

**К природе аномального момента сил, действующего на вращающийся
намагниченный шар в вакууме**

В.С. Бескин^{1,2}, А.А. Желтоухов¹

¹Московский физико-технический институт (государственный университет)

²Физический институт им. П.Н.Лебедева РАН

Простейшей моделью, описывающей магнитосферу нейтронных звезд, является вакуумная модель. Согласно этой модели, нейтронная звезда представляет собой хорошо проводящий намагниченный шар, вращающийся в вакууме. При этом основное энерговыделение происходит за счет магнитодипольного излучения, которое приводит к замедлению вращения и к уменьшению угла χ между осью вращения и магнитным моментом μ [1]. Несмотря на то, что вакуумная модель известна довольно давно, на данный момент нет единого мнения о т.н. аномальном моменте сил, т.е. о моменте, действующем в направлении, перпендикулярном плоскости ($\mu\Omega$) и приводящем к прецессии оси вращения. Такое название связано с тем, что его величина

$$K_y = \xi \frac{\mu^2}{R^3} \left(\frac{\Omega R}{c} \right)^2 \sin \chi \cos \chi;$$

где R - радиус шара, а ξ - численный коэффициент порядка единицы, оказывается в $(\Omega R / c)^{-1}$ раз больше, чем тормозящий момент. При этом разные авторы дают разные значения величины ξ , а именно $\xi = 1$ [1,2] и $\xi = 3 / 5$ [3] (см. также работы [4,5], в которых, однако, заведомо не учитывался вклад электрического поля). С другой стороны, согласно [6,7] аномальный момент вообще равен нулю ($\xi = 0$), и поэтому подобная прецессия должна отсутствовать. Данная работа посвящена прояснению указанного вопроса и вычислению аномального момента сил, действующих на вращающийся намагниченный шар в вакууме. В работе использовался метод вычисления аномального момента как момента сил Лоренца, действующих на объемные и поверхностные заряды и токи в шаре. При этом предполагалось, что шар является идеально проводящим, так что в нем выполнено условие вмороженности. Задача решалась методом разложения по параметру $(\Omega R / c)$, причем, для определения аномального момента, нам достаточно ограничиться лишь членами первого порядка для электрического и второго порядка для магнитного поля.

В случае, когда в нулевом порядке по параметру $(\Omega R / c)$ магнитное поле как внутри, так и вне шара является дипольным, поверхностные токи нулевого порядка отсутствуют, и в результате оказывается, что моменты сил от электрического и магнитного полей компенсируют друг друга, и получаем что $\xi = 0$. В случае же однородно намагниченного шара магнитное поле нулевого порядка вне шара по-прежнему будет дипольным, поэтому на поверхности будут существовать электрические токи. В результате, для этого случая имеем $\xi = 1/3$. Также была решена задача, когда однородное поле занимает внутренний шар радиуса R_{in} , в промежуточной области $R_{in} < r < R$ и вне шара магнитное поле является дипольным. В этом случае имеем

$$\xi = \frac{8}{15} - \frac{1}{5} \frac{R}{R_{in}}.$$

Отличие от предыдущих результатов связано с тем, что при их получении не учитывался угловой момент импульса электромагнитного поля во внутренней области шара.

Авторы благодарят Д.Н.Барсукова, Я.Н.Истомина и А.А.Филиппова за полезное обсуждение. Работа была поддержана ФЦП Министерства образования и науки, соглашение 14.A18.21.0790.

Литература

1. *Davis L., Goldstein M.*, Magnetic-Dipole Alignment in Pulsars. – *Astrophysical Journal Letters*. – 1970. – 159. – L81-L86.
2. *Goldreich P.*, Neutron Star Crusts and Alignment of Magnetic Axes in Pulsars. – *Astrophysical Journal*. – 1970. – 160. – L11.
3. *Melatos A.*, Radiative precession of an isolated neutron star. – *MNRAS*. – 2000. – 313. – 217-228.
4. *Good M.L., Ng K.K.*, Electromagnetic torques, secular alignment, and spin-down of neutron stars. – *Astrophysical Journal*. – 1985. – 299. – 706-722.
5. *Mestel L., Moss D.*, The action of magnetic torques on the oblique rotator model for magnetic Ap stars. – *MNRAS*. – 2005. – 361. – 595-601.
6. *Michel F.C.*, Theory of neutron star magnetospheres. – Chicago: University of Chicago Press, 1991.
7. *Istomin Ya.N.* Magnetodipole Oven. – *Progress in Neutron Star Research / ed. by A.P.Wass.* – New York: Nova Science Publisher, 2005. – p27.