от значения колебательных констант. С увеличением колебательного числа наблюдается отклонение от значений факторов, определенных на основе более точного потенциала Ридберга – Клейна – Риса.

Ключевые слова: *излучение молекул азота, фактор Франка – Кондона.*

Введение

Излучение молекул азота при филаментации фемтосекундных лазерных импульсов в атмосфере активно исследуется в настоящее время [1–7]. Для диагностики образующейся плазмы используются экспериментальные методы, основанные, как правило, на интерферометрии и эмиссионной спектроскопии атомов и молекул. Но для определения процессов, влияющих на интенсивность излучения наиболее интенсивных линий на переходах $N_2^+(B^2\Sigma_u^+ - X^2\Sigma_g^+)$ (1^- система) и $N_2(C^3\Pi_u - B^3\Pi_g)$ (2^+ система) приходится прибегать к численному моделированию. При моделировании должны учитываться ударные переходы со всех близлежащих уровней, связанных с излучением на 1^- и 2^+ систем, динамический эффект Штарка, а также многофотонная/туннельная ионизация молекул, «одетых» сильным лазерным полем. Излучение молекул азота детектируется на временном промежутке до 1 нс [3, 4], и, как правило, ударные процессы на этих временах связаны с электронным возбуждением/девозбуждением электронно-колебательных переходов. Таким образом, моделирование излучения требует знания сечений и факторов Франка – Кондона для переходов между электронно-колебательными уровнями молекул N_2 и N_2^+ . В настоящее время отсутствуют экспериментальные данные о сечениях реакций между возбужденными электронно-колебательными уровнями молекул. В монографии [8] предлагается использовать атомные сечения для переходов между возбужденными уровнями молекул, при этом факторы Франка – Кондона не учитываются. Моделирование излучения плазмы филаментов с атомными сечениями для переходов между возбужденными уровнями молекул проведено в работе [3]. Однако чаще всего используются более точные сечения, рассчитанные в работе [9], в которых предполагается больцмановская населенность колебательных и вращательных уровней, т.е. сечения учитывают населенность всех колебательных и вращательных уровней вплоть до предела диссоциации. Авторы работы [10] использовали эти сечения для моделирования стимулированного излучения в азоте для излучения на $\lambda = 337$ нм. Очевидно, что сечение работы [9] необходимо нормировать на фактор Франка – Кондона для случая возбуждения одного вышележащего колебательного уровня, так как сечения [9] учитывают все колебательные уровни. Значения факторов известны для большинства переходов (см., например, [11]), излучение которых регистрируется в атмосфере. В плазме, образованной фемтосекундными лазерными импульсами, наиболее интенсивное излучение соответствует переходам с $v', v'' = 0$, поэтому необходимо умножать сечения работы [9] на значение фактора Франка – Кондона q_{00} для переходов, определяющих населенность уровней $N_2C^3\Pi_u, v' = 0$ и $N_2^+B^2\Sigma_u^+, v' = 0$. Однако к настоящему времени такие расчеты не проводились.

* Работа выполнена при финансовой поддержке проекта Министерства науки и высшего образования Российской Федерации FZNS-2020-0003 № 0657-2020-0003. Вычисления выполнены на оборудовании ИАПУ ДВО РАН.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>