

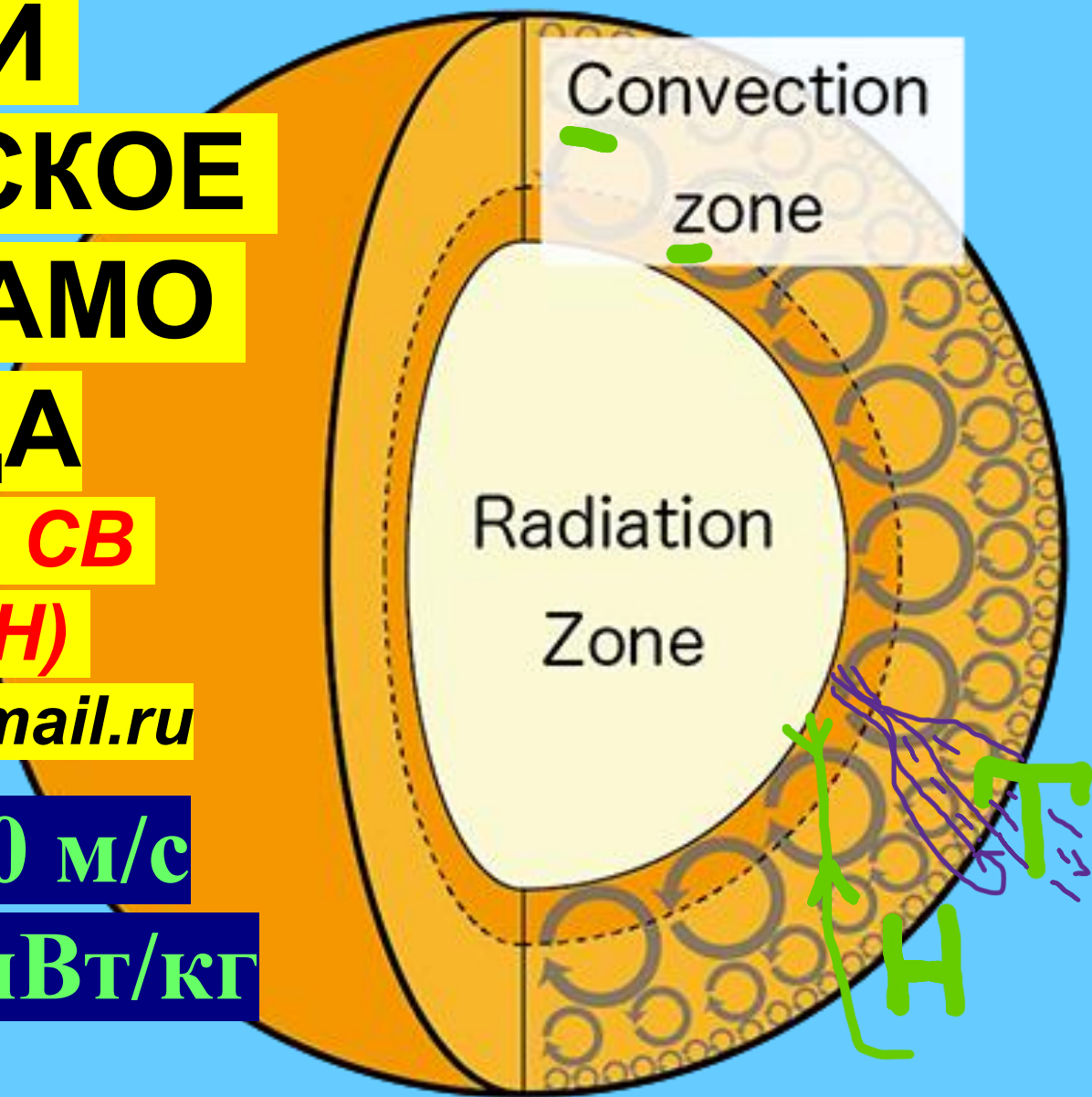
ПОЧТИ КРИТИЧЕСКОЕ МГД ДИНАМО СОЛНЦА

Старченко СВ
(ИЗМИРАН)

sstarchenko@mail.ru

Input: $u \sim 100$ м/с

$a = L/M \approx 8$ мВт/кг



Симпозиум «Физические основы прогнозирования
гелиогеофизических процессов и событий» («ПРОГНОЗ-2026»)

Вывод основных уравнений

$$\frac{d}{dt} \left(\int_{R_i}^{R_o} \rho \frac{V^2}{2} d^3 r \right) = \int_{R_i}^{R_o} \left(\underbrace{\rho \mathbf{A} \cdot \mathbf{V}}_{\text{kinetic}} - \underbrace{\frac{\mathbf{V} \times \mathbf{B} \cdot \nabla \times \mathbf{B}}{\mu}}_{\text{magnetic}} - \underbrace{\rho \nu |\nabla \times \mathbf{V}|^2}_{\text{viscous}} \right) d^3 r$$

$/M, b^2 = \langle B^2 \rangle / \mu \langle \rho \rangle \Rightarrow u du/dt = a - ub^2/H - u^2/T$

$$\frac{d}{dt} \left(\int_{R_i}^{R_o} \frac{B^2}{2\mu} d^3 r \right) = \int_{R_i}^{R_o} \left(\underbrace{\frac{\mathbf{V} \times \mathbf{B} \cdot \nabla \times \mathbf{B}}{\mu}}_{\text{magnetic}} - \underbrace{\frac{|\nabla \times \mathbf{B}|^2}{\mu^2 \sigma}}_{\text{ohmic}} \right) d^3 r$$

$/Volume \Rightarrow b db/dt = ub^2/H - b^2/T$

Стационарные (равновесные) значения

$$u_s = H/T, \quad (b_s)^2 = Ta - (H/T)^2$$

Генерация поля b возможна если $a > H^2/T^3$

критические $H_c = (u_s)^3/a$, $T_c = (u_s)^2/a$

При $u_s = 100 \text{ м/с} \Rightarrow H_c = 125 \text{ Мм} \approx \text{толщина}/2$
КЗ! $T_c = 1.25 \text{ Мс}$, что около среднего времени
жизни пятен и половины периода вращения
Солнца! Около критические динамо почти
линейны как и большинство успешных
моделей динамо среднего поля.

Вся **кинетическая** энергия ($M=5 \cdot 10^{28}$ кг)

$$(u_s)^2 M / 2 = 2.5 \cdot 10^{32} \text{ Дж.}$$

Магнитная энергия

$$M(Ta - H^2/T^2)/2$$

обнуляется при критических параметрах.

При $T=1.1T_c$ и $H=H_c$ – маг. энергия $5 \cdot 10^{31}$ Дж,

которой достаточно для миллиона вспышек Кэррингтона.

Среднеквадратичное магнитное поле при малом ε ($=0.1$)

$$b = \{\varepsilon[aT_c + (H_c/T_c)^2]\}^{1/2}$$

$= 45$ м/с, что эквивалентно $B=90$ мТл $= 900$ Гс.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Получена интегральная динамическая система для среднеквадратичной скорости $u(t)$ и магнитного поля b во всей КЗ. Равновесные значения системы зависят от относительной светимости a , масштаба H и времени диффузии T .
2. Для генерации магнитного поля $a > H^2/T^3$. При равенстве через известные $a=8\text{мВт/кг}$ и $u_s \approx 100\text{м/с}$ выражаем **критические** $H_c = (u_s)^3/a = 125\text{Мм}$ (толщина/2 КЗ) и $T_c = (u_s)^2/a = 1.25\text{Мс}$ (среднее время жизни пятен и половина периода вращения ☼) т.е. глобальное динамо близко к критическому и почти линейно.
3. Кинетическая энергия $2.5 \cdot 10^{32}\text{Дж}$ задана, а магнитная $\sim$ отклонениям от критических значений. Так при $T=1.1T_c$ и $H=H_c$ — маг. энергия $5 \cdot 10^{31}\text{Дж}$. Соответственно среднее магнитное поле 900 Гс. **Магнитная энергия $\leq$ кинетической.**

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ И ПОНИМАНИЕ