

А. Д. КУЗЬМИН

О МОДЕЛИ РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ УРАНА

(Представлено академиком В. А. Котельниковым 26 VI 1970)

К настоящему времени накоплено много экспериментальных данных о радиоизлучении Урана (¹⁻⁷). Характерной особенностью радиоизлучения этой планеты является значительное превышение измеренных яркостных температур над расчетной равновесной температурой нагрева планеты Солнцем. Качественно эта особенность обусловлена, по-видимому, тепловым излучением атмосферы, температура которой увеличивается в глубину. Однако, какой-либо количественной модели, соответствующей экспериментальным данным, до сих пор не было. В настоящей заметке рассматривается модель радиоизлучения Урана, соответствующая радиоастрономическим и оптическим данным об этой планете.

Рассмотрение проведено при следующих исходных параметрах и предположениях:

1. Основной компонентой атмосферы является молекулярный водород ($\mu = 2$, $c_p = 3,44$ кал/г·град, $c_p/c_e = 1,40$).

2. Температура и давление атмосферы на уровне формирования спектральных линий H_2 и CH_4 равны $55^\circ K$ и 3 атм. (⁸). Ниже этого уровня атмосфера адиабатическая с градиентом $\beta = Ag/c_p = 2/3$ град/км.

3. Механизм излучения тепловой. Яркостная температура и ее зависимость от длины волны определяются уравнением переноса излучения.

4. Поглощение с.в.ч. излучения обусловлено газообразным аммиаком, относительное содержание которого соответствует насыщению (⁹).

5. Коэффициент поглощения в NH_3 определяется по формуле для высоких давлений (¹⁰)

$$\gamma = \frac{4\pi n_{NH_3} \mu^2}{3ckT} \frac{\omega^2 \theta}{1 + \omega^2 \theta^2}, \quad (1)$$

где n_{NH_3} — число молекул аммиака в кубическом сантиметре, $\mu = 1,49 \cdot 10^{-18}$ — дипольный момент, c — скорость света.

6. В основу определения частоты соударений $\Delta\nu = 1/2\pi\theta$ положены результаты измерений поглощения в NH_3 при высоких давлениях (¹¹), показавшие, что при давлениях больше 2 атм $\Delta\nu/p = 0,21$ см⁻¹·атм⁻¹. В связи с тем, что по данным измерений (¹²) эффективное сечение соударений смеси NH_3 с водородом в 16 раз меньше, чем для чистого NH_3 , принято $\Delta\nu = 0,013$ p см⁻¹.

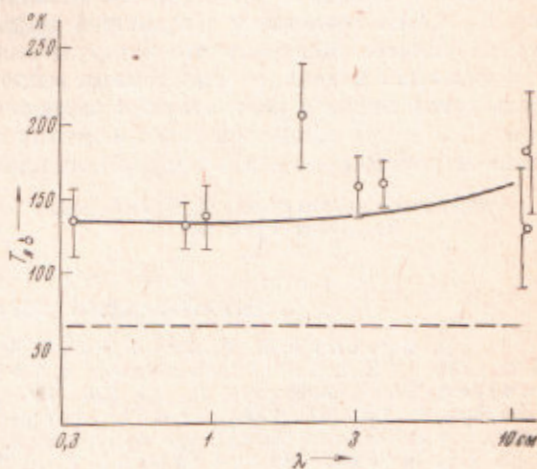


Рис. 1

Для выявления частотной зависимости коэффициента поглощения соотношение (1) было представлено в виде

$$\gamma(\omega) = \gamma(\infty) a(\omega),$$

где

$$\gamma(\omega) = \frac{4\pi n_{\text{NH}_3} \mu^2}{3ckT} \frac{1}{\theta} = 0,55 \frac{p n_{\text{NH}_3}}{T},$$

$$a(\omega) = \frac{\omega^2 \theta^2}{1 + \omega^2 \theta^2}$$

Здесь γ выражено в км^{-1} , а p — в атм.

Результаты расчета представлены на рис. 1 в виде зависимости яркостной температуры $T_{\text{я}}$ от длины волны λ принимаемого радиоизлучения. На этом же рисунке приведены результаты радиоастрономических измерений (¹⁻⁷). Пунктиром показана равновесная температура нагрева планеты Солнцем.

Хорошее согласие расчета с измерениями $T_{\text{я}}(\lambda)$ свидетельствует в пользу наличия в атмосфере Урана газообразного аммиака при давлении насыщения и, следовательно, аэрозоли из твердого аммиака. Заметим, что относительное содержание газообразного аммиака на уровне формирования линий H_2 и CH_4 составляет в принятой модели 10^{-14} , что согласуется с неудачей попыток спектрального обнаружения NH_3 .

Указанная модель, рассмотренная выше для Урана, удовлетворительно согласуется также с результатами радиоастрономических измерений Нептуна (^{8, 9, 10}). Это свидетельствует в пользу сходного химического состава и температурного профиля атмосфер этих планет.

Физический институт им. П. Н. Лебедева
Академии наук СССР
Москва

Поступило
26 VI 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ А. Д. Кузьмин, Б. Я. Лосовский, А. Г. Соловьев, Препринт ФИАН, № 65, 1970. ² K. I. Kellerman, *Icarus*, 5, 478 (1966). ³ K. I. Kellerman, T. K. Pauling-Toth, *Astrophys. J.*, 145, 954 (1966). ⁴ M. J. Klein, T. V. Selig, *Astrophys. J.*, 146, 599 (1966). ⁵ G. L. Berge, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, 79, 428 (1967). ⁶ E. Gerard, *Astron. and Astrophys.*, 2, 246 (1969). ⁷ K. T. Kellerman, *Radio Sci.*, in press. ⁸ В. Г. Тейфель, Г. А. Харитоновна, *Астрон. журн.*, 46, 1104 (1969). ⁹ Справочник химика, 1, 1962. ¹⁰ Ч. Таунс, Л. Шавлов, *Радиоспектроскопия*, 1959. ¹¹ В. Bleaney, J. H. Loubser, *Proc. Phys. Soc.*, 63, № 365, 483 (1950). ¹² В. Bleaney, R. P. Penrose, *Proc. Phys. Soc.*, 60, № 342, 540 (1948).