

# Introduction to the theory of the eRC-models of high-speed aerophysics.

## Electronic kinetics of diatomic molecules

Sergey T. Surzhikov

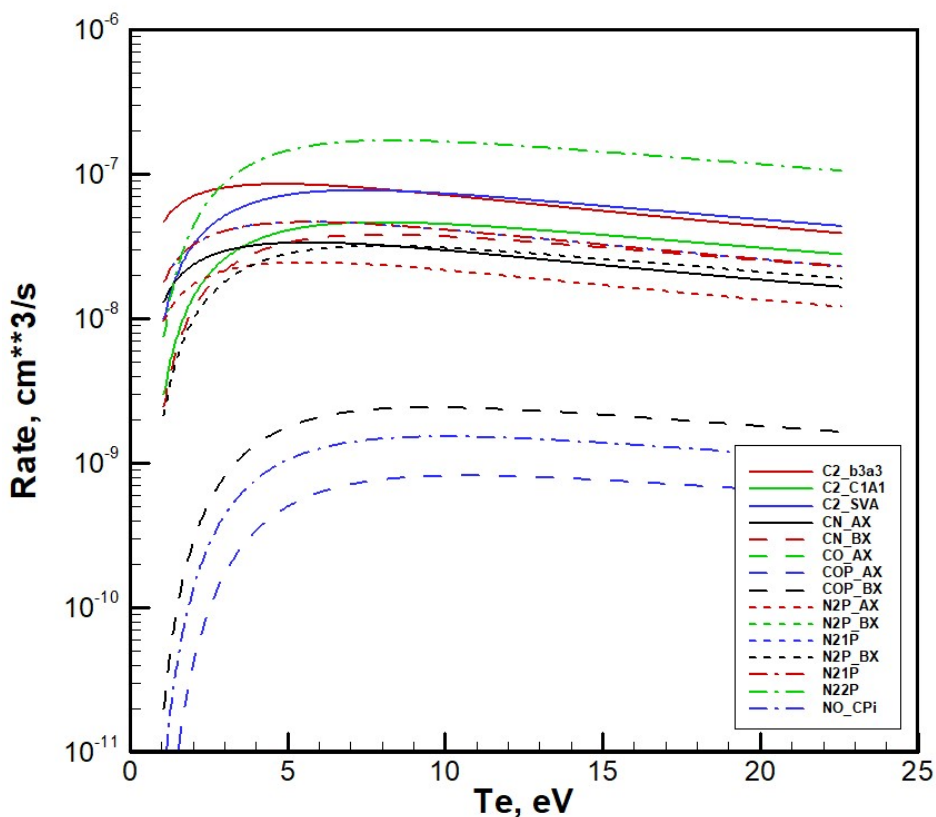
*Ishlinskyi Institute for Problems in Mechanics Russian Academy of Sciences (IPMech RAS),  
Moscow, 119526, Russia*

[surg@ipmnet.ru](mailto:surg@ipmnet.ru)

### Abstract

The calculated ratios of the electronic kinetics of diatomic molecules, which form the basis of eRC-models used in high-speed aerophysics, are presented. The rate constants of electronic excitation of quantum molecular states in optically allowed quantum transitions are calculated as functions of the electron temperature. A database of spectral absorption cross sections for electronic-vibrational and vibrational bands of diatomic molecules at a temperature  $T=5000$  K and in the temperature range  $T=1000 \div 10000$  K is presented. Reference data on various elementary processes with the participation of diatomic molecules are presented.

Key words: aerophysics of high speeds, electron-radiation-collisional models.



Calculated dependences of the rate constants of electronic excitation in optically allowed quantum transitions on the electron temperature

УДК 533.92:533.6.01

# Введение в теорию eRC-моделей аэрофизики высоких скоростей. Электронная кинетика двухатомных молекул

С. Т. Суржиков

*Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского Российской академии наук  
Россия, Москва, 119526, проспект Вернадского, д. 101-1*

*surg@ipmnet.ru*

## Аннотация

Представлены расчетные соотношения электронной кинетики двухатомных молекул, положенные в основу eRC-моделей, применяемых в аэрофизике высоких скоростей. Выполнены расчеты констант скоростей электронного возбуждения квантовых молекулярных состояний в оптически разрешенных квантовых переходах в зависимости от температуры электронов.

Представлена база данных спектральных сечений поглощения электронно-колебательных и колебательных полос двухатомных молекул при температуре  $T = 5000$  К и в диапазоне температур  $T = 1000 \div 10000$  К.

Представлены справочные данные по различным элементарным процессам с участием двухатомных молекул:

- константы скоростей диссоциации двухатомных молекул и молекулярных ионов с электронами;
- константы скорости диссоциации молекул  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $NO$ ,  $CO$ ,  $CN$ ,  $N_2^+$ , при столкновениях с тяжелыми частицами;
- константы скорости диссоциации двухатомных молекул и молекулярных ионов с отдельных электронных состояний;
- константы скоростей электронного возбуждения отдельных состояний молекул  $N_2$  и молекулярных ионов  $N_2^+$ ;
- константы скоростей электронного возбуждения отдельных состояний молекул  $O_2$  и молекулярных ионов  $O_2^+$ ;
- константы скоростей электронного возбуждения отдельных состояний молекул  $NO$  и молекулярных ионов  $NO^+$ ;
- константы скоростей ионизации отдельных электронных состояний молекул  $N_2$ ;
- константы скоростей ионизации отдельных электронных состояний молекул  $O_2$ ;
- константы скоростей ионизации отдельных электронных состояний молекул  $NO$ ;
- константы скоростей ударной ионизации;
- константы скоростей обмена зарядами;
- константы скоростей образования возбужденных состояний молекул  $NO$ ,  $N_2$ ,  $N_2^+$ ;
- константы скоростей обменных реакций;
- константы скоростей активации и дезактивации электронно-возбужденных состояний двухатомных молекул;
- радиационные времена жизни электронно-возбужденных состояний двухатомных молекул.

Ключевые слова: аэрофизика высоких скоростей, электронно-радиационно-столкновительные модели.

## 1. Введение

Радиационно-столкновительные (radiative-collisional - RC) модели получили весьма широкое развитие в современной физической кинетике высокотемпературных газовых течений [1]. В одной из разновидностей RC-моделей, получившей название электронно-радиационно-столкновительной (eRC) модели особое внимание уделяется изучению электронной кинетики в неравновесно возбужденных газовых потоках и решается уравнение сохранения энергии электронного газа. В более сложных моделях не вводится предположение о максвелловой функции распределения электронов по скоростям и решается кинетическое уравнение для электронов.

Данная работа является второй частью [1], в которой были обсуждены общие положения электронно-столкновительных моделей, и здесь дано подробное рассмотрение электронной кинетики двухатомных молекул.

## 2. Электронная кинетика двухатомных молекул

### 2.1 Сечение возбуждения электронных уровней двухатомных молекул

В данном разделе представлена модель возбужденных электронных уровней двухатомных молекул при электронном ударе. Сечение возбуждения уровня  $\vec{u} = \{u, v_u\}$  с уровня  $l = \{l, v_l\}$  электронным ударом можно представить в виде

$$\sigma(l, v_l; E_e | u, v_u) = \left| M_e(\Delta E_{v_u, v_l}^{u, l}) \right|^2 \varphi \left( \frac{E_e}{\Delta E_{v_u, v_l}^{u, l}} \right) q_{v_u, v_l}^{u, l}, \quad (1)$$

где  $E_e$  – энергия налетающих электронов;  $\Delta E_{v_u, v_l}^{u, l}$  – энергия электронно-колебательного перехода;  $\left| M_e(\Delta E_{v_u, v_l}^{u, l}) \right|^2$  – квадрат матричного элемента электронно-колебательного перехода (определяет величину сечения в максимуме функции);  $\varphi \left( \frac{E_e}{\Delta E_{v_u, v_l}^{u, l}} \right)$  – профиль функции зависимости сечения от энергии налетающего электрона;  $q_{v_u, v_l}^{u, l}$  – фактор Франка – Кондона электронно-колебательного перехода;  $u, l$  – квантовые числа, характеризующие верхнее и нижнее электронные состояния;  $v$  – колебательное квантовое число.

Соотношение (1) записано в приближениях Борна – Оппенгеймера и R-центроида [2, 3].

В приближении Бете – Борна [4,5] для возбуждения стабильных уровней<sup>1</sup>

$$\left| M_e(\Delta E_{v_u, v_l}^{u, l}) \right|^2 = 1.48 \pi a_0^2 f_{l, u}^{(e)} \left( \frac{Ry}{\Delta E_{v_u, v_l}^{u, l}} \right)^2; \quad (2)$$

для возбуждения нестабильных уровней

$$\left| M_e(\Delta E_{v_u, v_l}^{u, l}) \right|^2 = 1.48 \pi a_0^2 \frac{df_{l, u}^{(e)}(\Delta E)}{d(\Delta E)} \left( \frac{Ry}{\Delta E_{v_u, v_l}^{u, l}} \right)^2, \quad (3)$$

<sup>1</sup> Стабильными электронными состояниями принято называть состояния, потенциальные поверхности которых имеют минимум. Если минимумов нет – состояния нестабильные.

где  $R_u$  – энергия ионизации атома водорода;  $a_0$  – радиус Бора;  $f_{l,u}^{(e)}$  – сила осциллятора электронного перехода в поглощении ( $l \rightarrow u$ );  $\frac{df_{l,u}^{(e)}(\Delta E)}{d(\Delta E)}$  – дифференциальная сила осциллятора, приходящаяся на данный энергетический интервал  $\Delta E$ .

Функция профиля контура сечения возбуждения в приближении Бете – Борна имеет вид

$$\varphi\left(\frac{E_e}{\Delta E}\right) = 2.7\left(\frac{\Delta E}{E}\right) \ln\left(\frac{E_e}{\Delta E}\right) \quad (4)$$

Сравнение результатов расчетов по формуле (1) с экспериментальными данными показывает, что в случае возбуждения разрешенных электронных переходов функция (4) не зависит от типа состояния  $l, u$  и сорта молекулы. Для запрещенных переходов функция  $\varphi$  сильно изменяется для разных переходов. Полагают, что это связано с обменным взаимодействием.

В представленных формулах используется сила осциллятора в поглощении  $f_{l,u}^{(e)}$ , которая может быть определена из *ab-initio* расчетов или экспериментальных данных. Рекомендуются данные [6–8].

Возможно использование данных по коэффициентам Эйнштейна электронно-колебательных переходов. С этой целью производится расчет квадрата матричного момента электронно-колебательного перехода

$$\left(R_e^{v_u v_l}\right)^2 = \left(\int_0^\infty \Psi_{v_u}(r) R_e(r) \Psi_{v_l}(r) dr\right)^2, \quad (5)$$

где  $\Psi_{v_u}$  и  $\Psi_{v_l}$  – волновые функции колебательных квантовых состояний;  $R_e(r)$  – момент электронного перехода (усредненный электрический дипольный момент);  $r$  – межъядерное расстояние.

Если воспользоваться связью между коэффициентом Эйнштейна  $A_{v_u v_l}^{(e)}$  и силой осциллятора в поглощении  $f_{v_l v_u}^{(e)}$  [7–9]

$$A_{v_u v_l}^{(e)} = \frac{64\pi^4 \nu^3 (2 - \delta_{0, \Lambda_u + \Lambda_l})}{3hc^3 (2 - \delta_{0, \Lambda_u})} \left(R_e^{v_u v_l}\right)^2 = 2.026 \times 10^{-6} \omega_{v_u v_l}^3 \frac{2 - \delta_{0, \Lambda_u + \Lambda_l}}{2 - \delta_{0, \Lambda_u}} \left(R_e^{v_u v_l}\right)^2, \quad (6)$$

$$f_{v_l v_u}^{(e)} = \frac{8\pi^2 m_e \nu (2 - \delta_{0, \Lambda_u + \Lambda_l})}{3he^2 (2 - \delta_{0, \Lambda_l})} \left(R_e^{v_u v_l}\right)^2 = 3.0376 \times 10^{-6} \omega_{v_u v_l} \frac{2 - \delta_{0, \Lambda_u + \Lambda_l}}{2 - \delta_{0, \Lambda_u}} \left(R_e^{v_u v_l}\right)^2, \quad (7)$$

где  $R_e^{v_u v_l}$  – момент электронно-колебательного перехода (в а.е.,  $ea_0$ );  $\omega_{v_u v_l}$  – волновое число перехода (в  $\text{см}^{-1}$ ).

Если учесть вырождение квантовых уровней, то

$$\sum \left(R_e^{v_u v_l}\right)^2 = (2 - \delta_{0, \Lambda_u + \Lambda_l}) (2S + 1) \left(R_e^{v_u v_l}\right)^2, \quad (8)$$

где  $S$  – спиновая мультиплетность;  $\Lambda$  – квантовое число проекции углового момента, равное 0, 1, 2, ... для  $\Sigma, \Pi, \Delta, \dots$  состояний.

Условие детального баланса позволяет установить связь между силами осциллятора в испускании и поглощении

$$f_{u,l} = \frac{2 - \delta_{0, \Lambda_l}}{2 - \delta_{0, \Lambda_u}} f_{l,u} \quad (9)$$

Воспользовавшись соотношениями (6), (7) и (9), получим связь силы осциллятора в испускании и коэффициентом Эйнштейна

$$f_{v_u, v_l} = 1.5 \frac{A_{v_u, v_l}}{\omega_{v_u, v_l}^2} \frac{2 - \delta_{0, \Lambda_u}}{2 - \delta_{0, \Lambda_l}}$$

Отсюда можно получить формулу для сечения электронного возбуждения (в оптически разрешенном квантовом переходе)

$$\sigma(l, v_l; E_e | u, v_u) = 1.5 \pi a_0^2 \frac{A_{v_u, v_l}}{\omega_{v_u, v_l}^2} \left( \frac{R_y^\omega}{\omega_{v_u, v_l}} \right)^2 \varphi^*,$$

где

$$\varphi^* = 2.7 \frac{\omega_{v_u, v_l}}{8067 E_{e, [\text{eV}]}} \ln \left( \frac{8067 E_{e, [\text{eV}]}}{\omega_{v_u, v_l}} \right)$$

Тогда сечение возбуждения электронно-колебательного состояния  $\vec{u} = \{u, v_u\}$  получается суммированием по колебательным состояниям нижнего электронного уровня

$$\sigma(l; E_e | u, l_u) = \sum_{v_l} \sigma(l, v_l; E_e | u, v_u) \frac{Q_R(l, v_l)}{Q_{VR}(l)} e^{-1.44(E_{v_l}/kT_v)},$$

где

$$Q_R(l, v_l) = \sum_{J=J_{\min}}^{J_{\max}(v_l)} (2J+1) e^{-\frac{E_J - E_{J, \min}}{kT_J}},$$

$$Q_{VR}(l) = \sum_{v=0}^{v_{\max}(l)} \sum_{J=J_{\min}}^{J_{\max}(v_l)} (2J+1) e^{-\frac{E_v - E_{v=0}}{kT_v}} e^{-\frac{E_J - E_{J, \min}}{kT_J}}$$

Можно также получить сечения усреднения по нижним и верхним колебательным состояниям (сечение возбуждения верхнего электронного состояния из нижнего)

$$\sigma(l; E_e | u) = \sum_{v_l} Q_R(l, v_l) \frac{e^{-1.44(E_{v_l}/kT_v)}}{Q_{VR}(l)} \sum_{v_u} \sigma(l, v_l; E_e | u, v_u) Q_R(u, v_l) \frac{e^{-1.44(E_{v_u}/kT_v)}}{Q_{VR}(u)}$$

Если сечение возбуждения электронного квантового уровня определено, то можно рассчитать скорость возбуждения квантового перехода  $l, v_l \rightarrow u, v_u$ .

Если  $f(E_e)$  – функция распределения электронов по энергии, то

$$k_{ex}(l, v_l; f(E_e) | u, v_u) = 1.5 \pi a_0^2 \frac{A_{v_u, v_l}}{\omega_{v_u, v_l}^2} \left( \frac{R_y^\omega}{\omega_{v_u, v_l}} \right)^2 \frac{\int \varphi \left( \frac{E_e}{\Delta E_{v_u, v_l}^{u, l}} \right) E_e f(E_e) dE_e}{\int \sqrt{E_e} f(E_e) dE_e} \quad (10)$$

Для нахождения скорости возбуждения данного электронно-колебательного уровня из электронного состояния  $l$ , следует усреднить (10) по всем колебательным состояниям  $v_l$

$$\begin{aligned} k_{ex}(l; f(E_e) | u, v_u) &= \sum_{v_l} x(l, v_l) k_{ex}(l, v_l; f(E_e) | u, v_u) = \\ &= \sum_{v_l} x(l, v_l) 1.5 \pi a_0^2 \frac{A_{v_u, v_l}}{\omega_{v_u, v_l}^2} \left( \frac{R_y^\omega}{\omega_{v_u, v_l}} \right)^2 J_{v_u, v_l}^{u, l}, \end{aligned} \quad (11)$$

где

$$J_{v_u, v_l}^{u, l} = \frac{\int \varphi \left( \frac{E_e}{\Delta E_{v_u, v_l}^{u, l}} \right) E_e f(E_e) dE_e}{\int \sqrt{E_e} f(E_e) dE_e}$$

Скорость возбуждения электронного состояния  $n$

$$k^+(l; f(E_e)|u) = \sum_{v_u} k^+(i; f(E_e)|u, v_u) \quad (12)$$

В случае максвелл-больцмановских функций распределения скорости возбуждения получены в работах [10,11].

Подставляя числовые множители, получаем выражение для скорости возбуждения электронного состояния  $u$

$$k_{ex}(l; E_e|u) = 6.69 \times 10^{-9} \frac{1}{T^{3/2}} \int_0^\infty \sigma(l; E|u) E e^{-(E/kT)} dE, \frac{\text{cm}^3}{\text{s}} \quad (13)$$

Результаты расчета усредненных сечений возбуждения электронных и электронно-колебательных состояний для оптически разрешенных переходов представлены на рис. 1.

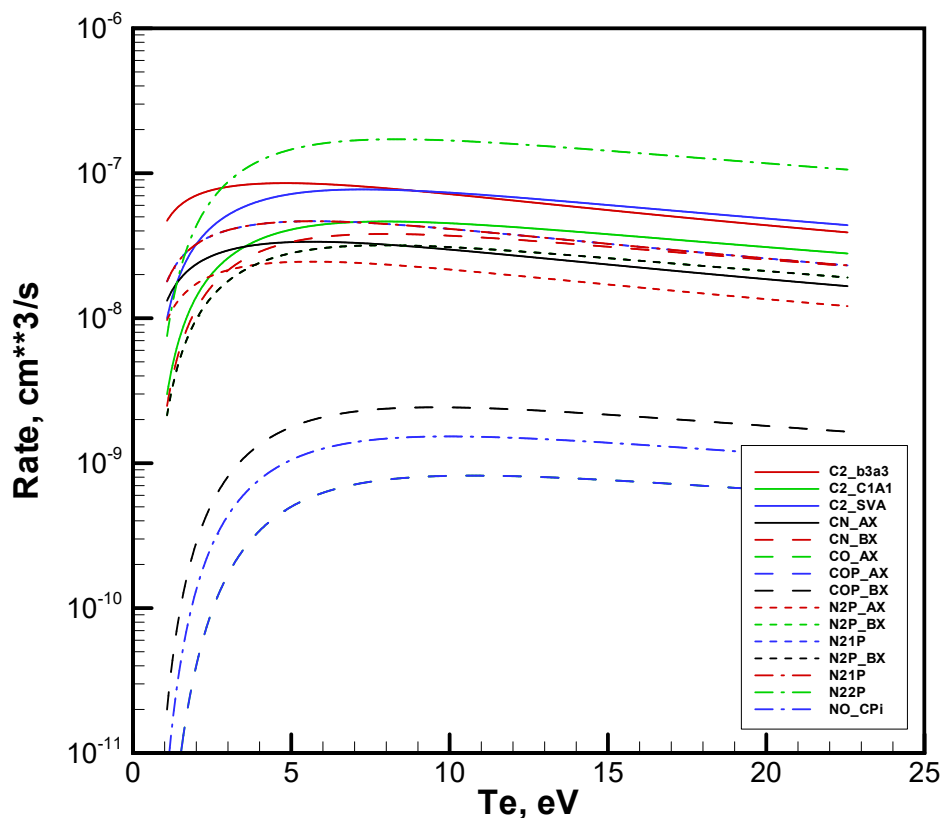


Рис. 1. Зависимость констант скорости электронного возбуждения в оптически разрешенных квантовых переходах от температуры электронов

Для расчета сечений электронного возбуждения оптически запрещенных переходов необходимо учитывать обменное взаимодействие. Сечения возбуждения запрещенных переходов достигают максимума ближе к порогу квантового перехода, обычно при  $E_e^{\max}/\Delta E = 1.25 \div 1.6$ , а значения сечений в максимуме близки соответствующим значениям для разрешенных переходов. Более детально вопросы электронного возбуждения запрещенных переходов обсуждаются в работах [12–14].

## 2.2. Возбуждение и дезактивация электронных уровней при столкновениях с тяжелыми частицами

Анализ скоростей тушения и возбуждения электронных состояний и скоростей диссоциации дан в работе [15].

Усредненные по максвелловской функции распределения скорость возбуждения электронного состояния атома (А) или молекулы (АВ) при столкновении с тяжелой частицей (В) задается в виде [16, 17]

$$k_{ex}(AB, M; \vec{l}; T | AB, M; \vec{u}) = 32\pi a_0^2 \left( \frac{Ry}{\Delta E_{l,u}} \right) f_{l,u} \left( \frac{kT}{\pi M} \right)^{1/2} \frac{m_e}{m_{AB}} \left( 1 + \frac{2kT}{\Delta E_{l,u}} \right) e^{-(\Delta E_{l,u}/kT)} \quad (14)$$

Для обратного процесса девозбуждения

$$k_{de}(AB, M; \vec{u}; T | AB, M; \vec{l}) = 32\pi a_0^2 \left( \frac{Ry}{\Delta E_{l,u}} \right) f_{l,u} \left( \frac{kT}{\pi M} \right)^{1/2} \frac{m_e}{m_{AB}} \left( 1 + \frac{2kT}{\Delta E_{l,u}} \right) \quad (15)$$

Примеры расчетов и теоретические оценки скоростей тушения возбужденных состояний атомов и молекул даны в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

**Коэффициент скорости тушения возбужденных атомов А\* невозбужденными молекулами при T = 300 К [18]**

	O( <sup>1</sup> D)	O( <sup>1</sup> S)	O( <sup>5</sup> S)	N( <sup>2</sup> D)	N( <sup>2</sup> P)
N <sub>2</sub>	3.0	<10 <sup>-6</sup>	2.4	–	2×10 <sup>-7</sup>
O <sub>2</sub>	4.1	[4.9×10 <sup>-12</sup> e <sup>-860/T</sup> ]	14	0.6	0.46
CO	<5	5×10 <sup>-2</sup> ÷ 5×10 <sup>-3</sup>	4.8	0.6	–
NO	–	8 ÷ 55	11	7	3.4
CO <sub>2</sub>	12	[10 <sup>-11</sup> e <sup>-1385/T</sup> ]	48	5×10 <sup>-3</sup>	6×10 <sup>-2</sup>

Таблица 2

**Коэффициент скорости тушения возбужденных молекул невозбужденными молекулами и атомами, k<sub>de</sub>, 10<sup>-11</sup> см·с<sup>-1</sup> [18]**

	N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CO	NO	CO <sub>2</sub>
N <sub>2</sub> (A <sup>3</sup> Σ <sup>+</sup> )	4.5×10 <sup>-6</sup> ÷ 1.9×10 <sup>-7</sup>	0.36 ÷ 0.65	2.2 ÷ 2.4	8.5	0.2
N <sub>2</sub> (B <sup>3</sup> Π <sub>g</sub> )	0.5 ÷ 7.5	30	–	3.7 ÷ 17	5.5 ÷ 33
N <sub>2</sub> (C <sup>3</sup> Π <sub>u</sub> )	1 ÷ 2	30	–	–	–
CO(a <sup>3</sup> Π)	3.8 ÷ 7.3	11	14	1.8 ÷ 3.2	3.4
NO(B <sup>2</sup> Π)	–	–	–	8 ÷ 10	1.0
NO(A <sup>2</sup> Σ)	–	–	–	12.5	–

При увеличении температуры газа коэффициенты скорости тушения электронного возбуждения, как правило, медленно уменьшаются:

$$k \sim \left( \frac{300}{T} \right)^{0.1}$$

Однако, возможны и случаи увеличения скорости. Заметим, что сравнительный анализ констант скоростей процессов возбуждения и дезактивации электронных уровней двухатомных молекул за фронтом ударной волны указывает на то, что важнейшим процессом является столкновение частиц с электронами.

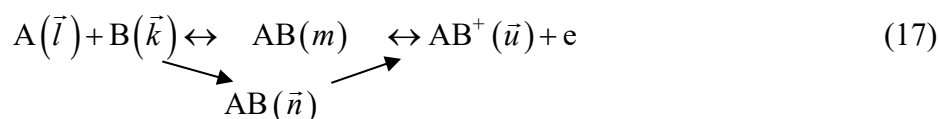
### 2.3. Коэффициент скорости ассоциативной ионизации при столкновениях атомов и молекул

При анализе моделей кинетических процессов в аэрофизике спускаемых аппаратов [19] отмечалось, что кинетика ассоциативной ионизации изучена не достаточно. Оценка скорости данного процесса дается соотношением

$$k_f(A, B; \bar{l}, \bar{k} | AB^+; \bar{u}) \cong (10^{-10} \div 2 \times 10^{-13}) e^{-(\Delta E/kT)}, \text{ см}^3/\text{с}, \quad (16)$$

где  $\Delta E$  – порог реакции.

Общая схема ассоциативной ионизации следующая:



При столкновении двух частиц А и В (например, атомов) образуется нестабильное состояние молекулы  $AB(m)$ , из которого возможна автоионизация с образованием молекулярного иона и электрона  $e^-$ .

Этот процесс также протекает по следующей схеме: сначала происходит переход молекулы в стабильное состояние  $AB(\bar{n})$ , а затем происходит автоионизация из состояния  $\bar{n}$ . По такой же схеме происходит диссоциативная рекомбинация.

### 2.4. Скорость тушения возбужденных электронных состояний двухатомных молекул

В неравновесных условиях возможно возникновение ситуации, когда скорость пополнения заселенности возбужденных состояний за счет столкновений становится меньше, чем скорость уменьшения заселенностей за счет спонтанных излучательных переходов на более низкие уровни энергии. Это явление может быть описано следующей кинетической схемой:



где  $A^*$  – возбужденное состояние атома или молекулы.

Уравнение скорости образования возбужденных молекул имеет вид

$$\frac{d[A^*]}{dt} = k_f[A][B] - k_r[A^*][B] - \frac{[A^*]}{\tau_{rad}}, \quad (20)$$

где  $\tau_{rad}$  – радиационное время жизни возбужденного состояния.

Из этого уравнения находим  $[A^*]$ :

$$[A^*] = \frac{K(T)[A] - \frac{d[A^*]}{dt} \frac{1}{k_r[B]}}{1 + \frac{1}{\tau_{rad} k_r[B]}}, \quad (21)$$

где  $K(T) = k_f/k_r$ .



При достаточно большой плотности газа  $\rho$  велика частота столкновений и система находится в квазиравновесии

$$\frac{d[A^*]}{dt} = 0,$$

а, кроме того,  $\tau_{rad}k_r[B] \gg 1$ , поэтому

$$[A^*] = [A] \cdot K(T)$$

Отсюда видно, что излучение пропорционально плотности газа.

В случае низкой плотности, при условии квазиравновесия

$$\frac{d[A^*]}{dt} \approx 0,$$

реализуется обратная ситуация  $\tau_{rad}k_r[B] \ll 1$ . Тогда

$$[A^*] = [A][B] \cdot k_f \tau_{rad}$$

Отсюда видно, что интенсивность излучения пропорциональна  $\rho^2$ .

Далее будет дан анализ величин  $\tau_{rad}$ . Спонтанный излучательный переход с электронно-колебательного уровня  $\vec{u} = \{u, v_u\}$  характеризуется коэффициентом Эйнштейна спонтанного излучения.

Время жизни электронно-колебательного состояния по отношению к спонтанному радиационному переходу на нижний электронно-колебательный уровень [6]

$$\frac{1}{\tau_{u,v_u;l,v_l}} = \frac{64\pi}{3h} g_u S_e(r_{v_u,v_l}) q_{v_u,v_l} \omega_{v_u,v_l}^3, \quad (22)$$

где  $g_u = \frac{1}{(2 - \delta_{0,\Lambda_u})(2S + 1)}$ ;  $S_e$  – сила электронного перехода в атомных единицах;

$$\frac{64\pi^4}{3h} = 2.03 \times 10^{-6}.$$

Поскольку сила осциллятора в испускании

$$f_{u,v_u;l,v_l} = 3.04 \times 10^{-6} g_u S(r_{v_u,v_l}) q_{v_u,v_l} \omega_{v_u,v_l}, \quad (23)$$

поэтому

$$\frac{1}{\tau_{u,v_u;l,v_l}} = 0.668 f_{u,v_u;l,v_l} \omega_{v_u,v_l}^2$$

или, учитывая, что

$$f_{u,v_u;l,v_l} = 1.5 \frac{A_{u,v_u;l,v_l}}{\omega_{v_u,v_l}^2},$$

получаем

$$\frac{1}{\tau_{u,v_u;l,v_l}} = A_{u,v_u;l,v_l}$$

Время жизни верхнего электронно-колебательного уровня определяется суммированием по нижним колебательным уровням

$$\frac{1}{\tau_{u,v_u;l}} = \sum_{v_l} A_{u,v_u;l,v_l} \quad (24)$$

Время жизни верхнего электронного уровня

$$\frac{1}{\tau_{u,l}} = \sum_{v_u} \sum_{v_l} A_{u,v_u;l,v_l} \quad (25)$$

В Таблице 3 даны времена жизни некоторых электронных и электронно-колебательных состояний, рассчитанные по (22)–(25).

### 3. Спектральные сечения поглощения двухатомных молекул

Данные по спектральным оптическим свойствам двухатомных молекул являются важной составной частью электронно-столкновительных моделей аэрофизики высоких скоростей.

Модели прикладной квантовой механики, которые использовались при создании базы данных спектральных оптических свойств двухатомных молекул, представлены в работах [20, 21]. В расчетах использована база данных по результатам *ab-initio* расчетов коэффициентов Эйнштейна ровибронных переходов [6, 22].

В Таблице 4 представлен список радиационных переходов, учитываемых при анализе радиационно-столкновительных процессов молекул  $C_2$ ,  $C_2^-$ ,  $C_2^+$ , CN, CO,  $CO^+$ , NO,  $N_2$ ,  $N_2^+$ ,  $NO^+$ ,  $O_2^+$ ,  $O_2$ . В колонке со спектроскопическими обозначениями квантовых переходов приводятся общепринятые имена полос поглощения. В таблице приведены спектральные диапазоны, в которых наблюдается значимое поглощение в каждой полосе, а также диапазон изменения колебательных квантовых чисел. В предпоследней колонке даны времена жизни возбужденных состояний, рассчитанные с использованием *ab-initio* данных по коэффициентам Эйнштейна.

На рис. 2–6 показаны спектральные сечения поглощения ( $\sigma$ ,  $10^{18}$  см<sup>2</sup>) при температуре  $T = 7000$  К, которые дают представление о силе отдельных электронно-колебательных полос. Номера кривых на рисунках для отдельных молекул соответствуют номерам полос в первой колонке табл. 4. Представленные на этих рисунках данные удобно использовать для анализа взаимного расположения электронно-колебательных полос в области теплового излучения.

На последующих рис. 7–58 приведены спектральные сечения поглощения для трех температур  $T = 1000$ , 5000, 10000 К, что позволяет оценить степень влияния температуры на излучательные и поглощательные способности нагретых газов и низкотемпературной плазмы в аэрофизических приложениях.

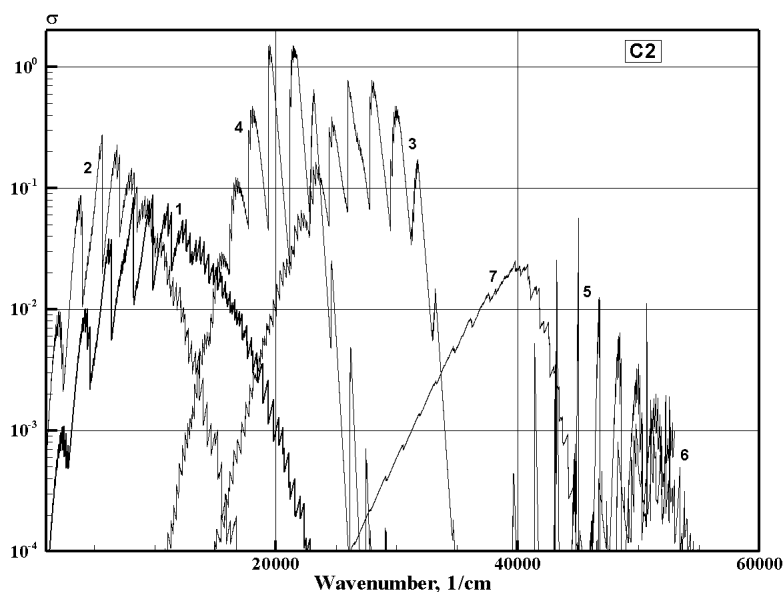


Рис. 2. Сечения поглощения молекулярных полос молекулы  $C_2$

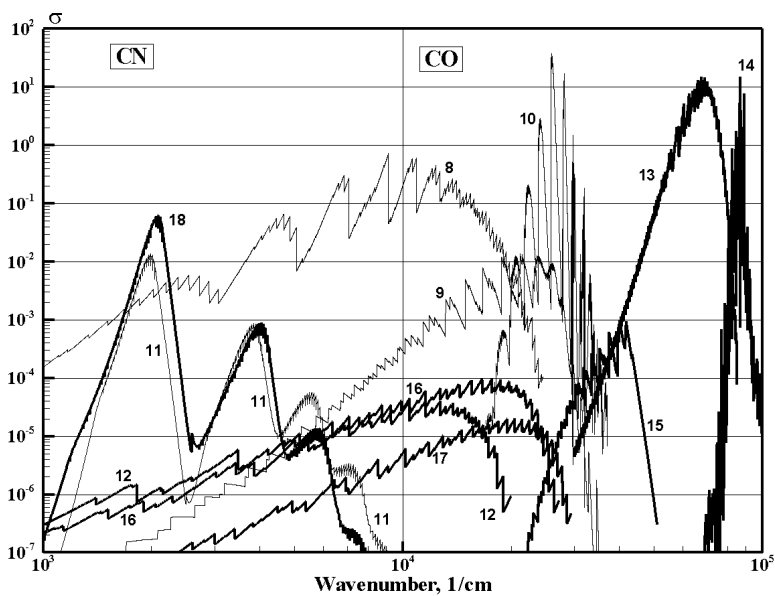


Рис. 3. Сечения поглощения молекулярных полос молекул CN и CO

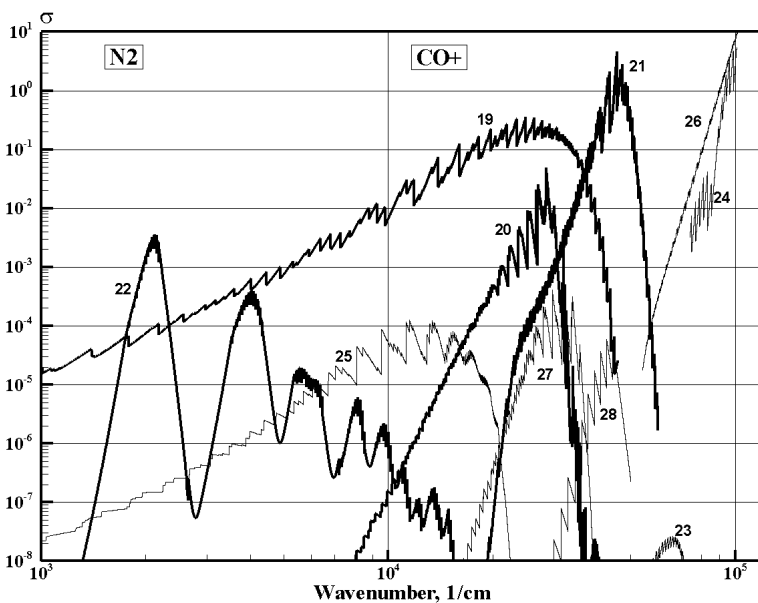


Рис.4. Сечения поглощения молекулярных полос молекул N<sub>2</sub> и CO<sup>+</sup>

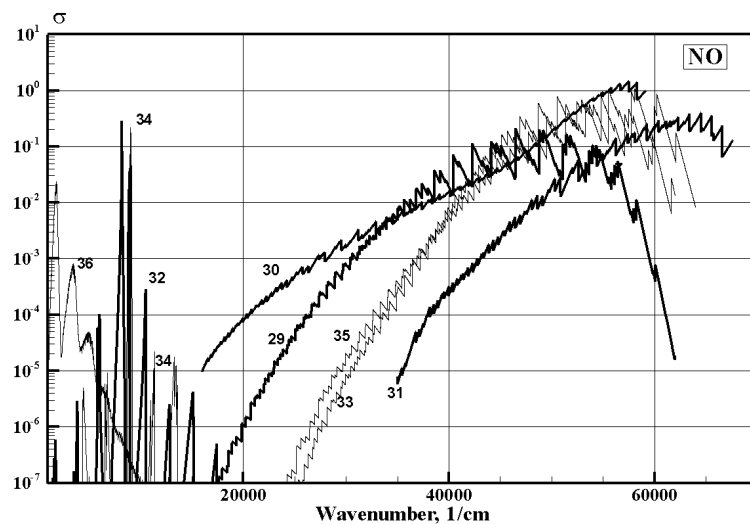


Рис. 5. Сечения поглощения молекулярных полос молекулы NO

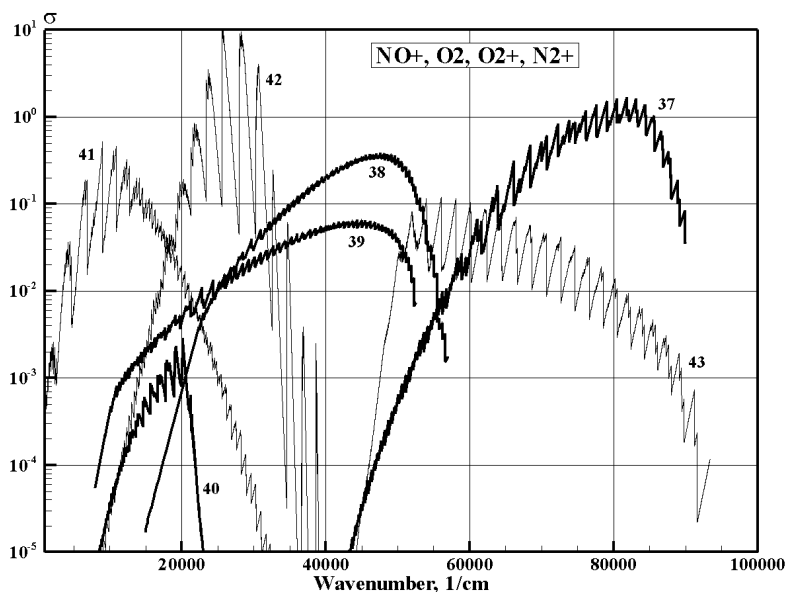


Рис. 6. Сечения поглощения молекулярных полос молекул  $\text{NO}^+$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{O}_2^+$ ,  $\text{N}_2^+$

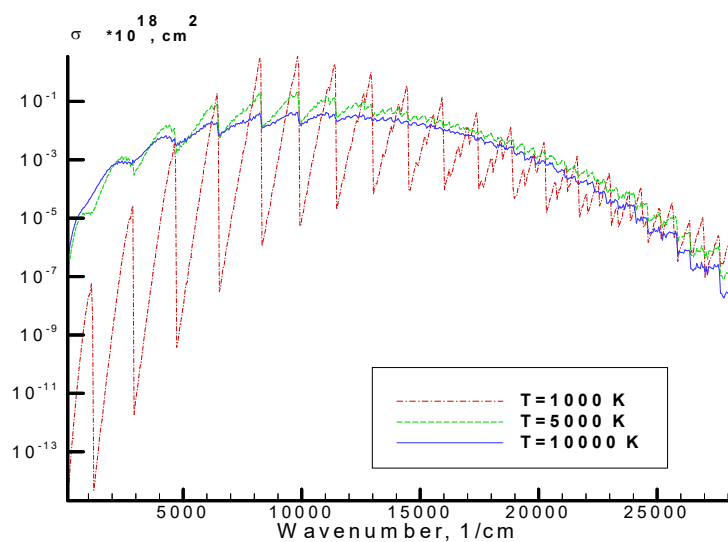


Рис. 7. Молекула  $\text{C}_2$ , переход  $\text{A}^1\Pi_u - \text{X}^1\Sigma_g^+$  (система Филлипса)

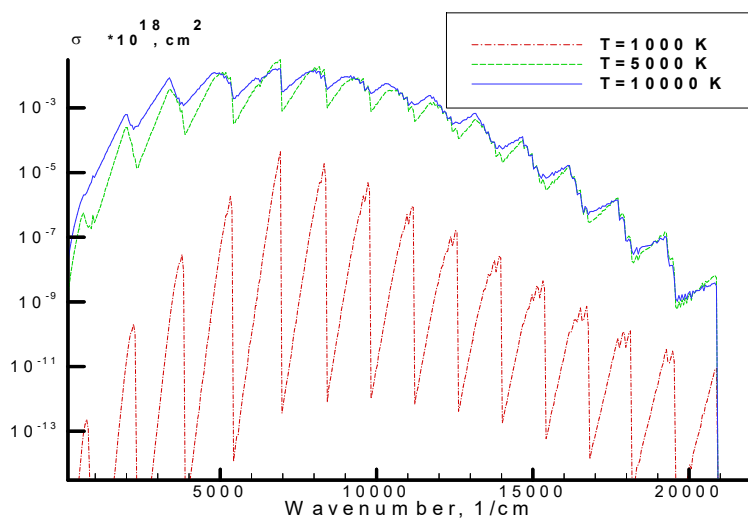


Рис. 8. Молекула  $\text{C}_2$ , переход  $\text{B}^1\Sigma_g^+ - \text{A}^1\Pi_u$

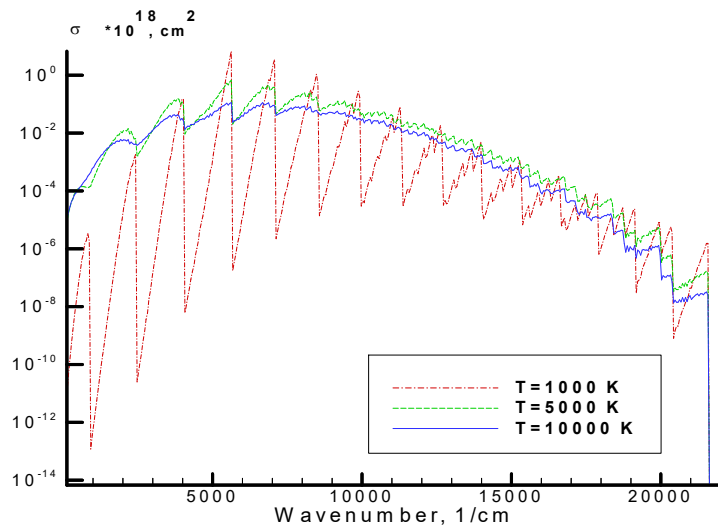


Рис. 9. Молекула  $\text{C}_2$ , переход  $b^3\Sigma_g^- - a^3\Pi_u$  (система Баллика – Рамзая)

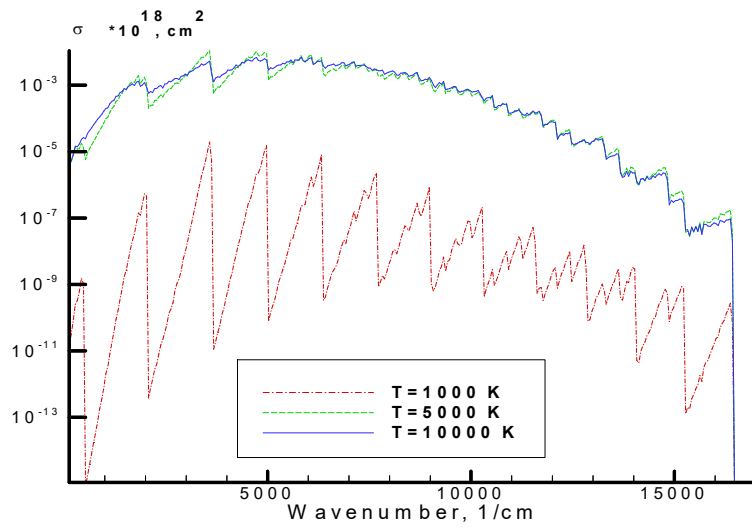


Рис. 10. Молекула  $\text{C}_2$ , переход  $B^1\Delta_g - A^1\Pi_u$

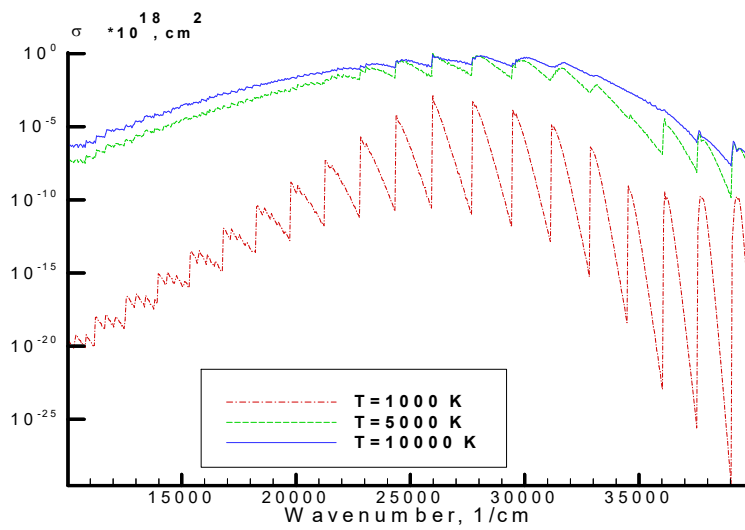


Рис. 11 Молекула  $\text{C}_2$ , переход  $C^1\Pi_g - A^1\Pi_u$  (система Деландра – Д'Азамбуа)

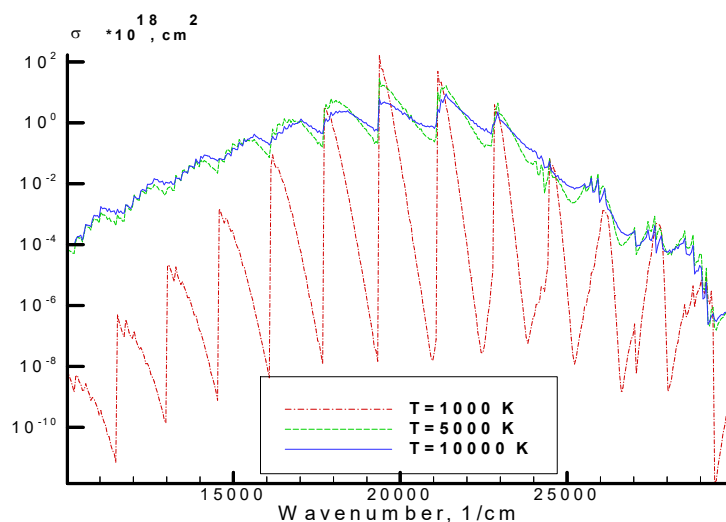


Рис. 12. Молекула  $C_2$ , переход  $d^3\Pi_g - a^3\Pi_u$  (система Свана)

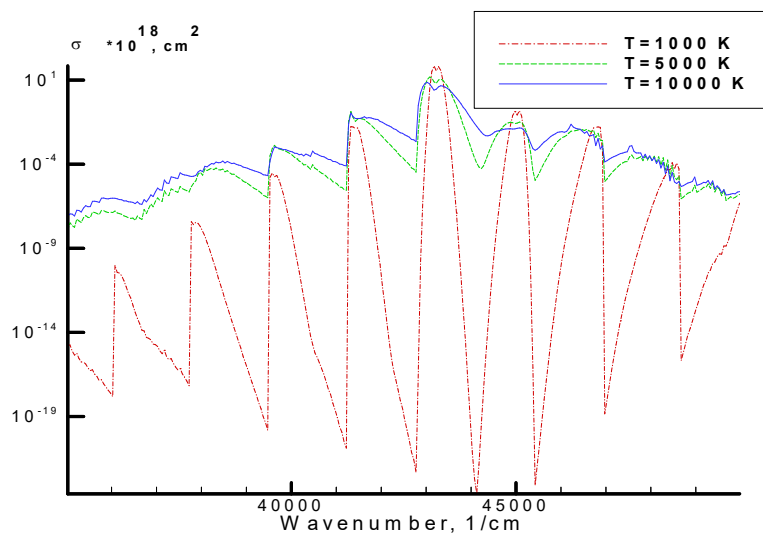


Рис. 13. Молекула  $C_2$ , переход  $D^1\Sigma^+_u - X^1\Sigma^+_g$  (система Малликена)

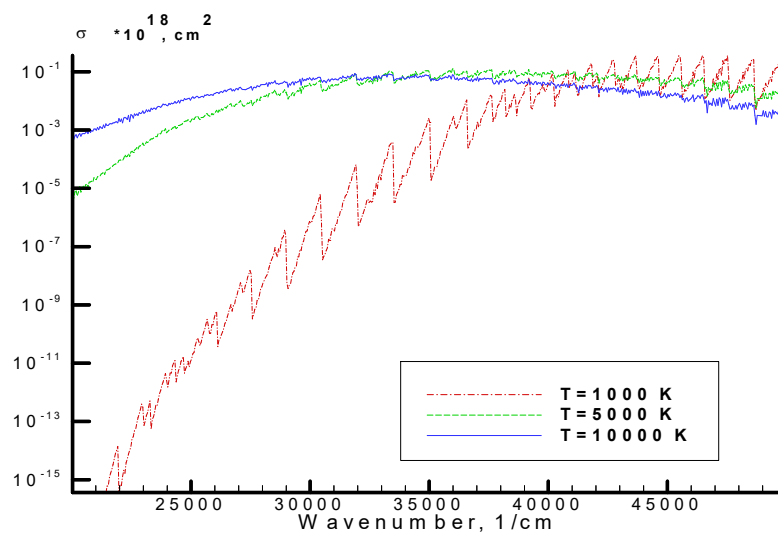


Рис. 14. Молекула  $C_2$ , переход  $e^3\Pi_g - a^3\Pi_u$  (система Фокса – Герцберга)

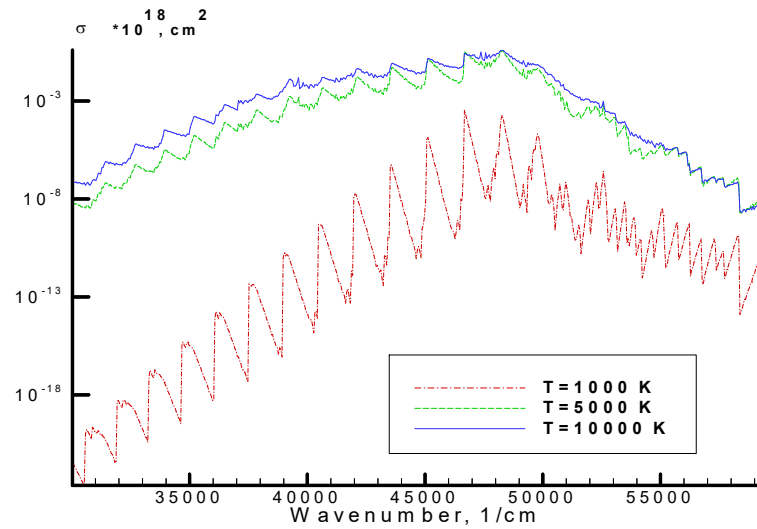


Рис. 15. Молекула  $\text{C}_2$ , переход  $E^1\Sigma_g^+ - A^1\Pi_u$

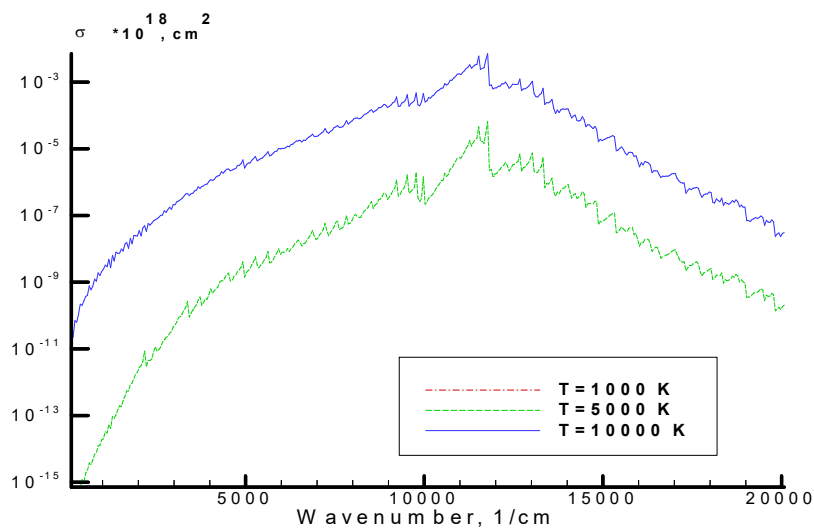


Рис. 16. Молекула  $\text{C}_2$ , переход  $E^1\Sigma_g^+ - D^1\Sigma_u^+$

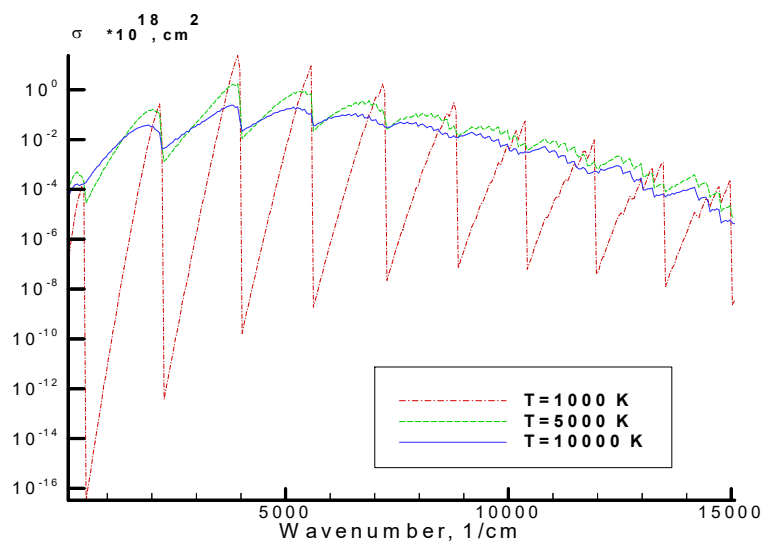


Рис. 17. Молекула  $\text{C}_2^-$ , переход  $A^2\Pi_u - X^2\Sigma_g^+$

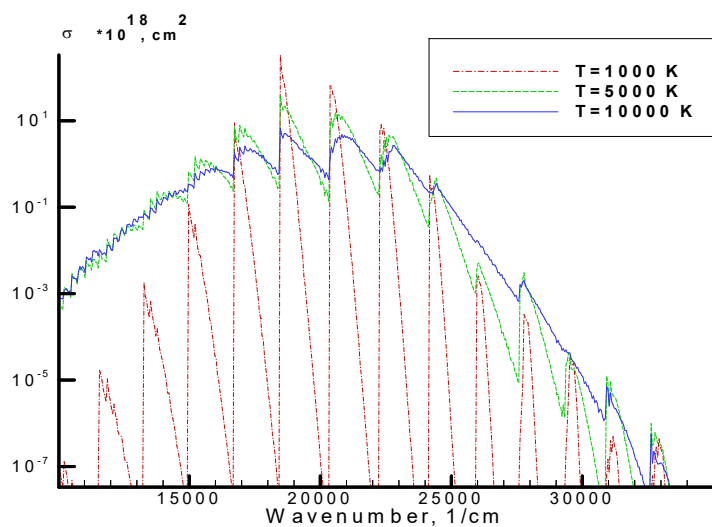


Рис. 18. Молекула  $C_2^-$ , переход  $B^2\Sigma_u^- - X^2\Sigma_g^+$

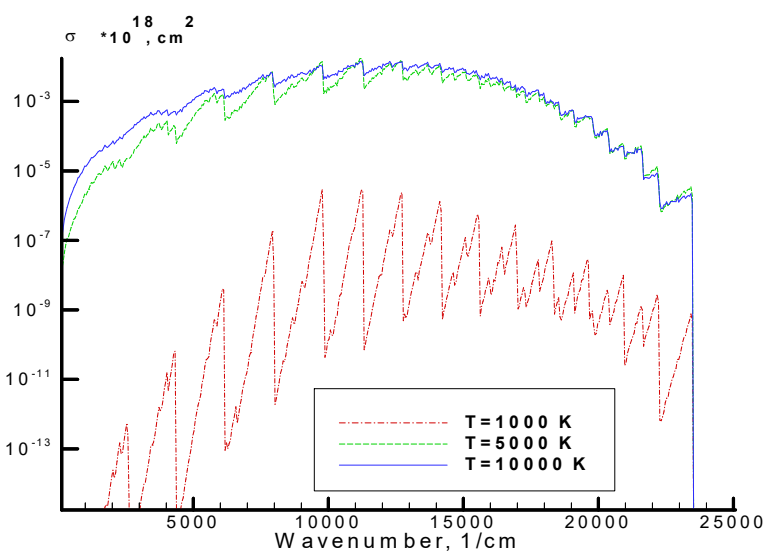


Рис. 19. Молекула  $C_2^+$ , переход  $B^4\Sigma_u^- - A^4\Pi_g$

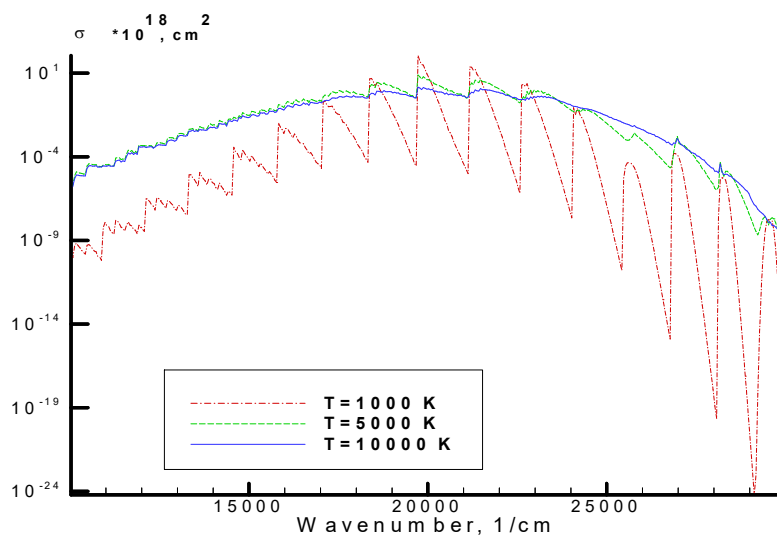


Рис. 20. Молекула  $C_2^+$ , переход  $B^4\Sigma_u^- - X^4\Sigma_g^-$



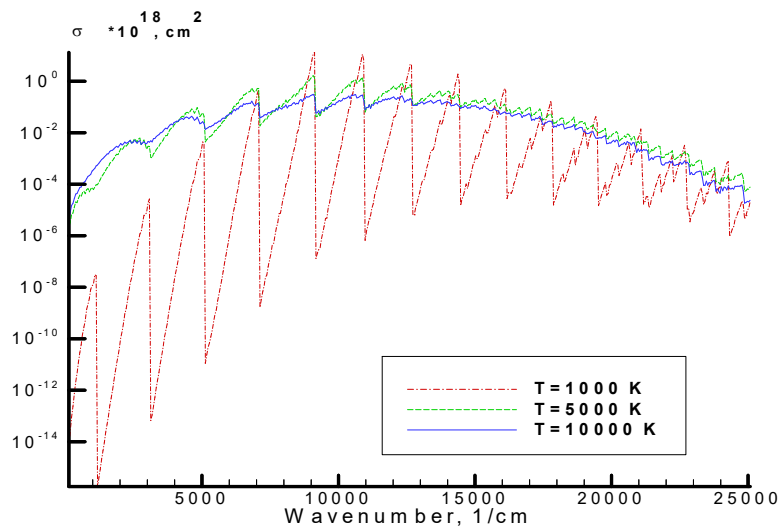


Рис. 21. Молекула CN, переход  $A^2\Pi - X^2\Sigma^+$  (Красная система)

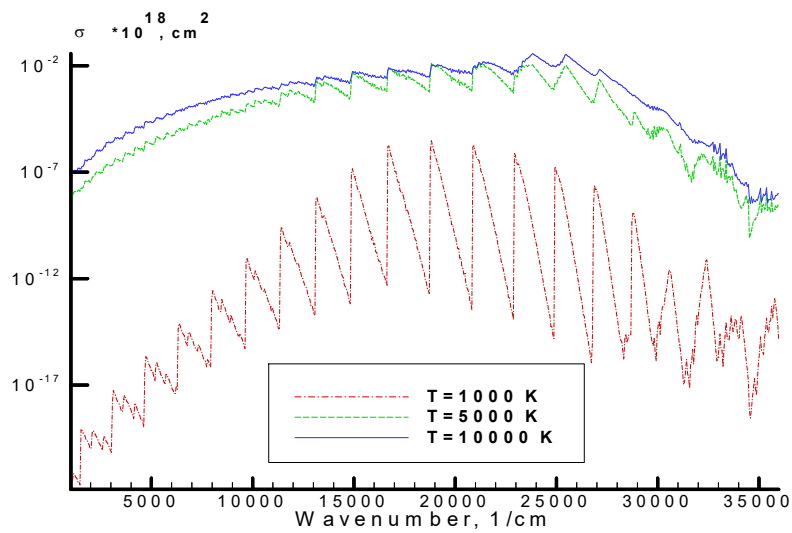


Рис. 22. Молекула CN, переход  $B^2\Sigma^+ - A^2\Pi$

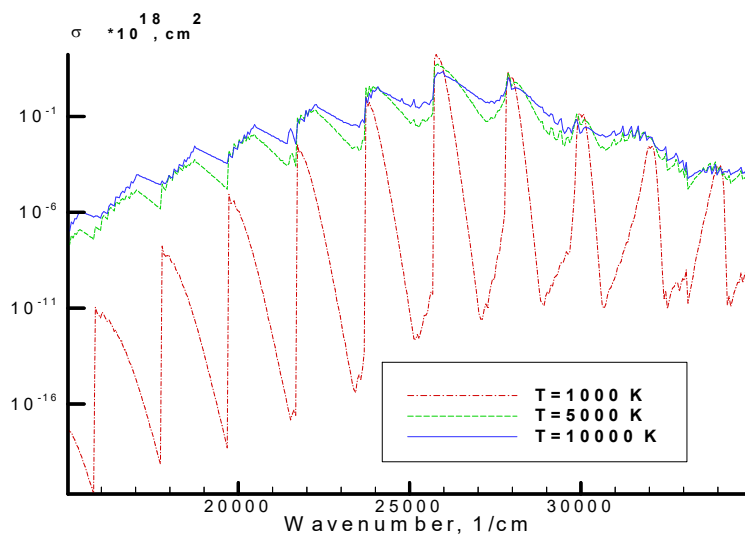


Рис. 23. Молекула CN, переход  $B^2\Sigma^+ - X^2\Sigma^+$  (Фиолетовая система)

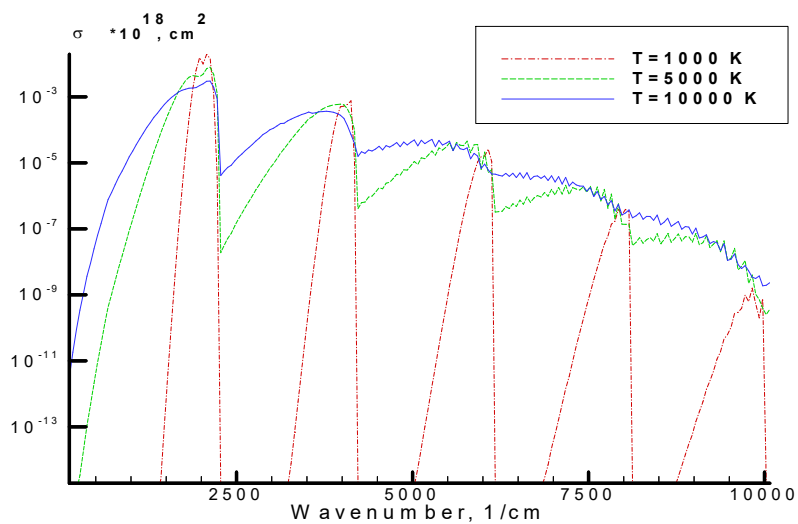


Рис. 24. Молекула CN, переход  $X^2\Sigma^+ - X^2\Sigma^+$

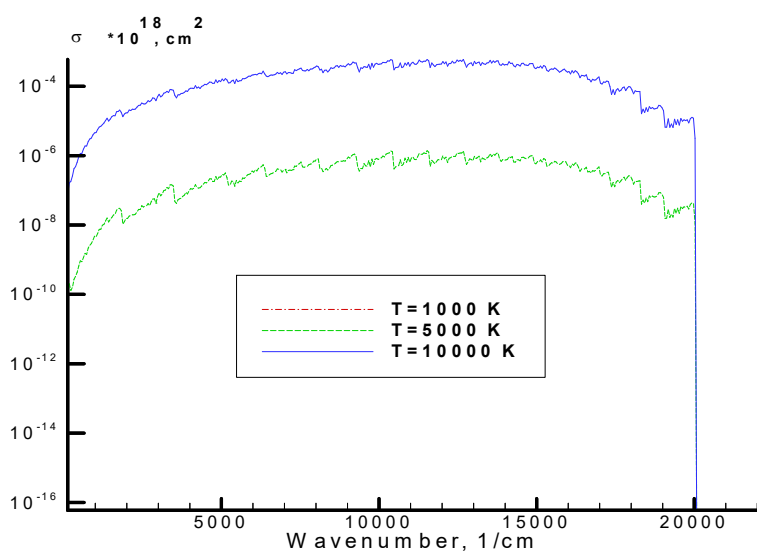


Рис. 25. Молекула CO, переход  $a^3\Sigma^+ - a^3\Pi$  (система Асунди)

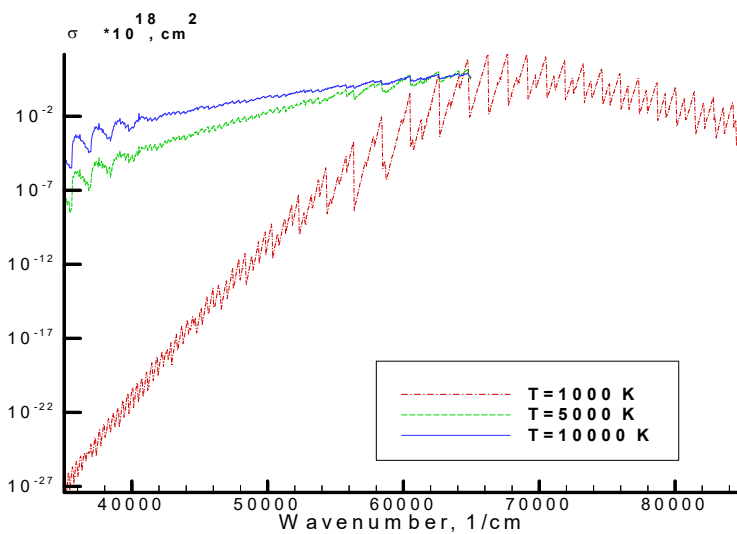


Рис. 26. Молекула CO, переход  $A^1\Pi - X^1\Sigma^+$  (4-я положительная система)

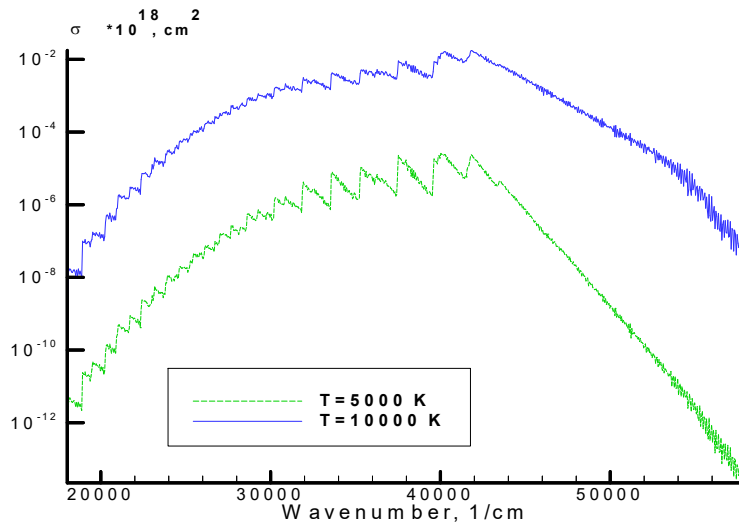


Рис. 27. Молекула CO, переход  $b^3\Sigma^+ - a^3\Pi$  (3-я положительная система)

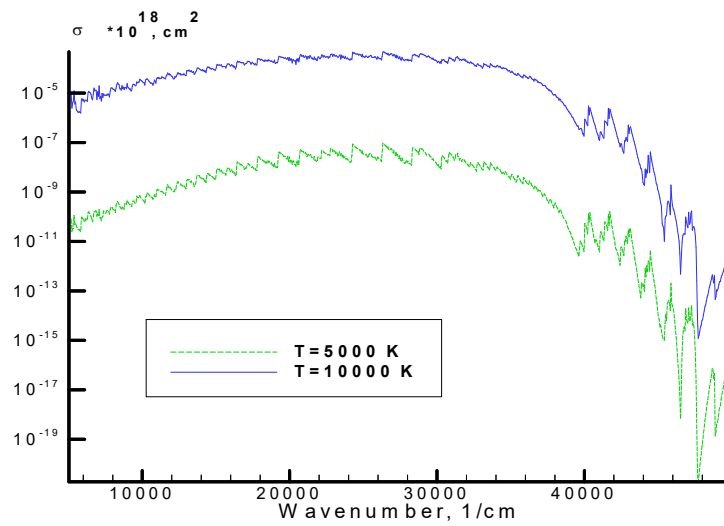


Рис. 28. Молекула CO, переход  $B^1\Sigma^+ - A^1\Pi$  (система Ангстрема)

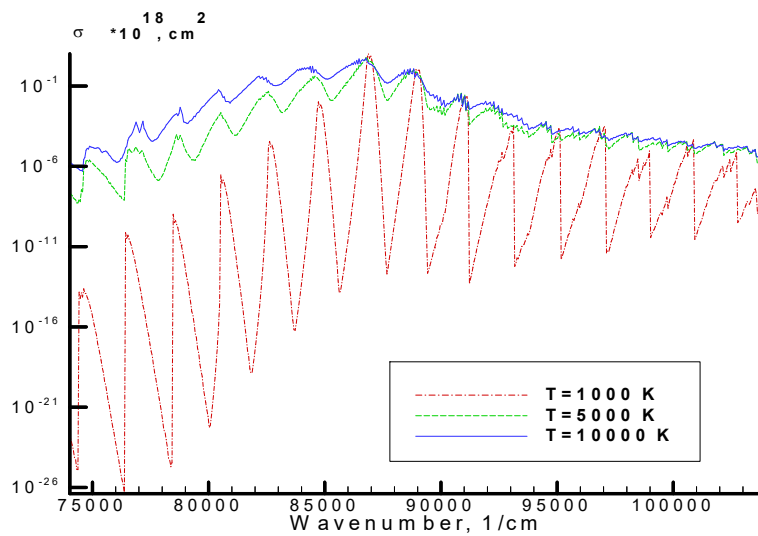


Рис. 29. Молекула CO, переход  $B^1\Sigma^+ - X^1\Sigma^+$  (система Хопфильда – Бердже)

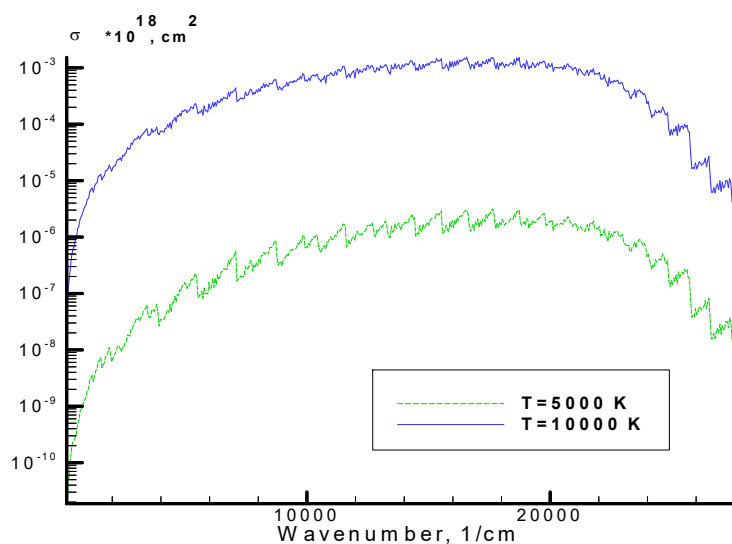


Рис.30 Молекула CO, переход  $d^3\Delta - a^3\Pi$  (Триплетная система)

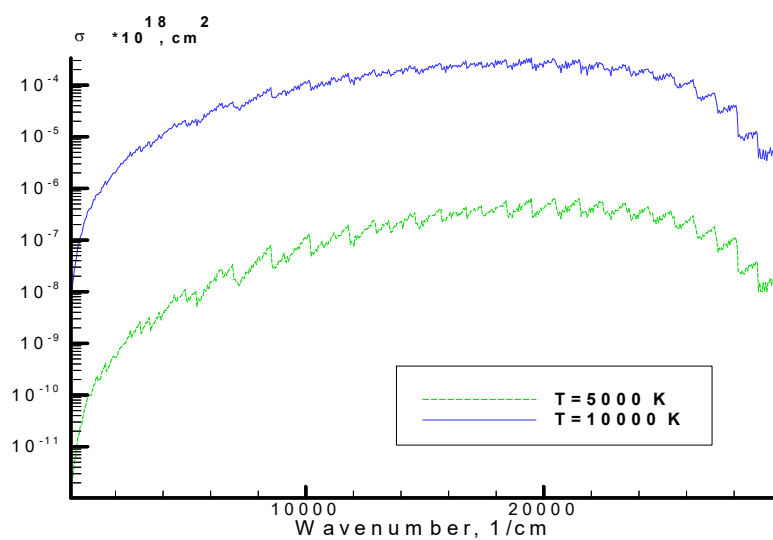


Рис. 31. Молекула CO, переход  $e^3\Sigma^- - a^3\Pi$  (система Германа)

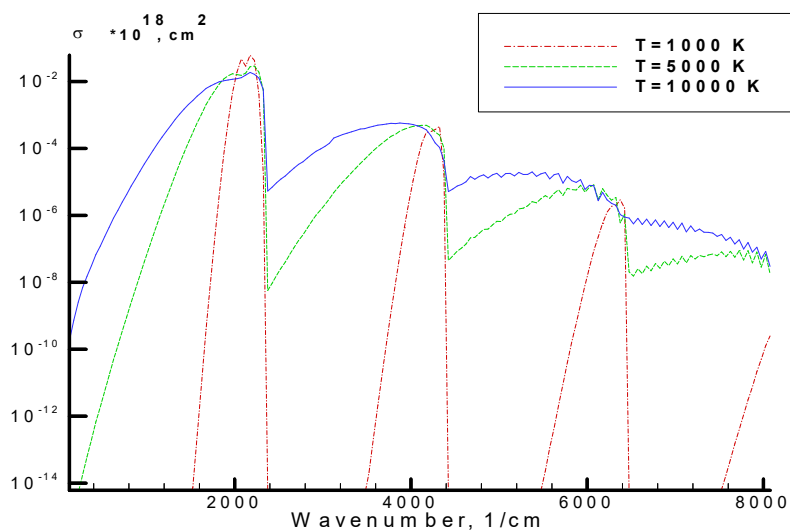


Рис. 32. Молекула CO, переход  $X^1\Sigma^+ - X^1\Sigma^+$

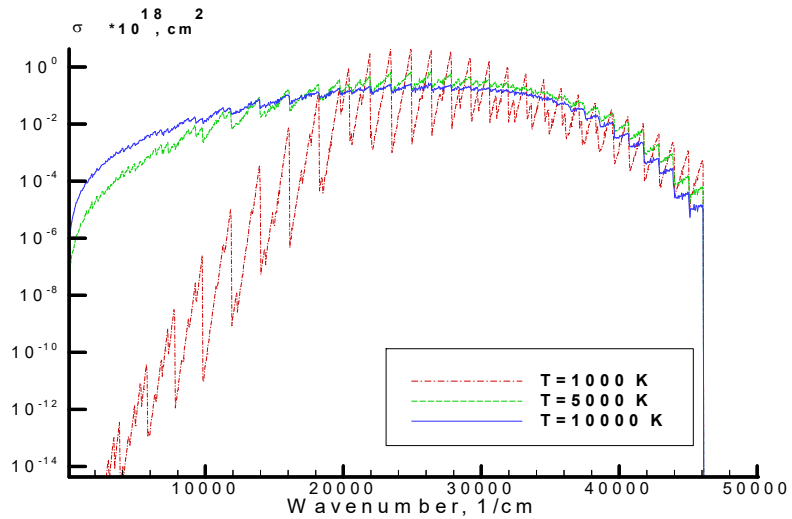


Рис. 33. Молекула  $\text{CO}^+$ , переход  $A^2\Pi - X^2\Sigma^+$  (система кометных хвостов)

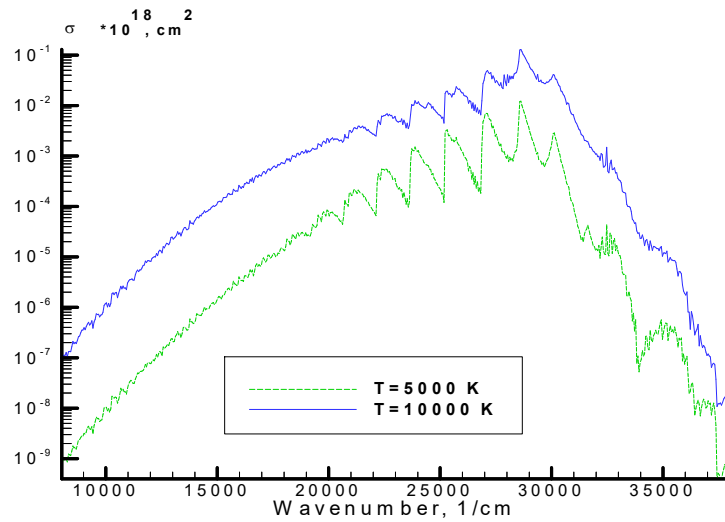


Рис. 34. Молекула  $\text{CO}^+$ , переход  $B^2\Sigma^+ - A^2\Pi$  (система Балдета – Джонсона)

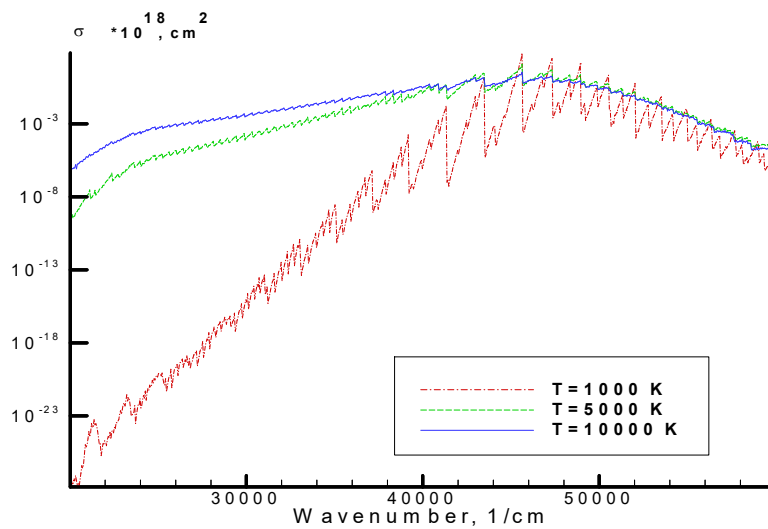


Рис. 35. Молекула  $\text{CO}^+$ , переход  $B^2\Sigma^+ - X^2\Sigma^+$  (1-я отрицательная система)

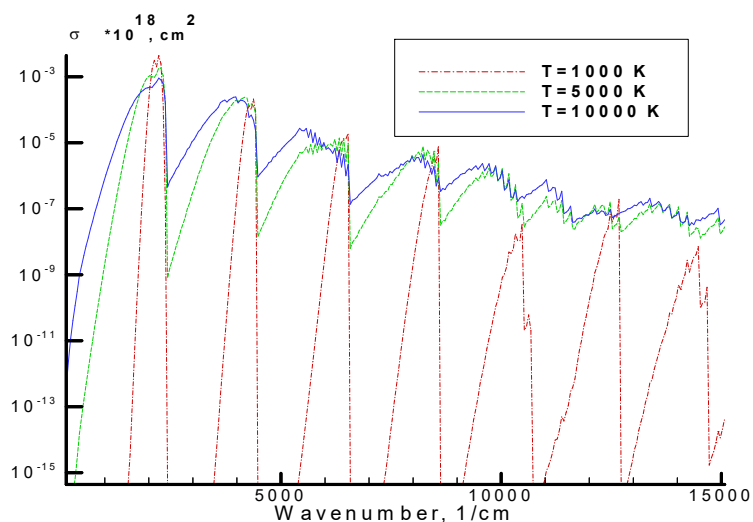


Рис. 36. Молекула  $\text{CO}^+$ , переход  $X^2\Sigma^+ - X^2\Sigma^+$

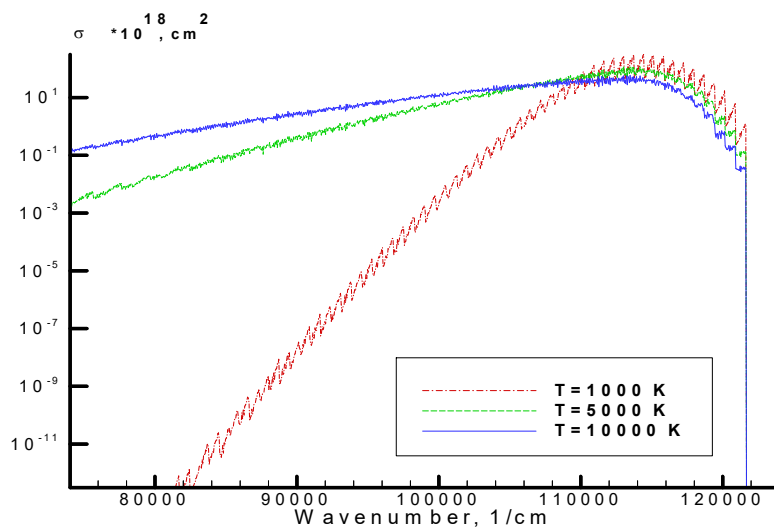


Рис. 37. Молекула  $\text{N}_2$ , переход  $b^1\Sigma_u^+ - X^1\Sigma_g^+$  (система Берджа – Хопфильда 2)

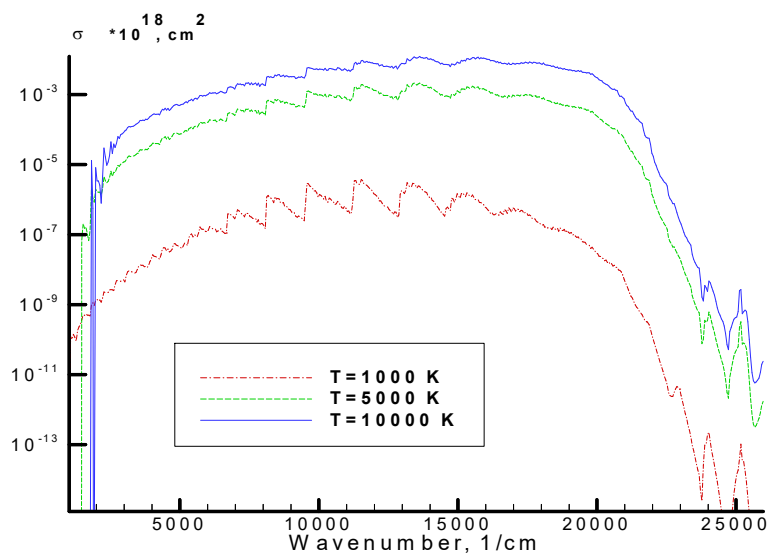


Рис. 38. Молекула  $\text{N}_2$ , переход  $B^3\Pi_g - A^3\Sigma_u^+$  (1-ая положительная система)

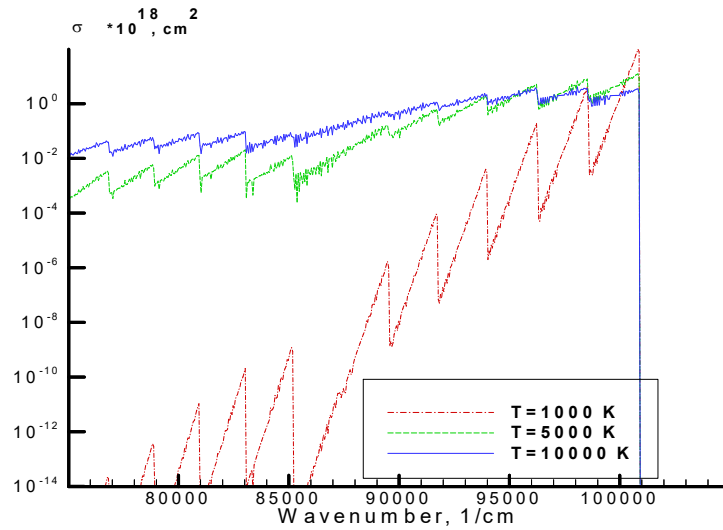


Рис. 39. Молекула  $\text{N}_2$ , переход  $B^3\Pi_g - A^3\Sigma_u^+$  (1-я положительная система)

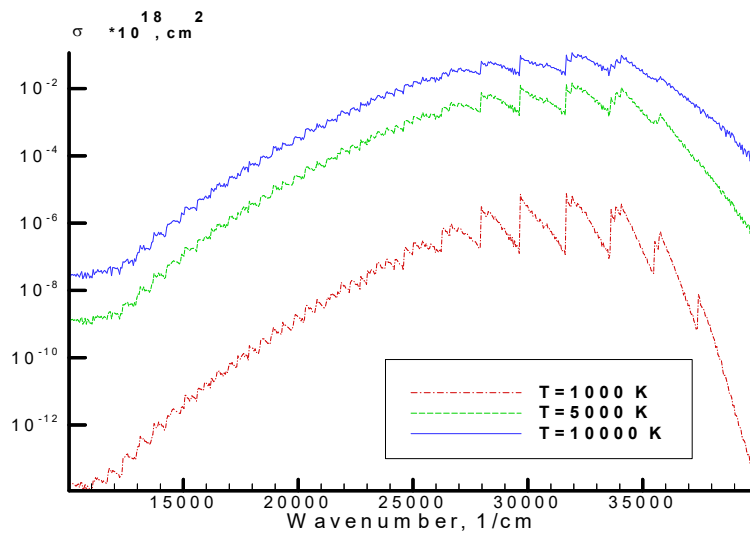


Рис. 40. Молекула  $\text{N}_2$ , переход  $C^3\Pi_u - B^3\Pi_g$  (2-я положительная система)

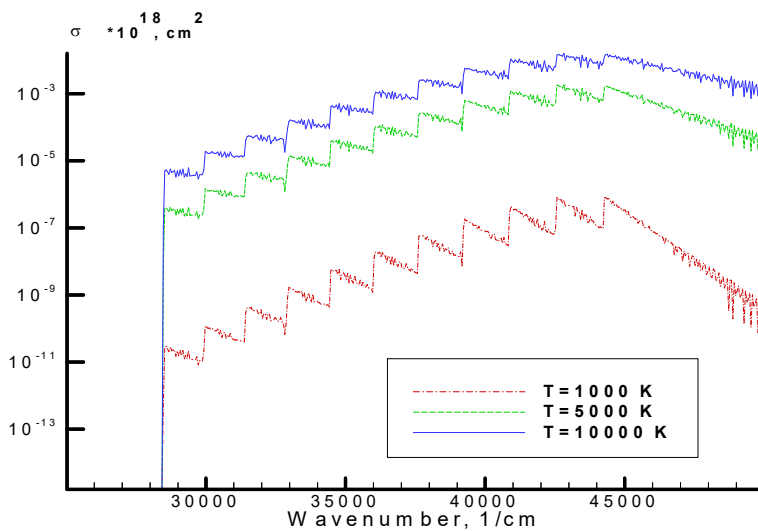


Рис. 41. Молекула  $\text{N}_2$ , переход  $D^3\Sigma_u^+ - B^3\Pi_g$  (4-я положительная система)

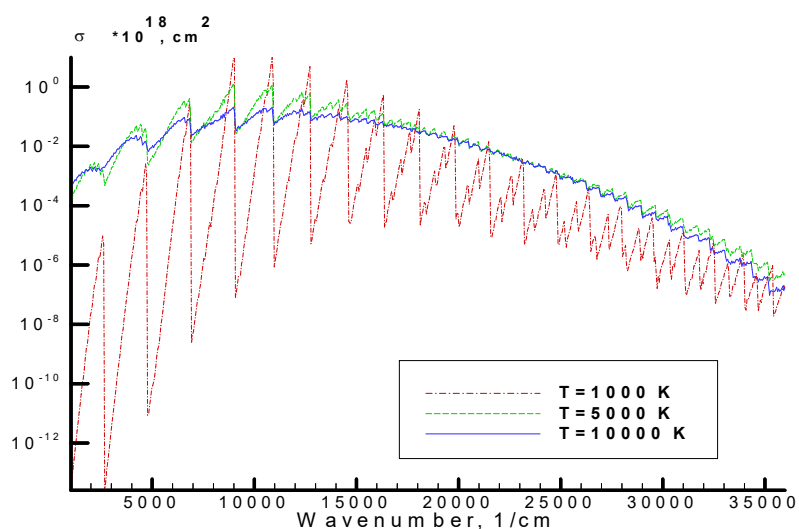


Рис. 42. Молекула  $N_2^+$ , переход  $A^2\Pi_u - X^2\Sigma_g^+$  (система Майнела)

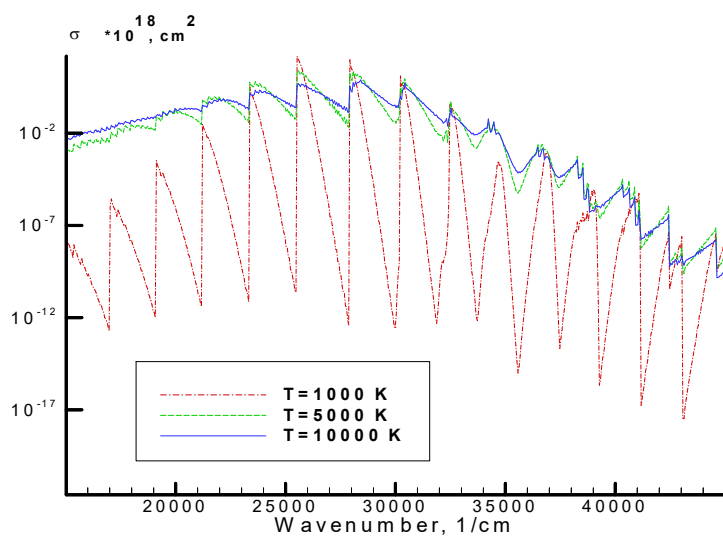


Рис. 43. Молекула  $N_2^+$ , переход  $B^2\Sigma_u^+ - X^2\Sigma_g^+$  (1-я отрицательная система)

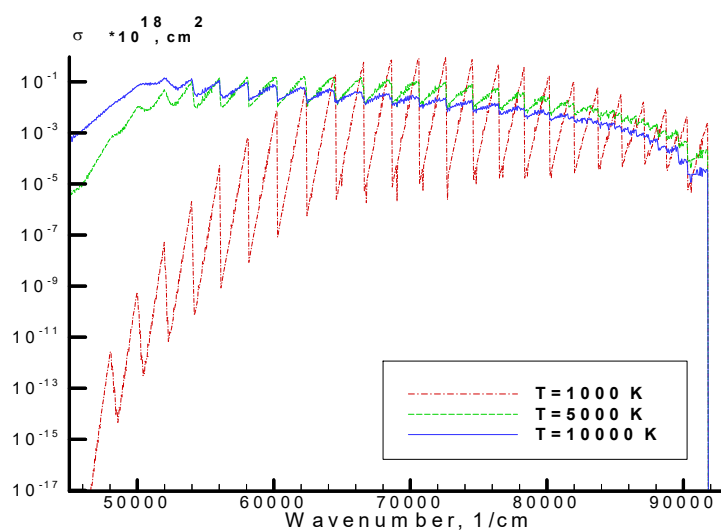


Рис. 44. Молекула  $N_2^+$ , переход  $C^2\Sigma_u^+ - X^2\Sigma_g^+$  (2-я отрицательная система)



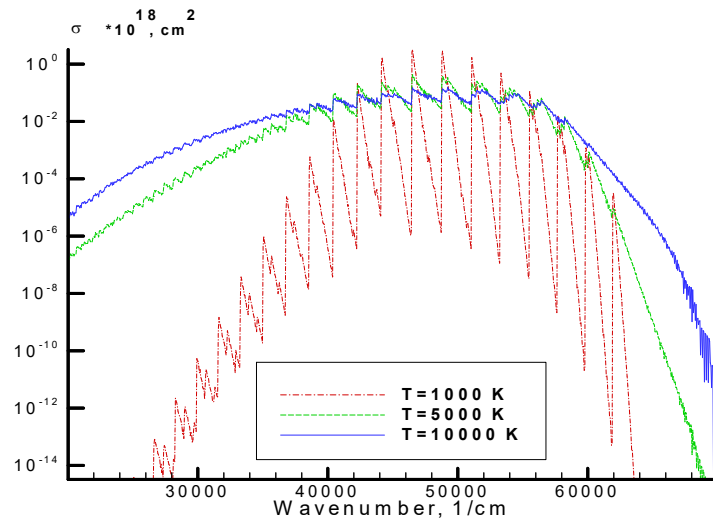


Рис. 45. Молекула NO, переход  $A^2\Sigma^+ - X^2\Pi$  ( $\gamma$ -система)

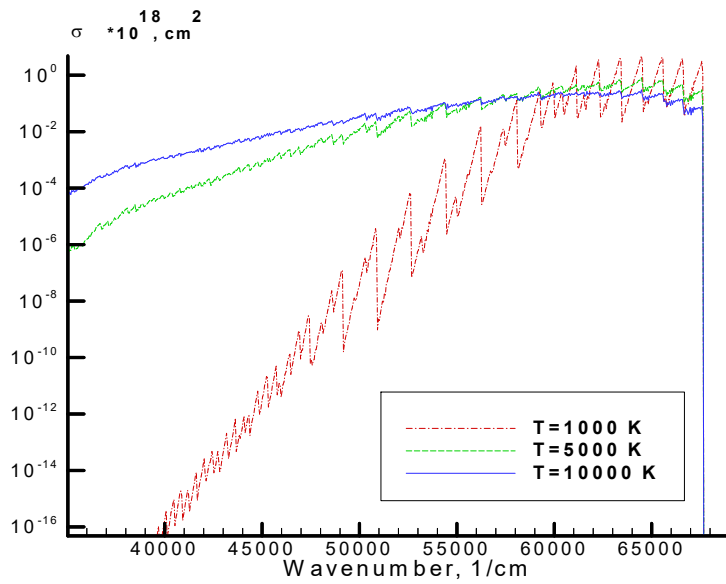


Рис. 46. Молекула NO, переход  $B'^2\Delta - X^2\Pi$  ( $\beta'$ -система)

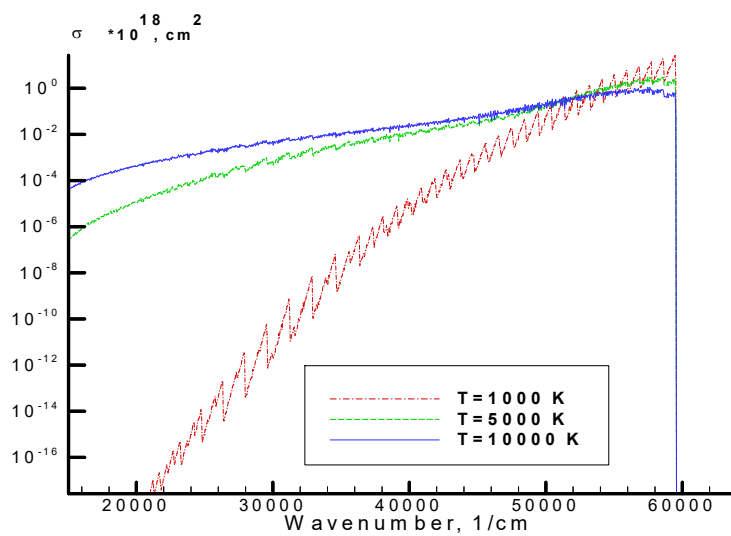


Рис. 47. Молекула NO, переход  $B^2\Pi - X^2\Pi$  ( $\beta$ -система)

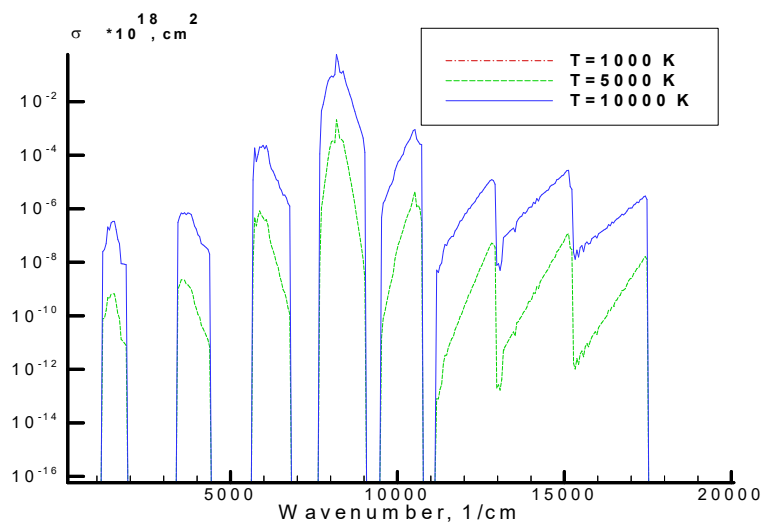


Рис. 48. Молекула NO, переход  $C^2\Pi - A^2\Sigma^+$

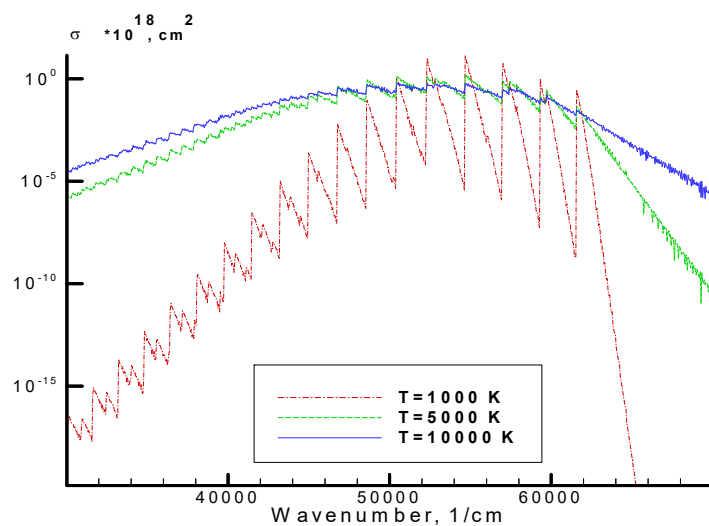


Рис. 49. Молекула NO, переход  $C^2\Pi - X^2\Pi$  ( $\delta$ -система)

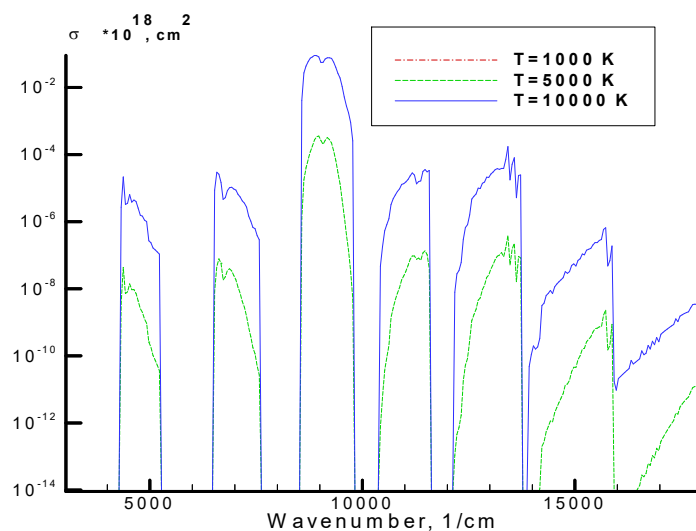


Рис. 50. Молекула NO, переход  $D^2\Sigma^+ - A^2\Sigma^+$  (11000 Å-система)

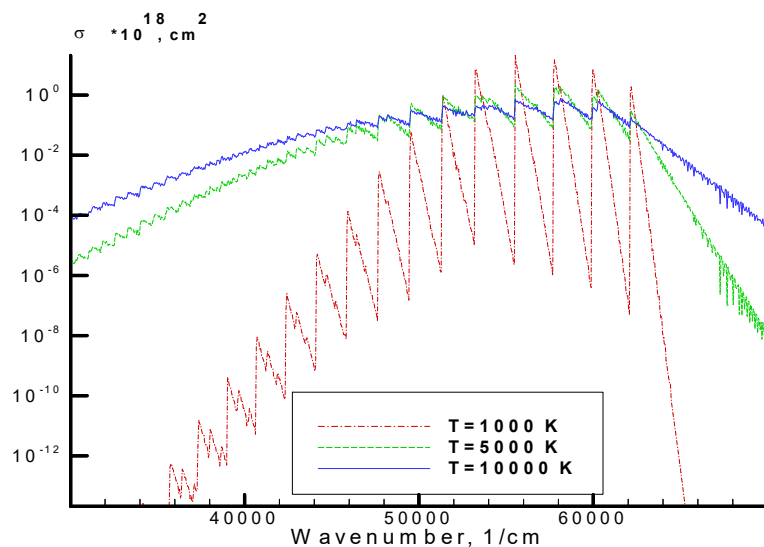


Рис. 51. Молекула NO, переход  $D^2\Sigma^+ - X^2\Pi$  ( $\epsilon$ -система)

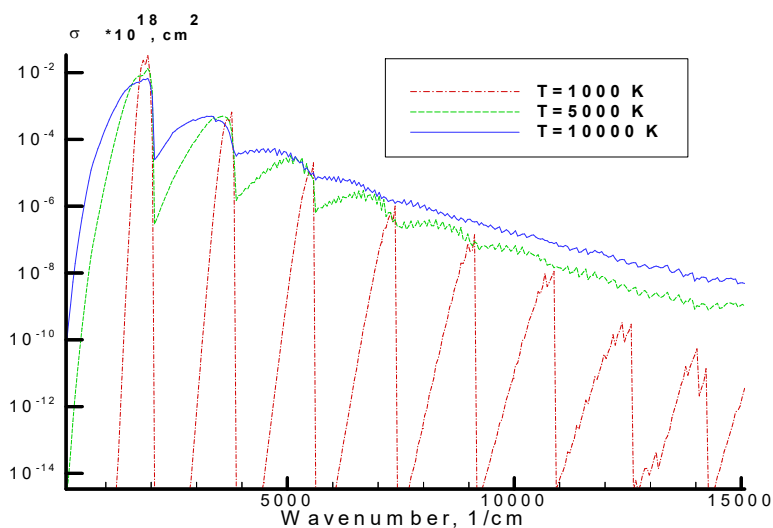


Рис. 52. Молекула NO, переход  $X^2\Pi - X^2\Pi$

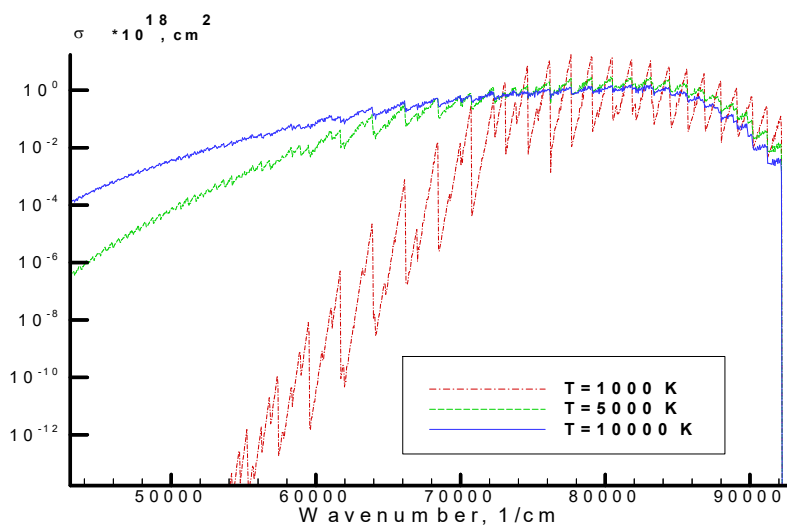


Рис. 53. Молекула  $\text{NO}^+$ , переход  $A^1\Pi - X^1\Sigma^+$

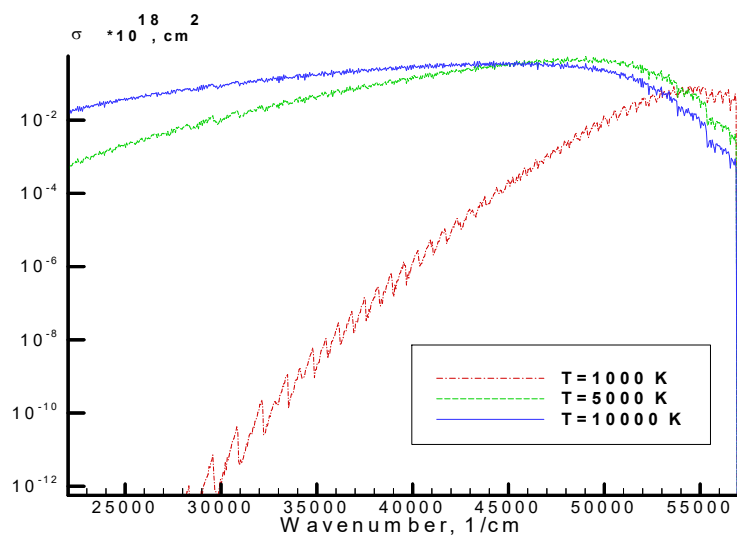


Рис. 54. Молекула  $O_2$ , переход  $B^3\Sigma_u^- - X^3\Sigma_g^-$  (система Шумана – Рунге)

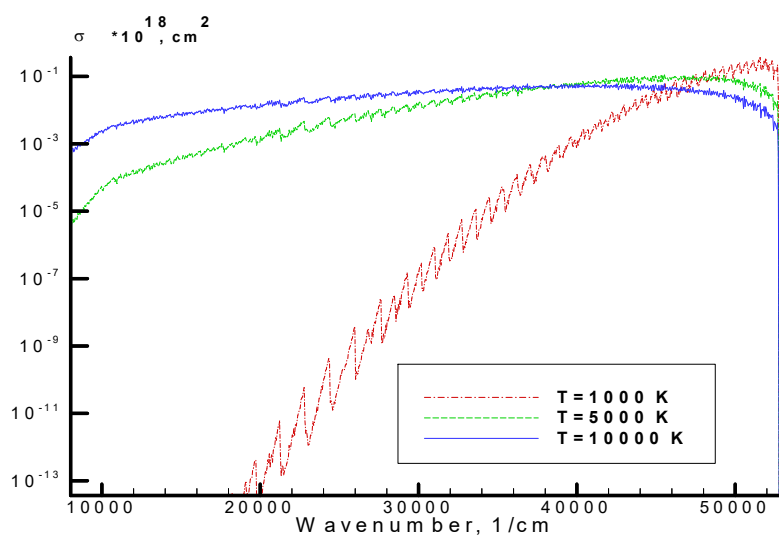


Рис. 55. Молекула  $O_2^+$ , переход  $A^2\Pi_u - X^2\Pi_g$  (2-я отрицательная система)

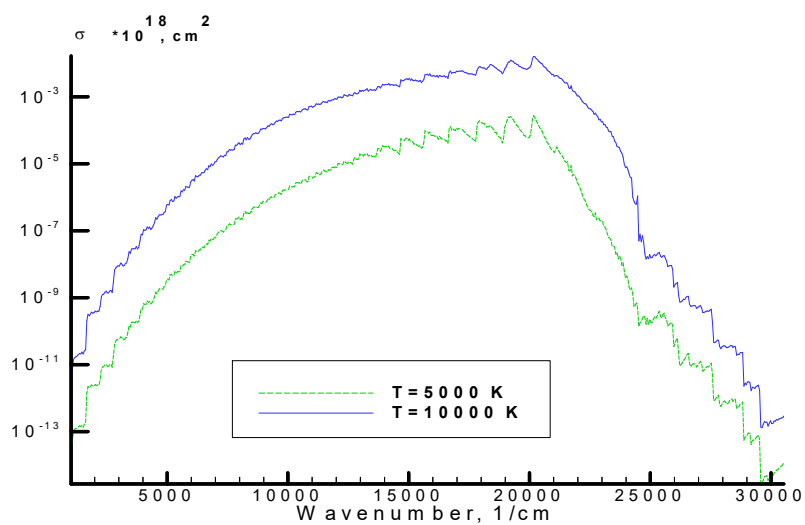


Рис. 56. Молекула  $O_2^+$ , переход  $b^4\Sigma_g^- - a^4\Pi_u$  (1-я отрицательная система)

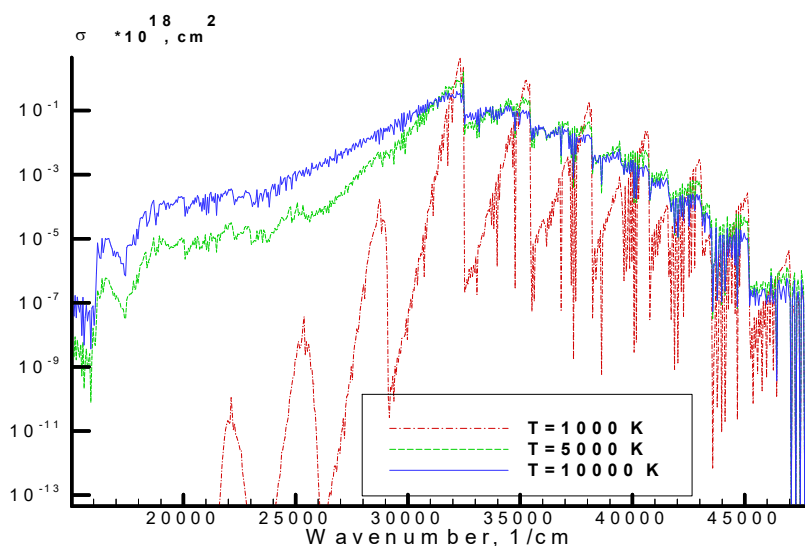


Рис. 57. Молекула OH, переход  $A^2\Sigma^+ - X^2\Pi$

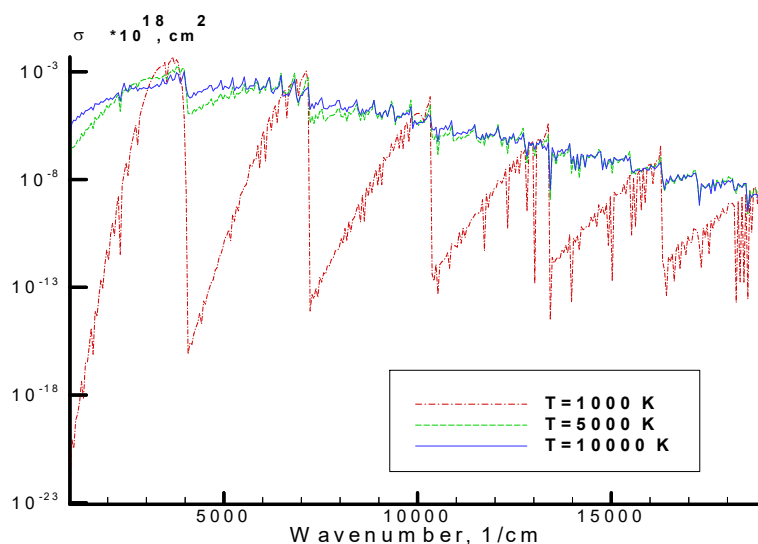


Рис. 58. Молекула OH, переход  $X^2\Pi - X^2\Pi$

#### 4. Данные по электронной кинетике атомов и молекул, использованные в работах по аэрофизике ударных волн

В таблицах 4–18 приведены модели электронной кинетики, которые использовались в задачах физико-химической кинетики сильных ударных волн. Следует иметь в виду, что подавляющее число кинетических констант являются эмпирическими величинами, поэтому для получения сведений о первоисточниках, в которых дано пояснение относительно происхождения тех или иных величин, рекомендуется обратиться к цитируемой литературе.

#### Благодарности и ссылки на гранты

Работа выполнена по теме государственного задания (№ госрегистрации АААА-А20-120011690135-5) и при поддержке гранта РФФИ 19-01-00515.

## Литература

1. Суржиков С.Т. Введение в теорию eRC-моделей аэрофизики высоких скоростей. Общие понятия// Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2021. Т. 22, вып. 6. <http://chemphys.edu.ru/issues/2021-22-6/articles/967/>
2. Herzberg G. *Molecular Spectra and Molecular Structures. I. Spectra of Diatomic Molecules.* 2<sup>nd</sup> ed., Van Nostrand, Princeton, N.J. 1950.
3. Fraser P.A. *Canad. J. Phys.* 1954. Vol.32. P.515.
4. Bethe H.A. *Intermediate Quantum Mechanics.* W.A. Benjamin, Inc. New York- Amsterdam. 1964.
5. Bethe H.A., Sapleter E.E. *Quantum Mechanics of One- and Two-Electron Atoms*// Springer-Verlag. Berlin - Gottingen - Heidelberg. 1957. 563 p.
6. Kuznetsova L.A., Kuzmenko N.E., Kuzyakov Yu.Ya. et al. Probabilities of Optical Transitions in Diatomic Molecules. Moscow. "Nauka". 1980. 319 p.
7. Shadee A. The Relation between the Electronic Oscillator Strength and the Wavelength for Diatomic Molecules// *JQSRT.* 1967. Vol. 7. P.169.
8. Shadee A. Unique Definitions for the Band Strength and the Electronic-Vibrational Dipole Moment of Diatomic Molecular Radiative Transitions// *JQSRT.* 1978. Vol. 19. P. 451.
9. Landshoff R.K.M., Magee J.L. *Thermal Radiation Phenomena. Volume 1. Radiative Properties of Air.* Plenum Publishing Corporation. 1969. New York.
10. Polak L.S., Ovsjannikov A.A., Slovetsky D.I., Vuzzel F.B. *Theoretical and Applied Plasma Chemistry.* Moscow. "Nauka". 1975. 304 p.
11. Mnatsakanjan A.X. *Optics and Spectroscopy.* 1971. Vol.30. pp.1015-1018
12. Park Ch. Rate Parameters for Electronic Excitation of Diatomic Molecules. I. Electron-Impact Processes// *AIAA Paper 2008-1206.* 2008. 15 p.
13. Teulet P., Sarrette J.P., Gomes A.M. Calculation of Electron Impact Inelastic Cross Sections and Rate Coefficients for Diatomic Molecules. Application to Air Molecules// *JQSRT.* 1999. Vol.62. pp.549–569.
14. Cartwright D.C. Rate Coefficients and Inelastic Momentum Transfer Cross Sections for Electronic Excitation of N<sub>2</sub> by Electrons// *J. Appl. Phys.* 1978. Vol. 49. No. 7. Pp. 3855–3862.
15. Park Ch. Rate Parameters for Electronic Excitation of Diatomic Molecules. II. Heavy Particle – Impact Processes// *AIAA Paper 2008-1446.* 2008. 15 p.
16. Drawin H.W. *Collision and Transport Cross Sections.* Report EUR-CEA-FC 383. 1967.
17. Drawin H.W. Elementary Reactions and the Interpretation of Measurements of Chemically Reacting Non LTE Plasmas// *Pure & Appl. Chem.* 1976. Vol.48. Pp. 133–153.
18. Slovetsky D.I. *The Mechanisms of Chemical Reactions in Nonequilibrium Plasma.* Moscow. "Nauka". 1980. 310 p.
19. Суржиков С.Т. Компьютерная аэрофизика спускаемых космических аппаратов. Двухмерные модели. М.: Физматлит. 2018. 543 с.
20. Surzhikov S.T. Computing System for Mathematical Simulation of Selective Radiation Transfer// *AIAA Paper № 00-2369.* 2000. 11 p
21. Суржиков С.Т. *Оптические свойства газов и плазмы.* М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2004. 575 с.
22. Кузнецова Л.А., Суржиков С.Т. Атлас спектральных сечений поглощения электронных и колебательных систем полос двухатомных молекул. М.: ИПМех РАН. 1997. Препринт ИПМех РАН. № 603. 102 с.
23. Teulet P., Sarrette J.P., Gomes A.M. Calculation of Electron Impact Inelastic Cross Sections and Rate Coefficients for Diatomic Molecules. Application to Air Molecules// *JQSRT.* 1999. Vol. 62. Pp. 549–569.

24. Gorelov V.A., Gladyshev M.K., Kireev A.Yu., et al. Experimental and numerical Study of Nonequilibrium Ultraviolet NO and Emission in Shock Layer//J. of Thermophysics and Heat Transfer. 1998. Vol. 12. No. 2. Pp.172–179.
25. Gally T.A., Carlson L.A., Green D. Flow field Coupled Excitation and Radiation Model for Nonequilibrium Reacting Flows//J. of Thermophysics and Heat Transfer. 1993. Vol.7. No.2. Pp. 285–293.
26. Gally T.A., Carlson L.A. An Approximate Local Thermodynamic Nonequilibrium Radiation Model of Air//AIAA Paper 92-2972. 1992. 20 p.
27. Zalugin G., Kozlov P., Kuznetsova L., Losev S., Makarov V., Romanenko Yu., and Surzhikov S. Radiation Excited by Shock Waves in a CO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>-Ar Mixture: Experiment and Theory// Technical Physics. 2001. Vol. 71. No.6. Pp. 10–16.
28. Carlson L.A., Gally T.A. The effect of Electron Temperature and Impact Ionization on Martian Return AOTV Flowfields//AIAA paper 89-1709. 1989. 15 p.; J.Thermophysics. 1991. Vol.5. No1. Pp. 9–20.

## References

1. Surzhikov, S. T., “Introduction to the Theory of the eRC-Models of High-Speed Aerophysics. The General Concepts,”//*Physical-Chemical Kinetics in Gas Dynamics*, Vol. 22, No. 6, 2021. <http://chemphys.edu.ru/issues/2021-22-6/articles/967/>
2. Herzberg, G., *Molecular Spectra and Molecular Structures. I. Spectra of Diatomic Molecules. 2<sup>nd</sup> ed.*, Van Nostrand, Princeton, N.J, 1950.
3. Fraser, P. A., “A Method of Determining the Electronic Transition Moment for Diatomic Molecules,” *Canad. J. Phys.*, 1954, Vol. 32, No. 8, p. 515.
4. Bethe, H. A., *Intermediate Quantum Mechanics*, W.A. Benjamin, Inc. New York- Amsterdam, 1964.
5. Bethe, H. A., Sapleter, E. E., *Quantum Mechanics of One- and Two-Electron Atoms*, Springer-Verlag. Berlin - Gottingen – Heidelberg, 1957, 563 p.
6. Kuznetsova, L. A., Kuzmenko, N. E., Kuzyakov, Yu. Ya., et al., *Probabilities of Optical Transitions in Diatomic Molecules*, Moscow, “Nauka”, 1980, 319 p.
7. Shadee, A., “The Relation between the Electronic Oscillator Strength and the Wavelength for Diatomic Molecules,” *JQSRT*, Vol. 7, 1967, p. 169.
8. Shadee, A., “Unique Definitions for the Band Strength and the Electronic-Vibrational Dipole Moment of Diatomic Molecular Radiative Transitions,” *JQSRT*, Vol. 19, 1978, p. 451.
9. Landshoff, R. K. M., Magee, J. L., *Thermal Radiation Phenomena. Volume 1. Radiative Properties of Air*, Plenum Publishing Corporation, New York, 1969.
10. Polak, L. S., Ovsjannikov, A. A., Slovetsky, D. I., Vuzzel, F. B., *Theoretical and Applied Plasma Chemistry*, Moscow, “Nauka”, 1975, 304 p.
11. Mnatsakanjan, A. X., *Optics and Spectroscopy*, Vol. 30, 1971, pp. 1015–1018.
12. Park, Ch., “Rate Parameters for Electronic Excitation of Diatomic Molecules. I. Electron-Impact Processes,” *46th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit*, AIAA Paper 2008-1206, Jan. 2008, 15 p. <https://doi.org/10.2514/6.2008-1206>
13. Teulet, P., Sarrette, J. P., Gomes, A. M., “Calculation of Electron Impact Inelastic Cross Sections and Rate Coefficients for Diatomic Molecules. Application to Air Molecules,” *JQSRT*, Vol. 62, 1999, pp. 549–569.
14. Cartwright, D. C., “Rate Coefficients and Inelastic Momentum Transfer Cross Sections for Electronic Excitation of N<sub>2</sub> by Electrons,” *J. Appl. Phys.*, Vol. 49, No. 7, 1978, pp. 3855–3862.
15. Park, Ch., “Rate Parameters for Electronic Excitation of Diatomic Molecules. II. Heavy Particle – Impact Processes,” *46th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit*, AIAA Paper 2008-1446, Jan. 2008, 15 p. <https://doi.org/10.2514/6.2008-1446>
16. Drawin, H. W., *Collision and Transport Cross Sections*, Report EUR-CEA-FC 383, 1967.

17. Drawin, H. W., "Elementary Reactions and the Interpretation of Measurements of Chemically Reacting Non LTE Plasmas," *Pure & Appl. Chem.*, Vol. 48, 1976, pp. 133–153.
18. Slovetsky, D. I., *The Mechanisms of Chemical Reactions in Nonequilibrium Plasma*, Moscow. "Nauka", 1980, 310 p.
19. Surzhikov, S. T., *Komp'yuternaja ajerofizika spuskaemyh kosmicheskikh apparatov. Dvuhmernye modeli* (Computer Aerophysics of Descent Vehicles. Two-dimensional models), M.: Fizmatlit, 2018, 543 p.
20. Surzhikov, S. T., "Computing System for Mathematical Simulation of Selective Radiation Transfer," *34th Thermophysics Conference*, AIAA Paper 00-2369, June 2000. <https://doi.org/10.2514/6.2000-2369>
21. Surzhikov, S. T., *Opticheskie svojstva gazov i plazmy* (Optical properties of gases and plasma), M.: Izd-vo MG TU im. N. Je. Baumana, 2004, 575 p.
22. Kuznecova, L. A., Surzhikov, S. T., *Atlas spektral'nyh sechenij pogloshhenija jelektronnyh i kolebatel'nyh sistem polos dvuhatomnyh molekul* (Atlas of spectral absorption cross sections of electronic and vibrational band systems of bi-atomic molecules), M.: IPMeh RAN, Preprint IPMeh RAN No. 603, 1997, 102 c.
23. Teulet, P., Sarrette, J. P., Gomes, A. M., "Calculation of Electron Impact Inelastic Cross Sections and Rate Coefficients for Diatomic Molecules. Application to Air Molecules," *JQSRT*, Vol. 62, 1999, pp. 549–569.
24. Gorelov, V. A., Gladyshev, M. K., Kireev, A. Yu., et al., "Experimental and numerical Study of Nonequilibrium Ultraviolet NO and Emission in Shock Layer," *J. of Thermophysics and Heat Transfer*, Vol. 12, No. 2, 1998, pp. 172–179.
25. Gally, T. A., Carlson, L. A., Green, D., "Flow field Coupled Excitation and Radiation Model for Nonequilibrium Reacting Flows," *J. of Thermophysics and Heat Transfer*, Vol. 7., No. 2, 1993, pp. 285–293.
26. Gally, T. A., Carlson, L. A., "An Approximate Local Thermodynamic Nonequilibrium Radiation Model of Air," AIAA Paper 92-2972, 1992, 20 p.
27. Zalogin, G., Kozlov, P., Kuznetsova, L., Losev, S., Makarov, V., Romanenko, Yu., and Surzhikov, S., "Radiation Excited by Shock Waves in a CO<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>-Ar Mixture: Experiment and Theory," *Technical Physics*, Vol. 71, No. 6, 2001, pp. 10–16.
28. Carlson, L. A., Gally, T. A., "The effect of Electron Temperature and Impact Ionization on Martian Return AOTV Flowfields," AIAA Paper 89-1709, 1989, 15 p.; *J. Thermophysics*, Vol. 5. No. 1, 1991, pp. 9–20.

Статья поступила в редакцию 25 декабря 2021 г.



Таблица 3

**Радиационные времена жизни электронных и электронно-колебательных состояний**

---



---

Имя перехода = C2\_ax Полное время жизни = 0.34037E-06 1/c

---

Vu= 0	Aul= 0.76170E+05, 1/c	Время жизни = 0.13129E-04 с
Vu= 1	Aul= 0.95735E+05, 1/c	Время жизни= 0.10445E-04 с
Vu= 2	Aul= 0.11388E+06, 1/c	Время жизни= 0.87814E-05 с
Vu= 3	Aul= 0.13098E+06, 1/c	Время жизни= 0.76350E-05 с
Vu= 4	Aul= 0.14674E+06, 1/c	Время жизни= 0.68147E-05 с
Vu= 5	Aul= 0.16162E+06, 1/c	Время жизни= 0.61872E-05 с
Vu= 6	Aul= 0.17526E+06, 1/c	Время жизни= 0.57059E-05 с
Vu= 7	Aul= 0.18789E+06, 1/c	Время жизни= 0.53222E-05 с
Vu= 8	Aul= 0.19965E+06, 1/c	Время жизни= 0.50088E-05 с
Vu= 9	Aul= 0.21043E+06, 1/c	Время жизни= 0.47521E-05 с
Vu= 10	Aul= 0.22038E+06, 1/c	Время жизни= 0.45376E-05 с
Vu= 11	Aul= 0.22935E+06, 1/c	Время жизни= 0.43602E-05 с
Vu= 12	Aul= 0.23751E+06, 1/c	Время жизни= 0.42103E-05 с
Vu= 13	Aul= 0.24501E+06, 1/c	Время жизни= 0.40815E-05 с
Vu= 14	Aul= 0.25107E+06, 1/c	Время жизни= 0.39830E-05 с
Vu= 15	Aul= 0.25627E+06, 1/c	Время жизни= 0.39021E-05 с

---



---

Имя перехода = C2\_V1A1 Полное время жизни = 0.35790E-05 1/c

---

Vu= 0	Aul= 0.70006E+04, 1/c	Время жизни= 0.14284E-03 с
Vu= 1	Aul= 0.11343E+05, 1/c	Время жизни= 0.88160E-04 с
Vu= 2	Aul= 0.15441E+05, 1/c	Время жизни= 0.64763E-04 с
Vu= 3	Aul= 0.19291E+05, 1/c	Время жизни= 0.51837E-04 с
Vu= 4	Aul= 0.22858E+05, 1/c	Время жизни= 0.43749E-04 с
Vu= 5	Aul= 0.26303E+05, 1/c	Время жизни= 0.38019E-04 с
Vu= 6	Aul= 0.29599E+05, 1/c	Время жизни= 0.33785E-04 с
Vu= 7	Aul= 0.32737E+05, 1/c	Время жизни= 0.30547E-04 с
Vu= 8	Aul= 0.35600E+05, 1/c	Время жизни= 0.28090E-04 с
Vu= 9	Aul= 0.38375E+05, 1/c	Время жизни= 0.26058E-04 с
Vu= 10	Aul= 0.40858E+05, 1/c	Время жизни= 0.24475E-04 с

---



---

Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = C2\_ba Полное время жизни = 0.69578E-06 1/c

Vu= 0	Aul= 0.60190E+05, 1/c	Время жизни= 0.16614E-04 с
Vu= 1	Aul= 0.70737E+05, 1/c	Время жизни= 0.14137E-04 с
Vu= 2	Aul= 0.80341E+05, 1/c	Время жизни= 0.12447E-04 с
Vu= 3	Aul= 0.89427E+05, 1/c	Время жизни= 0.11182E-04 с
Vu= 4	Aul= 0.98000E+05, 1/c	Время жизни= 0.10204E-04 с
Vu= 5	Aul= 0.10603E+06, 1/c	Время жизни= 0.94314E-05 с
Vu= 6	Aul= 0.11362E+06, 1/c	Время жизни= 0.88012E-05 с
Vu= 7	Aul= 0.12082E+06, 1/c	Время жизни= 0.82770E-05 с
Vu= 8	Aul= 0.12751E+06, 1/c	Время жизни= 0.78424E-05 с
Vu= 9	Aul= 0.13400E+06, 1/c	Время жизни= 0.74627E-05 с
Vu= 10	Aul= 0.14006E+06, 1/c	Время жизни= 0.71398E-05 с
Vu= 11	Aul= 0.14577E+06, 1/c	Время жизни= 0.68604E-05 с
Vu= 12	Aul= 0.15075E+06, 1/c	Время жизни= 0.66336E-05 с

Имя перехода = C2\_V'1A1 Полное время жизни = 0.65369E-06 1/c

Vu= 0	Aul= 0.12450E+06, 1/c	Время жизни= 0.80321E-05 с
Vu= 1	Aul= 0.12923E+06, 1/c	Время жизни= 0.77381E-05 с
Vu= 2	Aul= 0.13295E+06, 1/c	Время жизни= 0.75216E-05 с
Vu= 3	Aul= 0.13597E+06, 1/c	Время жизни= 0.73545E-05 с
Vu= 4	Aul= 0.13822E+06, 1/c	Время жизни= 0.72349E-05 с
Vu= 5	Aul= 0.14033E+06, 1/c	Время жизни= 0.71258E-05 с
Vu= 6	Aul= 0.14229E+06, 1/c	Время жизни= 0.70279E-05 с
Vu= 7	Aul= 0.14412E+06, 1/c	Время жизни= 0.69387E-05 с
Vu= 8	Aul= 0.14581E+06, 1/c	Время жизни= 0.68581E-05 с
Vu= 9	Aul= 0.14745E+06, 1/c	Время жизни= 0.67820E-05 с
Vu= 10	Aul= 0.14891E+06, 1/c	Время жизни= 0.67156E-05 с

Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = C2_ca Полное время жизни = 0.31883E-08 1/с		
Vu= 0	Aul= 0.32547E+08, 1/с	Время жизни= 0.30725E-07 с
Vu= 1	Aul= 0.32508E+08, 1/с	Время жизни= 0.30762E-07 с
Vu= 2	Aul= 0.32070E+08, 1/с	Время жизни= 0.31181E-07 с
Vu= 3	Aul= 0.31412E+08, 1/с	Время жизни= 0.31835E-07 с
Vu= 4	Aul= 0.30663E+08, 1/с	Время жизни= 0.32612E-07 с
Vu= 5	Aul= 0.29815E+08, 1/с	Время жизни= 0.33541E-07 с
Vu= 6	Aul= 0.28662E+08, 1/с	Время жизни= 0.34890E-07 с
Vu= 7	Aul= 0.27232E+08, 1/с	Время жизни= 0.36721E-07 с
Vu= 8	Aul= 0.25403E+08, 1/с	Время жизни= 0.39366E-07 с
Vu= 9	Aul= 0.22980E+08, 1/с	Время жизни= 0.43515E-07 с
Vu= 10	Aul= 0.20358E+08, 1/с	Время жизни= 0.49121E-07 с

Имя перехода = C2_da Полное время жизни = 0.12088E-07 1/с		
Vu= 0	Aul= 0.97949E+07, 1/с	Время жизни= 0.10209E-06 с
Vu= 1	Aul= 0.95393E+07, 1/с	Время жизни= 0.10483E-06 с
Vu= 2	Aul= 0.92990E+07, 1/с	Время жизни= 0.10754E-06 с
Vu= 3	Aul= 0.90091E+07, 1/с	Время жизни= 0.11100E-06 с
Vu= 4	Aul= 0.86751E+07, 1/с	Время жизни= 0.11527E-06 с
Vu= 5	Aul= 0.82793E+07, 1/с	Время жизни= 0.12078E-06 с
Vu= 6	Aul= 0.77520E+07, 1/с	Время жизни= 0.12900E-06 с
Vu= 7	Aul= 0.69260E+07, 1/с	Время жизни= 0.14438E-06 с
Vu= 8	Aul= 0.56800E+07, 1/с	Время жизни= 0.17606E-06 с
Vu= 9	Aul= 0.42837E+07, 1/с	Время жизни= 0.23344E-06 с
Vu= 10	Aul= 0.34849E+07, 1/с	Время жизни= 0.28695E-06 с

Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = C2_da Полное время жизни = 0.50492E-07 1/с		
Vu= 0	Aul= 0.13916E+07, 1/с	Время жизни= 0.71859E-06 с
Vu= 1	Aul= 0.14520E+07, 1/с	Время жизни= 0.68873E-06 с
Vu= 2	Aul= 0.15114E+07, 1/с	Время жизни= 0.66162E-06 с
Vu= 3	Aul= 0.15629E+07, 1/с	Время жизни= 0.63983E-06 с
Vu= 4	Aul= 0.16110E+07, 1/с	Время жизни= 0.62074E-06 с
Vu= 5	Aul= 0.16531E+07, 1/с	Время жизни= 0.60492E-06 с
Vu= 6	Aul= 0.16903E+07, 1/с	Время жизни= 0.59159E-06 с
Vu= 7	Aul= 0.17206E+07, 1/с	Время жизни= 0.58119E-06 с
Vu= 8	Aul= 0.17427E+07, 1/с	Время жизни= 0.57383E-06 с
Vu= 9	Aul= 0.13610E+07, 1/с	Время жизни= 0.73476E-06 с
Vu= 10	Aul= 0.14053E+07, 1/с	Время жизни= 0.71159E-06 с
Vu= 11	Aul= 0.14171E+07, 1/с	Время жизни= 0.70567E-06 с
Vu= 12	Aul= 0.12863E+07, 1/с	Время жизни= 0.77745E-06 с
Имя перехода = C2_dx Полное время жизни = 0.11665E-08 1/с		
Vu= 0	Aul= 0.68632E+08, 1/с	Время жизни= 0.14571E-07 с
Vu= 1	Aul= 0.67078E+08, 1/с	Время жизни= 0.14908E-07 с
Vu= 2	Aul= 0.65547E+08, 1/с	Время жизни= 0.15256E-07 с
Vu= 3	Aul= 0.63878E+08, 1/с	Время жизни= 0.15655E-07 с
Vu= 4	Aul= 0.62110E+08, 1/с	Время жизни= 0.16101E-07 с
Vu= 5	Aul= 0.60179E+08, 1/с	Время жизни= 0.16617E-07 с
Vu= 6	Aul= 0.58118E+08, 1/с	Время жизни= 0.17206E-07 с
Vu= 7	Aul= 0.55871E+08, 1/с	Время жизни= 0.17898E-07 с
Vu= 8	Aul= 0.53484E+08, 1/с	Время жизни= 0.18697E-07 с
Vu= 9	Aul= 0.50893E+08, 1/с	Время жизни= 0.19649E-07 с
Vu= 10	Aul= 0.48301E+08, 1/с	Время жизни= 0.20704E-07 с
Vu= 11	Aul= 0.45834E+08, 1/с	Время жизни= 0.21818E-07 с
Vu= 12	Aul= 0.43677E+08, 1/с	Время жизни= 0.22896E-07 с
Vu= 13	Aul= 0.41925E+08, 1/с	Время жизни= 0.23852E-07 с
Vu= 14	Aul= 0.40163E+08, 1/с	Время жизни= 0.24898E-07 с
Vu= 15	Aul= 0.31578E+08, 1/с	Время жизни= 0.31668E-07 с

Таблица 3

## Продолжение

Имя перехода = C2_E1A1 Полное время жизни = 0.18432E-08 1/c		
Vu= 0	Aul= 0.60090E+08, 1/c	Время жизни= 0.16642E-07 с
Vu= 1	Aul= 0.59700E+08, 1/c	Время жизни= 0.16750E-07 с
Vu= 2	Aul= 0.58930E+08, 1/c	Время жизни= 0.16969E-07 с
Vu= 3	Aul= 0.57495E+08, 1/c	Время жизни= 0.17393E-07 с
Vu= 4	Aul= 0.55676E+08, 1/c	Время жизни= 0.17961E-07 с
Vu= 5	Aul= 0.53188E+08, 1/c	Время жизни= 0.18801E-07 с
Vu= 6	Aul= 0.47816E+08, 1/c	Время жизни= 0.20913E-07 с
Vu= 7	Aul= 0.40411E+08, 1/c	Время жизни= 0.24746E-07 с
Vu= 8	Aul= 0.35388E+08, 1/c	Время жизни= 0.28258E-07 с
Vu= 9	Aul= 0.34568E+08, 1/c	Время жизни= 0.28928E-07 с
Vu= 10	Aul= 0.39286E+08, 1/c	Время жизни= 0.25455E-07 с
Имя перехода = C2_E1D1 Полное время жизни = 0.23343E-07 1/c		
Vu= 0	Aul= 0.59509E+07, 1/c	Время жизни= 0.16804E-06 с
Vu= 1	Aul= 0.53592E+07, 1/c	Время жизни= 0.18660E-06 с
Vu= 2	Aul= 0.48280E+07, 1/c	Время жизни= 0.20713E-06 с
Vu= 3	Aul= 0.43540E+07, 1/c	Время жизни= 0.22967E-06 с
Vu= 4	Aul= 0.39663E+07, 1/c	Время жизни= 0.25213E-06 с
Vu= 5	Aul= 0.36501E+07, 1/c	Время жизни= 0.27397E-06 с
Vu= 6	Aul= 0.33889E+07, 1/c	Время жизни= 0.29508E-06 с
Vu= 7	Aul= 0.31515E+07, 1/c	Время жизни= 0.31731E-06 с
Vu= 8	Aul= 0.29310E+07, 1/c	Время жизни= 0.34118E-06 с
Vu= 9	Aul= 0.27292E+07, 1/c	Время жизни= 0.36641E-06 с
Vu= 10	Aul= 0.25305E+07, 1/c	Время жизни= 0.39517E-06 с
Имя перехода = C2_ea Полное время жизни = 0.40260E-07 1/c		
Vu= 0	Aul= 0.49679E+07, 1/c	Время жизни= 0.20129E-06 с
Vu= 1	Aul= 0.36873E+07, 1/c	Время жизни= 0.27120E-06 с
Vu= 2	Aul= 0.29552E+07, 1/c	Время жизни= 0.33838E-06 с
Vu= 3	Aul= 0.24040E+07, 1/c	Время жизни= 0.41598E-06 с
Vu= 4	Aul= 0.20961E+07, 1/c	Время жизни= 0.47707E-06 с
Vu= 5	Aul= 0.18912E+07, 1/c	Время жизни= 0.52876E-06 с
Vu= 6	Aul= 0.16865E+07, 1/c	Время жизни= 0.59296E-06 с
Vu= 7	Aul= 0.14824E+07, 1/c	Время жизни= 0.67460E-06 с
Vu= 8	Aul= 0.13919E+07, 1/c	Время жизни= 0.71843E-06 с
Vu= 9	Aul= 0.12218E+07, 1/c	Время жизни= 0.81848E-06 с
Vu= 10	Aul= 0.10543E+07, 1/c	Время жизни= 0.94849E-06 с

Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = C2m\_A2X2 Полное время жизни = 0.25458E-05 1/c

Vu= 0	Aul= 0.18070E+05, 1/c	Время жизни= 0.55342E-04 с
Vu= 1	Aul= 0.22199E+05, 1/c	Время жизни= 0.45046E-04 с
Vu= 2	Aul= 0.26101E+05, 1/c	Время жизни= 0.38313E-04 с
Vu= 3	Aul= 0.29797E+05, 1/c	Время жизни= 0.33560E-04 с
Vu= 4	Aul= 0.33286E+05, 1/c	Время жизни= 0.30043E-04 с
Vu= 5	Aul= 0.36565E+05, 1/c	Время жизни= 0.27349E-04 с
Vu= 6	Aul= 0.39815E+05, 1/c	Время жизни= 0.25116E-04 с
Vu= 7	Aul= 0.42720E+05, 1/c	Время жизни= 0.23408E-04 с
Vu= 8	Aul= 0.45520E+05, 1/c	Время жизни= 0.21968E-04 с
Vu= 9	Aul= 0.48181E+05, 1/c	Время жизни= 0.20755E-04 с
Vu= 10	Aul= 0.50545E+05, 1/c	Время жизни= 0.19784E-04 с

Имя перехода = C2m\_bx Полное время жизни = 0.74662E-08 1/c

Vu= 0	Aul= 0.13285E+08, 1/c	Время жизни= 0.75274E-07 с
Vu= 1	Aul= 0.13390E+08, 1/c	Время жизни= 0.74681E-07 с
Vu= 2	Aul= 0.13496E+08, 1/c	Время жизни= 0.74098E-07 с
Vu= 3	Aul= 0.13518E+08, 1/c	Время жизни= 0.73978E-07 с
Vu= 4	Aul= 0.13496E+08, 1/c	Время жизни= 0.74096E-07 с
Vu= 5	Aul= 0.13346E+08, 1/c	Время жизни= 0.74928E-07 с
Vu= 6	Aul= 0.12999E+08, 1/c	Время жизни= 0.76926E-07 с
Vu= 7	Aul= 0.12165E+08, 1/c	Время жизни= 0.82205E-07 с
Vu= 8	Aul= 0.10523E+08, 1/c	Время жизни= 0.95033E-07 с
Vu= 9	Aul= 0.90371E+07, 1/c	Время жизни= 0.11066E-06 с
Vu= 10	Aul= 0.86820E+07, 1/c	Время жизни= 0.11518E-06 с

Имя перехода = C2p\_ba Полное время жизни = 0.38943E-06 1/c

Vu= 0	Aul= 0.11236E+06, 1/c	Время жизни= 0.89002E-05 с
Vu= 1	Aul= 0.14353E+06, 1/c	Время жизни= 0.69670E-05 с
Vu= 2	Aul= 0.17259E+06, 1/c	Время жизни= 0.57942E-05 с
Vu= 3	Aul= 0.19868E+06, 1/c	Время жизни= 0.50332E-05 с
Vu= 4	Aul= 0.22217E+06, 1/c	Время жизни= 0.45011E-05 с
Vu= 5	Aul= 0.24360E+06, 1/c	Время жизни= 0.41051E-05 с
Vu= 6	Aul= 0.26304E+06, 1/c	Время жизни= 0.38017E-05 с
Vu= 7	Aul= 0.28045E+06, 1/c	Время жизни= 0.35657E-05 с
Vu= 8	Aul= 0.29725E+06, 1/c	Время жизни= 0.33642E-05 с
Vu= 9	Aul= 0.31080E+06, 1/c	Время жизни= 0.32175E-05 с
Vu= 10	Aul= 0.32336E+06, 1/c	Время жизни= 0.30925E-05 с

Таблица 3

Продолжение

---



---

Имя перехода = C2p\_bx Полное время жизни = 0.21562E-07 1/c

---

Vu= 0	Aul= 0.65812E+07, 1/c	Время жизни= 0.15195E-06 с
Vu= 1	Aul= 0.62335E+07, 1/c	Время жизни= 0.16042E-06 с
Vu= 2	Aul= 0.58924E+07, 1/c	Время жизни= 0.16971E-06 с
Vu= 3	Aul= 0.55424E+07, 1/c	Время жизни= 0.18043E-06 с
Vu= 4	Aul= 0.51759E+07, 1/c	Время жизни= 0.19320E-06 с
Vu= 5	Aul= 0.47377E+07, 1/c	Время жизни= 0.21107E-06 с
Vu= 6	Aul= 0.40577E+07, 1/c	Время жизни= 0.24644E-06 с
Vu= 7	Aul= 0.29945E+07, 1/c	Время жизни= 0.33395E-06 с
Vu= 8	Aul= 0.20797E+07, 1/c	Время жизни= 0.48083E-06 с
Vu= 9	Aul= 0.18709E+07, 1/c	Время жизни= 0.53451E-06 с
Vu= 10	Aul= 0.12120E+07, 1/c	Время жизни= 0.82505E-06 с

---



---



---



---

Имя перехода = CN\_AX Полное время жизни = 0.50233E-06 1/c

---

Vu= 0	Aul= 0.89101E+05, 1/c	Время жизни= 0.11223E-04 с
Vu= 1	Aul= 0.10289E+06, 1/c	Время жизни= 0.97188E-05 с
Vu= 2	Aul= 0.11568E+06, 1/c	Время жизни= 0.86447E-05 с
Vu= 3	Aul= 0.12764E+06, 1/c	Время жизни= 0.78344E-05 с
Vu= 4	Aul= 0.13862E+06, 1/c	Время жизни= 0.72139E-05 с
Vu= 5	Aul= 0.14898E+06, 1/c	Время жизни= 0.67122E-05 с
Vu= 6	Aul= 0.15833E+06, 1/c	Время жизни= 0.63160E-05 с
Vu= 7	Aul= 0.16710E+06, 1/c	Время жизни= 0.59844E-05 с
Vu= 8	Aul= 0.17509E+06, 1/c	Время жизни= 0.57114E-05 с
Vu= 9	Aul= 0.18236E+06, 1/c	Время жизни= 0.54838E-05 с
Vu= 10	Aul= 0.18911E+06, 1/c	Время жизни= 0.52879E-05 с
Vu= 11	Aul= 0.19520E+06, 1/c	Время жизни= 0.51229E-05 с
Vu= 12	Aul= 0.20063E+06, 1/c	Время жизни= 0.49842E-05 с

---



---

Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = CN\_VA Полное время жизни = 0.24720E-06 1/с

Vu= 0	Aul= 0.78073E+05, 1/с	Время жизни= 0.12808E-04 с
Vu= 1	Aul= 0.91812E+05, 1/с	Время жизни= 0.10892E-04 с
Vu= 2	Aul= 0.10803E+06, 1/с	Время жизни= 0.92568E-05 с
Vu= 3	Aul= 0.12714E+06, 1/с	Время жизни= 0.78654E-05 с
Vu= 4	Aul= 0.14959E+06, 1/с	Время жизни= 0.66848E-05 с
Vu= 5	Aul= 0.17524E+06, 1/с	Время жизни= 0.57064E-05 с
Vu= 6	Aul= 0.20396E+06, 1/с	Время жизни= 0.49028E-05 с
Vu= 7	Aul= 0.23400E+06, 1/с	Время жизни= 0.42734E-05 с
Vu= 8	Aul= 0.26582E+06, 1/с	Время жизни= 0.37619E-05 с
Vu= 9	Aul= 0.29944E+06, 1/с	Время жизни= 0.33396E-05 с
Vu= 10	Aul= 0.33135E+06, 1/с	Время жизни= 0.30180E-05 с
Vu= 11	Aul= 0.36103E+06, 1/с	Время жизни= 0.27699E-05 с
Vu= 12	Aul= 0.38563E+06, 1/с	Время жизни= 0.25932E-05 с
Vu= 13	Aul= 0.40369E+06, 1/с	Время жизни= 0.24771E-05 с
Vu= 14	Aul= 0.41476E+06, 1/с	Время жизни= 0.24111E-05 с
Vu= 15	Aul= 0.41582E+06, 1/с	Время жизни= 0.24049E-05 с

Имя перехода = CN\_VX Полное время жизни = 0.48844E-08 1/с

Vu= 0	Aul= 0.16371E+08, 1/с	Время жизни= 0.61084E-07 с
Vu= 1	Aul= 0.16289E+08, 1/с	Время жизни= 0.61392E-07 с
Vu= 2	Aul= 0.16049E+08, 1/с	Время жизни= 0.62309E-07 с
Vu= 3	Aul= 0.15720E+08, 1/с	Время жизни= 0.63611E-07 с
Vu= 4	Aul= 0.15346E+08, 1/с	Время жизни= 0.65162E-07 с
Vu= 5	Aul= 0.14885E+08, 1/с	Время жизни= 0.67183E-07 с
Vu= 6	Aul= 0.14355E+08, 1/с	Время жизни= 0.69661E-07 с
Vu= 7	Aul= 0.13755E+08, 1/с	Время жизни= 0.72699E-07 с
Vu= 8	Aul= 0.13080E+08, 1/с	Время жизни= 0.76455E-07 с
Vu= 9	Aul= 0.12377E+08, 1/с	Время жизни= 0.80795E-07 с
Vu= 10	Aul= 0.11622E+08, 1/с	Время жизни= 0.86044E-07 с
Vu= 11	Aul= 0.10835E+08, 1/с	Время жизни= 0.92289E-07 с
Vu= 12	Aul= 0.10021E+08, 1/с	Время жизни= 0.99787E-07 с
Vu= 13	Aul= 0.92279E+07, 1/с	Время жизни= 0.10837E-06 с
Vu= 14	Aul= 0.77831E+07, 1/с	Время жизни= 0.12848E-06 с
Vu= 15	Aul= 0.70150E+07, 1/с	Время жизни= 0.14255E-06 с



Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = CN_XA Полное время жизни = 0.25138E-06 1/c		
Vu= 0	Aul= 0.45418E+06, 1/c	Время жизни= 0.22018E-05 с
Vu= 1	Aul= 0.49289E+06, 1/c	Время жизни= 0.20289E-05 с
Vu= 2	Aul= 0.52867E+06, 1/c	Время жизни= 0.18915E-05 с
Vu= 3	Aul= 0.55918E+06, 1/c	Время жизни= 0.17883E-05 с
Vu= 4	Aul= 0.57345E+06, 1/c	Время жизни= 0.17438E-05 с
Vu= 5	Aul= 0.53998E+06, 1/c	Время жизни= 0.18519E-05 с
Vu= 6	Aul= 0.41938E+06, 1/c	Время жизни= 0.23845E-05 с
Vu= 7	Aul= 0.22685E+06, 1/c	Время жизни= 0.44083E-05 с
Vu= 8	Aul= 0.78821E+05, 1/c	Время жизни= 0.12687E-04 с
Vu= 9	Aul= 0.47106E+05, 1/c	Время жизни= 0.21229E-04 с
Vu= 10	Aul= 0.40337E+05, 1/c	Время жизни= 0.24791E-04 с
Vu= 11	Aul= 0.11181E+05, 1/c	Время жизни= 0.89441E-04 с
Vu= 12	Aul= 0.59694E+04, 1/c	Время жизни= 0.16752E-03 с
Имя перехода = CO_a'a Полное время жизни = 0.68669E-06 1/c		
Vu= 0	Aul= 0.10733E+05, 1/c	Время жизни= 0.93166E-04 с
Vu= 1	Aul= 0.28758E+05, 1/c	Время жизни= 0.34773E-04 с
Vu= 2	Aul= 0.48164E+05, 1/c	Время жизни= 0.20763E-04 с
Vu= 3	Aul= 0.68751E+05, 1/c	Время жизни= 0.14545E-04 с
Vu= 4	Aul= 0.88407E+05, 1/c	Время жизни= 0.11311E-04 с
Vu= 5	Aul= 0.10301E+06, 1/c	Время жизни= 0.97081E-05 с
Vu= 6	Aul= 0.11440E+06, 1/c	Время жизни= 0.87415E-05 с
Vu= 7	Aul= 0.13001E+06, 1/c	Время жизни= 0.76915E-05 с
Vu= 8	Aul= 0.14505E+06, 1/c	Время жизни= 0.68943E-05 с
Vu= 9	Aul= 0.15984E+06, 1/c	Время жизни= 0.62561E-05 с
Vu= 10	Aul= 0.17358E+06, 1/c	Время жизни= 0.57611E-05 с
Vu= 11	Aul= 0.18669E+06, 1/c	Время жизни= 0.53564E-05 с
Vu= 12	Aul= 0.19886E+06, 1/c	Время жизни= 0.50287E-05 с

Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = CN\_XX Полное время жизни = 0.16363E-03 1/с

Vu= 0	Aul= 0.12690E+02, 1/с	Время жизни= 0.78805E-01 с
Vu= 1	Aul= 0.36326E+02, 1/с	Время жизни= 0.27529E-01 с
Vu= 2	Aul= 0.59900E+02, 1/с	Время жизни= 0.16695E-01 с
Vu= 3	Aul= 0.83339E+02, 1/с	Время жизни= 0.11999E-01 с
Vu= 4	Aul= 0.10650E+03, 1/с	Время жизни= 0.93899E-02 с
Vu= 5	Aul= 0.12932E+03, 1/с	Время жизни= 0.77325E-02 с
Vu= 6	Aul= 0.15169E+03, 1/с	Время жизни= 0.65924E-02 с
Vu= 7	Aul= 0.17352E+03, 1/с	Время жизни= 0.57630E-02 с
Vu= 8	Aul= 0.19472E+03, 1/с	Время жизни= 0.51357E-02 с
Vu= 9	Aul= 0.21519E+03, 1/с	Время жизни= 0.46470E-02 с
Vu= 10	Aul= 0.23492E+03, 1/с	Время жизни= 0.42567E-02 с
Vu= 11	Aul= 0.25383E+03, 1/с	Время жизни= 0.39396E-02 с
Vu= 12	Aul= 0.27187E+03, 1/с	Время жизни= 0.36783E-02 с
Vu= 13	Aul= 0.28902E+03, 1/с	Время жизни= 0.34599E-02 с
Vu= 14	Aul= 0.30522E+03, 1/с	Время жизни= 0.32763E-02 с
Vu= 15	Aul= 0.32042E+03, 1/с	Время жизни= 0.31209E-02 с
Vu= 16	Aul= 0.33453E+03, 1/с	Время жизни= 0.29893E-02 с
Vu= 17	Aul= 0.34755E+03, 1/с	Время жизни= 0.28773E-02 с
Vu= 18	Aul= 0.35950E+03, 1/с	Время жизни= 0.27817E-02 с
Vu= 19	Aul= 0.37043E+03, 1/с	Время жизни= 0.26996E-02 с
Vu= 20	Aul= 0.37957E+03, 1/с	Время жизни= 0.26345E-02 с
Vu= 21	Aul= 0.38157E+03, 1/с	Время жизни= 0.26208E-02 с
Vu= 22	Aul= 0.35784E+03, 1/с	Время жизни= 0.27945E-02 с
Vu= 23	Aul= 0.29845E+03, 1/с	Время жизни= 0.33507E-02 с
Vu= 24	Aul= 0.24664E+03, 1/с	Время жизни= 0.40544E-02 с
Vu= 25	Aul= 0.19661E+03, 1/с	Время жизни= 0.50862E-02 с

Имя перехода = CO\_b3-a3 Полное время жизни = 0.38019E-08 1/с

Vu= 0	Aul= 0.17888E+08, 1/с	Время жизни= 0.55905E-07 с
Vu= 1	Aul= 0.20158E+08, 1/с	Время жизни= 0.49608E-07 с
Vu= 2	Aul= 0.22246E+08, 1/с	Время жизни= 0.44952E-07 с
Vu= 3	Aul= 0.24003E+08, 1/с	Время жизни= 0.41662E-07 с
Vu= 4	Aul= 0.25247E+08, 1/с	Время жизни= 0.39609E-07 с
Vu= 5	Aul= 0.25921E+08, 1/с	Время жизни= 0.38579E-07 с
Vu= 6	Aul= 0.25979E+08, 1/с	Время жизни= 0.38492E-07 с
Vu= 7	Aul= 0.25852E+08, 1/с	Время жизни= 0.38682E-07 с
Vu= 8	Aul= 0.25310E+08, 1/с	Время жизни= 0.39510E-07 с
Vu= 9	Aul= 0.25831E+08, 1/с	Время жизни= 0.38713E-07 с
Vu= 10	Aul= 0.24593E+08, 1/с	Время жизни= 0.40662E-07 с

Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = CO\_VA Полное время жизни = 0.48692E-08 1/с

Vu= 0	Aul= 0.19103E+08, 1/с	Время жизни= 0.52348E-07 с
Vu= 1	Aul= 0.19329E+08, 1/с	Время жизни= 0.51735E-07 с
Vu= 2	Aul= 0.19435E+08, 1/с	Время жизни= 0.51454E-07 с
Vu= 3	Aul= 0.19340E+08, 1/с	Время жизни= 0.51706E-07 с
Vu= 4	Aul= 0.18966E+08, 1/с	Время жизни= 0.52726E-07 с
Vu= 5	Aul= 0.18101E+08, 1/с	Время жизни= 0.55247E-07 с
Vu= 6	Aul= 0.16378E+08, 1/с	Время жизни= 0.61058E-07 с
Vu= 7	Aul= 0.13957E+08, 1/с	Время жизни= 0.71648E-07 с
Vu= 8	Aul= 0.11833E+08, 1/с	Время жизни= 0.84507E-07 с
Vu= 9	Aul= 0.10645E+08, 1/с	Время жизни= 0.93940E-07 с
Vu= 10	Aul= 0.94045E+07, 1/с	Время жизни= 0.10633E-06 с
Vu= 11	Aul= 0.78476E+07, 1/с	Время жизни= 0.12743E-06 с
Vu= 12	Aul= 0.69958E+07, 1/с	Время жизни= 0.14294E-06 с
Vu= 13	Aul= 0.59071E+07, 1/с	Время жизни= 0.16929E-06 с
Vu= 14	Aul= 0.42852E+07, 1/с	Время жизни= 0.23336E-06 с
Vu= 15	Aul= 0.38439E+07, 1/с	Время жизни= 0.26015E-06 с

Имя перехода = CO\_VX Полное время жизни = 0.48992E-09 1/с

Vu= 0	Aul= 0.10471E+08, 1/с	Время жизни= 0.95500E-07 с
Vu= 1	Aul= 0.15134E+08, 1/с	Время жизни= 0.66076E-07 с
Vu= 2	Aul= 0.22687E+08, 1/с	Время жизни= 0.44078E-07 с
Vu= 3	Aul= 0.33445E+08, 1/с	Время жизни= 0.29900E-07 с
Vu= 4	Aul= 0.47002E+08, 1/с	Время жизни= 0.21276E-07 с
Vu= 5	Aul= 0.62373E+08, 1/с	Время жизни= 0.16033E-07 с
Vu= 6	Aul= 0.79434E+08, 1/с	Время жизни= 0.12589E-07 с
Vu= 7	Aul= 0.98424E+08, 1/с	Время жизни= 0.10160E-07 с
Vu= 8	Aul= 0.11906E+09, 1/с	Время жизни= 0.83992E-08 с
Vu= 9	Aul= 0.14135E+09, 1/с	Время жизни= 0.70749E-08 с
Vu= 10	Aul= 0.16549E+09, 1/с	Время жизни= 0.60427E-08 с
Vu= 11	Aul= 0.19102E+09, 1/с	Время жизни= 0.52349E-08 с
Vu= 12	Aul= 0.21879E+09, 1/с	Время жизни= 0.45707E-08 с
Vu= 13	Aul= 0.24733E+09, 1/с	Время жизни= 0.40433E-08 с
Vu= 14	Aul= 0.27834E+09, 1/с	Время жизни= 0.35927E-08 с
Vu= 15	Aul= 0.31083E+09, 1/с	Время жизни= 0.32172E-08 с

Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = CO\_d3-a3 Полное время жизни = 0.22722E-06 1/c

Vu= 0	Aul= 0.83731E+05, 1/c	Время жизни= 0.11943E-04 с
Vu= 1	Aul= 0.12113E+06, 1/c	Время жизни= 0.82558E-05 с
Vu= 2	Aul= 0.15471E+06, 1/c	Время жизни= 0.64638E-05 с
Vu= 3	Aul= 0.18465E+06, 1/c	Время жизни= 0.54158E-05 с
Vu= 4	Aul= 0.21214E+06, 1/c	Время жизни= 0.47140E-05 с
Vu= 5	Aul= 0.23744E+06, 1/c	Время жизни= 0.42116E-05 с
Vu= 6	Aul= 0.26097E+06, 1/c	Время жизни= 0.38318E-05 с
Vu= 7	Aul= 0.28289E+06, 1/c	Время жизни= 0.35349E-05 с
Vu= 8	Aul= 0.30185E+06, 1/c	Время жизни= 0.33129E-05 с
Vu= 9	Aul= 0.32131E+06, 1/c	Время жизни= 0.31122E-05 с
Vu= 10	Aul= 0.33841E+06, 1/c	Время жизни= 0.29550E-05 с
Vu= 11	Aul= 0.35433E+06, 1/c	Время жизни= 0.28222E-05 с
Vu= 12	Aul= 0.36922E+06, 1/c	Время жизни= 0.27084E-05 с
Vu= 13	Aul= 0.38246E+06, 1/c	Время жизни= 0.26147E-05 с
Vu= 14	Aul= 0.39363E+06, 1/c	Время жизни= 0.25405E-05 с
Vu= 15	Aul= 0.40214E+06, 1/c	Время жизни= 0.24867E-05 с

Имя перехода = CO\_e3-a3 Полное время жизни = 0.39893E-06 1/c

Vu= 0	Aul= 0.69230E+05, 1/c	Время жизни= 0.14445E-04 с
Vu= 1	Aul= 0.88624E+05, 1/c	Время жизни= 0.11284E-04 с
Vu= 2	Aul= 0.10584E+06, 1/c	Время жизни= 0.94478E-05 с
Vu= 3	Aul= 0.12113E+06, 1/c	Время жизни= 0.82554E-05 с
Vu= 4	Aul= 0.13454E+06, 1/c	Время жизни= 0.74329E-05 с
Vu= 5	Aul= 0.14630E+06, 1/c	Время жизни= 0.68351E-05 с
Vu= 6	Aul= 0.15666E+06, 1/c	Время жизни= 0.63832E-05 с
Vu= 7	Aul= 0.16538E+06, 1/c	Время жизни= 0.60468E-05 с
Vu= 8	Aul= 0.17321E+06, 1/c	Время жизни= 0.57732E-05 с
Vu= 9	Aul= 0.17966E+06, 1/c	Время жизни= 0.55661E-05 с
Vu= 10	Aul= 0.18531E+06, 1/c	Время жизни= 0.53963E-05 с
Vu= 11	Aul= 0.19029E+06, 1/c	Время жизни= 0.52551E-05 с
Vu= 12	Aul= 0.19356E+06, 1/c	Время жизни= 0.51663E-05 с
Vu= 13	Aul= 0.19665E+06, 1/c	Время жизни= 0.50853E-05 с
Vu= 14	Aul= 0.19941E+06, 1/c	Время жизни= 0.50148E-05 с
Vu= 15	Aul= 0.20091E+06, 1/c	Время жизни= 0.49772E-05 с

Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = CO_XX Полное время жизни = 0.34831E-04 1/c		
Vu= 0	Aul= 0.37464E+02, 1/c	Время жизни= 0.26692E-01 с
Vu= 1	Aul= 0.10958E+03, 1/c	Время жизни= 0.91259E-02 с
Vu= 2	Aul= 0.17834E+03, 1/c	Время жизни= 0.56073E-02 с
Vu= 3	Aul= 0.24354E+03, 1/c	Время жизни= 0.41061E-02 с
Vu= 4	Aul= 0.30564E+03, 1/c	Время жизни= 0.32718E-02 с
Vu= 5	Aul= 0.36464E+03, 1/c	Время жизни= 0.27424E-02 с
Vu= 6	Aul= 0.42047E+03, 1/c	Время жизни= 0.23783E-02 с
Vu= 7	Aul= 0.47403E+03, 1/c	Время жизни= 0.21096E-02 с
Vu= 8	Aul= 0.52426E+03, 1/c	Время жизни= 0.19075E-02 с
Vu= 9	Aul= 0.57201E+03, 1/c	Время жизни= 0.17482E-02 с
Vu= 10	Aul= 0.61723E+03, 1/c	Время жизни= 0.16201E-02 с
Vu= 11	Aul= 0.65884E+03, 1/c	Время жизни= 0.15178E-02 с
Vu= 12	Aul= 0.69862E+03, 1/c	Время жизни= 0.14314E-02 с
Vu= 13	Aul= 0.73677E+03, 1/c	Время жизни= 0.13573E-02 с
Vu= 14	Aul= 0.77174E+03, 1/c	Время жизни= 0.12958E-02 с
Vu= 15	Aul= 0.80389E+03, 1/c	Время жизни= 0.12439E-02 с
Vu= 16	Aul= 0.83467E+03, 1/c	Время жизни= 0.11981E-02 с
Vu= 17	Aul= 0.86331E+03, 1/c	Время жизни= 0.11583E-02 с
Vu= 18	Aul= 0.88946E+03, 1/c	Время жизни= 0.11243E-02 с
Vu= 19	Aul= 0.91438E+03, 1/c	Время жизни= 0.10936E-02 с
Vu= 20	Aul= 0.93699E+03, 1/c	Время жизни= 0.10673E-02 с
Vu= 21	Aul= 0.95731E+03, 1/c	Время жизни= 0.10446E-02 с
Vu= 22	Aul= 0.97847E+03, 1/c	Время жизни= 0.10220E-02 с
Vu= 23	Aul= 0.99522E+03, 1/c	Время жизни= 0.10048E-02 с
Vu= 24	Aul= 0.10129E+04, 1/c	Время жизни= 0.98729E-03 с
Vu= 25	Aul= 0.10264E+04, 1/c	Время жизни= 0.97431E-03 с
Vu= 26	Aul= 0.10394E+04, 1/c	Время жизни= 0.96211E-03 с
Vu= 27	Aul= 0.10514E+04, 1/c	Время жизни= 0.95115E-03 с
Vu= 28	Aul= 0.10600E+04, 1/c	Время жизни= 0.94341E-03 с
Vu= 29	Aul= 0.10693E+04, 1/c	Время жизни= 0.93518E-03 с
Vu= 30	Aul= 0.10762E+04, 1/c	Время жизни= 0.92918E-03 с
Vu= 31	Aul= 0.10820E+04, 1/c	Время жизни= 0.92421E-03 с
Vu= 32	Aul= 0.10865E+04, 1/c	Время жизни= 0.92040E-03 с
Vu= 33	Aul= 0.10837E+04, 1/c	Время жизни= 0.92274E-03 с
Vu= 34	Aul= 0.10574E+04, 1/c	Время жизни= 0.94572E-03 с
Vu= 35	Aul= 0.94954E+03, 1/c	Время жизни= 0.10531E-02 с
Vu= 36	Aul= 0.69411E+03, 1/c	Время жизни= 0.14407E-02 с
Vu= 37	Aul= 0.53401E+03, 1/c	Время жизни= 0.18726E-02 с

Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = CO4P Полное время жизни = 0.46372E-09 1/c		
Vu= 0	Aul= 0.11492E+09, 1/c	Время жизни= 0.87020E-08 с
Vu= 1	Aul= 0.11472E+09, 1/c	Время жизни= 0.87169E-08 с
Vu= 2	Aul= 0.11426E+09, 1/c	Время жизни= 0.87517E-08 с
Vu= 3	Aul= 0.11397E+09, 1/c	Время жизни= 0.87745E-08 с
Vu= 4	Aul= 0.11323E+09, 1/c	Время жизни= 0.88318E-08 с
Vu= 5	Aul= 0.11213E+09, 1/c	Время жизни= 0.89180E-08 с
Vu= 6	Aul= 0.11083E+09, 1/c	Время жизни= 0.90225E-08 с
Vu= 7	Aul= 0.10957E+09, 1/c	Время жизни= 0.91265E-08 с
Vu= 8	Aul= 0.10818E+09, 1/c	Время жизни= 0.92442E-08 с
Vu= 9	Aul= 0.10674E+09, 1/c	Время жизни= 0.93685E-08 с
Vu= 10	Aul= 0.10526E+09, 1/c	Время жизни= 0.94999E-08 с
Vu= 11	Aul= 0.10372E+09, 1/c	Время жизни= 0.96413E-08 с
Vu= 12	Aul= 0.10202E+09, 1/c	Время жизни= 0.98024E-08 с
Vu= 13	Aul= 0.10016E+09, 1/c	Время жизни= 0.99837E-08 с
Vu= 14	Aul= 0.98197E+08, 1/c	Время жизни= 0.10184E-07 с
Vu= 15	Aul= 0.95858E+08, 1/c	Время жизни= 0.10432E-07 с
Vu= 16	Aul= 0.93442E+08, 1/c	Время жизни= 0.10702E-07 с
Vu= 17	Aul= 0.90542E+08, 1/c	Время жизни= 0.11045E-07 с
Vu= 18	Aul= 0.87334E+08, 1/c	Время жизни= 0.11450E-07 с
Vu= 19	Aul= 0.83272E+08, 1/c	Время жизни= 0.12009E-07 с
Vu= 20	Aul= 0.78111E+08, 1/c	Время жизни= 0.12802E-07 с

Имя перехода = CO+AX Полное время жизни = 0.85999E-09 1/c		
Vu= 0	Aul= 0.11492E+09, 1/c	Время жизни= 0.87020E-08 с
Vu= 1	Aul= 0.11472E+09, 1/c	Время жизни= 0.87170E-08 с
Vu= 2	Aul= 0.11422E+09, 1/c	Время жизни= 0.87553E-08 с
Vu= 3	Aul= 0.11326E+09, 1/c	Время жизни= 0.88291E-08 с
Vu= 4	Aul= 0.10900E+09, 1/c	Время жизни= 0.91747E-08 с
Vu= 5	Aul= 0.10311E+09, 1/c	Время жизни= 0.96980E-08 с
Vu= 6	Aul= 0.10332E+09, 1/c	Время жизни= 0.96790E-08 с
Vu= 7	Aul= 0.99581E+08, 1/c	Время жизни= 0.10042E-07 с
Vu= 8	Aul= 0.99680E+08, 1/c	Время жизни= 0.10032E-07 с
Vu= 9	Aul= 0.95917E+08, 1/c	Время жизни= 0.10426E-07 с
Vu= 10	Aul= 0.95092E+08, 1/c	Время жизни= 0.10516E-07 с

Таблица 3

## Продолжение

Имя перехода = CO+BA Полное время жизни = 0.41830E-07 1/c		
Vu= 0	Aul= 0.10234E+07, 1/c	Время жизни= 0.97710E-06 с
Vu= 1	Aul= 0.11718E+07, 1/c	Время жизни= 0.85339E-06 с
Vu= 2	Aul= 0.13212E+07, 1/c	Время жизни= 0.75686E-06 с
Vu= 3	Aul= 0.14484E+07, 1/c	Время жизни= 0.69040E-06 с
Vu= 4	Aul= 0.15550E+07, 1/c	Время жизни= 0.64308E-06 с
Vu= 5	Aul= 0.16351E+07, 1/c	Время жизни= 0.61159E-06 с
Vu= 6	Aul= 0.16826E+07, 1/c	Время жизни= 0.59433E-06 с
Vu= 7	Aul= 0.16965E+07, 1/c	Время жизни= 0.58945E-06 с
Vu= 8	Aul= 0.16809E+07, 1/c	Время жизни= 0.59492E-06 с
Vu= 9	Aul= 0.16507E+07, 1/c	Время жизни= 0.60582E-06 с
Vu= 10	Aul= 0.16136E+07, 1/c	Время жизни= 0.61974E-06 с
Vu= 11	Aul= 0.15753E+07, 1/c	Время жизни= 0.63481E-06 с
Vu= 12	Aul= 0.15364E+07, 1/c	Время жизни= 0.65088E-06 с
Vu= 13	Aul= 0.14868E+07, 1/c	Время жизни= 0.67258E-06 с
Vu= 14	Aul= 0.14386E+07, 1/c	Время жизни= 0.69512E-06 с
Vu= 15	Aul= 0.13901E+07, 1/c	Время жизни= 0.71938E-06 с
Имя перехода = CO+ BX Полное время жизни = 0.54932E-08 1/c		
Vu= 0	Aul= 0.19431E+08, 1/c	Время жизни= 0.51464E-07 с
Vu= 1	Aul= 0.17675E+08, 1/c	Время жизни= 0.56578E-07 с
Vu= 2	Aul= 0.16059E+08, 1/c	Время жизни= 0.62270E-07 с
Vu= 3	Aul= 0.14667E+08, 1/c	Время жизни= 0.68179E-07 с
Vu= 4	Aul= 0.13449E+08, 1/c	Время жизни= 0.74354E-07 с
Vu= 5	Aul= 0.12408E+08, 1/c	Время жизни= 0.80594E-07 с
Vu= 6	Aul= 0.11510E+08, 1/c	Время жизни= 0.86880E-07 с
Vu= 7	Aul= 0.10746E+08, 1/c	Время жизни= 0.93061E-07 с
Vu= 8	Aul= 0.10069E+08, 1/c	Время жизни= 0.99319E-07 с
Vu= 9	Aul= 0.94849E+07, 1/c	Время жизни= 0.10543E-06 с
Vu= 10	Aul= 0.89429E+07, 1/c	Время жизни= 0.11182E-06 с
Vu= 11	Aul= 0.84501E+07, 1/c	Время жизни= 0.11834E-06 с
Vu= 12	Aul= 0.79485E+07, 1/c	Время жизни= 0.12581E-06 с
Vu= 13	Aul= 0.74574E+07, 1/c	Время жизни= 0.13410E-06 с
Vu= 14	Aul= 0.70417E+07, 1/c	Время жизни= 0.14201E-06 с
Vu= 15	Aul= 0.67054E+07, 1/c	Время жизни= 0.14913E-06 с

Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = CO+XX Полное время жизни = 0.12287E-02 1/с

Vu= 0	Aul= 0.31763E+01, 1/с	Время жизни= 0.31483E+00 с
Vu= 1	Aul= 0.93797E+01, 1/с	Время жизни= 0.10661E+00 с
Vu= 2	Aul= 0.16134E+02, 1/с	Время жизни= 0.61982E-01 с
Vu= 3	Aul= 0.23277E+02, 1/с	Время жизни= 0.42961E-01 с
Vu= 4	Aul= 0.30857E+02, 1/с	Время жизни= 0.32408E-01 с
Vu= 5	Aul= 0.38919E+02, 1/с	Время жизни= 0.25694E-01 с
Vu= 6	Aul= 0.47322E+02, 1/с	Время жизни= 0.21132E-01 с
Vu= 7	Aul= 0.56109E+02, 1/с	Время жизни= 0.17823E-01 с
Vu= 8	Aul= 0.64509E+02, 1/с	Время жизни= 0.15502E-01 с
Vu= 9	Aul= 0.73079E+02, 1/с	Время жизни= 0.13684E-01 с
Vu= 10	Aul= 0.79389E+02, 1/с	Время жизни= 0.12596E-01 с
Vu= 11	Aul= 0.87178E+02, 1/с	Время жизни= 0.11471E-01 с
Vu= 12	Aul= 0.93076E+02, 1/с	Время жизни= 0.10744E-01 с
Vu= 13	Aul= 0.81072E+02, 1/с	Время жизни= 0.12335E-01 с
Vu= 14	Aul= 0.56831E+02, 1/с	Время жизни= 0.17596E-01 с
Vu= 15	Aul= 0.53535E+02, 1/с	Время жизни= 0.18679E-01 с

Имя перехода = N21P Полное время жизни = 0.27816E-06 1/с

Vu= 0	Aul= 0.74337E+05, 1/с	Время жизни= 0.13452E-04 с
Vu= 1	Aul= 0.90941E+05, 1/с	Время жизни= 0.10996E-04 с
Vu= 2	Aul= 0.10648E+06, 1/с	Время жизни= 0.93914E-05 с
Vu= 3	Aul= 0.12082E+06, 1/с	Время жизни= 0.82768E-05 с
Vu= 4	Aul= 0.13403E+06, 1/с	Время жизни= 0.74610E-05 с
Vu= 5	Aul= 0.14627E+06, 1/с	Время жизни= 0.68365E-05 с
Vu= 6	Aul= 0.15722E+06, 1/с	Время жизни= 0.63605E-05 с
Vu= 7	Aul= 0.16708E+06, 1/с	Время жизни= 0.59852E-05 с
Vu= 8	Aul= 0.17546E+06, 1/с	Время жизни= 0.56993E-05 с
Vu= 9	Aul= 0.18284E+06, 1/с	Время жизни= 0.54692E-05 с
Vu= 10	Aul= 0.18900E+06, 1/с	Время жизни= 0.52909E-05 с
Vu= 11	Aul= 0.19380E+06, 1/с	Время жизни= 0.51599E-05 с
Vu= 12	Aul= 0.19720E+06, 1/с	Время жизни= 0.50710E-05 с
Vu= 13	Aul= 0.19947E+06, 1/с	Время жизни= 0.50134E-05 с
Vu= 14	Aul= 0.20042E+06, 1/с	Время жизни= 0.49895E-05 с
Vu= 15	Aul= 0.19879E+06, 1/с	Время жизни= 0.50305E-05 с
Vu= 16	Aul= 0.19452E+06, 1/с	Время жизни= 0.51409E-05 с
Vu= 17	Aul= 0.19162E+06, 1/с	Время жизни= 0.52188E-05 с
Vu= 18	Aul= 0.18667E+06, 1/с	Время жизни= 0.53572E-05 с
Vu= 19	Aul= 0.17221E+06, 1/с	Время жизни= 0.58070E-05 с
Vu= 20	Aul= 0.16185E+06, 1/с	Время жизни= 0.61784E-05 с
Vu= 21	Aul= 0.15397E+06, 1/с	Время жизни= 0.64950E-05 с



Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = N22P Полное время жизни = 0.74690E-08 1/c		
Vu= 0	Aul= 0.27238E+08, 1/c	Время жизни= 0.36714E-07 с
Vu= 1	Aul= 0.27236E+08, 1/c	Время жизни= 0.36716E-07 с
Vu= 2	Aul= 0.27084E+08, 1/c	Время жизни= 0.36922E-07 с
Vu= 3	Aul= 0.26604E+08, 1/c	Время жизни= 0.37588E-07 с
Vu= 4	Aul= 0.25725E+08, 1/c	Время жизни= 0.38872E-07 с
Имя перехода = N2_A3X1 Полное время жизни = 0.10473E+00 1/c		
Vu= 0	Aul= 0.48710E+00, 1/c	Время жизни= 0.20530E+01 с
Vu= 1	Aul= 0.47769E+00, 1/c	Время жизни= 0.20934E+01 с
Vu= 2	Aul= 0.47053E+00, 1/c	Время жизни= 0.21253E+01 с
Vu= 3	Aul= 0.46589E+00, 1/c	Время жизни= 0.21464E+01 с
Vu= 4	Aul= 0.46626E+00, 1/c	Время жизни= 0.21447E+01 с
Vu= 5	Aul= 0.46761E+00, 1/c	Время жизни= 0.21385E+01 с
Vu= 6	Aul= 0.46161E+00, 1/c	Время жизни= 0.21663E+01 с
Vu= 7	Aul= 0.42167E+00, 1/c	Время жизни= 0.23715E+01 с
Vu= 8	Aul= 0.35447E+00, 1/c	Время жизни= 0.28211E+01 с
Vu= 9	Aul= 0.36093E+00, 1/c	Время жизни= 0.27706E+01 с
Vu= 10	Aul= 0.36619E+00, 1/c	Время жизни= 0.27308E+01 с
Vu= 11	Aul= 0.36766E+00, 1/c	Время жизни= 0.27199E+01 с
Vu= 12	Aul= 0.38020E+00, 1/c	Время жизни= 0.26302E+01 с
Vu= 13	Aul= 0.39724E+00, 1/c	Время жизни= 0.25174E+01 с
Vu= 14	Aul= 0.40061E+00, 1/c	Время жизни= 0.24962E+01 с
Vu= 15	Aul= 0.42668E+00, 1/c	Время жизни= 0.23437E+01 с
Vu= 16	Aul= 0.43527E+00, 1/c	Время жизни= 0.22974E+01 с
Vu= 17	Aul= 0.44365E+00, 1/c	Время жизни= 0.22540E+01 с
Vu= 18	Aul= 0.46368E+00, 1/c	Время жизни= 0.21567E+01 с
Vu= 19	Aul= 0.47472E+00, 1/c	Время жизни= 0.21065E+01 с
Vu= 20	Aul= 0.47668E+00, 1/c	Время жизни= 0.20978E+01 с
Vu= 21	Aul= 0.48198E+00, 1/c	Время жизни= 0.20748E+01 с
Имя перехода = N2BH1 Полное время жизни = 0.19383E-08 1/c		
Vu= 0	Aul= 0.55930E+01, 1/c	Время жизни= 0.17879E+00 с
Vu= 1	Aul= 0.51592E+09, 1/c	Время жизни= 0.19383E-08 с

Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = N2BH2 Полное время жизни = 0.23481E-10 1/c

Vu= 0	Aul= 0.56997E+09, 1/c	Время жизни= 0.17545E-08 с
Vu= 1	Aul= 0.72527E+09, 1/c	Время жизни= 0.13788E-08 с
Vu= 2	Aul= 0.88416E+09, 1/c	Время жизни= 0.11310E-08 с
Vu= 3	Aul= 0.10322E+10, 1/c	Время жизни= 0.96877E-09 с
Vu= 4	Aul= 0.11737E+10, 1/c	Время жизни= 0.85204E-09 с
Vu= 5	Aul= 0.13059E+10, 1/c	Время жизни= 0.76576E-09 с
Vu= 6	Aul= 0.14238E+10, 1/c	Время жизни= 0.70235E-09 с
Vu= 7	Aul= 0.15282E+10, 1/c	Время жизни= 0.65435E-09 с
Vu= 8	Aul= 0.16219E+10, 1/c	Время жизни= 0.61656E-09 с
Vu= 9	Aul= 0.17034E+10, 1/c	Время жизни= 0.58705E-09 с
Vu= 10	Aul= 0.17724E+10, 1/c	Время жизни= 0.56421E-09 с
Vu= 11	Aul= 0.18313E+10, 1/c	Время жизни= 0.54607E-09 с
Vu= 12	Aul= 0.18782E+10, 1/c	Время жизни= 0.53244E-09 с
Vu= 13	Aul= 0.19166E+10, 1/c	Время жизни= 0.52175E-09 с
Vu= 14	Aul= 0.19420E+10, 1/c	Время жизни= 0.51494E-09 с
Vu= 15	Aul= 0.19691E+10, 1/c	Время жизни= 0.50785E-09 с
Vu= 16	Aul= 0.19748E+10, 1/c	Время жизни= 0.50639E-09 с
Vu= 17	Aul= 0.19820E+10, 1/c	Время жизни= 0.50454E-09 с
Vu= 18	Aul= 0.19813E+10, 1/c	Время жизни= 0.50472E-09 с
Vu= 19	Aul= 0.19739E+10, 1/c	Время жизни= 0.50661E-09 с
Vu= 20	Aul= 0.19605E+10, 1/c	Время жизни= 0.51007E-09 с
Vu= 21	Aul= 0.19426E+10, 1/c	Время жизни= 0.51477E-09 с
Vu= 22	Aul= 0.19190E+10, 1/c	Время жизни= 0.52111E-09 с
Vu= 23	Aul= 0.18913E+10, 1/c	Время жизни= 0.52873E-09 с
Vu= 24	Aul= 0.18610E+10, 1/c	Время жизни= 0.53735E-09 с
Vu= 25	Aul= 0.18242E+10, 1/c	Время жизни= 0.54819E-09 с

Имя перехода = N2\_DB Полное время жизни = 0.14135E-07 1/c

Vu= 0	Aul= 0.70747E+08, 1/c	Время жизни= 0.14135E-07 с
-------	-----------------------	----------------------------

Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = N2P1M Полное время жизни = 0.57488E-08 1/c

Vu= 0	Aul= 0.17062E+08, 1/c	Время жизни= 0.58610E-07 с
Vu= 1	Aul= 0.17261E+08, 1/c	Время жизни= 0.57935E-07 с
Vu= 2	Aul= 0.17364E+08, 1/c	Время жизни= 0.57589E-07 с
Vu= 3	Aul= 0.17346E+08, 1/c	Время жизни= 0.57652E-07 с
Vu= 4	Aul= 0.17159E+08, 1/c	Время жизни= 0.58279E-07 с
Vu= 5	Aul= 0.16801E+08, 1/c	Время жизни= 0.59519E-07 с
Vu= 6	Aul= 0.16225E+08, 1/c	Время жизни= 0.61635E-07 с
Vu= 7	Aul= 0.15430E+08, 1/c	Время жизни= 0.64809E-07 с
Vu= 8	Aul= 0.14395E+08, 1/c	Время жизни= 0.69469E-07 с
Vu= 9	Aul= 0.13164E+08, 1/c	Время жизни= 0.75965E-07 с
Vu= 10	Aul= 0.11744E+08, 1/c	Время жизни= 0.85149E-07 с

Имя перехода = N2P\_CX Полное время жизни = 0.41362E-08 1/c

Vu= 0	Aul= 0.14604E+08, 1/c	Время жизни= 0.68476E-07 с
Vu= 1	Aul= 0.15001E+08, 1/c	Время жизни= 0.66661E-07 с
Vu= 2	Aul= 0.15455E+08, 1/c	Время жизни= 0.64703E-07 с
Vu= 3	Aul= 0.15903E+08, 1/c	Время жизни= 0.62879E-07 с
Vu= 4	Aul= 0.16405E+08, 1/c	Время жизни= 0.60957E-07 с
Vu= 5	Aul= 0.16873E+08, 1/c	Время жизни= 0.59265E-07 с
Vu= 6	Aul= 0.17257E+08, 1/c	Время жизни= 0.57949E-07 с
Vu= 7	Aul= 0.17651E+08, 1/c	Время жизни= 0.56654E-07 с
Vu= 8	Aul= 0.18169E+08, 1/c	Время жизни= 0.55038E-07 с
Vu= 9	Aul= 0.18435E+08, 1/c	Время жизни= 0.54243E-07 с
Vu= 10	Aul= 0.18427E+08, 1/c	Время жизни= 0.54269E-07 с
Vu= 11	Aul= 0.18276E+08, 1/c	Время жизни= 0.54715E-07 с
Vu= 12	Aul= 0.17753E+08, 1/c	Время жизни= 0.56328E-07 с
Vu= 13	Aul= 0.16472E+08, 1/c	Время жизни= 0.60707E-07 с
Vu= 14	Aul= 0.31661E+07, 1/c	Время жизни= 0.31584E-06 с
Vu= 15	Aul= 0.19203E+07, 1/c	Время жизни= 0.52074E-06 с

Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = N2PM Полное время жизни = 0.33429E-06 1/c

Vu= 0	Aul= 0.62114E+05, 1/c	Время жизни= 0.16099E-04 с
Vu= 1	Aul= 0.74770E+05, 1/c	Время жизни= 0.13374E-04 с
Vu= 2	Aul= 0.86446E+05, 1/c	Время жизни= 0.11568E-04 с
Vu= 3	Aul= 0.96999E+05, 1/c	Время жизни= 0.10309E-04 с
Vu= 4	Aul= 0.10679E+06, 1/c	Время жизни= 0.93639E-05 с
Vu= 5	Aul= 0.11583E+06, 1/c	Время жизни= 0.86335E-05 с
Vu= 6	Aul= 0.12399E+06, 1/c	Время жизни= 0.80649E-05 с
Vu= 7	Aul= 0.13155E+06, 1/c	Время жизни= 0.76018E-05 с
Vu= 8	Aul= 0.13846E+06, 1/c	Время жизни= 0.72224E-05 с
Vu= 9	Aul= 0.14509E+06, 1/c	Время жизни= 0.68925E-05 с
Vu= 10	Aul= 0.15102E+06, 1/c	Время жизни= 0.66216E-05 с
Vu= 11	Aul= 0.15661E+06, 1/c	Время жизни= 0.63853E-05 с
Vu= 12	Aul= 0.16189E+06, 1/c	Время жизни= 0.61769E-05 с
Vu= 13	Aul= 0.16667E+06, 1/c	Время жизни= 0.59999E-05 с
Vu= 14	Aul= 0.17100E+06, 1/c	Время жизни= 0.58479E-05 с
Vu= 15	Aul= 0.17518E+06, 1/c	Время жизни= 0.57085E-05 с
Vu= 16	Aul= 0.17901E+06, 1/c	Время жизни= 0.55863E-05 с
Vu= 17	Aul= 0.18236E+06, 1/c	Время жизни= 0.54835E-05 с
Vu= 18	Aul= 0.18571E+06, 1/c	Время жизни= 0.53847E-05 с
Vu= 19	Aul= 0.18857E+06, 1/c	Время жизни= 0.53031E-05 с
Vu= 20	Aul= 0.19131E+06, 1/c	Время жизни= 0.52270E-05 с

Имя перехода = NO\_CA Полное время жизни = 0.19375E-07 1/c

Vu= 0	Aul= 0.10311E+08, 1/c	Время жизни= 0.96986E-07 с
Vu= 1	Aul= 0.10362E+08, 1/c	Время жизни= 0.96507E-07 с
Vu= 2	Aul= 0.10323E+08, 1/c	Время жизни= 0.96876E-07 с
Vu= 3	Aul= 0.10324E+08, 1/c	Время жизни= 0.96861E-07 с
Vu= 4	Aul= 0.10295E+08, 1/c	Время жизни= 0.97135E-07 с

Имя перехода = NO\_DA Полное время жизни = 0.14918E-07 1/c

Vu= 0	Aul= 0.14203E+08, 1/c	Время жизни= 0.70409E-07 с
Vu= 1	Aul= 0.13912E+08, 1/c	Время жизни= 0.71880E-07 с
Vu= 2	Aul= 0.13516E+08, 1/c	Время жизни= 0.73987E-07 с
Vu= 3	Aul= 0.13028E+08, 1/c	Время жизни= 0.76759E-07 с
Vu= 4	Aul= 0.12376E+08, 1/c	Время жизни= 0.80800E-07 с

Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = NOBET Полное время жизни = 0.11616E-07 1/c

Vu= 0	Aul= 0.48606E+06, 1/c	Время жизни= 0.20574E-05 с
Vu= 1	Aul= 0.53867E+06, 1/c	Время жизни= 0.18564E-05 с
Vu= 2	Aul= 0.59276E+06, 1/c	Время жизни= 0.16870E-05 с
Vu= 3	Aul= 0.65812E+06, 1/c	Время жизни= 0.15195E-05 с
Vu= 4	Aul= 0.74294E+06, 1/c	Время жизни= 0.13460E-05 с
Vu= 5	Aul= 0.86564E+06, 1/c	Время жизни= 0.11552E-05 с
Vu= 6	Aul= 0.10525E+07, 1/c	Время жизни= 0.95008E-06 с
Vu= 7	Aul= 0.13483E+07, 1/c	Время жизни= 0.74169E-06 с
Vu= 8	Aul= 0.18221E+07, 1/c	Время жизни= 0.54881E-06 с
Vu= 9	Aul= 0.25708E+07, 1/c	Время жизни= 0.38898E-06 с
Vu= 10	Aul= 0.37550E+07, 1/c	Время жизни= 0.26631E-06 с
Vu= 11	Aul= 0.55744E+07, 1/c	Время жизни= 0.17939E-06 с
Vu= 12	Aul= 0.83525E+07, 1/c	Время жизни= 0.11972E-06 с
Vu= 13	Aul= 0.12458E+08, 1/c	Время жизни= 0.80271E-07 с
Vu= 14	Aul= 0.18423E+08, 1/c	Время жизни= 0.54281E-07 с
Vu= 15	Aul= 0.26849E+08, 1/c	Время жизни= 0.37245E-07 с

Имя перехода = NOBTC Полное время жизни = 0.18465E-07 1/c

Vu= 0	Aul= 0.59644E+07, 1/c	Время жизни= 0.16766E-06 с
Vu= 1	Aul= 0.62476E+07, 1/c	Время жизни= 0.16006E-06 с
Vu= 2	Aul= 0.67368E+07, 1/c	Время жизни= 0.14844E-06 с
Vu= 3	Aul= 0.69357E+07, 1/c	Время жизни= 0.14418E-06 с
Vu= 4	Aul= 0.70240E+07, 1/c	Время жизни= 0.14237E-06 с
Vu= 5	Aul= 0.70638E+07, 1/c	Время жизни= 0.14157E-06 с
Vu= 6	Aul= 0.70923E+07, 1/c	Время жизни= 0.14100E-06 с
Vu= 7	Aul= 0.70907E+07, 1/c	Время жизни= 0.14103E-06 с

Имя перехода = NODEL Полное время жизни = 0.10379E-07 1/c

Vu= 0	Aul= 0.28237E+08, 1/c	Время жизни= 0.35414E-07 с
Vu= 1	Aul= 0.21043E+08, 1/c	Время жизни= 0.47523E-07 с
Vu= 2	Aul= 0.17103E+08, 1/c	Время жизни= 0.58469E-07 с
Vu= 3	Aul= 0.15421E+08, 1/c	Время жизни= 0.64845E-07 с
Vu= 4	Aul= 0.14540E+08, 1/c	Время жизни= 0.68775E-07 с

Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = NOEPC Полное время жизни = 0.52977E-08 1/с

Vu= 0	Aul= 0.37671E+08, 1/с	Время жизни= 0.26546E-07 с
Vu= 1	Aul= 0.37745E+08, 1/с	Время жизни= 0.26493E-07 с
Vu= 2	Aul= 0.37816E+08, 1/с	Время жизни= 0.26444E-07 с
Vu= 3	Aul= 0.37835E+08, 1/с	Время жизни= 0.26431E-07 с
Vu= 4	Aul= 0.37696E+08, 1/с	Время жизни= 0.26528E-07 с

Имя перехода = NOGAM Полное время жизни = 0.21725E-07 1/с

Vu= 0	Aul= 0.48722E+07, 1/с	Время жизни= 0.20525E-06 с
Vu= 1	Aul= 0.49225E+07, 1/с	Время жизни= 0.20315E-06 с
Vu= 2	Aul= 0.50026E+07, 1/с	Время жизни= 0.19989E-06 с
Vu= 3	Aul= 0.50866E+07, 1/с	Время жизни= 0.19659E-06 с
Vu= 4	Aul= 0.51685E+07, 1/с	Время жизни= 0.19348E-06 с
Vu= 5	Aul= 0.52508E+07, 1/с	Время жизни= 0.19045E-06 с
Vu= 6	Aul= 0.52895E+07, 1/с	Время жизни= 0.18905E-06 с
Vu= 7	Aul= 0.52738E+07, 1/с	Время жизни= 0.18962E-06 с
Vu= 8	Aul= 0.51633E+07, 1/с	Время жизни= 0.19368E-06 с

Имя перехода = NOP\_AX Полное время жизни = 0.32641E-08 1/с

Vu= 0	Aul= 0.18463E+08, 1/с	Время жизни= 0.54164E-07 с
Vu= 1	Aul= 0.18517E+08, 1/с	Время жизни= 0.54005E-07 с
Vu= 2	Aul= 0.18564E+08, 1/с	Время жизни= 0.53867E-07 с
Vu= 3	Aul= 0.18609E+08, 1/с	Время жизни= 0.53737E-07 с
Vu= 4	Aul= 0.18647E+08, 1/с	Время жизни= 0.53627E-07 с
Vu= 5	Aul= 0.18709E+08, 1/с	Время жизни= 0.53450E-07 с
Vu= 6	Aul= 0.18780E+08, 1/с	Время жизни= 0.53249E-07 с
Vu= 7	Aul= 0.18881E+08, 1/с	Время жизни= 0.52964E-07 с
Vu= 8	Aul= 0.18995E+08, 1/с	Время жизни= 0.52645E-07 с
Vu= 9	Aul= 0.19138E+08, 1/с	Время жизни= 0.52253E-07 с
Vu= 10	Aul= 0.19306E+08, 1/с	Время жизни= 0.51798E-07 с
Vu= 11	Aul= 0.19500E+08, 1/с	Время жизни= 0.51282E-07 с
Vu= 12	Aul= 0.19729E+08, 1/с	Время жизни= 0.50686E-07 с
Vu= 13	Aul= 0.19956E+08, 1/с	Время жизни= 0.50110E-07 с
Vu= 14	Aul= 0.20200E+08, 1/с	Время жизни= 0.49506E-07 с
Vu= 15	Aul= 0.20366E+08, 1/с	Время жизни= 0.49102E-07 с

Таблица 3

Продолжение

Имя перехода = O2P1M Полное время жизни = 0.12837E-06 1/с

Vu= 0	Aul= 0.68752E+06, 1/с	Время жизни= 0.14545E-05 с
Vu= 1	Aul= 0.68071E+06, 1/с	Время жизни= 0.14690E-05 с
Vu= 2	Aul= 0.66680E+06, 1/с	Время жизни= 0.14997E-05 с
Vu= 3	Aul= 0.64640E+06, 1/с	Время жизни= 0.15470E-05 с
Vu= 4	Aul= 0.62105E+06, 1/с	Время жизни= 0.16102E-05 с
Vu= 5	Aul= 0.59077E+06, 1/с	Время жизни= 0.16927E-05 с
Vu= 6	Aul= 0.55732E+06, 1/с	Время жизни= 0.17943E-05 с
Vu= 7	Aul= 0.52055E+06, 1/с	Время жизни= 0.19210E-05 с
Vu= 8	Aul= 0.48243E+06, 1/с	Время жизни= 0.20728E-05 с
Vu= 9	Aul= 0.44296E+06, 1/с	Время жизни= 0.22575E-05 с
Vu= 10	Aul= 0.40313E+06, 1/с	Время жизни= 0.24806E-05 с
Vu= 11	Aul= 0.36452E+06, 1/с	Время жизни= 0.27433E-05 с
Vu= 12	Aul= 0.32525E+06, 1/с	Время жизни= 0.30746E-05 с
Vu= 13	Aul= 0.28609E+06, 1/с	Время жизни= 0.34954E-05 с
Vu= 14	Aul= 0.25720E+06, 1/с	Время жизни= 0.38880E-05 с
Vu= 15	Aul= 0.25756E+06, 1/с	Время жизни= 0.38826E-05 с

Имя перехода = O2CR Полное время жизни = 0.37046E-08 1/с

Vu= 0	Aul= 0.18202E+08, 1/с	Время жизни= 0.54938E-07 с
Vu= 1	Aul= 0.19094E+08, 1/с	Время жизни= 0.52373E-07 с
Vu= 2	Aul= 0.19324E+08, 1/с	Время жизни= 0.51748E-07 с
Vu= 3	Aul= 0.19221E+08, 1/с	Время жизни= 0.52027E-07 с
Vu= 4	Aul= 0.19953E+08, 1/с	Время жизни= 0.50118E-07 с
Vu= 5	Aul= 0.19957E+08, 1/с	Время жизни= 0.50108E-07 с
Vu= 6	Aul= 0.20284E+08, 1/с	Время жизни= 0.49299E-07 с
Vu= 7	Aul= 0.19989E+08, 1/с	Время жизни= 0.50028E-07 с
Vu= 8	Aul= 0.19651E+08, 1/с	Время жизни= 0.50888E-07 с
Vu= 9	Aul= 0.19117E+08, 1/с	Время жизни= 0.52310E-07 с
Vu= 10	Aul= 0.18092E+08, 1/с	Время жизни= 0.55272E-07 с
Vu= 11	Aul= 0.16763E+08, 1/с	Время жизни= 0.59655E-07 с
Vu= 12	Aul= 0.15255E+08, 1/с	Время жизни= 0.65554E-07 с
Vu= 13	Aul= 0.13513E+08, 1/с	Время жизни= 0.74003E-07 с
Vu= 14	Aul= 0.11519E+08, 1/с	Время жизни= 0.86816E-07 с

Таблица 3

Продолжение

---

---

Имя перехода = O2P2M Полное время жизни = 0.39941E-07 1/c

---

Vu= 0	Aul= 0.16726E+07, 1/c	Время жизни= 0.59785E-06 с
Vu= 1	Aul= 0.16406E+07, 1/c	Время жизни= 0.60953E-06 с
Vu= 2	Aul= 0.16042E+07, 1/c	Время жизни= 0.62335E-06 с
Vu= 3	Aul= 0.15616E+07, 1/c	Время жизни= 0.64038E-06 с
Vu= 4	Aul= 0.14839E+07, 1/c	Время жизни= 0.67389E-06 с
Vu= 5	Aul= 0.13588E+07, 1/c	Время жизни= 0.73593E-06 с
Vu= 6	Aul= 0.13109E+07, 1/c	Время жизни= 0.76282E-06 с
Vu= 7	Aul= 0.12621E+07, 1/c	Время жизни= 0.79234E-06 с
Vu= 8	Aul= 0.12165E+07, 1/c	Время жизни= 0.82201E-06 с
Vu= 9	Aul= 0.11637E+07, 1/c	Время жизни= 0.85934E-06 с
Vu= 10	Aul= 0.11339E+07, 1/c	Время жизни= 0.88188E-06 с
Vu= 11	Aul= 0.10801E+07, 1/c	Время жизни= 0.92587E-06 с
Vu= 12	Aul= 0.10365E+07, 1/c	Время жизни= 0.96482E-06 с
Vu= 13	Aul= 0.10041E+07, 1/c	Время жизни= 0.99589E-06 с
Vu= 14	Aul= 0.95998E+06, 1/c	Время жизни= 0.10417E-05 с
Vu= 15	Aul= 0.91168E+06, 1/c	Время жизни= 0.10969E-05 с
Vu= 16	Aul= 0.87143E+06, 1/c	Время жизни= 0.11475E-05 с
Vu= 17	Aul= 0.83564E+06, 1/c	Время жизни= 0.11967E-05 с
Vu= 18	Aul= 0.79723E+06, 1/c	Время жизни= 0.12543E-05 с
Vu= 19	Aul= 0.75519E+06, 1/c	Время жизни= 0.13242E-05 с
Vu= 20	Aul= 0.70956E+06, 1/c	Время жизни= 0.14093E-05 с
Vu= 21	Aul= 0.66655E+06, 1/c	Время жизни= 0.15003E-05 с

---

---



Таблица 4

## Параметры полос поглощения двухатомных молекул и времена жизни возбужденных состояний

	Спектроскопические обозначения, имя полосы	Спектральный диапазон, в котором наблюдается система полос, см <sup>-1</sup>	$\nu_u$	$\nu_l$	$\tau_{ul}$ , с	Квантовые числа переходов
1	C <sub>2</sub> , A <sup>1</sup> Π <sub>u</sub> – X <sup>1</sup> Σ <sup>+</sup> <sub>g</sub> Филиппса	100 ÷ 27000	15	15	0.34E-06	ΔΛ=1 ΔS=0
2	C <sub>2</sub> , B' <sup>1</sup> Σ <sup>+</sup> <sub>g</sub> – A <sup>1</sup> Π <sub>u</sub>	100 ÷ 22000	10	10	0.65E-06	ΔΛ=1 ΔS=0
3	C <sub>2</sub> , B <sup>1</sup> Δ <sub>g</sub> – A <sup>1</sup> Π <sub>u</sub>	100 ÷ 17000	10	15	0.36E-05	ΔΛ=1 ΔS=0
4	C <sub>2</sub> , b <sup>3</sup> Σ <sup>-</sup> <sub>g</sub> – a <sup>3</sup> Π <sub>u</sub> Баллика – Рамзая	100 ÷ 20000	12	12	0.69E-06	ΔΛ=1 ΔS=0
5	C <sub>2</sub> , C <sup>1</sup> Π <sub>g</sub> – A <sup>1</sup> Π <sub>u</sub> Деландра – 'Азамбуа	8000 ÷ 42000	10	15	0.32E-08	ΔΛ=0 ΔS=0
6	C <sub>2</sub> , d <sup>3</sup> Π <sub>g</sub> – a <sup>3</sup> Π <sub>u</sub> Свана	3500 ÷ 35000	12	15	0.50E-07	ΔΛ=0 ΔS=0
7	C <sub>2</sub> , D <sup>1</sup> Σ <sup>+</sup> <sub>u</sub> – X <sup>1</sup> Σ <sup>+</sup> <sub>g</sub> Малликена	38000 ÷ 48000	15	15	0.12E-08	ΔΛ=0 ΔS=0
8	C <sub>2</sub> , E <sup>1</sup> Σ <sup>+</sup> <sub>g</sub> – A <sup>1</sup> Π <sub>u</sub>	28000 ÷ 60000	10	15	0.18E-08	ΔΛ=1 ΔS=0
9	C <sub>2</sub> , E <sup>1</sup> Σ <sup>+</sup> <sub>g</sub> – D <sup>1</sup> Σ <sup>+</sup> <sub>u</sub>	100 ÷ 23000	10	10	0.23E-07	ΔΛ=0 ΔS=0
10	C <sub>2</sub> , e <sup>3</sup> Π <sub>g</sub> – a <sup>3</sup> Π <sub>u</sub> Фокса – Герцберга	21000 ÷ 48500	10	12	0.40E-07	ΔΛ=0 ΔS=0
11	C <sub>2</sub> <sup>-</sup> , A <sup>2</sup> Π <sub>u</sub> – X <sup>2</sup> Σ <sup>+</sup> <sub>g</sub>	100 ÷ 15000	10	10	0.25E-05	ΔΛ=1 ΔS=0
12	C <sub>2</sub> <sup>-</sup> , B <sup>2</sup> Σ <sup>+</sup> <sub>u</sub> – X <sup>2</sup> Σ <sup>+</sup> <sub>g</sub>	10000 ÷ 30000	10	10	0.75E-08	ΔΛ=0 ΔS=0
13	C <sub>2</sub> <sup>+</sup> , B <sup>4</sup> Σ <sup>-</sup> <sub>u</sub> – A <sup>4</sup> Π <sub>g</sub>	1000 ÷ 23000	10	12	0.39E-06	ΔΛ=1 ΔS=0
14	C <sub>2</sub> <sup>+</sup> , B <sup>4</sup> Σ <sup>-</sup> <sub>u</sub> – X <sup>4</sup> Σ <sup>-</sup> <sub>g</sub>	10000 ÷ 30000	10	10	0.22E-07	ΔΛ=0 ΔS=0
15	CN, A <sup>2</sup> Π – X <sup>2</sup> Σ <sup>+</sup> Красная	1000 ÷ 24000	15	15	0.50E-06	ΔΛ=1 ΔS=0
16	CN, B <sup>2</sup> Σ <sup>+</sup> – A <sup>2</sup> Π	1000 ÷ 45000	15	15	0.25E-06	ΔΛ=1 ΔS=0
17	CN, B <sup>2</sup> Σ <sup>+</sup> – X <sup>2</sup> Σ <sup>+</sup> Фиолетовая	17000 ÷ 37000	15	15	0.49E-08	ΔΛ=0 ΔS=0
18	CN, X <sup>2</sup> Σ <sup>+</sup> – X <sup>2</sup> Σ <sup>+</sup>	1000 ÷ 10000	25	25	0.16E-03	ΔΛ=0 ΔS=0
19	CO, a' <sup>3</sup> Σ <sup>+</sup> – a <sup>3</sup> Π Асунди	100 ÷ 20000	12	12	0.69E-06	ΔΛ=1 ΔS=0
20	CO, A <sup>1</sup> Π – X <sup>1</sup> Σ <sup>+</sup> Четвертая положительная	30000 ÷ 85000	20	29	0.46E-09	ΔΛ=1 ΔS=0
21	CO, B <sup>1</sup> Σ <sup>+</sup> – A <sup>1</sup> Π Ангстрема	5000 ÷ 52000	15	20	0.49E-08	ΔΛ=1 ΔS=0
22	CO, B <sup>1</sup> Σ <sup>+</sup> – X <sup>1</sup> Σ <sup>+</sup> Хопфильда – Бердже	74000 ÷ 100000	15	25	0.49E-09	ΔΛ=0 ΔS=0
23	CO, b <sup>3</sup> Σ <sup>+</sup> – a <sup>3</sup> Π Третья положительная	16000 ÷ 51000	10	21	0.38E-08	ΔΛ=1 ΔS=0

Таблица 4

Продолжение

24	CO, $d^3\Delta - a^3\Pi$ Триплетная	100 ÷ 28 000	15	12	0.23E-06	$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$
25	CO, $e^3\Sigma^- - a^3\Pi$ Германа	100 ÷ 30000	15	12	0.40E-06	$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$
26	CO, $X^1\Sigma^+ - X^1\Sigma^+$	100 ÷ 8000	25	25	0.35E-04	$\Delta\Lambda=0$ $\Delta S=0$
27	CO <sup>+</sup> , $A^2\Pi - X^2\Sigma^+$ , Кометных хвостов	100 ÷ 50000	20	20	0.86E-09	$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$
28	CO <sup>+</sup> , $B^2\Sigma^+ - A^2\Pi$ , Балдета – Джонсона	5000 ÷ 46000	15	20	0.42E-07	$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$
29	CO <sup>+</sup> , $B^2\Sigma^+ - X^2\Sigma^+$ , Первая отрицательная	11000 ÷ 60000	15	20	0.55E-08	$\Delta\Lambda=0$ $\Delta S=0$
30	CO <sup>+</sup> , $X^2\Sigma^+ - X^2\Sigma^+$	10 ÷ 10000	15	15	0.12E-02	$\Delta\Lambda=0$ $\Delta S=0$
31	NO, $A^2\Sigma^+ - X^2\Pi$ $\gamma$ -система	16000 ÷ 62000	8	22	0.22E-07	$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$
32	NO, $B^2\Delta - X^2\Pi$ $\beta'$ -система	35000 ÷ 68000	7	22	0.18E-07	$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$
33	NO, $B^2\Pi - X^2\Pi$ $\beta$ -система	16000 ÷ 60000	15	22	0.12E-07	$\Delta\Lambda=0$ $\Delta S=0$
34	NO, $C^2\Pi - A^2\Sigma^+$	1000 ÷ 20000	4	8	0.19E-07	$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$
35	NO, $C^2\Pi - X^2\Pi$ $\delta$ -система	20000 ÷ 65000	4	22	0.10E-07	$\Delta\Lambda=0$ $\Delta S=0$
36	NO, $D^2\Sigma^+ - A^2\Sigma^+$	3500 ÷ 15000	4	8	0.15E-07	$\Delta\Lambda=0$ $\Delta S=0$
37	NO, $D^2\Sigma^+ - X^2\Pi$ $\epsilon$ -система	20000 ÷ 65000	4	22	0.53E-08	$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$
38	NO, $X^2\Pi - X^2\Pi$	100 ÷ 15000	25	25		$\Delta\Lambda=0$ $\Delta S=0$
39	NO <sup>+</sup> , $A^1\Pi - X^1\Sigma^+$	39000 ÷ 90000	15	22	0.33E-08	$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$
40	N <sub>2</sub> , $a^1\Pi_g - a'^1\Sigma^-_u$ МакФарлана	100 ÷ 20000	21	21		$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$
41	N <sub>2</sub> , $A^3\Sigma^+_u - X^1\Sigma^+_g$ Вегарда – Каплана	1000 ÷ 75000	21	21	0.10E+00	$\Delta\Lambda=0$ $\Delta S=1$
42	N <sub>2</sub> , $b'^1\Sigma^+_u - X^1\Sigma^+_g$ Бержа – Хопфильда 2	54000 ÷ 1200000	25	25	0.23E-10	$\Delta\Lambda=0$ $\Delta S=0$
43	N <sub>2</sub> , $B^3\Sigma^-_u - B^3\Pi_g$ «Y» - полосы	100 ÷ 20000	21	21		$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$
44	N <sub>2</sub> , $B^3\Pi_g - A^3\Sigma^+_u$ 1 - положительная	1000 ÷ 25000	21	21	0.28E-06	$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$
45	N <sub>2</sub> , $b^1\Pi_u - X^1\Sigma^+_g$ Бер- джа – Хопфильда 1	74000 ÷ 105000	1	12	0.19E-08	$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$
46	N <sub>2</sub> , $W^3\Delta_u - B^3\Pi_g$ Полосы Ву – Бенеша	10 ÷ 20000	21	21		$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$
47	N <sub>2</sub> , $D^3\Sigma^+_u - B^3\Pi_g$ 4 – положительная	28500 ÷ 50000	0	10	0.14E-07	$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$
48	N <sub>2</sub> , $E^3\Sigma^+_g - A^3\Sigma^+_u$	30000 ÷ 50000	1	10		$\Delta\Lambda=0$ $\Delta S=0$

Таблица 4

Продолжение

49	$N_2, E^3\Sigma_g^+ - B^3\Pi_g$	15000 ÷ 40000	1	15		$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$
50	$N_2, E^3\Sigma_g^+ - C^3\Pi_u$	500 ÷ 10000	1	4		$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$
51	$N_2, C^3\Pi_u - B^3\Pi_g$ 2 – положительная	10000 ÷ 40000	4	19	0.75E-08	$\Delta\Lambda=0$ $\Delta S=0$
52	$N_2^+, A^2\Pi_u - X^2\Sigma_g^+$ , Майнела	1000 ÷ 38000	20	20	0.33E-06	$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$
53	$N_2^+, B^2\Sigma_u^+ - X^2\Sigma_g^+$ , Первая положительная	7000 ÷ 40000	10	20	0.57E-08	$\Delta\Lambda=0$ $\Delta S=0$
54	$N_2^+, C^2\Sigma_u^+ - X^2\Sigma_g^+$ , Вторая положительная	27000 ÷ 95000	15	20	0.41E-08	$\Delta\Lambda=0$ $\Delta S=0$
55	$O_2, B^3\Sigma_u^- - X^3\Sigma_g^-$ Шумана – Рунге	22000 ÷ 57000	14	21	0.37E-08	$\Delta\Lambda=0$ $\Delta S=0$
56	$O_2^+, A^2\Pi_u - X^2\Pi_g$ , Вторая отрицательная	8000 ÷ 52700	21	21	0.40E-07	$\Delta\Lambda=0$ $\Delta S=0$
57	$O_2^+, b^4\Sigma_g^- - a^4\Pi_u$ , Первая отрицательная	1000 ÷ 30500	15	20	0.13E-06	$\Delta\Lambda=1$ $\Delta S=0$

Таблица 5

**Константы скорости диссоциации двухатомных молекул и молекулярных ионов при столкновении с электронами [12]**

№ электронного состояния	Терм	$A_d$ , см <sup>3</sup> /с	$n_j$	$T_d$ , К
N <sub>2</sub>		D <sub>0</sub> =78 740 см <sup>-1</sup>		
1	X <sup>1</sup> Σ <sub>g</sub> <sup>+</sup>	4.95E-08	0.388	113729
2	A <sup>3</sup> Σ <sub>u</sub> <sup>-</sup>	1.43E-07	0.605	40877
3	B <sup>3</sup> Π <sub>g</sub>	1.03E-07	0.533	55172
4	W <sup>3</sup> Δ <sub>u</sub>	1.04E-07	0.534	54897
5	..	4.00E-07	0.811	17490
O <sub>2</sub>		D <sub>0</sub> =41 280 см <sup>-1</sup>		
1	X <sup>3</sup> Σ <sub>g</sub> <sup>-</sup>	2.04E-08	0.516	59435
2	a <sup>1</sup> Δ <sub>g</sub>	5.13E-08	0.566	47911
3	b <sup>1</sup> Σ <sub>g</sub> <sup>+</sup>	8.31E-08	0.609	40219
4	c <sup>1</sup> Σ <sub>u</sub> <sup>-</sup>	2.48E-08	0.897	11457
NO		D <sub>0</sub> =52 335 см <sup>-1</sup>		
1	X <sup>2</sup> Π	2.47E-10	0.465	75402
2	a <sup>4</sup> Π	7.34E-10	0.786	19550
3	A <sup>2</sup> Σ <sup>+</sup>	1.90E-09	0.894	11662
4	B <sup>2</sup> Π	6.86E-10	0.632	36639
5	b <sup>4</sup> Σ <sup>-</sup>	6.50E-11	0.661	32630
CO		D <sub>0</sub> =89 490 см <sup>-1</sup>		
1	X <sup>1</sup> Σ <sup>+</sup>	3.50E-10	0.367	129271
2	a <sup>3</sup> Π	5.16E-09	0.519	58742
3	a' <sup>3</sup> Σ <sup>+</sup>	5.49E-09	0.564	48352
4	d <sup>3</sup> Δ	7.03E-09	0.606	40635
5	e <sup>3</sup> Σ <sup>-</sup>	6.51E-09	0.636	36098
6	A <sup>1</sup> Π	7.96E-09	0.644	34864
CN		D <sub>0</sub> =61 631 см <sup>-1</sup>		
1	X <sup>2</sup> Σ <sup>+</sup>	2.17E-09	0.432	88966
2	A <sup>2</sup> Π	9.75E-09	0.464	75564
3	B <sup>2</sup> Σ <sup>+</sup>	3.99E-09	0.549	51576
4	a <sup>4</sup> Σ <sup>+</sup>	2.61E-09	0.599	41890
5	D <sup>2</sup> Π	1.04E-08	0.922	9964
N <sub>2</sub> <sup>+</sup>		D <sub>0</sub> =70 300 см <sup>-1</sup>		
1	X <sup>2</sup> Σ <sub>g</sub> <sup>+</sup>	3.88E-09	0.408	101519
2	A <sup>2</sup> Π <sub>u</sub>	5.03E-09	0.434	88244
3	B <sup>2</sup> Σ <sub>u</sub> <sup>+</sup>	1.69E-08	0.498	64608
4	D <sup>2</sup> Π <sub>g</sub>	1.41E-08	0.713	26438

Таблица 6

Константы скорости диссоциации молекулы N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> и NO при столкновении с тяжелыми частицами [15], см<sup>3</sup>/с

	M	A <sub>d</sub> , см <sup>3</sup> /с	n <sub>d</sub>	T <sub>d</sub> , К
N <sub>2</sub> (X <sup>1</sup> Σ <sub>g</sub> <sup>+</sup> ) <sub>+</sub>	N, O	4.49E-08	-1.60	113288
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	1.05E-08	-1.60	113288
N <sub>2</sub> (A <sup>3</sup> Σ <sub>u</sub> <sup>+</sup> ) <sub>+</sub>	N, O	4.49E-08	-1.60	41057
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	1.05E-08	-1.60	41057
N <sub>2</sub> (B <sup>3</sup> Π <sub>g</sub> ) <sub>+</sub>	N, O	4.49E-08	-1.60	55175
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	1.05E-08	-1.60	55175
N <sub>2</sub> (W <sup>3</sup> Δ <sub>u</sub> ) <sub>+</sub>	N, O	4.49E-08	-1.60	54903
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	1.05E-08	-1.60	54903
N <sub>2</sub> (B <sup>1</sup> Σ <sub>u</sub> <sup>-</sup> ) <sub>+</sub>	N, O	4.49E-08	-1.60	45602
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	1.05E-08	-1.60	45602

	M	A <sub>d</sub> , см <sup>3</sup> /с	n <sub>d</sub>	T <sub>d</sub> , К
O <sub>2</sub> (X <sup>3</sup> Σ <sub>g</sub> <sup>-</sup> ) <sub>+</sub>	N, O	3.57E-08	-1.50	59392
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	7.15E-09	-1.50	59392
O <sub>2</sub> (b <sup>1</sup> Σ <sub>g</sub> <sup>+</sup> ) <sub>+</sub>	N, O	3.57E-08	-1.50	40407
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	7.15E-09	-1.50	40407
O <sub>2</sub> (a <sup>1</sup> Δ <sub>g</sub> ) <sub>+</sub>	N, O	3.57E-08	-1.50	48000
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	7.15E-09	-1.50	48000
O <sub>2</sub> (c <sup>1</sup> Σ <sub>u</sub> <sup>-</sup> ) <sub>+</sub>	N, O	3.57E-08	-1.50	11830
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	7.15E-09	-1.50	11830

	M	A <sub>d</sub> , см <sup>3</sup> /с	n <sub>d</sub>	T <sub>d</sub> , К
NO(X <sup>2</sup> Π) <sub>+</sub>	N, O, NO, CO	1.60E-09	0.00	75210
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>	2.41E-09	0.00	75210
NO(a <sup>4</sup> Π) <sub>+</sub>	N, O, NO, CO	1.60E-09	0.00	19991
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>	2.41E-09	0.00	19991
NO(A <sup>2</sup> Σ <sup>+</sup> ) <sub>+</sub>	N, O, NO, CO	1.60E-09	0.00	12041
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>	2.41E-09	0.00	12041
NO(B <sup>2</sup> Π) <sub>+</sub>	N, O, NO, CO	1.60E-09	0.00	36876
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>	2.41E-09	0.00	36876
NO(b <sup>4</sup> Σ <sup>-</sup> ) <sub>+</sub>	N, O, NO, CO	1.60E-09	0.00	28089
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub>	2.41E-09	0.00	28089

Таблица 7

Константы скорости диссоциации молекулы CO, CN и N<sub>2</sub><sup>+</sup> при столкновении с тяжелыми частицами [15], см<sup>3</sup>/с

	M	$A_d$ , см <sup>3</sup> /с	$n_d$	$T_d$ , К
CO(X <sup>1</sup> Σ <sup>+</sup> ) <sup>+</sup>	N, O	9.41E-08	-1.00	128755
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	6.37E-08	-1.00	128755
CO(a <sup>3</sup> Π) <sup>+</sup>	N, O	9.41E-08	-1.00	58706
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	6.37E-08	-1.00	58706
CO(a' <sup>3</sup> Σ <sup>+</sup> ) <sup>+</sup>	N, O	9.41E-08	-1.00	48435
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	6.37E-08	-1.00	48435
CO(d <sup>3</sup> Δ) <sup>+</sup>	N, O	9.41E-08	-1.00	40817
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	6.37E-08	-1.00	40817
CO(e <sup>3</sup> Σ <sup>-</sup> ) <sup>+</sup>	N, O	9.41E-08	-1.00	36342
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	6.37E-08	-1.00	36342
CO(A <sup>1</sup> Π) <sup>+</sup>	N, O	9.41E-08	-1.00	35126
	N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	6.37E-08	-1.00	35126

	M	$A_d$ , см <sup>3</sup> /с	$n_d$	$T_d$ , К
CN(X <sup>2</sup> Σ <sup>+</sup> ) <sup>+</sup>	N, O, N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	4.20E-10	0.00	88672
CN(A <sup>2</sup> Π) <sup>+</sup>	N, O, N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	4.20E-10	0.00	75371
CN(B <sup>2</sup> Σ <sup>+</sup> ) <sup>+</sup>	N, O, N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	4.20E-10	0.00	51620
CO(a <sup>4</sup> Σ <sup>+</sup> ) <sup>+</sup>	N, O, N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	4.20E-10	0.00	42056
CO(D <sup>2</sup> Π) <sup>+</sup>	N, O, N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	4.20E-10	0.00	10279

	M	$A_d$ , см <sup>3</sup> /с	$n_d$	$T_d$ , К
N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (X <sup>2</sup> Σ <sub>g</sub> <sup>+</sup> ) <sup>+</sup>	N, O, N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	3.01E-14	0.50	101145
N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (A <sup>2</sup> Π <sub>u</sub> ) <sup>+</sup>	N, O, N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	3.01E-13	0.50	87955
N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (B <sup>2</sup> Σ <sub>u</sub> <sup>+</sup> ) <sup>+</sup>	N, O, N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	9.94E-14	0.50	64512
N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (D <sup>2</sup> Π <sub>g</sub> ) <sup>+</sup>	N, O, N <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , NO, CO	9.94E-14	0.50	26814

Таблица 8

**Константы скоростей диссоциации двухатомных молекул и молекулярных ионов с отдельных электронных состояний [23]**

$$k_d(T) = A_d T^{n_d} \exp(-E_d/T), \text{ см}^3/\text{с}$$

Состояние	$A_d, \text{ см}^3/\text{с}$	$n_d$	$E_d, \text{ К}$
O <sub>2</sub> X	$5.76 \times 10^{-22}$	3.52	59369.8
O <sub>2</sub> a	$9.42 \times 10^{-21}$	3.17	48028.2
O <sub>2</sub> b	$2.94 \times 10^{-19}$	2.81	40561.7
O <sub>2</sub> A	$3.49 \times 10^{-13}$	1.49	8997.6
O <sub>2</sub> B	$2.30 \times 10^{-13}$	1.54	11180.4
O <sub>2</sub> <sup>+</sup> X	$1.98 \times 10^{-26}$	4.50	77315.9
O <sub>2</sub> <sup>+</sup> a	$2.90 \times 10^{-15}$	1.88	30516.6
O <sub>2</sub> <sup>+</sup> A	$7.25 \times 10^{-13}$	1.35	19658.5
O <sub>2</sub> <sup>+</sup> b	$8.12 \times 10^{-16}$	2.02	29365.4
O <sub>2</sub> X	$2.40 \times 10^{-09}$	0.49	48060.7
N <sub>2</sub> X	$4.11 \times 10^{-33}$	6.16	113263.0
N <sub>2</sub> A	$6.61 \times 10^{-20}$	2.98	41 669.6
N <sub>2</sub> B	$4.50 \times 10^{-23}$	3.73	55586.8
N <sub>2</sub> C	$5.14 \times 10^{-21}$	3.27	12892.7
N <sub>2</sub> <sup>+</sup> X	$8.02 \times 10^{-31}$	5.54	101117.1
N <sub>2</sub> <sup>+</sup> A	$8.27 \times 10^{-26}$	4.38	88 142.4
N <sub>2</sub> <sup>+</sup> B	$2.58 \times 10^{-32}$	5.81	64328.3
N <sub>2</sub> <sup>+</sup> C	$1.31 \times 10^{-28}$	4.93	35906.8
NOX	$1.74 \times 10^{-26}$	4.52	75389.6
NOB	$3.56 \times 10^{-15}$	1.90	36991.2
NOB'	$2.33 \times 10^{-15}$	1.95	16198.0
NO <sup>+</sup> X	$8.02 \times 10^{-33}$	6.16	125805.4
NO <sup>+</sup> a	$4.11 \times 10^{-16}$	2.07	50708.3
NO <sup>+</sup> b	$3.24 \times 10^{-23}$	3.70	51258.7
NO <sup>+</sup> b'	$8.36 \times 10^{-18}$	2.46	39056.6
NO <sup>+</sup> A	$1.84 \times 10^{-20}$	3.05	30780.4

Таблица 9

Константы скоростей электронного возбуждения молекул NO и молекулярных ионов NO<sup>+</sup> [23]

$$k_{ex}(T) = A_{ex} T^{n_{ex}} \exp(-E_{ex}/T), \text{ см}^3/\text{с}$$

Переход	$A_{ex}$ , см <sup>3</sup> /с	$n_{ex}$	$E_{ex}$ , К
NO(X) → NO(A)	$2.75 \times 10^{-12}$	0.51	53387.3
NO(X) → NO(B)	$3.17 \times 10^{-11}$	0.36	58 124.2
NO(X) → NO(C)	$1.03 \times 10^{-10}$	0.09	66320.9
NO(X) → NO(B')	$5.64 \times 10^{-07}$	-0.68	83492.5
NO(X) → NO(F)	$7.30 \times 10^{-08}$	-0.70	83 624.4
NO(A) → NO(B)	$4.79 \times 10^{-08}$	-0.62	18838.5
NO(A) → NO(C)	$2.72 \times 10^{-07}$	-0.80	15549.8
NO(A) → NO(B')	$1.06 \times 10^{-05}$	-1.29	26096.9
NO(A) → NO(F)	$3.03 \times 10^{-04}$	-1.59	30403.1
NO(B) → NO(C)	$6.61 \times 10^{-09}$	-0.65	13462.9
NO(B) → NO(B')	$1.43 \times 10^{-08}$	-0.44	19067.4
NO(B) → NO(F)	$1.87 \times 10^{-07}$	-1.20	16318.8
NO(C) → NO(B')	$6.29 \times 10^{-05}$	-1.58	18650.4
NO(C) → NO(F)	$1.03 \times 10^{-04}$	-1.53	18319.0
NO(B') → NO(F)	$7.15 \times 10^{-09}$	-0.87	6407.6
NO <sup>+</sup> (X) → NO <sup>+</sup> (a)	$5.28 \times 10^{-13}$	1.13	56955.3
NO <sup>+</sup> (X) → NO <sup>+</sup> (b)	$6.49 \times 10^{-10}$	0.44	73 869.9
NO <sup>+</sup> (X) → NO <sup>+</sup> (b')	$1.36 \times 10^{-09}$	0.35	81359.4
NO <sup>+</sup> (X) → NO <sup>+</sup> (A)	$1.85 \times 10^{-10}$	0.37	94519.6
NO <sup>+</sup> (a) → NO <sup>+</sup> (b)	$7.36 \times 10^{-15}$	1.11	7562.3
NO <sup>+</sup> (a) → NO <sup>+</sup> (b')	$7.79 \times 10^{-09}$	-0.23	25 194.8
NO <sup>+</sup> (a) → NO <sup>+</sup> (A)	$7.89 \times 10^{-08}$	-0.41	28 865.2
NO <sup>+</sup> (b) → NO <sup>+</sup> (b')	$2.07 \times 10^{-12}$	0.52	11384.3
NO <sup>+</sup> (b) → NO <sup>+</sup> (A)	$6.21 \times 10^{-06}$	-0.91	23615.8
NO <sup>+</sup> (b') → NO <sup>+</sup> (A)	$3.92 \times 10^{-08}$	-0.47	11053.1



Таблица 10

**Константы скоростей электронного возбуждения молекул O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> и молекулярных ионов O<sub>2</sub><sup>+</sup>, N<sub>2</sub><sup>+</sup> [23]**

$$k_{ex}(T) = A_{ex} T^{n_{ex}} \exp(-E_{ex}/T), \text{ см}^3/\text{с}$$

Переход	$A_{ex}$ , см <sup>3</sup> /с	$n_{ex}$	$E_{ex}$ , К
O <sub>2</sub> (X) → O <sub>2</sub> (a)	$6.20 \times 10^{-10}$	-0.12	12498.7
O <sub>2</sub> (X) → O <sub>2</sub> (b)	$4.68 \times 10^{-08}$	-0.52	20884.1
O <sub>2</sub> (X) → O <sub>2</sub> (A)	$1.64 \times 10^{-03}$	-1.70	48941.0
O <sub>2</sub> (X) → O <sub>2</sub> (B)	$6.03 \times 10^{-04}$	-1.51	70974.3
O <sub>2</sub> (a) → O <sub>2</sub> (b)	$1.77 \times 10^{-10}$	0.18	9063.7
O <sub>2</sub> (a) → O <sub>2</sub> (A)	$1.33 \times 10^{-01}$	-2.36	39700.1
O <sub>2</sub> (a) → O <sub>2</sub> (B)	$4.34 \times 10^{-02}$	-2.09	61778.8
O <sub>2</sub> (b) → O <sub>2</sub> (A)	$1.17 \times 10^{-01}$	-2.39	33034.0
O <sub>2</sub> (b) → O <sub>2</sub> (B)	$3.42 \times 10^{-02}$	-2.09	54845.7
O <sub>2</sub> (A) → O <sub>2</sub> (B)	$1.15 \times 10^{-10}$	0.03	21 366.3
O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (X) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (a)	$6.97 \times 10^{-09}$	-0.15	40020.0
O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (X) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (A)	$9.72 \times 10^{-08}$	-0.61	52156.6
O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (X) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (b)	$2.51 \times 10^{-07}$	-0.40	65443.1
O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (a) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (A)	$1.20 \times 10^{-03}$	-1.53	15253.9
O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (a) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (b)	$1.34 \times 10^{-11}$	0.49	20323.6
O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (A) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (b)	$1.31 \times 10^{-11}$	0.44	10571.9

Переход	$A_{ex}$	$n_{ex}$	$E_{ex}$ , К
N <sub>2</sub> (X) → N <sub>2</sub> (A)	$5.48 \times 10^{-11}$	0.55	57700.3
N <sub>2</sub> (X) → N <sub>2</sub> (B)	$1.89 \times 10^{-10}$	0.50	75287.5
N <sub>2</sub> (X) → N <sub>2</sub> (C)	$8.86 \times 10^{-04}$	-1.13	124965.8
N <sub>2</sub> (A) → N <sub>2</sub> (B)	$6.47 \times 10^{-13}$	1.25	9229.0
N <sub>2</sub> (A) → N <sub>2</sub> (C)	$2.85 \times 10^{-09}$	0.28	46655.0
N <sub>2</sub> (B) → N <sub>2</sub> (C)	$1.15 \times 10^{-03}$	-0.99	44385.4
N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (X) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (A)	$8.70 \times 10^{-14}$	1.46	8750.3
N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (X) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (B)	$1.52 \times 10^{-10}$	0.75	33501.1
N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (X) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (C)	$6.58 \times 10^{-09}$	0.41	85038.3
N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (A) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (B)	$2.35 \times 10^{-15}$	1.80	11953.0
N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (A) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (C)	$1.32 \times 10^{-07}$	0.11	78403.3
N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (B) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (C)	$3.86 \times 10^{-09}$	0.34	49622.8

Таблица 11

## Константы скоростей ионизации молекул NO [23]

$$k_i(T) = A_i T^{n_i} \exp(-E_i/T), \text{ см}^3/\text{с}$$

Переход	$A_i, \text{ см}^3/\text{с}$	$n_i$	$E_i, \text{ К}$
NO(X) → NO <sup>+</sup> (X)	$4.49 \times 10^{-14}$	1.13	95091.7
NO(X) → NO <sup>+</sup> (a)	$8.76 \times 10^{-13}$	0.92	176367.4
NO(X) → NO <sup>+</sup> (b)	$1.94 \times 10^{-11}$	0.57	193172.9
NO(X) → NO <sup>+</sup> (b')	$6.17 \times 10^{-12}$	0.67	199142.3
NO(X) → NO <sup>+</sup> (A)	$1.41 \times 10^{-10}$	0.26	213309.7
NO(A) → NO <sup>+</sup> (X)	$1.36 \times 10^{-07}$	-0.23	46605.8
NO(A) → NO <sup>+</sup> (a)	$1.63 \times 10^{-13}$	0.99	112686.3
NO(A) → NO <sup>+</sup> (b)	$5.43 \times 10^{-12}$	0.62	124299.2
NO(A) → NO <sup>+</sup> (b')	$9.45 \times 10^{-13}$	0.74	135980.5
NO(A) → NO <sup>+</sup> (A)	$9.96 \times 10^{-12}$	0.42	144942.4
NO(B) → NO <sup>+</sup> (X)	$5.24 \times 10^{-12}$	0.54	22788.9
NO(B) → NO <sup>+</sup> (a)	$6.64 \times 10^{-15}$	1.37	108170.0
NO(B) → NO <sup>+</sup> (b)	$9.23 \times 10^{-18}$	1.88	108088.5
NO(B) → NO <sup>+</sup> (b')	$4.51 \times 10^{-14}$	1.13	132080.0
NO(B) → NO <sup>+</sup> (A)	$9.65 \times 10^{-18}$	1.80	130416.9
NO(C) → NO <sup>+</sup> (X)	$4.13 \times 10^{-07}$	-0.35	34906.4
NO(C) → NO <sup>+</sup> (a)	$1.03 \times 10^{-14}$	1.23	102939.0
NO(C) → NO <sup>+</sup> (b)	$1.04 \times 10^{-12}$	0.74	112953.6
NO(C) → NO <sup>+</sup> (b')	$9.33 \times 10^{-14}$	0.94	126544.4
NO(C) → NO <sup>+</sup> (A)	$1.68 \times 10^{-12}$	0.56	133924.2
NO(B') → NO <sup>+</sup> (X)	$4.26 \times 10^{-15}$	1.34	14183.2
NO(B') → NO <sup>+</sup> (a)	$3.32 \times 10^{-14}$	1.24	94034.2
NO(B') → NO <sup>+</sup> (b)	$3.87 \times 10^{-18}$	2.05	97 574.5
NO(B') → NO <sup>+</sup> (b')	$1.23 \times 10^{-13}$	1.05	117057.5
NO(B') → NO <sup>+</sup> (A)	$4.63 \times 10^{-17}$	1.70	120200.9
NO(F) → NO <sup>+</sup> (X)	$6.67 \times 10^{-07}$	-0.43	20 145.3
NO(F) → NO <sup>+</sup> (a)	$8.66 \times 10^{-17}$	1.66	92712.9
NO(F) → NO <sup>+</sup> (b)	$1.02 \times 10^{-13}$	0.90	100718.0
NO(F) → NO <sup>+</sup> (b')	$1.36 \times 10^{-15}$	1.30	116677.3
NO(F) → NO <sup>+</sup> (A)	$5.64 \times 10^{-14}$	0.84	121886.7

Таблица 12

**Константы скоростей ионизации молекул O<sub>2</sub> [23]**

$$k_i(T) = A_i T^{n_i} \exp(-E_i/T), \text{ см}^3/\text{с}$$

Переход	$A_i$	$n_i$	$E_i$ , К
O <sub>2</sub> (X) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (X)	$3.65 \times 10^{-14}$	1.16	130102.0
O <sub>2</sub> (X) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (a)	$1.89 \times 10^{-10}$	0.31	183169.9
O <sub>2</sub> (X) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (A)	$1.15 \times 10^{-08}$	-0.14	194852.8
O <sub>2</sub> (X) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (b)	$6.19 \times 10^{-10}$	0.17	210535.6
O <sub>2</sub> (a) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (X)	$8.87 \times 10^{-15}$	1.21	118458.0
O <sub>2</sub> (a) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (a)	$8.68 \times 10^{-11}$	0.31	173011.0
O <sub>2</sub> (a) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (A)	$4.90 \times 10^{-09}$	-0.13	184733.7
O <sub>2</sub> (a) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (b)	$2.60 \times 10^{-10}$	0.18	200019.5
O <sub>2</sub> (b) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (X)	$5.83 \times 10^{-15}$	1.23	110703.5
O <sub>2</sub> (b) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (a)	$1.03 \times 10^{-10}$	0.28	166337.0
O <sub>2</sub> (b) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (A)	$5.17 \times 10^{-09}$	-0.15	178013.5
O <sub>2</sub> (b) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (b)	$2.96 \times 10^{-10}$	0.16	193117.9
O <sub>2</sub> (A) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (X)	$1.09 \times 10^{-24}$	3.44	96481.5
O <sub>2</sub> (A) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (a)	$1.86 \times 10^{-17}$	1.83	132765.8
O <sub>2</sub> (A) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (A)	$2.49 \times 10^{-15}$	1.33	145388.8
O <sub>2</sub> (A) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (b)	$1.59 \times 10^{-19}$	2.27	156744.5
O <sub>2</sub> (B) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (X)	$5.73 \times 10^{-26}$	3.76	77005.0
O <sub>2</sub> (B) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (a)	$1.07 \times 10^{-19}$	2.38	109539.5
O <sub>2</sub> (B) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (A)	$4.71 \times 10^{-17}$	1.76	122778.5
O <sub>2</sub> (B) → O <sub>2</sub> <sup>+</sup> (b)	$2.21 \times 10^{-21}$	2.72	134636.7

Таблица 13

**Константы скоростей ионизации молекул N<sub>2</sub> [23]**

$$k_i(T) = A_i T^{n_i} \exp(-E_i/T), \text{ см}^3/\text{с}$$

Переход	$A_i, \text{ см}^3/\text{с}$	$n_i$	$E_i, \text{ К}$
N <sub>2</sub> (X) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (X)	$8.58 \times 10^{-12}$	0.72	184300.2
N <sub>2</sub> (X) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (A)	$1.54 \times 10^{-13}$	1.11	187758.5
N <sub>2</sub> (X) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (B)	$1.80 \times 10^{-12}$	0.81	217667.8
N <sub>2</sub> (X) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (C)	$1.51 \times 10^{-13}$	0.94	262404.0
N <sub>2</sub> (A) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (X)	$5.48 \times 10^{-16}$	1.43	93478.3
N <sub>2</sub> (A) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (A)	$5.45 \times 10^{-15}$	1.25	111483.2
N <sub>2</sub> (A) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (B)	$6.03 \times 10^{-18}$	1.77	122005.4
N <sub>2</sub> (A) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (C)	$1.11 \times 10^{-12}$	0.63	203 145.8
N <sub>2</sub> (B) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (X)	$1.60 \times 10^{-13}$	1.00	87863.1
N <sub>2</sub> (B) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (A)	$1.01 \times 10^{-11}$	0.62	107537.3
N <sub>2</sub> (B) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (B)	$1.27 \times 10^{-15}$	1.36	113666.1
N <sub>2</sub> (B) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (C)	$1.45 \times 10^{-11}$	0.42	189136.4
N <sub>2</sub> (C) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (X)	$2.43 \times 10^{-15}$	1.52	52847.1
N <sub>2</sub> (C) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (A)	$7.00 \times 10^{-15}$	1.40	64344.5
N <sub>2</sub> (C) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (B)	$2.30 \times 10^{-18}$	2.09	82522.5
N <sub>2</sub> (C) → N <sub>2</sub> <sup>+</sup> (C)	$7.90 \times 10^{-18}$	1.84	142 103.0

Таблица 14

Данные рекомендованные в [24] на основе анализа ударно волновых экспериментов

**Времена колебательной релаксации**

Процесс	M	A	$n$	B
O <sub>2</sub> ( $v=1$ )+M	N <sub>2</sub>	$4.66 \times 10^{-36}$	5.99	511.1
	O <sub>2</sub>	$1.1 \times 10^{-25}$	4.235	354.0
	NO	$3.2 \times 10^{-41}$	6.875	592.6
	N	$1.4 \times 10^{-37}$	6.298	528.7
	O	$8.9 \times 10^{-29}$	4.862	353.2
N <sub>2</sub> ( $v=1$ )+M	N <sub>2</sub>	$3.3 \times 10^{-29}$	4.555	523.9
	O <sub>2</sub>	$7.6 \times 10^{-44}$	7.104	717.8
	NO	$1.0 \times 10^{-43}$	7.088	712.9
	N	$5.0 \times 10^{-40}$	6.446	848.6
	O	$7.6 \times 10^{-41}$	6.291	662.3

Таблица 14

Продолжение

**Константы скоростей диссоциации**

Процесс	M	$k_0, \text{см}^3/\text{с}$
$\text{N}_2(v) + \text{M} \leftrightarrow \text{N} + \text{N} + \text{M}$	$\text{N}_2$	$4.9 \times 10^{17} \cdot T^{-0.5} \cdot \exp(-113200/T)$
	$\text{N}$	$7.4 \times 10^{18} \cdot T^{-0.5} \cdot \exp(-113200/T)$
	$\text{O}, \text{O}_2, \text{NO}$	$1.8 \times 10^{17} \cdot T^{-0.5} \cdot \exp(-113200/T)$
	$e$	$8.1 \times 10^{19} \cdot T_e^{-1.28} \cdot \exp(-113200/T_e)$
$\text{O}_2(v) + \text{M} \leftrightarrow \text{O} + \text{O} + \text{M}$	$\text{O}_2$	$3.25 \times 10^{19} \cdot T^{-1} \cdot \exp(-59380/T)$
	$\text{O}$	$8.10 \times 10^{19} \cdot T^{-1} \cdot \exp(-59380/T)$
	$\text{N}, \text{N}_2, \text{NO}$	$6.15 \times 10^{18} \cdot T^{-1} \cdot \exp(-59380/T)$
	$e$	$1.0 \times 10^{-25} \cdot T_e^{7.9} \cdot \exp(-70760/T_e)$
$\text{O}_2(v) + \text{M} \leftrightarrow \text{O} + \text{O} + \text{M}$	$\text{N}_2, \text{O}_2, \text{N}, \text{O}, \text{NO}$	$4.0 \times 10^{20} \cdot T^{-1.5} \cdot \exp(-75400/T)$
	$e$	$4.68 \times 10^9 \cdot T_e^{1.34} \cdot \exp(-78530/T_e)$

**Константы скоростей ионизации**

Реакция	$k_{f,r}, \text{см}^3/\text{с}$
$\text{N} + \text{O} \leftrightarrow \text{NO}^+ + e$	$k_r = 2.6 \times 10^{19} \cdot T_e^{-1}$
$\text{N} + \text{N} \leftrightarrow \text{N}_2^+ + e$	$k_r = 5.0 \times 10^{18} \cdot T_e^{-1/2}$
$\text{O} + \text{O} \leftrightarrow \text{O}_2^+ + e$	$k_r = 5.0 \times 10^{19} \cdot T_e^{-1}$
$\text{NO} + e \leftrightarrow \text{NO}^+ + e + e$	$k_f = 6.5 \times 10^{23} \cdot T_e^{-1.7} \cdot \exp(-107370/T_e)$
$\text{N}_2 + e \leftrightarrow \text{N}_2^+ + e + e$	$k_f = 4.5 \times 10^{-7} \cdot T_e^5 \cdot \exp(-118840/T_e)$
$\text{O} + e \leftrightarrow \text{O}^+ + e + e$	$k_f = 5.2 \times 10^{12} \cdot T_e^{0.67} \cdot \exp(-157980/T_e)$
$\text{O}_2 + e \leftrightarrow \text{O}_2^+ + e + e$	$k_f = 1.0 \times 10^{-13} \cdot T_e^6 \cdot \exp(-140150/T_e)$
$\text{N} + e \leftrightarrow \text{N}^+ + e + e$	$k_f = 1.8 \times 10^{13} \cdot T_e^{0.6} \cdot \exp(-168770/T_e)$

**Константа скорости реакции**

$$k_{vv'}(T_e) = AT_e^n \exp(-C/T_e)$$

$v$	0	0	1	0	1	2	0	1	2	3
$v'$	1	2	2	3	3	3	4	4	4	4
$A$	83	63	116	58	169	35	49	147	24	54
$n$	-0.5	-1.1	-1.3	-1.5	-1.4	-1.0	-1.5	-1.5	-1.0	-1.2
$C$	1.7	1.9	2.0	2.3	2.0	1.5	2.4	2.1	1.4	1.3

Здесь  $A$  в  $10^{-10} \text{см}^3/\text{с}$ ;  $T_e$  и  $C$  – в эВ

Таблица 14

Продолжение

**Константа скоростей реакции обмена зарядом**

Процесс	$k_f, \text{см}^3/\text{с}$
$\text{O}_2^+ + \text{N}_2 \leftrightarrow \text{O}_2 + \text{N}_2^+$	$9.9 \times 10^{12} \cdot \exp(-407070/T)$
$\text{NO}^+ + \text{N}_2 \leftrightarrow \text{NO} + \text{N}_2^+$	$3.8 \times 10^{15} \cdot \exp(-73230/T)$
$\text{O}_2^+ + \text{N} \leftrightarrow \text{O}_2 + \text{N}^+$	$8.7 \times 10^{13} \cdot T_e^{0.14} \cdot \exp(-28600/T)$
$\text{O}_2 + \text{O}^+ \leftrightarrow \text{O}_2^+ + \text{O}$	$6.45 \times 10^{14} \cdot T^{0.7}$
$\text{O}^+ + \text{N}_2 \leftrightarrow \text{O} + \text{N}_2^+$	$9.0 \times 10^{11} \cdot T^{0.36} \cdot \exp(-22800/T)$
$\text{NO}^+ + \text{O} \leftrightarrow \text{NO} + \text{O}^+$	$1.82 \times 10^{13} \cdot \exp(-50130/T)$
$\text{NO}^+ + \text{O}_2 \leftrightarrow \text{NO} + \text{O}_2^+$	$2.4 \times 10^{13} \cdot \exp(-32600/T)$
$\text{N}_2^+ + \text{O} \leftrightarrow \text{NO} + \text{N}^+$	$1.8 \times 10^{14} \cdot \exp(-25760/T)$
$\text{N}_2 + \text{O}^+ \leftrightarrow \text{NO} + \text{N}$	$2.2 \times 10^{14}/T$
$\text{NO}^+ + \text{N} \leftrightarrow \text{O} + \text{N}_2^+$	$7.2 \times 10^{13} \cdot \exp(-35500/T)$
$\text{NO}^+ + \text{O} \leftrightarrow \text{O}_2 + \text{N}^+$	$10^{12} \cdot \sqrt{T} \cdot \exp(-77200/T)$
$\text{NO} + \text{O}^+ \leftrightarrow \text{O}_2 + \text{N}^+$	$1.4 \times 10^5 \cdot T^{19} \cdot \exp(-15300/T)$

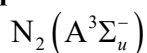
**Константы скоростей образования возбужденных состояний NO**

Процесс	$k_f, \text{см}^3/\text{моль} \cdot \text{с}$ или $\text{см}^6/\text{моль}^2 \cdot \text{с}$
$\text{N} + \text{O} + \text{N}_2 \leftrightarrow \text{NO}(\text{A}) + \text{N}_2$	$7.7 \times 10^{13} \cdot (T/300)^{-1.24}$
$\text{N} + \text{O} + \text{N}_2 \leftrightarrow \text{NO}(\text{B}) + \text{N}_2$	$1.9 \times 10^{13} \cdot (T/300)^{-1.4}$
$\text{N} + \text{O} \leftrightarrow \text{NO}(\text{A})$	$7.1 \times 10^6 \cdot (T/300)^{-0.35}$
$\text{N} + \text{O} \leftrightarrow \text{NO}(\text{C})$	$4.1 \times 10^6 \cdot (T/300)^{-0.35}$
$\text{NO}(\text{A}) + M \leftrightarrow \text{NO}(\text{X}) + M$	$5.20 \times 10^{12} \cdot T^{0.5}$
$\text{NO}(\text{B}) + M \leftrightarrow \text{NO}(\text{X}) + M$	$6.40 \times 10^{12} \cdot T^{0.5}$
$\text{NO}(\text{C}) + M \leftrightarrow \text{NO}(\text{X}) + M$	$7.56 \times 10^{12} \cdot T^{0.5}$
$\text{NO}(\text{X}) + e \leftrightarrow \text{NO}(\text{A}) + e$	$7.20 \times 10^{13} \cdot T_e^{0.6} \cdot \exp(-63500/T_e)$
$\text{NO}(\text{X}) + e \leftrightarrow \text{NO}(\text{B}) + e$	$6.10 \times 10^{13} \cdot T_e^{0.6} \cdot \exp(-65700/T_e)$
$\text{NO}(\text{X}) + e \leftrightarrow \text{NO}(\text{C}) + e$	$8.40 \times 10^{13} \cdot T_e^{0.6} \cdot \exp(-74300/T_e)$
$\text{NO}(\text{A}) + e \leftrightarrow \text{NO}(\text{B}) + e$	$1.20 \times 10^{15}$ (оценка)
$\text{NO}(\text{B}) + e \leftrightarrow \text{NO}(\text{C}) + e$	$4.10 \times 10^{15}$ (оценка)
$\text{NO}(\text{A}) \rightarrow \text{NO}(\text{X}) + h\nu(\gamma)$	$\tau = 0.2 \mu\text{s}$
$\text{NO}(\text{B}) \rightarrow \text{NO}(\text{X}) + h\nu(\beta)$	$\tau = 3.0 \mu\text{s}$
$\text{NO}(\text{C}) \rightarrow \text{NO}(\text{X}) + h\nu(\delta)$	$\tau = 30 \mu\text{s}$

Таблица 14

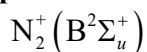
Продолжение

**Константы скоростей образования возбужденных состояний**



Реакция	$k_f$ , см <sup>3</sup> /моль·с или см <sup>6</sup> /моль <sup>2</sup> ·с
$\text{N}_2(\text{X}) + \text{N}_2 \leftrightarrow \text{N}_2(\text{A}) + \text{N}_2$	$1.1 \times 10^{12} \cdot T^{-0.5} \cdot \exp(-71600/T)$
$\text{N}_2(\text{X}) + \text{N} \leftrightarrow \text{N}_2(\text{A}) + \text{N}$	$1.2 \times 10^{17} \cdot T^{-1.5} \cdot \exp(-71600/T)$
$\text{N}_2(\text{X}) + \text{O} \leftrightarrow \text{N}_2(\text{A}) + \text{O}$	$7.2 \times 10^{16} \cdot T^{-1.5} \cdot \exp(-71600/T)$
$\text{N}_2(\text{X}) + \text{O}_2 \leftrightarrow \text{N}_2(\text{A}) + \text{O}_2$	$6.0 \times 10^{15} \cdot T^{-1.5} \cdot \exp(-71600/T)$
$\text{N} + \text{N} + \text{N}_2 \leftrightarrow \text{N}_2(\text{A}) + \text{N}_2$	$0.8 \times 10^{17} \cdot T^{-0.8}$
$\text{N} + \text{N} \leftrightarrow \text{N}_2(\text{A})$	$4.9 \times 10^7 \cdot T^{-0.35}$
$\text{N}_2(\text{A}) + \text{N}_2(\text{A}) \leftrightarrow \text{N}_2(\text{B}) + \text{N}_2(\text{X}, v)$	$7.4 \times 10^{14}$
$\text{N}_2(\text{X}) + e \leftrightarrow \text{N}_2(\text{A}) + e$	$6.14 \times 10^{15} \cdot \exp(-71600/T_e)$
$\text{N}_2(\text{A}) + e \leftrightarrow \text{N}_2(\text{B}) + e$	$1.81 \times 10^{14}$

**Константы скоростей образования возбужденных состояний**



Процесс	$k_f$ , см <sup>3</sup> /моль·с
$\text{N}_2(\text{X}, v > 12) + \text{N}_2^+(\text{X}) \leftrightarrow \text{N}_2^+(\text{B}) + \text{N}_2(\text{X}, v' = 0)$	$1.5 \times 10^{14} \cdot \exp(-800/T)$
$\text{N}_2^+(\text{X}) + e \leftrightarrow \text{N}_2^+(\text{A}) + e$	$4.3 \times 10^{13} \cdot \exp(-13300/T)$
$\text{N}_2^+(\text{X}) + e \leftrightarrow \text{N}_2^+(\text{B}) + e$	$5.6 \times 10^{15} \cdot T_e^{-0.5} \cdot \exp(-36800/T_e)$
$\text{N}_2^+(\text{A}) + e \leftrightarrow \text{N}_2^+(\text{B}) + e$	$6.1 \times 10^{14} \cdot \exp(-23500/T_e)$
$\text{N}_2^+(\text{B}) \rightarrow \text{N}_2^+(\text{X}) + h\nu$	$\tau = 65 \text{ ns}$

Таблица 15

Данные по электронной кинетике, рекомендованные на основе анализа экспериментальных данных летного эксперимента FIRE-II [25]

Первая модель констант скоростей реакций для молекулярного азота с учетом возбужденных состояний атомарного азота

Реакция	$A$ см <sup>3</sup> /моль·с	$B$	$E$
$N_2 + N = 2N + N$	$4.085 \times 10^{22}$	-1.5	113 100
$N_2 + N_2 = 2N + N_2$	$4.70 \times 10^{17}$	-0.5	113 100
$N_2 + e^- = 2N^* + e^-$	$3.00 \times 10^{24}$	-1.6	113 100
$N_2 + N^+ = N_2^+ + N$	$1.00 \times 10^{12}$	0.5	12 200
$N + N = N_2^+ + e^-$	$1.40 \times 10^{13}$	0.0	67 800
$N + e^- = N^+ + 2e^-$	$4.16 \times 10^{13}$	0.5	120 000
$N + N = N + N^+ + e^-$	$2.34 \times 10^{11}$	0.5	120 000
$N + N^+ = 2N^+ + e^-$	$2.34 \times 10^{11}$	0.5	120 000

Константа реакции задается в виде  $k_f = AT^B \exp(-E/T)$ , где  $T = T_e$  – электронная температура в реакция столкновения с электронами

Вторая модель констант скоростей реакций для молекулярного азота с учетом возбужденных состояний атомарного азота

Реакция	$A$ см <sup>3</sup> /моль·с	$B$	$E$
$N_2 + N = 2N_g + N$	$4.085 \times 10^{22}$	-1.5	113 100
$N_2 + N_2 = 2N_g + N_2$	$4.70 \times 10^{17}$	-0.5	113 100
$N_2 + N^+ = 2N_g + N^+$	$1.90 \times 10^{17}$	-0.5	113 100
$N_2 + e^- = 2N + e^-$	$3.00 \times 10^{24}$	-1.6	113 100
$N_2 + N^+ = N_2^+ + N_g$	$1.00 \times 10^{12}$	0.5	12 200
$N_g + N_g = N_2^+ + e^-$	$1.40 \times 10^{13}$	0.0	67 800
$N_g + N = N + N^+ + e^-$	$2.34 \times 10^{11}$	0.5	120 000
$N_g + N^+ = 2N^+ + e^-$	$2.34 \times 10^{11}$	0.5	120 000
$N_g + e^- = N^+ + 2e^-$	$2.50 \times 10^{16}$	0.0	169 000
$N_g + e^- = N^* + e^-$	$5.56 \times 10^{16}$	0.0	121 000
$N^* + e^- = N^+ + 2e^-$	$4.11 \times 10^{17}$	0.0	48 900

В таблице:  $N = N_g + N^*$ .



Таблица 15

Продолжение

**Константы скоростей диссоциации для компонент воздуха [26]**

Реакция	$M$	$k_0, \text{см}^3/\text{моль}\cdot\text{с}$
$N_2 + M \leftrightarrow N + N + M$	N, N <sup>+</sup> , O, O <sup>+</sup>	$3.0 \times 10^{22} \cdot T^{-1.6} \cdot \exp(-113200/T)$
	N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> <sup>+</sup> , O <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> <sup>+</sup> , NO, NO <sup>+</sup>	$7.0 \times 10^{21} \cdot T^{-1.6} \cdot \exp(-113200/T)$
	E	$3.0 \times 10^{24} \cdot T^{-1.6} \cdot \exp(-113100/T)$
$O_2 + M \leftrightarrow O + O + M$	N, N <sup>+</sup> , O, O <sup>+</sup>	$1.0 \times 10^{22} \cdot T^{-1.5} \cdot \exp(-59500/T)$
	N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> <sup>+</sup> , O <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> <sup>+</sup> , NO, NO <sup>+</sup>	$2.0 \times 10^{21} \cdot T^{-1.5} \cdot \exp(-59500/T)$
$NO + M \leftrightarrow N + O + M$	N, N <sup>+</sup> , O, O <sup>+</sup> , NO	$1.1 \times 10^{17} \cdot T^0 \cdot \exp(-75500/T)$
	N <sub>2</sub> , N <sub>2</sub> <sup>+</sup> , O <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> <sup>+</sup> , NO <sup>+</sup>	$5.00 \times 10^{15} \cdot T^0 \cdot \exp(-75500/T)$

**Константы скоростей ионизации для компонент воздуха [26]**

Реакция	$k_{f,r}, \text{см}^3/\text{моль}\cdot\text{с}$
$O + e \leftrightarrow O^+ + e + e$	$k_f = 6.35 \times 10^{15} \cdot T_e^0 \cdot \exp(-106200/T_e)$
$N + e \leftrightarrow N^+ + e + e$	$k_f = 5.08 \times 10^{16} \cdot T_e^0 \cdot \exp(-121000/T_e)$
$N + N \leftrightarrow N^+ + e + N$	$k_f = 2.34 \times 10^{11} \cdot T^{0.5} \cdot \exp(-120000/T)$
$N + N^+ \leftrightarrow N^+ + e + N^+$	$k_f = 2.34 \times 10^{11} \cdot T^{0.5} \cdot \exp(-120000/T)$
$O + O \leftrightarrow O_2^+ + e$	$k_f = 1.10 \times 10^{13} \cdot T^0 \cdot \exp(-80600/T)$
$N + O \leftrightarrow NO^+ + e$	$k_f = 5.30 \times 10^{12} \cdot T^0 \cdot \exp(-31900/T)$
$N + N \leftrightarrow N_2^+ + e$	$k_f = 2.00 \times 10^{13} \cdot T^0 \cdot \exp(-67500/T)$

**Константы скоростей обмена зарядом [26]**

Реакция	$k_f, \text{см}^3/\text{моль}\cdot\text{с}$
$O_2^+ + N_2 \leftrightarrow O_2 + N_2^+$	$9.9 \times 10^{12} \cdot T^0 \cdot \exp(-40700/T)$
$O_2^+ + N \leftrightarrow O_2 + N^+$	$8.7 \times 10^{13} \cdot T_e^{0.14} \cdot \exp(-28600/T)$
$NO^+ + O \leftrightarrow N^+ + O_2$	$1.00 \times 10^{12} \cdot T^{0.5} \exp(-77200/T)$
$N^+ + N_2 \leftrightarrow N_2^+ + N$	$1.00 \times 10^{12} \cdot T^{0.5} \exp(-12200/T)$
$O^+ + NO \leftrightarrow N^+ + O_2$	$1.4 \times 10^5 \cdot T^{1.9} \cdot \exp(-26600/T)$
$NO^+ + N \leftrightarrow O^+ + N_2$	$3.40 \times 10^{13} \cdot T^{-1.08} \exp(-12800/T)$
$O^+ + N_2 \leftrightarrow O + N_2^+$	$9.0 \times 10^{11} \cdot T^{0.36} \cdot \exp(-22800/T)$
$NO^+ + N \leftrightarrow O + N_2^+$	$7.2 \times 10^{13} \cdot T^0 \exp(-35500/T)$
$O_2^+ + O \leftrightarrow O^+ + O_2$	$4.00 \times 10^{12} \cdot T^{-0.09} \cdot \exp(-18000/T)$
$NO^+ + O_2 \leftrightarrow NO + O_2^+$	$2.30 \times 10^{13} \cdot T^{0.41} \cdot \exp(-32600/T)$
$NO^+ + O \leftrightarrow O_2^+ + N$	$7.20 \times 10^{12} \cdot T^{0.29} \exp(-48600/T)$
$NO^+ + O \leftrightarrow O_2 + N^+$	$1.00 \times 10^{12} \cdot T^{0.5} \cdot \exp(-77200/T)$

**Константы скоростей обменных реакций [26]**

Реакция	$k_f, \text{см}^3/\text{моль}\cdot\text{с}$
$NO + O \leftrightarrow O_2 + N$	$8.40 \times 10^{12} \cdot T^0 \exp(-19450/T)$
$N_2 + O \leftrightarrow NO + N$	$6.40 \times 10^{17} \cdot T^{-1.0} \cdot \exp(-38400/T)$

Таблица 16

**Константы скоростей активации и дезактивации электронно-возбужденных состояний двухатомных молекул [27]**

№	Процесс	$A_f$	$n_f$	$E_f$ , К	$A_r$
1	$CN(X^2\Sigma^+) + M_1 \leftrightarrow CN(B^2\Sigma^+) + M_1$	$2.24 \times 10^{10}$	0.5	37000	$1.8 \times 10^{11}$
2	$CN(X^2\Sigma^+) + e \leftrightarrow CN(B^2\Sigma^+) + e$	$7.8 \times 10^{13}$	0.5	37000	$6.24 \times 10^{14}$
3	$CN(X^2\Sigma^+) + M_1 \leftrightarrow CN(A^3\Pi) + M_1$	$1.5 \times 10^{10}$	0.5	13300	$1.5 \times 10^{11}$
4	$CN(X^2\Sigma^+) + e \leftrightarrow CN(A^2\Pi) + e$	$6.0 \times 10^{13}$	0.5	13300	$6.0 \times 10^{14}$
5	$CO(X^1\Sigma^+) + M \leftrightarrow CO(A^1\Pi) + M$	$4.5 \times 10^2$	2.86	93000	
6	$CO(X^1\Sigma^+) + M \leftrightarrow CO(A^1\Sigma^+) + M$	$2.2 \times 10^2$	2.86	125000	
7	$CO(X^1\Sigma^+) + M \leftrightarrow CO(b^3\Sigma^+) + M$	$10^{14}$	0.5	120900	
8	$CO(X^1\Sigma^+) + e \leftrightarrow CN(A^2\Sigma^2) + e$	$2.0 \times 10^{14}$	0.5	66000	
9	$C_2(X^1\Sigma_g^+) + e \leftrightarrow C_2(d^3\Pi_g) + e$	$7.82 \times 10^{15}$	0.15	28807	
10	$C_2(X^2\Sigma_g^+) + M_1 \leftrightarrow C_2(d^3\Pi_g) + M_1$	$1.95 \times 10^{12}$	0.15	28807	$5.2 \times 10^{13}$

Таблица 17

**Радиационные времена электронно-возбужденных состояний [27]**

Процесс	$\tau_{mn}$ , с	Процесс	$\tau_{mn}$ , с
$CN(B^2\Sigma^+) \rightarrow CN(A^2\Pi) + h\nu$	$6.25 \times 10^{-8}$	$CO(B^1\Sigma^+) \rightarrow CO(A^1\Pi) + h\nu$	$2.37 \times 10^{-8}$
$CN(B^2\Sigma^+) \rightarrow CN(A^2\Sigma^+) + h\nu$	$6.25 \times 10^{-8}$	$CO(B^1\Sigma^+) \rightarrow CO(X^1\Sigma^+) + h\nu$	$2.37 \times 10^{-8}$
$CN(A^2\Pi) \rightarrow CN(X^2\Sigma^+) + h\nu$	$8.0 \times 10^{-6}$	$CO(b^3\Sigma^+) \rightarrow CO(a^3\Pi) + h\nu$	$5.62 \times 10^{-8}$
$C_2(d^3\Pi_g) \rightarrow C_2(a^3\Pi_u) + h\nu$	$1.07 \times 10^{-7}$	$CO^+(B^2\Sigma^+) \rightarrow CO^+(X^2\Sigma^+) + h\nu$	$5.2 \times 10^{-8}$
$CO(A^1\Pi) \rightarrow CO(X^1\Sigma^+) + h\nu$	$1.0 \times 10^{-8}$	$CO^+(B^2\Sigma^+) \rightarrow CO^+(A^2\Pi) + h\nu$	$5.2 \times 10^{-8}$

Таблица 18

**Сокращенная кинетическая модель высокотемпературного воздуха [28]**

Реакция	$k_{f,r}$ см <sup>3</sup> /моль·с
$O_2 + M \leftrightarrow 2O + M$	$k_f = 1.19 \times 10^{21} \cdot T^{-1.5} \cdot \exp(-59380/T)$
$NO + M \leftrightarrow N + O + M$	$k_f = 5.18 \times 10^{21} \cdot T^{-1.5} \cdot \exp(-75490/T)$
$N_2 + M \leftrightarrow 2N + M$	$k_r = 2.27 \times 10^{21} \cdot T^{-1.5}$
$N + N \leftrightarrow N^+ + e + N$	$k_f = 2.34 \times 10^{11} \cdot T^{0.5} \cdot \exp(-120000/T)$
$N + N^+ \leftrightarrow N^+ + e + N^+$	$k_f = 2.34 \times 10^{11} \cdot T^{0.5} \cdot \exp(-120000/T)$
$N + O_2 \leftrightarrow NO + O$	$k_f = 1.00 \times 10^{12} \cdot T^{0.5} \cdot \exp(-3120/T)$
$N_2 + O \leftrightarrow NO + N$	$k_f = 7.00 \times 10^{13} \cdot T^{0.0} \cdot \exp(-38016/T)$
$N + O \leftrightarrow NO^+ + e$	$k_r = 1.80 \times 10^{21} \cdot T^{-1.5}$
$N + N \leftrightarrow N_2^+ + e$	$k_f = 1.40 \times 10^{13} \cdot T^0 \cdot \exp(-67800/T)$