

УДК 550.371

О ДЕКАМЕТРОВОМ ИЗЛУЧЕНИИ ЮПИТЕРА

В. И. Григорьев, В. С. Ростовский

(кафедра квантовой теории и физики высоких энергий)

На качественном уровне обсуждается возможный механизм влияния приливных бароэлектрических полей Ио и Юпитера на декаметровое излучение.

Декаметровое излучение (ДКМ) Юпитера, как и открытое позже дециметровое излучение (ДЦМ), явились предметом исследований многочисленных авторов. обстоятельные обзоры с обширными списками литературы включены, в частности в трехтомник [1].

В обзоре Р. А. Смита «Модели декаметрового излучения Юпитера» в [1] подчеркивается проблема физической природы воздействия Ио на излучение Юпитера:

«Таким образом, центральной проблемой в теории ДКМ является объяснение *связующего механизма*, посредством которого орбитальное движение Ио обеспечивает источник свободной энергии в нижней плазмосфере».

В настоящей работе предлагается не рассматривавшийся ранее вариант решения этой проблемы, связанный с учетом тех бароэлектрических полей, которые возникают из-за приливных взаимодействий Юпитера и Ио.

Вопрос о приливных бароэлектрических полях обсуждался впервые в связи с проблемой «поля ясной погоды» Земли (см. [2], § 19). Здесь мы также будем рассматривать приливные взаимодействия двух небесных тел — Юпитера (масса, радиус и усредненная механическая плотность M_1, R_1, τ_1) и Ио (соответствующие параметры с индексами 2).

Объемные плотности приливных сил, действующих со стороны Ио на Юпитер и со стороны Юпитера на Ио, соответственно равны

$$f_1(\mathbf{r}_1) = GM_2\tau_1 \frac{3\mathbf{n}_1(\mathbf{n}_1\mathbf{r}_1) - \mathbf{r}_1}{R_0^3}, \quad (1)$$

$$f_2(\mathbf{r}_2) = GM_1\tau_2 \frac{3\mathbf{n}_2(\mathbf{n}_2\mathbf{r}_2) - \mathbf{r}_2}{R_0^3}, \quad (2)$$

где G — постоянная всемирного тяготения, \mathbf{R}_0 — вектор, проводимый от центра Ио к центру Юпитера, $\mathbf{n}_1 = \mathbf{R}_0/R_0$, $\mathbf{n}_2 = -\mathbf{n}_1$, векторы \mathbf{r}_1 и \mathbf{r}_2 проводятся от центров Юпитера и Ио соответственно.

Напряженность бароэлектрического поля над Юпитером, возникающего благодаря приливному воздействию Ио, дается выражением

$$\mathbf{E}_1 = F_1 \left\{ \frac{3\mathbf{n}(\mathbf{n}\mathbf{r}_1) - \mathbf{r}_1}{r_1^5} - 5\mathbf{r}_1 \left(\frac{3(\mathbf{n}\mathbf{r}_1)^2 - r_1^2}{2r_1^7} \right) \right\}. \quad (3)$$

Аналогичное выражение для напряженности бароэлектрического поля, порождаемого над поверхностью Ио благодаря приливному воздействию Юпитера, отличается от (3) только тем, что индексы 1 и 2 меняются местами. Вводя обозначения $\mathbf{u}_i = \mathbf{r}_i/r_i$, $i = 1, 2$, запишем

$$\mathbf{E}_i = F_i \left\{ 3\mathbf{n}(\mathbf{n}\mathbf{u}_i) - \mathbf{u}_i + \frac{5}{2}\mathbf{u}_i \left(3(\mathbf{n}\mathbf{u}_i)^2 - u_i^2 \right) \right\}, \quad (4)$$

где

$$F_i = \frac{3GM_1M_2}{4R_0^3R_i\sqrt{6\pi B_i}}, \quad (5)$$

B_i — усредненное значение объемного модуля упругости.

Полная напряженность приливного бароэлектрического поля во внешней области $\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2$. Эта сумма заметно меняется со временем в зависимости от взаимного расположения Ио и Юпитера. Поскольку радиус Юпитера ($\approx 70\,000$ км) значительно больше, чем у Ио (≈ 1820 км) и лишь ненамного уступает значению радиуса большой полуоси ($\approx 421\,600$ км) почти круговой орбиты последнего, можно сказать, что этот спутник Юпитера движется в плазмосфере гигантской планеты. При этом $\mathbf{n}\mathbf{r}_1$ остается почти постоянным и близким к R_1 , тогда как $\mathbf{r}_2\mathbf{n}$ четырежды меняется за один оборот спутника от нуля (в направлении \mathbf{r}_2 вдоль его скорости) до R_2 .

Подставляя численные значения для параметров, входящих в выражения (3) и (4), находим, что амплитуда изменений напряженности бароэлектрического поля, действующего на заряженные частицы в плазмосфере, порядка 10^5 В/м.

Напряженности бароэлектрических полей \mathbf{E}_1 и \mathbf{E}_2 при различных взаимных расположениях Земли, Ио и Юпитера изменяются. В областях между поверхностями Юпитера и Ио составляющие векторов \mathbf{E}_1 и \mathbf{E}_2 направлены противоположно, так что их векторная сумма в этой области значительно меньше, чем в других областях. Поэтому при обращении Ио вокруг Юпитера различные области плазмосферы последнего периодически испытывают «встряску» результирующим электрическим приливным полем. Эта «встряска» и вызывала периодические всплески электромагнитного излучения.

Изложенное выше — лишь качественные соображения, касающиеся одного из возможных механизмов влияния орбитального движения Ио (и в меньшей мере других, более далеких от Юпитера его спутников) на его излучение. Эти соображения можно считать лишь предварительной программой дальнейших исследований, касающихся как спектра излучения, так и других его параметров.

Бароэлектрическое поле в окрестностях Ио и вдали от него заметно различаются, и поэтому очередной участок плазмосферы Юпитера, в который влетает Ио, образно говоря, испытывает встряску, которая неминуемо порождает электромагнитное излучение. Это излучение, регистрируемое наблюдателем на Земле, должно меняться в зависимости от взаимного расположения Земли, Юпитера и Ио, но

одна из основных его черт — периодичность, связанная с периодом обращения Ио вокруг Юпитера, — должна сохраняться. Настоящая небольшая заметка имеет лишь одну цель — привлечь внимание исследователей к возможной роли бароэлектрических приливных эффектов в создании того «связующего механизма», о котором упоминалось выше.

Литература

1. Юпитер: В 3 т. / Ред. Т. Герелс. М., 1978.
2. Григорьев В.И., Григорьева Е.В., Ростовский В.С. Бароэлектрический эффект и магнитные поля планет и звезд. М., 2003.

Поступила в редакцию
25.11.05