Время существования реакции горения

в частности, термоядерной реакции

Якубовский Е.Г.

e-mail yakubovski@rambler.ru

Удержание плазмы рассчитывается с учетом дополнительных сил, полученных из решения уравнения ОТО для электромагнитного поля. Дополнительная поправка к координате решения стремится при бесконечном времени к бесконечности. При конечном размере системы для существующей на сегодняшний день температуре время жизни реакции малое. При скорости частиц близкой к скорости света наблюдается стремящееся к бесконечности время жизни термоядерной реакции. Для достижения релятивистских скоростей надо увеличивать температуру плазмы. Но при этом размер системы тоже стремится к бесконечности. Форма реактора должна быть тороидальной, чтобы обеспечить большой радиус вращения. Выведена формула для максимального времени горения, справедливая как для газовой горелки, так и для смеси дейтерия-трития. При превышении максимального времени горения, реакция прекратится. Газовая горелка может гореть бесконечное время, так ее скорость возмущения как гидродинамической системы совпадает со скоростью звука.

Исследуется движение частицы в постоянных электрических и магнитных полях с учетом дополнительной силы, описываемой уравнением ОТО. Если в постоянных полях решение время жизни системы конечное, значит оно конечное в переменных по пространству полях. Это проверено путем расчета с переменным полем. Теория с использованием силы Лоренца и давления магнитного поля является не правильной, нужно использовать метрический тензор, содержащий произведение потенциалов $A_l A_k$, причем каждый потенциал состоит из значений интеграла от магнитного поля по координате $A_l = e_{lpq}\int\limits_{x_q^0}^{x_q} H_p dx_q$. Дополнительное члены в уравнении движения материального тела следует из формулы

$$\frac{d^2 x^i}{ds^2} + \Gamma^i_{lk}\frac{dx^l}{ds}\frac{dx^k}{ds} = 0, \qquad (1)$$

где сила Лоренца входит в формулу для символа Кристоффеля Γ^i_{lk} в уравнении (1) при малой скорости движения. При этом, так как эта сила получена с помощью метрического тензора, она описывает силу Лоренца. Докажем, что в нерелятивистском случае формула (1) определяет силу, являющуюся электромагнитной и гравитационной. Т.е. силу, определяемую напряженностью магнитного и электрического поля, плюс сила гравитационного потенциала. Символ Кристоффеля $\Gamma_{i,kl}$ симметричен по индексам k,l

$$\Gamma_{i,kl} = \Gamma_{i,lk} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial g_{ik}}{\partial x^l} + \frac{\partial g_{li}}{\partial x^k} - \frac{\partial g_{kl}}{\partial x^i}\right). \qquad (2)$$

При значении метрического тензора близком к метрическому тензору пространства Галилея, получим линейную часть силы

$$-F_i / mc^2 = \Gamma_{i,0k}\frac{dx^0}{ds}\frac{dx^k}{ds} + \Gamma_{i,k0}\frac{dx^0}{ds}\frac{dx^k}{ds} + \Gamma_{i,00}\frac{dx^0}{ds}\frac{dx^0}{ds}, i = 1,...,3, \; (4)$$

где для величины $\Gamma_{i,0k}, \Gamma_{i,k0}$ получим следующее выражение

$$\Gamma_{i,0k} = \Gamma_{i,0k} = \frac{1}{2}\frac{iq_1 + m_1\sqrt{\gamma}}{c^2 m_1}\frac{\partial A_i}{\partial x^k} - \frac{1}{2}\frac{iq_1 + m_1\sqrt{\gamma}}{c^2 m_1}\frac{\partial A_k}{\partial x^i}, k \neq 0, \qquad (5)$$

$$\Gamma_{i,00} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial g_{i0}}{\partial x^0} + \frac{\partial g_{0i}}{\partial x^0} - \frac{\partial g_{00}}{\partial x^i}\right), i \neq 0$$

где величина A_l является четырехмерным электродинамическим потенциалом. Получаем силу Лоренца, равную

$$-F^n/m_1c^2 = (g_0^{ni} - \frac{q_1A_n}{m_1c_F^2}\frac{q_1A_i}{m_1c_F^2})[\frac{iq_1 + m_1\sqrt{\gamma}}{c^2m_1}(\frac{\partial A_i}{\partial x^k} - \frac{\partial A_k}{\partial x^i})]\frac{dx^0}{ds}\frac{dx^k}{ds} +$$
$$+\frac{1}{2}(\frac{\partial g_{i0}}{\partial x^0} + \frac{\partial g_{0i}}{\partial x^0} - \frac{\partial g_{00}}{\partial x^i})\frac{dx^0}{ds}\frac{dx^0}{ds} =$$
$$= (g_0^{ni} - \frac{q_1A_n}{m_1c_F^2}\frac{q_1A_i}{m_1c_F^2})[-\frac{q_1 - im_1\sqrt{\gamma}}{c^2m_1}(\frac{\partial \operatorname{Im} A_i}{\partial x^k} - \frac{\partial \operatorname{Im} A_k}{\partial x^i}) + \qquad (6)$$
$$+\frac{iq_1 + m_1\sqrt{\gamma}}{c^2m_1}(\frac{\partial \operatorname{Re} A_i}{\partial x^k} - \frac{\partial \operatorname{Re} A_k}{\partial x^i})]\frac{dx^0}{ds}\frac{dx^k}{ds} -$$

$$(g_0^{ni} - \frac{q_1A_n}{m_1c_F^2}\frac{q_1A_i}{m_1c_F^2})\frac{iq_1 + m_1\sqrt{\gamma}}{c^2m_1}(\frac{\partial A_i}{\partial x^0} - \frac{\partial A_0}{\partial x^i})\frac{dx^0}{ds}\frac{dx^0}{ds}, i = 1,...,3,$$

Общий вид действующей силы в линейном приближении равен

$$-F^n/m_1c^2 = \sum_{k=0}^{3} (g_0^{ni} - \frac{q_1A_n}{m_1c_F^2}\frac{q_1A_i}{m_1c_F^2})\frac{iq_1 + m_1\sqrt{\gamma}}{c^2m_1}(\frac{\partial A_i}{\partial x^k} - \frac{\partial A_k}{\partial x^i})\frac{dx^0}{ds}\frac{dx^k}{ds}, i = 0,...,3$$

т.е. никакого дополнительного члена в уравнение движения (1), учитывающего влияния электромагнитного поля, вводить не надо. Кроме того, описывается и гравитационная сила, входящая в потенциал A_0.

Уравнение движения, полученные с помощью уравнений ОТО с учетом поправки имеет вид

$$\frac{dmV_k}{dt} = q(\delta_{kn} + \frac{qA_k}{mc^2}\frac{qA_n}{mc^2})(E_n + \frac{e_{npq}}{c}V_pH_q),$$

Постоянное магнитное поле имеет потенциал $A_k = e_{klm}x_lH_m/2$. Т.е. имеем поправку к полю, равную

$$4\frac{d^2m\Delta x_k}{dt^2} = \frac{qe_{klm}H_m}{mc^2}\frac{qe_{nuv}H_v}{mc^2}(x_lx_uE_n + \frac{e_{npq}}{c}x_lx_uV_pH_q)$$

В магнитном поле H_3 и электрическим полем E_2. Решение без учета дополнительного члена равно

$$\dot{x}_1 = a\cos\omega t + c\frac{E_2}{H_3}; \dot{x}_2 = -a\sin\omega t$$

$$x_1 = \frac{a}{\omega}\sin\omega t + c\frac{E_2}{H_3}t; x_2 = \frac{a}{\omega}(\cos\omega t - 1)$$

Подставим главный член решения в уравнение с учетом добавки

$$4\frac{d^2 m\Delta x_2}{dt^2} = q\frac{qe_{213}H_3}{mc^2}\frac{qe_{213}H_3}{mc^2}(x_1^2 E_2 + \frac{e_{213}}{c}x_1^2 V_1 H_3) + q\frac{qe_{213}H_3}{mc^2}\frac{qe_{123}H_3}{mc^2}\frac{e_{123}}{c}x_1 x_2 V_2 H_3 =$$

$$= q\frac{qe_{213}H_3}{mc^2}\frac{qe_{213}H_3}{mc^2}[(\frac{a}{\omega}\sin\omega t + c\frac{E_2}{H_3}t)^2 E_2 + \frac{e_{213}}{c}(\frac{a}{\omega}\sin\omega t + c\frac{E_2}{H_3}t)^2(a\cos\omega t + c\frac{E_2}{H_3})H_3] -$$

$$- q\frac{qe_{213}H_3}{mc^2}\frac{qe_{123}H_3}{mc^2}\frac{e_{123}}{c}(\frac{a}{\omega}\sin\omega t + c\frac{E_2}{H_3}t)\frac{a}{\omega}(\cos\omega t - 1)a\sin\omega t H_3)$$

$$4\frac{d^2 m\Delta x_1}{dt^2} = q\frac{qe_{123}H_3}{mc^2}\frac{qe_{123}H_3}{mc^2}\frac{e_{123}}{c}x_2^2 V_2 H_3 + q\frac{qe_{123}H_3}{mc^2}\frac{qe_{213}H_3}{mc^2}\frac{e_{123}}{c}x_1 x_2 V_2 H_3 =$$

$$= -q\frac{qe_{123}H_3}{mc^2}\frac{qe_{123}H_3}{mc^2}\frac{e_{213}}{c}(\frac{a}{\omega})^2(\cos\omega t - 1)^2 a\sin\omega t H_3 +$$

$$+ q\frac{qe_{123}H_3}{mc^2}\frac{qe_{213}H_3}{mc^2}[(\frac{a}{\omega})^2(\cos\omega t - 1)^2 E_2 + \frac{e_{213}}{c}(\frac{a}{\omega}\sin\omega t + c\frac{E_2}{H_3}t)\frac{a}{\omega}(\cos\omega t - 1)(a\cos\omega t + c\frac{E_2}{H_3})H_3]$$

$$\frac{d^2 m\Delta x_3}{dt^2} = 0, \Delta\dot{x}_3 = 0, \Delta x_3 = 0, \dot{x}_3 = 0, x_3 = 0$$

В идеальном случае перпендикулярности электрического и магнитного поля координата имеет колеблющуюся добавку

$$\Delta x_1 \sim \frac{a}{\omega} \sim (\frac{E_2}{H_3})^2 a\omega^2[t^3 + \frac{t}{\omega^2}(1 - \cos\omega t)], t = \frac{1}{\omega}(\frac{H_3}{E_2})^{2/3}$$

$$\Delta x_2 \sim \frac{a}{\omega} \sim (\frac{E_2}{H_3})^2 \omega^3[c\frac{E_2}{H_3}t^4/12 + \frac{at^2}{\omega^2}\sin\omega t]; \omega = \frac{qH_3}{mc}; t = \frac{1}{\omega}(\frac{H_3}{E_2})^{3/4}(\frac{a}{c})^{1/4}.$$

Время жизни вдоль оси x_1 равно $t = \frac{12}{\omega}(\frac{H_3}{E_2})^{2/3}$ т.е. время жизни равно $(\frac{H_3}{E_2})^{2/3}\frac{12}{2\pi}$ периодов, вдоль оси x_2 равно $t = \frac{1}{\omega}(\frac{H_3}{E_2})^{3/4}(\frac{a}{c})^{1/4}$ время жизни равно $(\frac{H_3}{E_2})^{3/4}(\frac{a}{c})^{1/4}/2\pi$ периодов.

В случае электрического поля, равного нулю, добавочная координата колеблется $\Delta x_1 \sim 0, \Delta x_2 = 0$.

В случае отсутствия электрического поля, но малой добавки к другим компонентам магнитного поля $H_1 = \alpha x_1^2 H_3; H_2 = \alpha x_2^2 H_3$ имеем решение

$$4\frac{d^2 m\Delta x_3}{dt^2} = q\frac{qe_{312}H_2}{mc^2}\frac{qe_{312}H_2}{mc^2}\frac{e_{123}}{c}x_1^2 V_2 H_3 + q\frac{qe_{321}H_1}{mc^2}\frac{qe_{321}H_1}{mc^2}\frac{e_{213}}{c}x_2^2 V_1 H_3 +$$

$$+q\frac{qe_{321}H_1}{mc^2}\frac{qe_{312}H_2}{mc^2}x_1 x_2(\frac{e_{213}}{c}V_1 H_3 + \frac{e_{123}}{c}V_2 H_3) =$$

$$= -q\frac{qe_{312}H_2}{mc^2}\frac{qe_{312}H_2}{mc^2}\frac{e_{123}}{c}(\frac{a}{\omega}\sin\omega t)^2 a\sin\omega t H_3 + q\frac{qe_{321}H_1}{mc^2}\frac{qe_{321}H_1}{mc^2}\frac{e_{213}}{c}[\frac{a}{\omega}(\cos\omega t - 1)]^2 a\cos\omega t H_3 +$$

$$+q\frac{qe_{321}H_1}{mc^2}\frac{qe_{312}H_2}{mc^2}\frac{a}{\omega}\sin\omega t\frac{a}{\omega}(\cos\omega t - 1)(\frac{e_{213}}{c}a\cos\omega t H_3 - \frac{e_{123}}{c}a\sin\omega t H_3)$$

В случае наличия малого квадратичного по координате магнитного поля координата растет как квадрат времени

$$\Delta x_3 = \frac{2a}{\omega} = \frac{qH_1}{mc^2}\frac{qH_2}{mc^2}(\frac{a}{\omega})^2 a\omega t^2/8 = \omega_1\omega_2(\frac{a}{\omega})^2 a\omega t^2/8c^2, \omega = \frac{qH_3}{mc}$$

$$t = \frac{4c}{a\sqrt{\omega_1\omega_2}}$$

Покажем, что даже постоянное магнитное поле приводит к растущему равноускоренному движению. Для этого выведем формулу для действующей на частицу силы в случае зависимость от квадрата скорости.

$$\frac{d^2 x_i}{c^2 dt} = F_i = -\Gamma_{i,pq}u^p u^q = -\frac{1}{2}(\frac{\partial g_{iq}}{\partial x^p} + \frac{\partial g_{pi}}{\partial x^q} - \frac{\partial g_{pq}}{\partial x^i})u^p u^q .$$

Рассмотри частный случай этой формулы

$$\frac{d^2\Delta x_2}{c^2 dt^2} = \frac{1}{2}\frac{\partial g_{11}}{\partial x^2}(u^1)^2 = q^2(e_{123}H_3 e_{123}x_2 H_3)(u^1)^2/4m^2c^4 = \frac{q^2 H_3^2}{c^2 m^2 c^4}\frac{a}{\omega}(\cos\omega t - 1)a^2\sin^2\omega t/8$$

$$x_2 = \frac{a}{\omega}(\cos\omega t - 1) - \frac{q^2 H_3^2}{m^2 c^4}\frac{a}{\omega}a^2 t^2/32 = \frac{a}{\omega}(\cos\omega t - 1) - a^3\omega t^2/32c^2$$

$$g_{11} = -1 + e_{123}x_2 H_3 e_{123}x_2 H_3/m^2c^4; t = \frac{4\sqrt{2}c}{a\omega}$$

Учет релятивистских эффектов с помощью СТО не изменяет результат, формулы остаются неизменными, только частота определяется полной энергией системы $\omega = \frac{cqH_3}{\mathrm{E}}; r = \frac{a}{\omega} = \frac{V_{0t}}{\omega} = \frac{V_{0t}\mathrm{E}}{cqH_3} = \frac{cp_{0t}}{qH_3}$.

Но как увеличить время жизни системы. Время жизни равно $t = \frac{4c}{a}\sqrt{\frac{2\Delta x_2}{a\omega}} \sim \frac{4c}{a\omega}$. Для увеличения времени жизни системы надо уменьшать величину $a\omega = a\frac{cqH_3}{\mathrm{E}} = a\frac{qH_3}{mc}\sqrt{1-\frac{a^2}{c^2}}$. Надо иметь либо очень маленькую скорость, либо приближающуюся к скорости света при малом магнитном поле. между тем критерием устойчивости термоядерной реакции является соотношение

$$\frac{3}{2}\frac{k(n_e+n_i)(T_e+T_i)}{B_n^2/(8\pi)} < 0.05 \qquad (7)$$

Между тем для увеличения времени жизни термоядерной реакции необходимо уменьшать магнитное поле и увеличивать скорость частиц, т.е. температуру. Уменьшение температуры уменьшает скорость a и увеличивает время жизни, т.е. соответствует разным формулам, предлагаемым и существующей. Увеличение магнитного поля приводит к уменьшению времени жизни, что противоречит формуле (7), увеличение магнитного поля согласно (7) улучшает устойчивость системы и, значит, продлевает время жизни, т.е. влияние изменения поля противоречивое.

Докажем формулу $A_l = e_{lpq}\int_{x_q^0}^{x_q} B_p dx_q/2$ для чего подсчитаем индукцию магнитного поля

$$e_{uvl}\frac{\partial A_l}{\partial x_v} = e_{uvl}e_{lpq}\frac{\partial \int_{x_q^0}^{x_q} B_p dx_q}{\partial x_v} = (\delta_{up}\delta_{vq} - \delta_{uq}\delta_{vp})\frac{\partial \int_{x_q^0}^{x_q} B_p dx_q}{\partial x_v} = 3B_u/2 - \int_{x_u^0}^{x_u}\frac{\partial B_p}{\partial x_p}dx_u/2 - B_u/2 = B_u$$

Но при этом формулы по определению времени жизни системы принципиально не изменятся

$$4\frac{d^2 m\Delta x_k}{dt^2} = \frac{qe_{klm}\int_{x_m^0}^{x_m} B_l dx_m}{mc^2}\frac{qe_{nuv}\int_{x_v^0}^{x_v} B_u dx_v}{mc^2}(1-\frac{V^2}{c^2})q(E_n + \frac{e_{npq}}{c}V_p H_q)$$

$$V_1 = a\cos\omega t + c\frac{E_2}{H_3}; V_2 = -a\sin\omega t$$

$$\Delta x_k = \frac{qe_{klm}\int_{x_m^0}^{x_m} B_l dx_m}{8m^2c^2}\frac{qe_{nuv}\int_{x_v^0}^{x_v} B_u dx_v}{mc^2}(1-\frac{V^2}{c^2})q(E_n + \frac{e_{npq}}{c}V_p^0 H_q)t^2$$

$$t = \sqrt{\frac{8\Delta x_k m^3 c^4}{qe_{klm}\int_{x_m^0}^{x_m} B_l dx_m qe_{nuv}\int_{x_v^0}^{x_v} B_u dx_v (1-\frac{V^2}{c^2})q(E_n + \frac{e_{npq}}{c}V_p^0 H_q)}}$$

Интеграл по полю конечен, но имеется растущий при наличии электрического поля член. В случае наличия только магнитного поля тоже имеем конечное время жизни, так как квадрат скорости содержит константу

$$\frac{d^2\Delta x_2}{c^2dt^2} = \frac{1}{2}\frac{\partial g_{11}}{\partial x^2}(u^1)^2 = q^2(e_{132}H_3 e_{132}\int_{x_2^0}^{x_2} H_3 dx_2)(u^1)^2(1-\frac{V^2}{c^2})/8m^2c^4 =$$

$$= \frac{q^2 H_3\int_{x_2^0}^{x_2} H_3 dx_2(1-\frac{V^2}{c^2})}{m^2c^4}(u^1)^2/8; \Delta x_2 = \frac{q^2 H_3\int_{x_2^0}^{x_2} H_3 dx_2}{m^2c^2}(1-\frac{V^2}{c^2})(u^1)^2 t^2/16,$$

$$t = \sqrt{\frac{16\Delta x_2 m^2c^2}{(1-\frac{V^2}{c^2})q^2H_3\int_{x_2^0}^{x_2} H_3 dx_2 (u^1)^2}} \sim \frac{4c}{V\omega} = \frac{4\mathrm{E}}{VqH_3} = \frac{4c\tau\sqrt{m}}{\sqrt{\gamma T(1-\frac{\gamma T}{mc^2})}}$$

Можно сделать вывод, что время горения определяется по формуле $t = \frac{4c\tau}{c_s\sqrt{1-\frac{c_s^2}{c^2}}}$, далее следует гашение пламени. Где используется постоянная времени системы. Причем для газовой горелки имеется бесконечное время горения, так как температура определяется скоростью звука, а горелка - это гидродинамическая система и вместо скорости света в гидродинамических системах надо использовать скорость звука.

Из этой формулы делаю вывод, скорость звука на Солнце и других звездах мало отличается от скорости света. Причем так как скорость распространения возмущения у частиц вакуума равна бесконечности (фазовая скорость волны де Бройля равна бесконечности), а скорость звука равна скорости света, то в звездах возможно существуют частицы вакуума со скоростью звука, равной скорости света и в формуле используется скорость звука, а не бесконечная скорость возмущения частиц вакуума. Элементарные частицы в термоядерных реакциях в звездах не используются. Причем внутренняя энергия частиц вакуума гораздо больше элементарных частиц см. [3].

Процесс турбулентного динамо можно отнести к реакции горения. При турбулентном движении жидкости возникает сильное магнитное поле, обладающее дополнительной энергией, которую можно использовать. Причем этот процесс стационарный в силу формулы для бесконечного времени горения. Переход к турбулентному процессу сопровождается значением скорости, равной скорости звука и значит для гидродинамической системы бесконечным временем состояния. Надо только поддерживать турбулентный режим течения и возникает дополнительная энергия магнитного поля. Если в термоядерных реакциях и горения горелки энергия поставляется из ядерных и атомных процессов, то в случае турбулентного динамо энергия поставляется из гидродинамической комплексной скорости, квадрат которой имеет отрицательную действительную часть за счет квадрата мнимой части. турбулентное решение комплексное см. [2]. Когда модуль мнимой части больше модуля действительной части происходит перенос энергии от холодного тела к горячему. Это следует из теплового уравнения, когда квадрат суммы производной по координате имеет отрицательную действительную часть, происходит обратный процесс, переход энергии от холодного тела к горячему. Т.е. положительный источник энергии повышает температуру среды, а отрицательный источник понижает, передавая ее телу, у которого становится температура выше чем у среды. В случае турбулентного динамо энергия передается магнитному полю. Мнимая часть квадрата производной по координате от комплексной скорости означает колебание энергии с амплитудой, равной мнимой части. Аналогичные процессы происходят при эффекте Ранка в гидродинамике.

Выводы

Удерживать плазму с помощью магнитного и электрического поля невозможно. Поправки к формулам СТО стремятся к бесконечности, даже в случае постоянного магнитного поля. Так в случае наличия постоянного магнитного поля смещение вдоль оси x_2 зависит от времени по квадратичному закону.

Литература

1. Якубовский Е.Г. Общая теория гравитационного и электромагнитного поля «Энциклопедический фонд России», 2017, 19 стр. http://russika.ru/userfiles/390_1580944515.pdf
2. YAKUBOVSKIY, EG. "STUDY OF NAVIER-STOKES EQUATION SOLUTION II. THE USE OF LAMINAR SOLUTIONS." *EUROPEAN JOURNAL OF NATURAL HISTORY* 3 (2016): 67-83. https://world-science.ru/pdf/2016/3/15.pdf
3. Якубовский Е.Г. Бесконечная энергия и скорость распространения частиц вакуума «Энциклопедический фонд России», 2019, 5 стр. http://russika.ru/userfiles/390_1564414160.pdf