

NFP 2020

NON-IDEAL PLASMA PHYSICS

December 16-17, 2020, Moscow, Russia

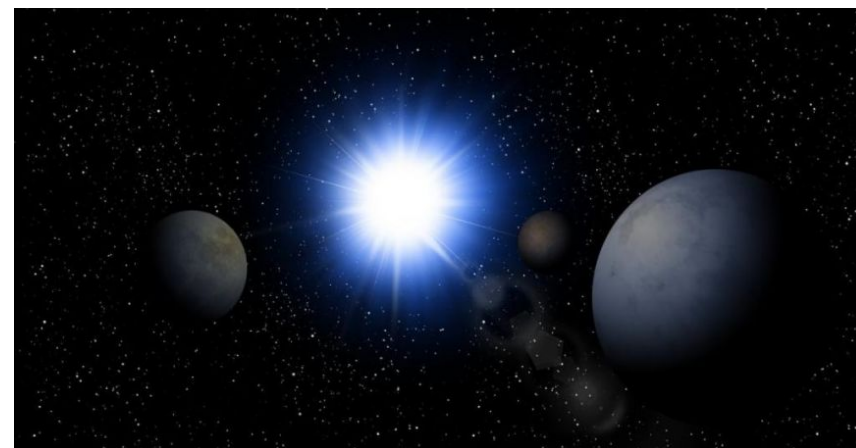
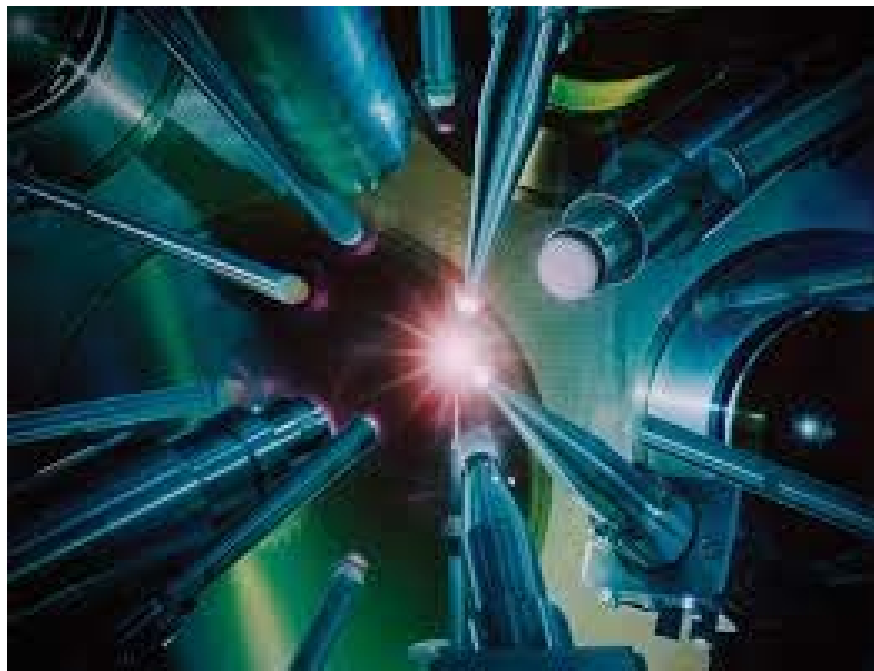


Al-Farabi
Kazakh National University
Almaty, Kazakhstan

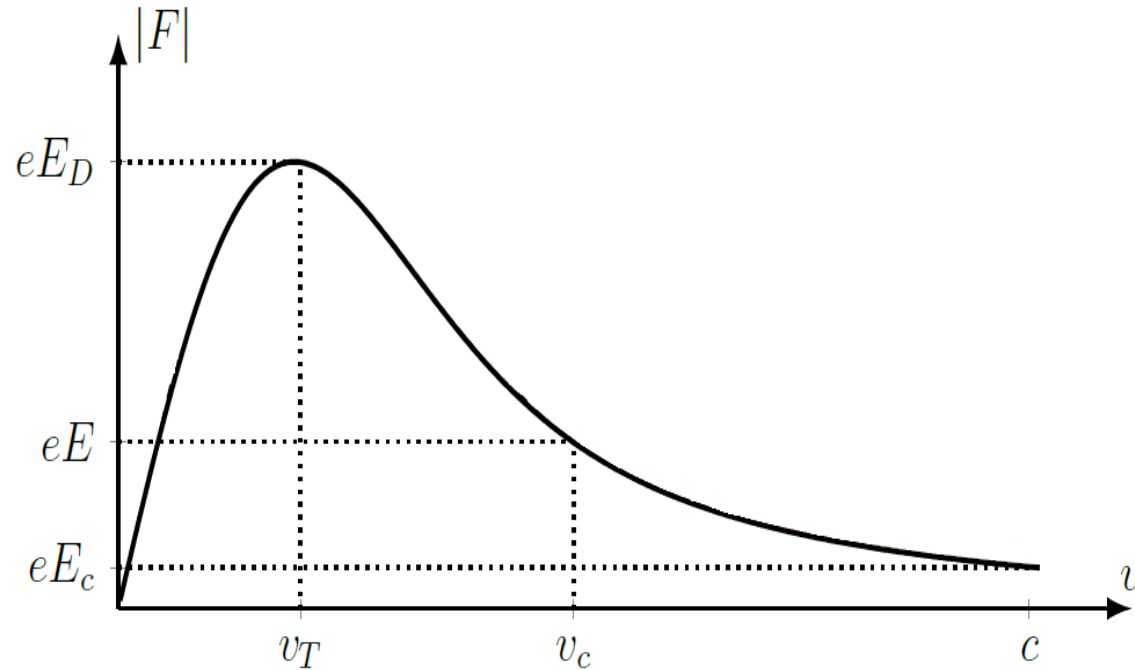
Исследование явления убегания электронов в плотной квазиклассической плазме

*Сейсембаева М.М., Шаленов Е.О.,
Косымкызы Ж., Рамазанов Т.С.,
Джумагулова К.Н.*

Актуальность



Явление убегания электронов



Поле Дрейсера

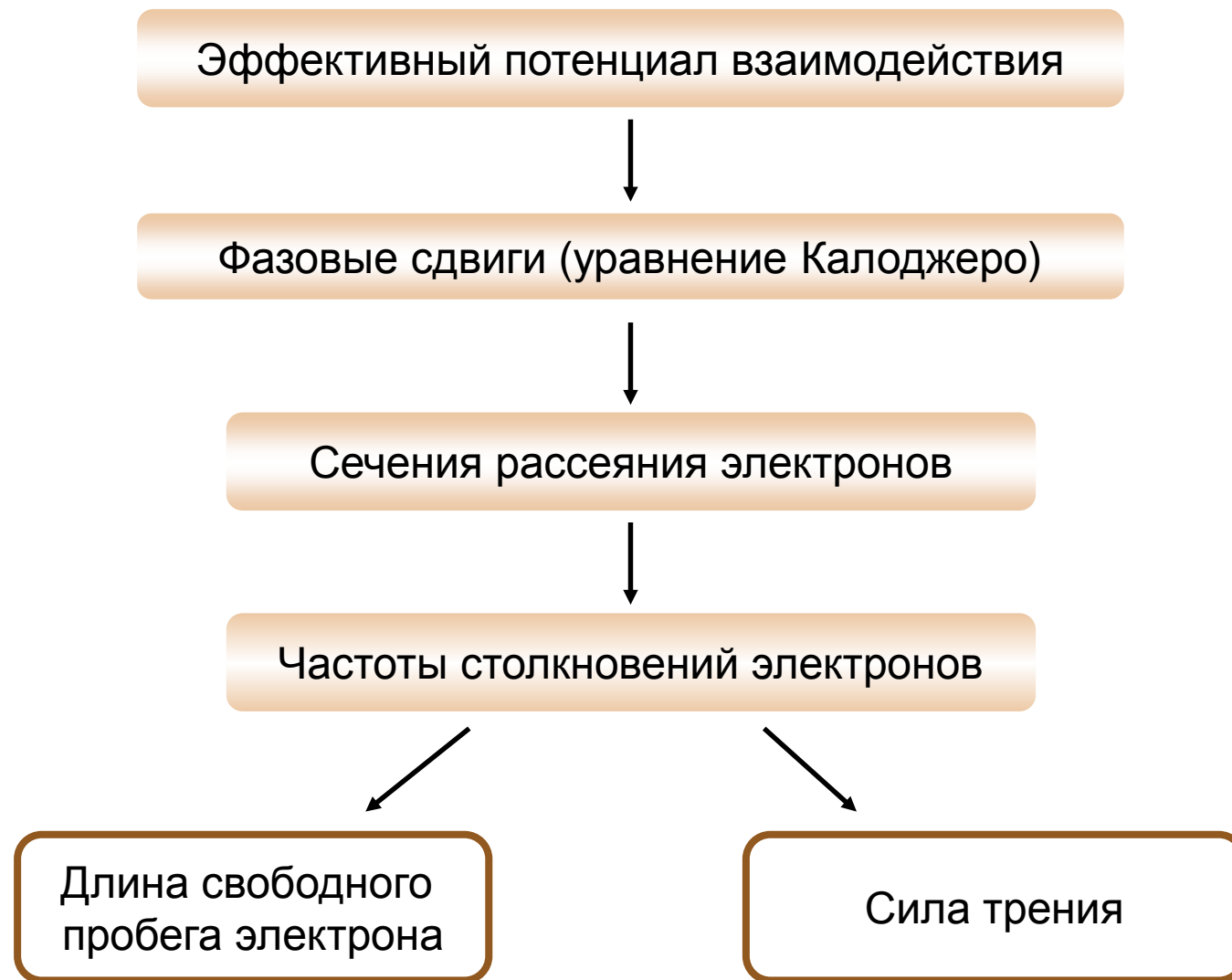
$$E_D = \frac{n_e e^3 \ln \Lambda}{4\pi \epsilon_0^2 T_e}$$

Критическое поле

$$E_c = \frac{n_e e^3 \ln \Lambda}{4\pi \epsilon_0^2 m_e c^2}$$

Задача:

Посчитать длину свободного пробега и силу трения, действующую на электроны в плотной квазиклассической плазме, на основе динамического потенциала взаимодействия



$$n = 10^{22} \div 10^{23} \text{ см}^{-3} \quad T = 10^4 \div 10^6 \text{ K}$$

Безразмерные параметры

$$\Gamma = \frac{e^2}{ak_B T}$$

параметр связи

$$r_s = \frac{a}{a_B}$$

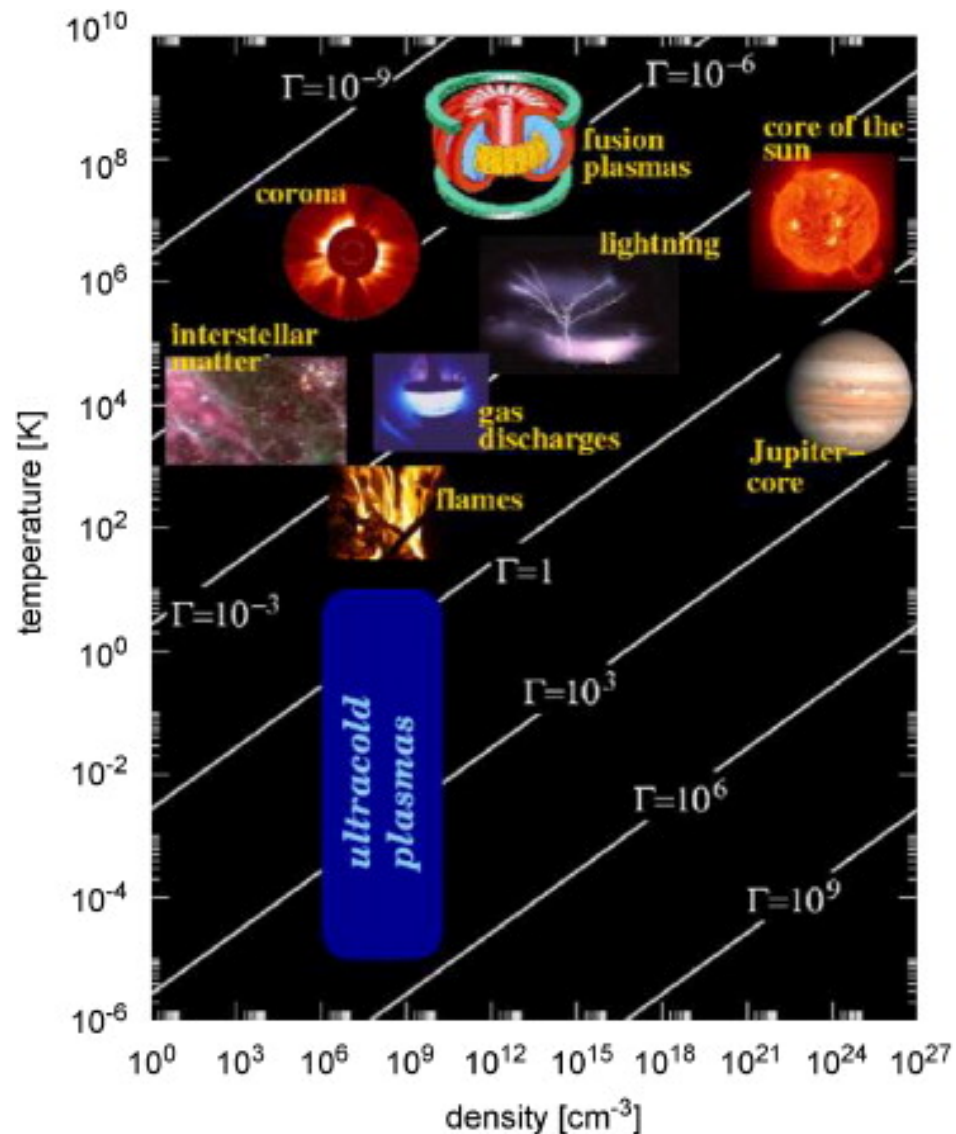
параметр плотности

$$a = \left(\frac{3}{4\pi n_e} \right)^{1/3}$$

среднее
межчастичное
расстояние

$$a_B = \frac{\hbar^2}{me^2}$$

радиус Бора



Эффективный потенциал взаимодействия с учетом динамической экранировки

$$\Phi_{\alpha\beta}(r) = \frac{Z_{\alpha} Z_{\beta} e^2}{r \sqrt{(1 - 4\lambda_{\alpha\beta}^2 / r_o^2)}} \left(e^{-B_{\alpha\beta} r} - e^{-A_{\alpha\beta} r} \right)$$

$$A_{\alpha\beta}^2 = \frac{1 + \sqrt{(1 - 4\lambda_{\alpha\beta}^2 / r_o^2)}}{2\lambda_{\alpha\beta}^2};$$

$$r_o = r_D \left(1 + v^2 / v_{Th}^2 \right)^{1/2}$$

$$B_{\alpha\beta}^2 = \frac{1 - \sqrt{(1 - 4\lambda_{\alpha\beta}^2 / r_o^2)}}{2\lambda_{\alpha\beta}^2};$$

[1] Ramazanov T. S., Dzhumagulova K. N. // Phys. Plasmas. - 2002. - Vol. 9. - P. 3758.

[2] K. N. Dzhumagulova, E. O. Shalenov, and G. L. Gabdullina Phys. Plasmas 20, 042702 (2013)

[3] D. Kremp, M. Schlanges, and W.-D. Kraeft, Quantum Statistics of Nonideal Plasmas (Springer, Berlin, 2005), Chap.8.

Транспортные сечения рассеяния

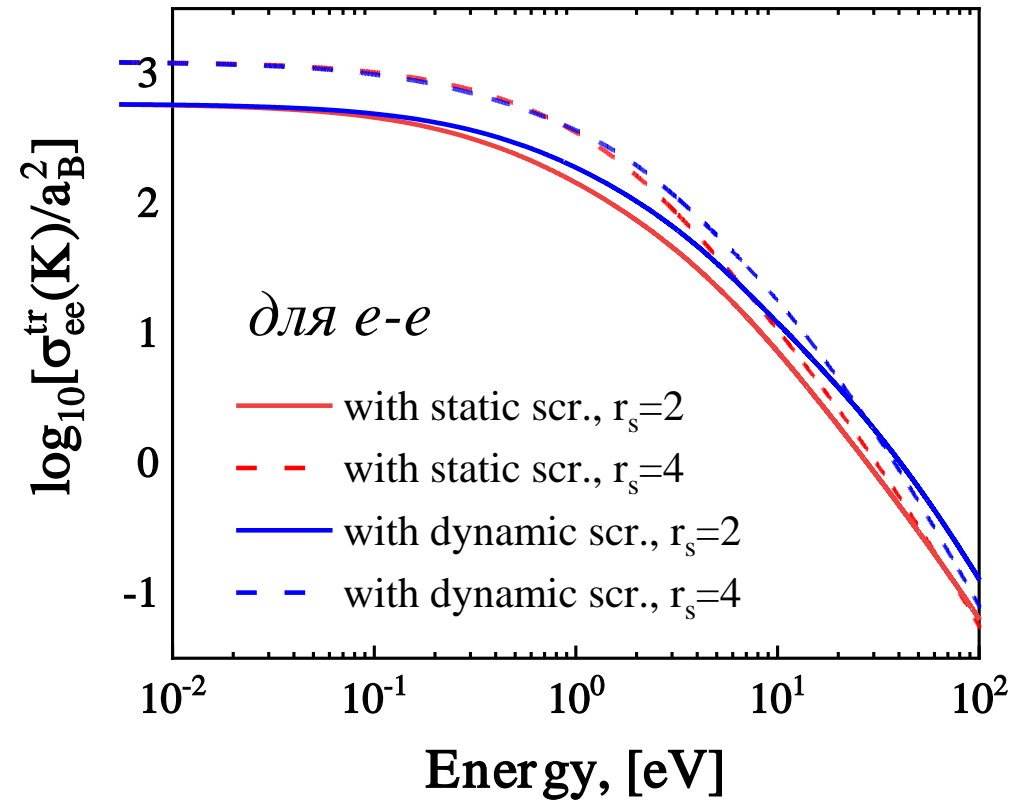
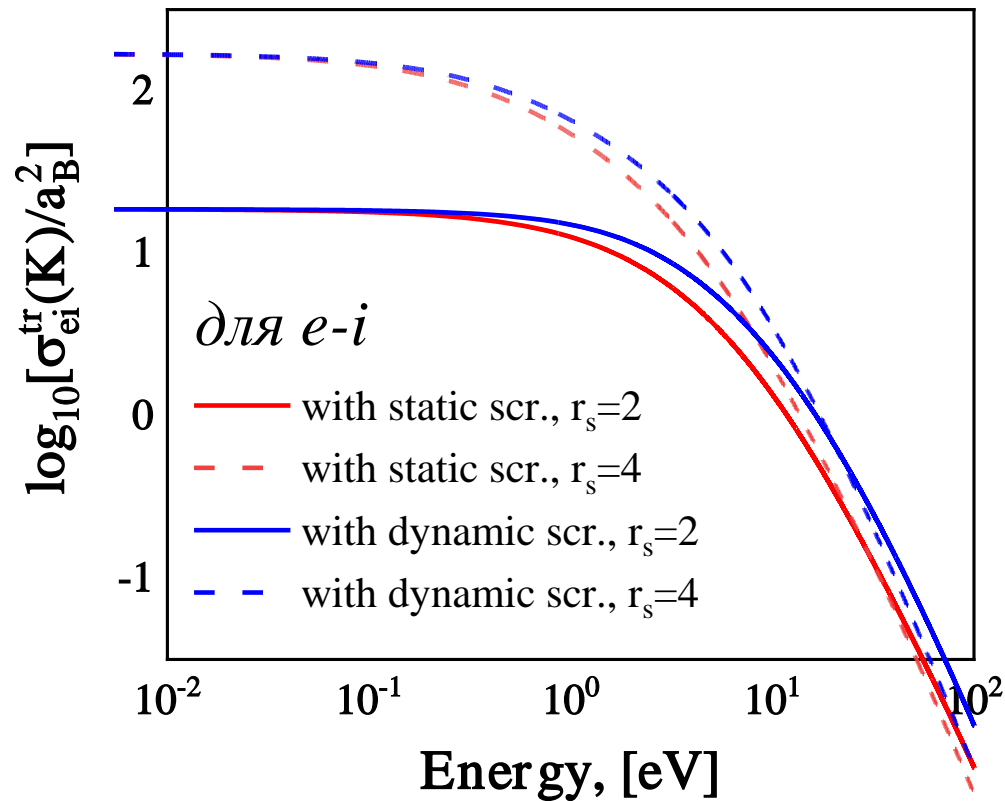
электронов

для e-i

для e-e

$$\sigma_{ei}^{tr}(k) = \frac{4\pi}{k^2} \sum_{l=0}^{\infty} (l+1) \sin^2 [\delta_{l+1}^{ee}(k) - \delta_l^{ee}(k)]$$

$$\sigma_{ee}^{tr}(k) = \frac{4\pi}{k^2} \sum_{l=0}^{\infty} \frac{(l+1)(l+2)}{2l+3} \left(1 - \frac{(-1)^l}{2}\right) \sin^2 [\delta_{l+2}^{ee}(k) - \delta_l^{ee}(k)]$$



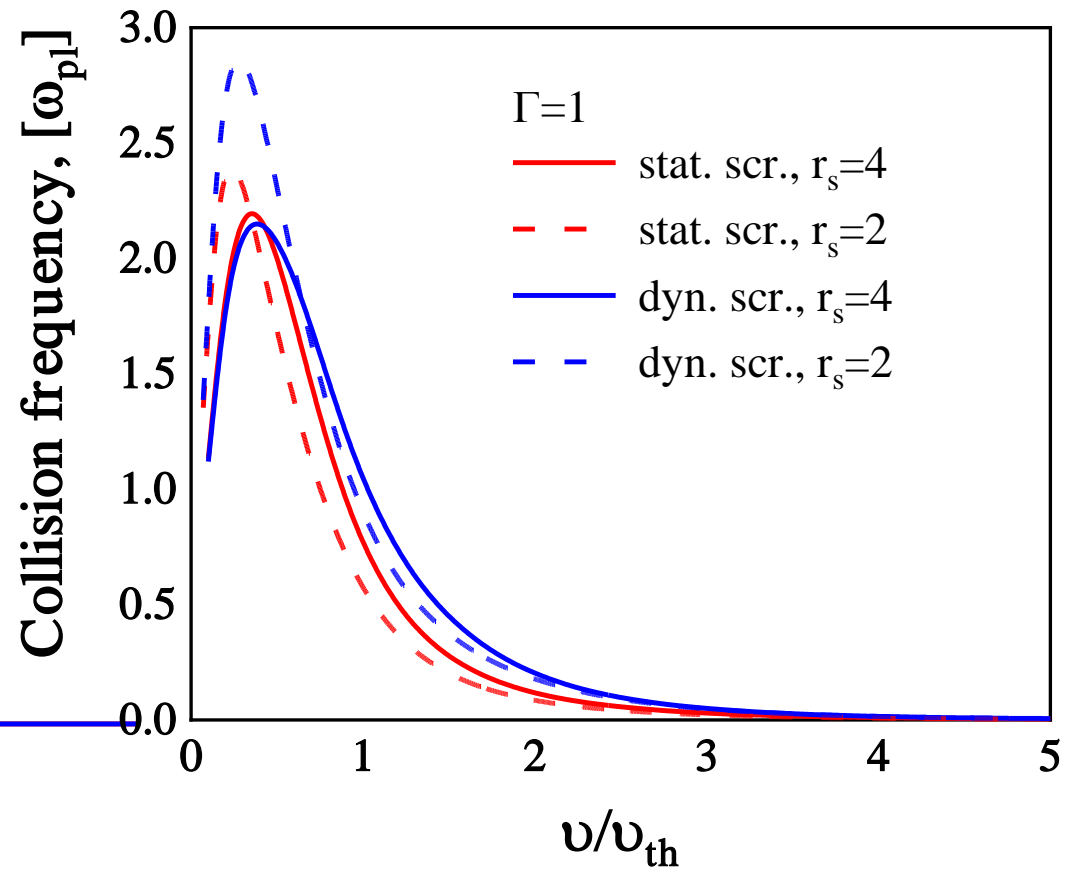
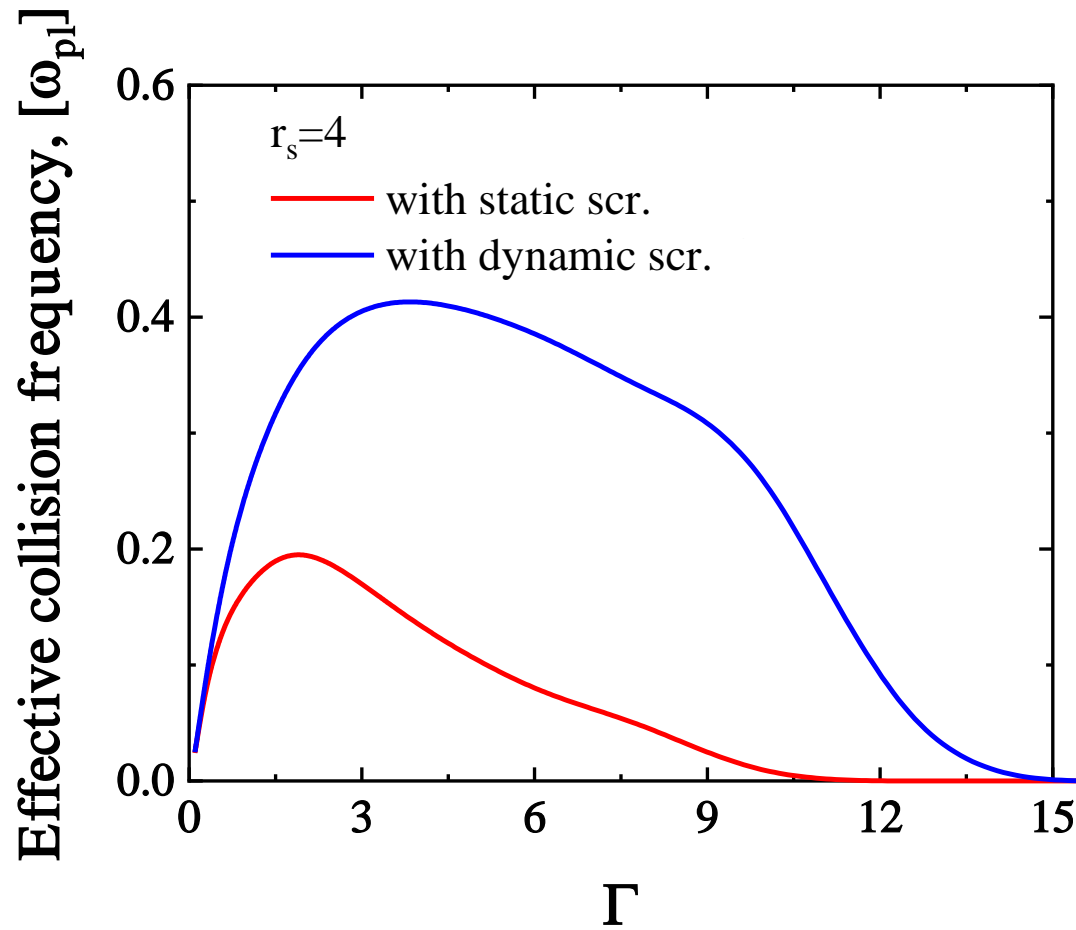
Частоты столкновений электронов

$$\nu_e(\nu) = \nu_{ei}(\nu) + \nu_{ee}(\nu) \quad \nu_{e\beta}(\nu) = n_\beta \sigma_{e\beta}^{tr} \nu_e$$

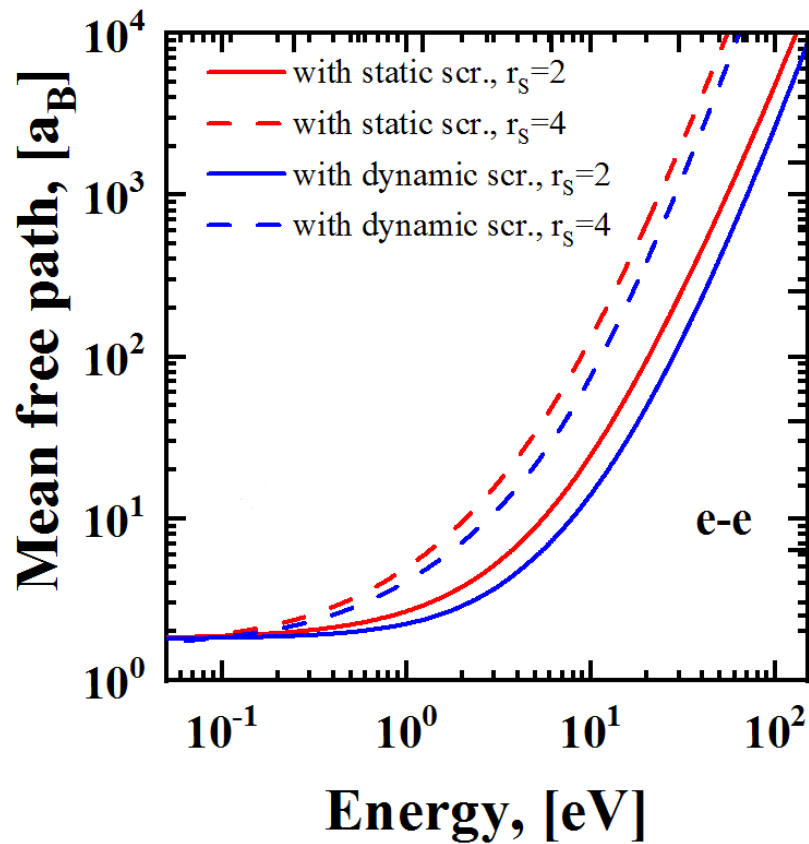
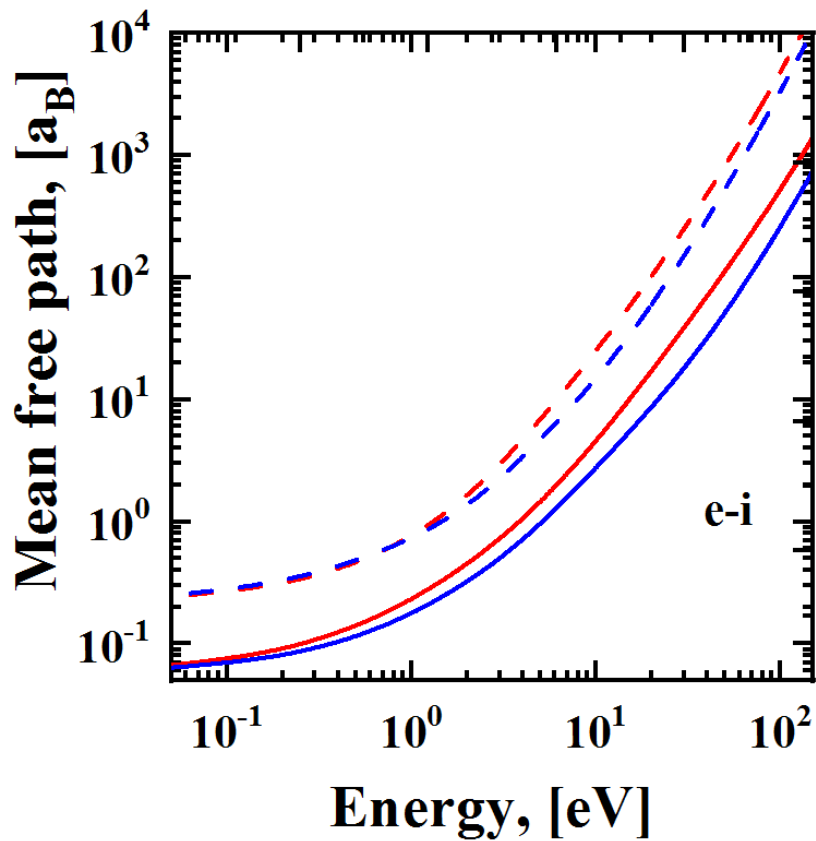
Эффективные частоты столкновений

$$\nu_{eff}^{e\beta} = \frac{4}{3\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \nu_{e\beta}(w)^{\frac{3}{2}} \exp(-w) dw, \quad w = \frac{\mu_{e\beta} \nu^2}{2k_B T}$$

$$\nu_{eff}^{e\beta} = \frac{8n_\beta}{3\sqrt{\pi}} \left(\frac{\mu_{e\beta}}{2k_B T} \right)^{\frac{5}{2}} \int_0^\infty \nu^5 \sigma_{e\beta}^{tr}(\nu) \exp(-w) d\nu$$



Длина свободного пробега электрона



$$\lambda_{e\beta} = v\tau_{e\beta}$$

$$\tau_{e\beta} = (v_{e\beta})^{-1} = \frac{1}{n_{\beta}\sigma_{e\beta}^{tr}v}$$

$$\lambda_{e\beta} = \frac{1}{n_{\beta}\sigma_{e\beta}^{tr}}$$

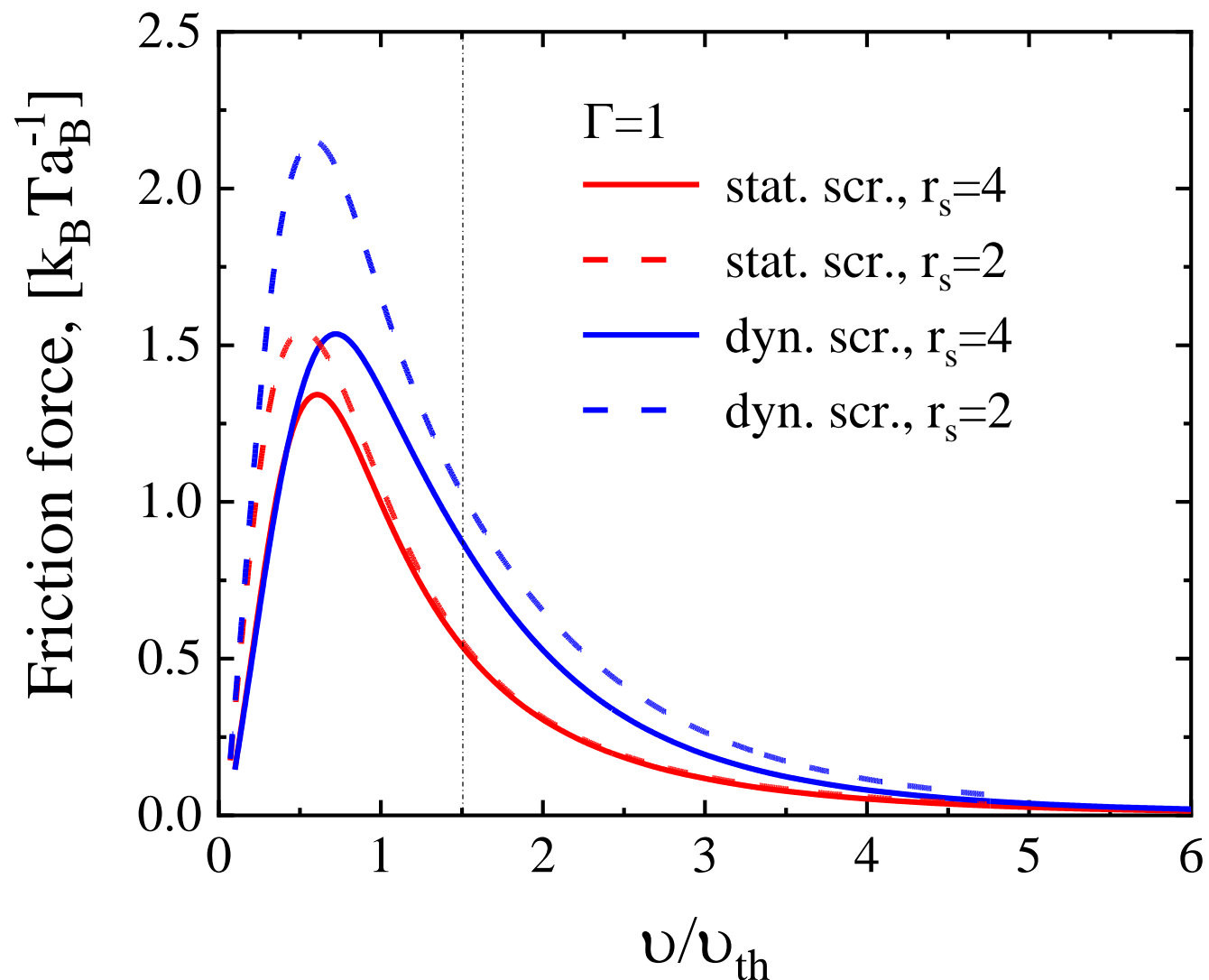
Сила трения

$$\vec{F}_{e\beta}(v) = -\mu_{e\beta} v_{e\beta}(v) \vec{v}$$

$$v_{e\beta} = n_{\beta} \sigma_{e\beta}^{tr} v_e$$

частота столкновения электрона

$$F_{tot}(v) = F_{ee}(v) + F_{ei}(v)$$



Заключение

- *При учете динамической экранировки наблюдается увеличение значения эффективной частоты столкновений и силы трения по сравнению с результатами, полученными на основе статического потенциала.*
- *В случае динамического экранирования для убегания электронов необходимо большее значений минимального электрического поля чем для случая статического экранирования*

Спасибо за внимание!