

ЗАРЯДКА ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ ПОД ДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А. В. Филиппов

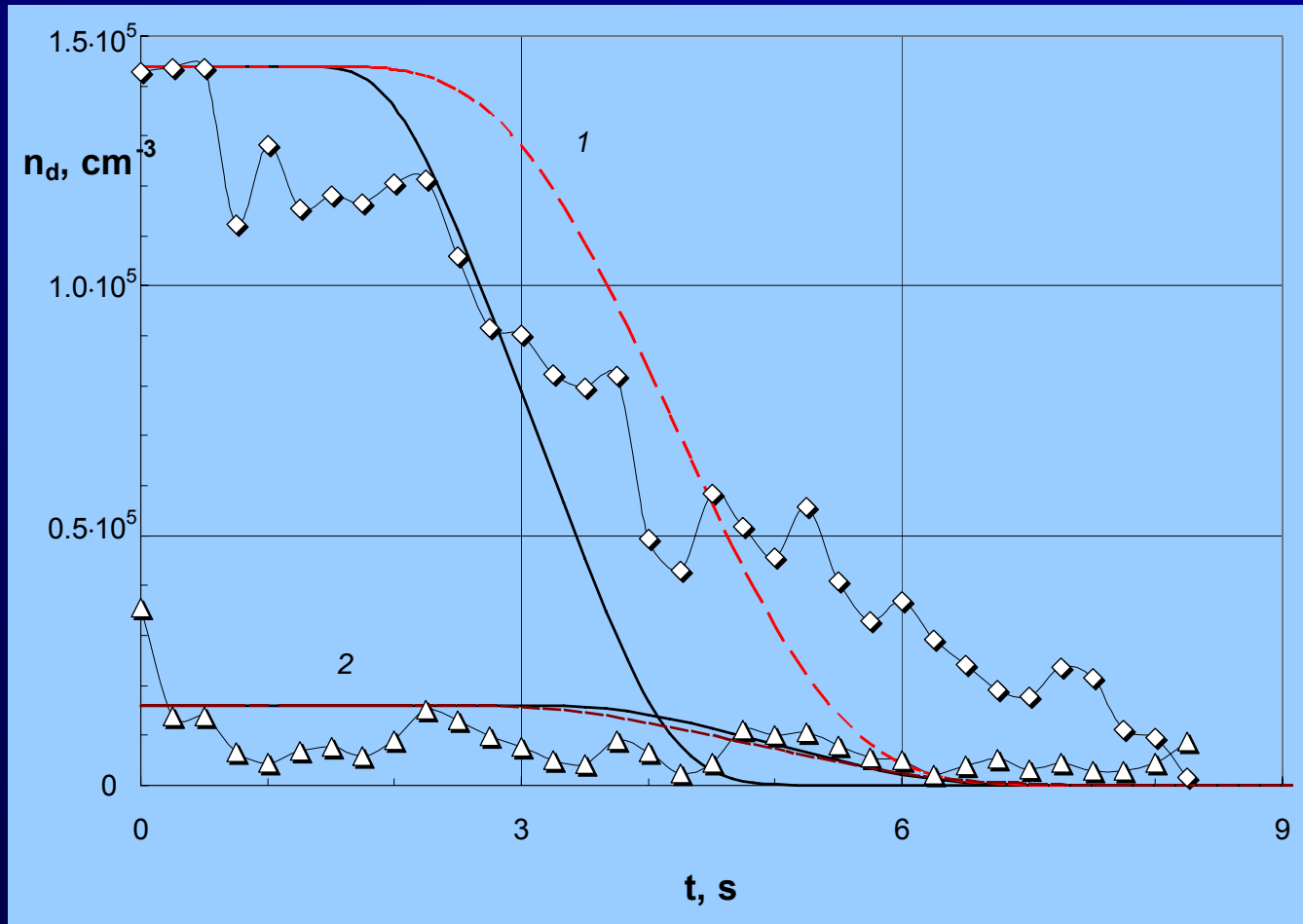
*Государственный научный центр Троцкий институт
инновационных и термоядерных
исследований, Московская обл., г.Троицк, 142190 Россия*

Моделирование эволюции пылевой плазмы в фотоэмиссионной ячейке

Модель включает:

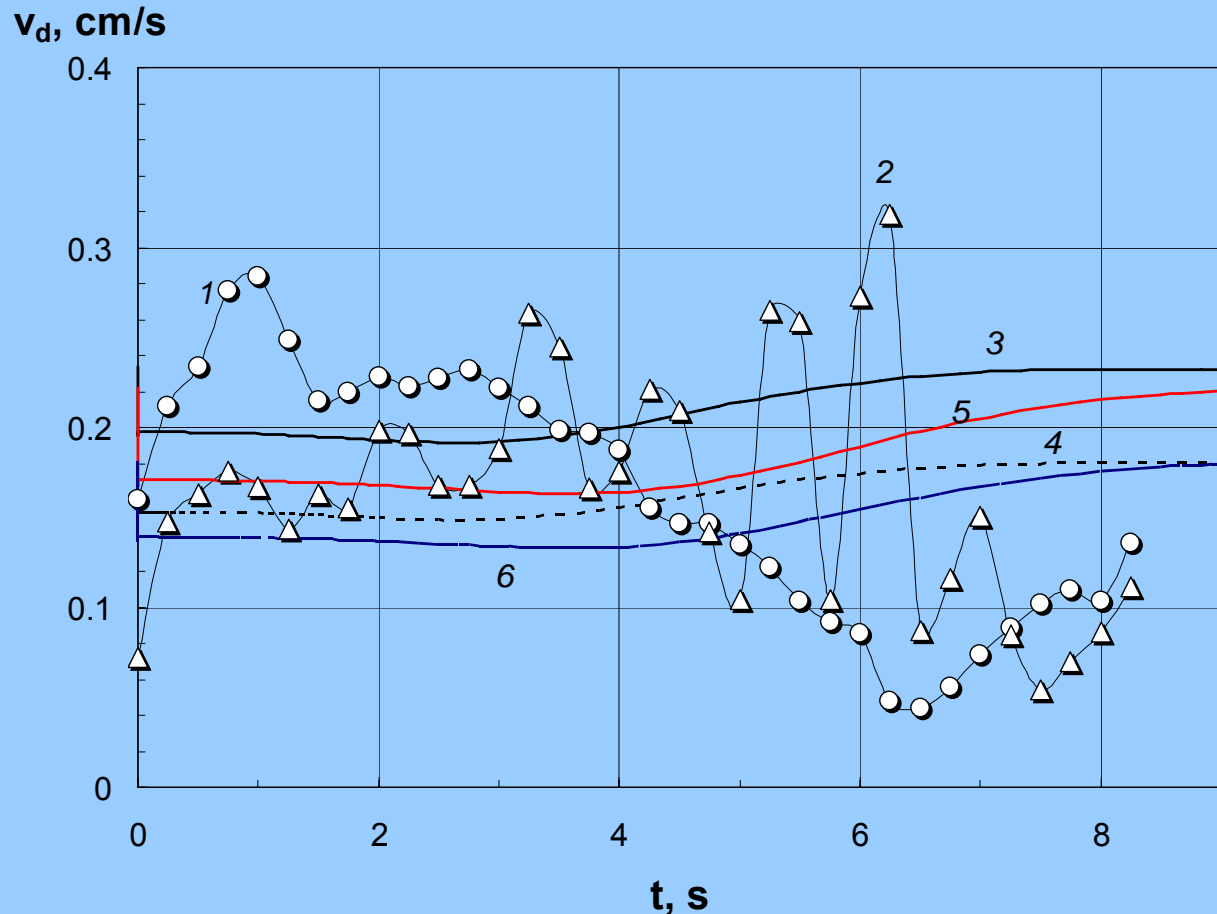
1. Уравнение баланса числа электронов;
2. Уравнение баланса числа ионов;
3. Уравнение баланса отрицательно заряженных пылевых частиц с эффективным радиусом r_m ;
4. Уравнение баланса положительно заряженных пылевых частиц с эффективным радиусом r_p ;
5. Уравнение Пуассона.

Зависимости от времени концентрации положительно и отрицательно заряженных пылевых частиц



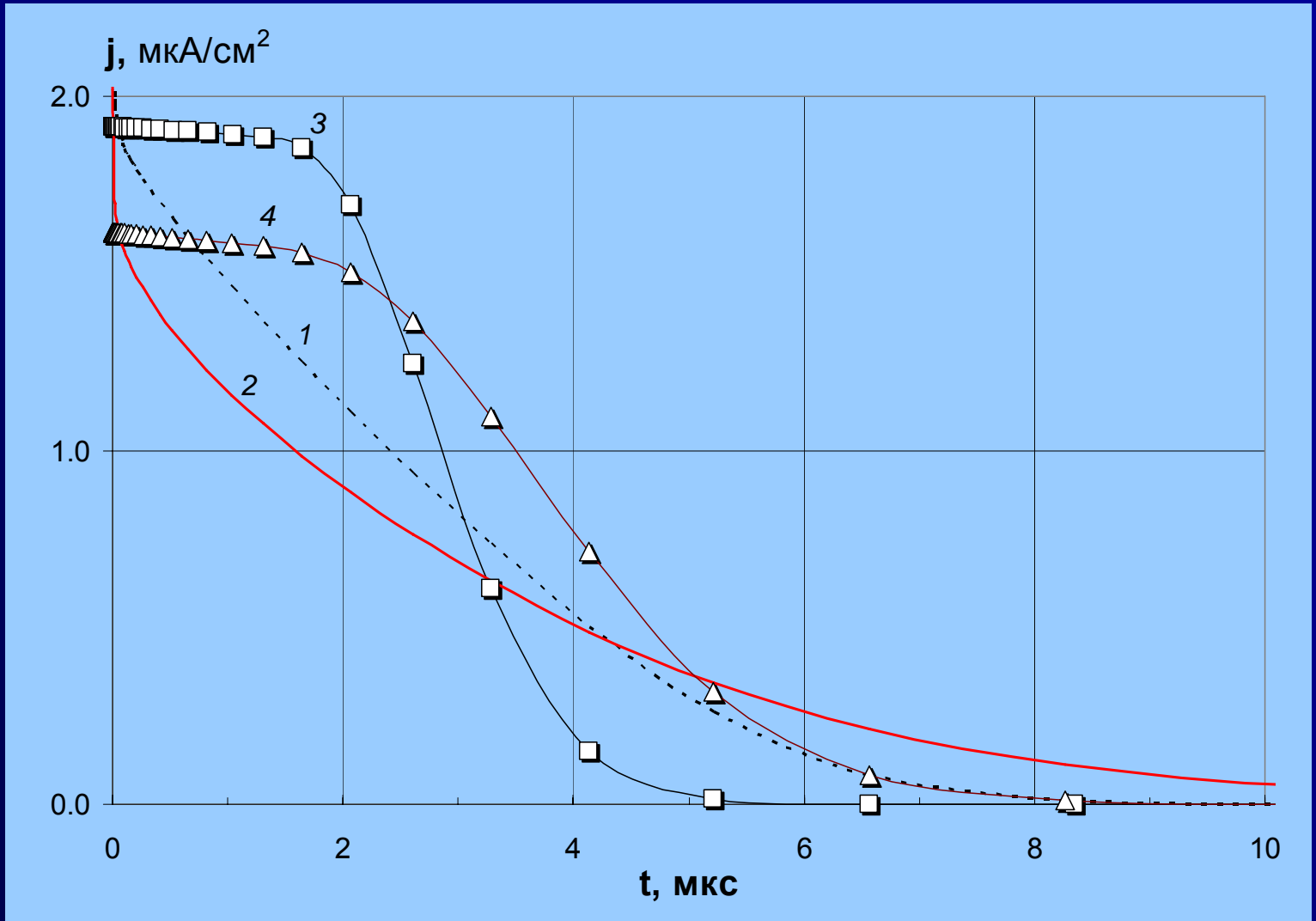
$r_p = 0.8 \text{ мкм}$, $z_{dp} = 320$, $n_{dp} = 1.44 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$, $r_m = 0.3 \text{ мкм}$, $z_{dn} = -75$, $n_{dn} = 1.6 \cdot 10^4 \text{ см}^{-3}$;
пунктирные линии – $r_p = 1.2 \text{ мкм}$,

Зависимости от времени скорости положительно и отрицательно заряженных пылевых частиц



$r_p = 0.8$ мкм, $z_{dp} = 320$, $n_{dp} = 1.44 \times 10^5$ см $^{-3}$, $r_m = 0.3$ мкм, $z_{dn} = -75$, $n_{dn} = 1.6 \times 10^4$ см $^{-3}$;
пунктирные линии – $r_p = 1.2$ мкм,

Зависимости от времени плотности тока



1, 3 - $r_p = 0.8$ мкм, $z_{dp} = 320$, $n_{dp} = 1.44 \times 10^5$ см⁻³, $r_m = 0.3$ мкм, $z_{dn} = -75$, $n_{dn} = 1.6 \times 10^4$ см⁻³;
2, 4 - $r_p = 1.2$ мкм,

Модель фотоэмиссионной зарядки макрочастиц

$$\frac{\partial n_e}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{j}_e = 0$$

$$\frac{\partial n_e \langle \varepsilon_e \rangle}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{h}_e + e \mathbf{j}_e \mathbf{E} = -n_e W_s$$

$$\Delta \phi = 4\pi e n_e$$

$$\mathbf{j}_e = -\nabla (D_e n_e) - \mu_e n_e \mathbf{E}$$

$$\mathbf{h}_e = -\nabla (G n_e) - \beta n_e \mathbf{E}$$

Граничные условия

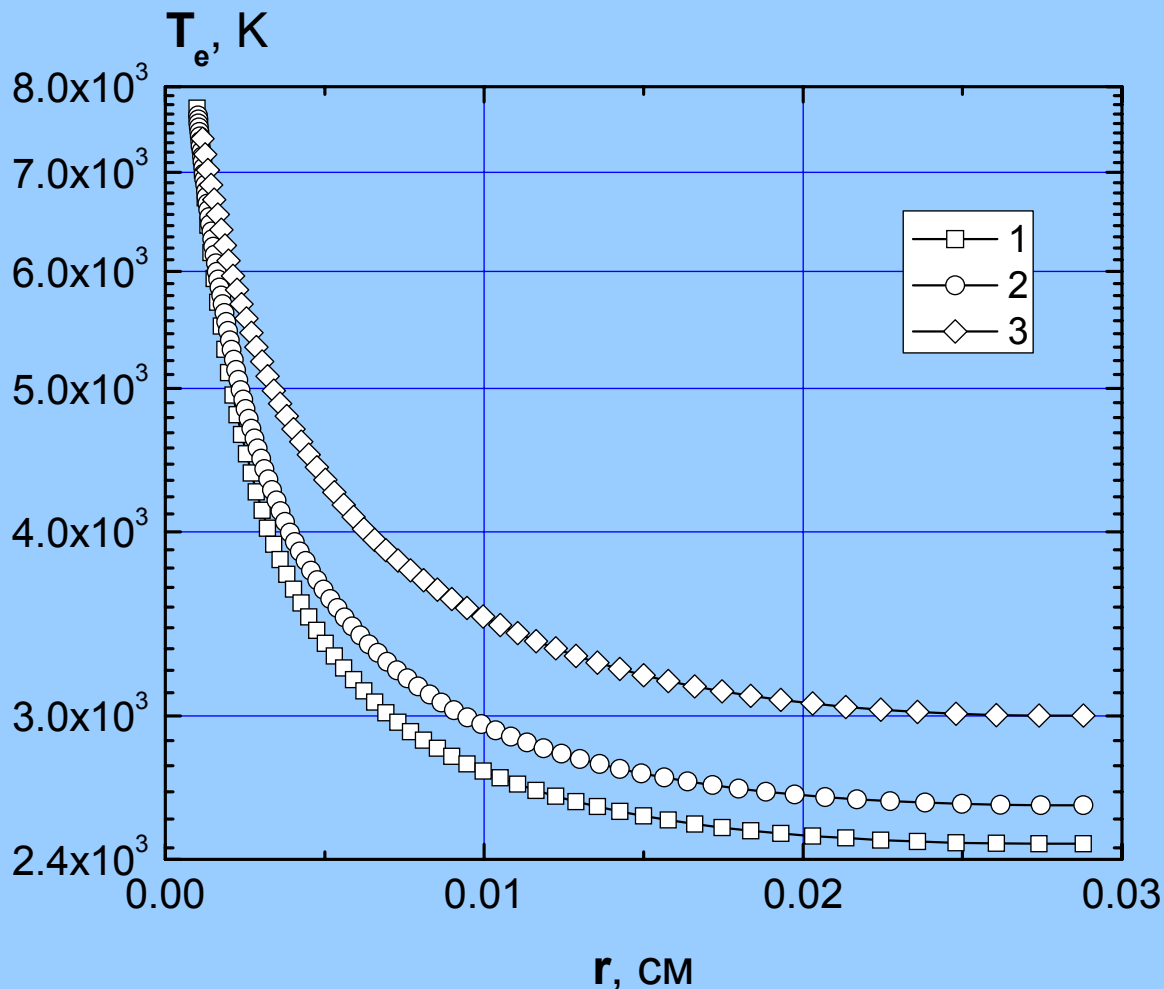
$$\frac{1}{4} n_e v_T \Big|_{r=r_0} = \zeta j_{ph}; \quad \frac{1}{2} n_e v_T T_e \Big|_{r=r_0} = \frac{2}{3} \zeta j_{ph} \varepsilon_{ph}$$

$$\mathbf{j}_e \Big|_{r=a_d} = 0, \quad \mathbf{h}_e \Big|_{r=a_d} = 0, \quad \mathbf{E} \Big|_{r=a_d} = 0.$$

$$\frac{1}{4} n_e v_T \Big|_{r=r_0} = \zeta j_{ph}; \quad \frac{1}{2} n_e v_T T_e \Big|_{r=r_0} = \frac{2}{3} \zeta j_{ph} \varepsilon_{ph}$$

$$n_e \Big|_{r=a_d} = n_0; \quad E \Big|_{r=r_0} = \frac{eq_{\text{int}}}{r_0^2}, \quad q_{\text{int}} = 4\pi r_0^2 \int \Gamma_e \Big|_{r=r_0} dt$$

Распределение температуры электронов при $n_d=10^4 \text{ см}^{-3}$, $r_0=10 \text{ мкм}$, $\langle \varepsilon_e \rangle = 1 \text{ эВ}$



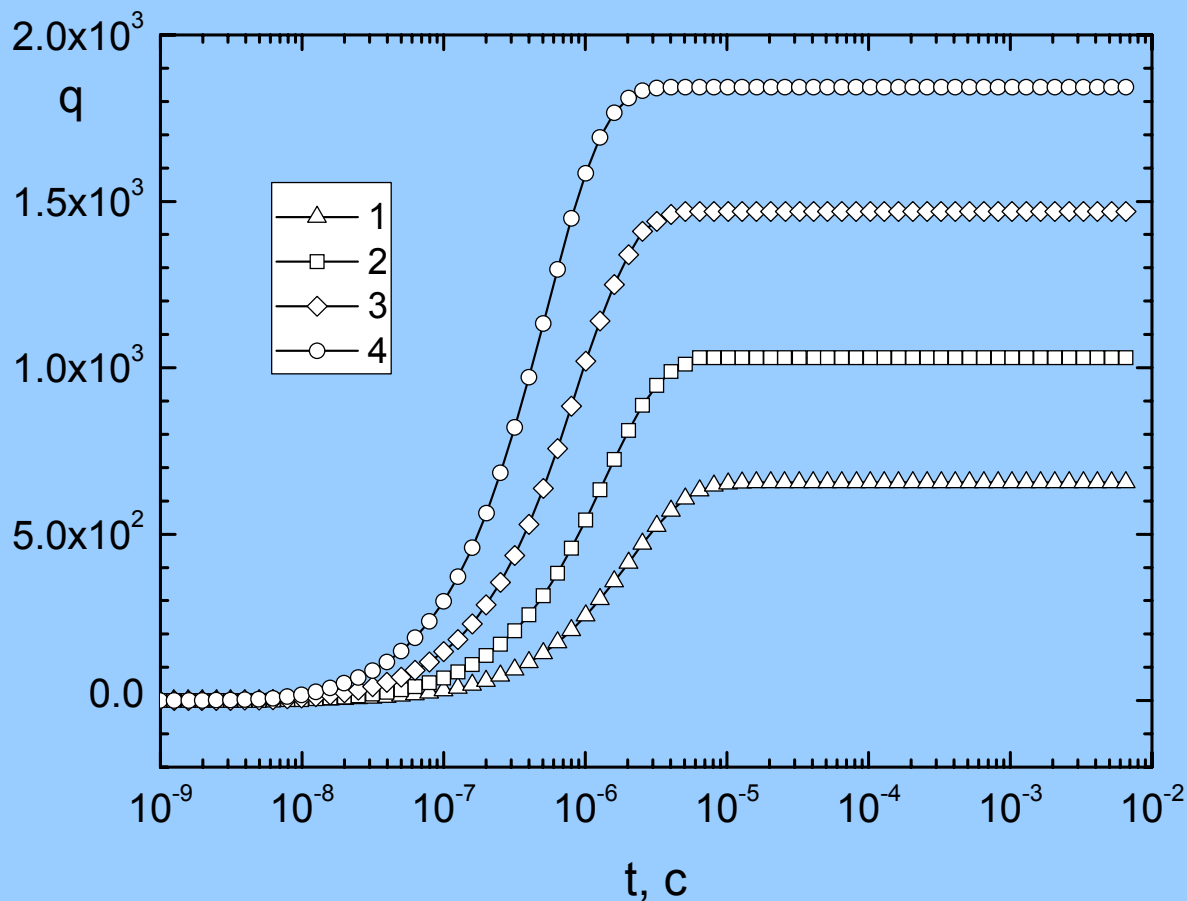
$J_{eff} = 3.665 \times 10^{12} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$;
2 – $3.665 \times 10^{14} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$;
3 – $3.665 \times 10^{15} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$

Заряд пылевых частиц

при $n_d=10^4 \text{ см}^{-3}$, $r_0=10 \text{ мкм}$, $\langle \varepsilon_e \rangle = 1 \text{ эВ}$

$J_{\text{eff}}, \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$		$3.665 \cdot 10^{12}$	$3.665 \cdot 10^{13}$	$3.665 \cdot 10^{14}$	$3.665 \cdot 10^{15}$
q	a	18.8	179	1274	4923
	b	26.6	254	1843	6785

Эволюция заряда макрочастиц при $n_d=10^4 \text{ см}^{-3}$, $\langle \varepsilon_e \rangle = 1 \text{ эВ}$



$3.665 \times 10^{14} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$;

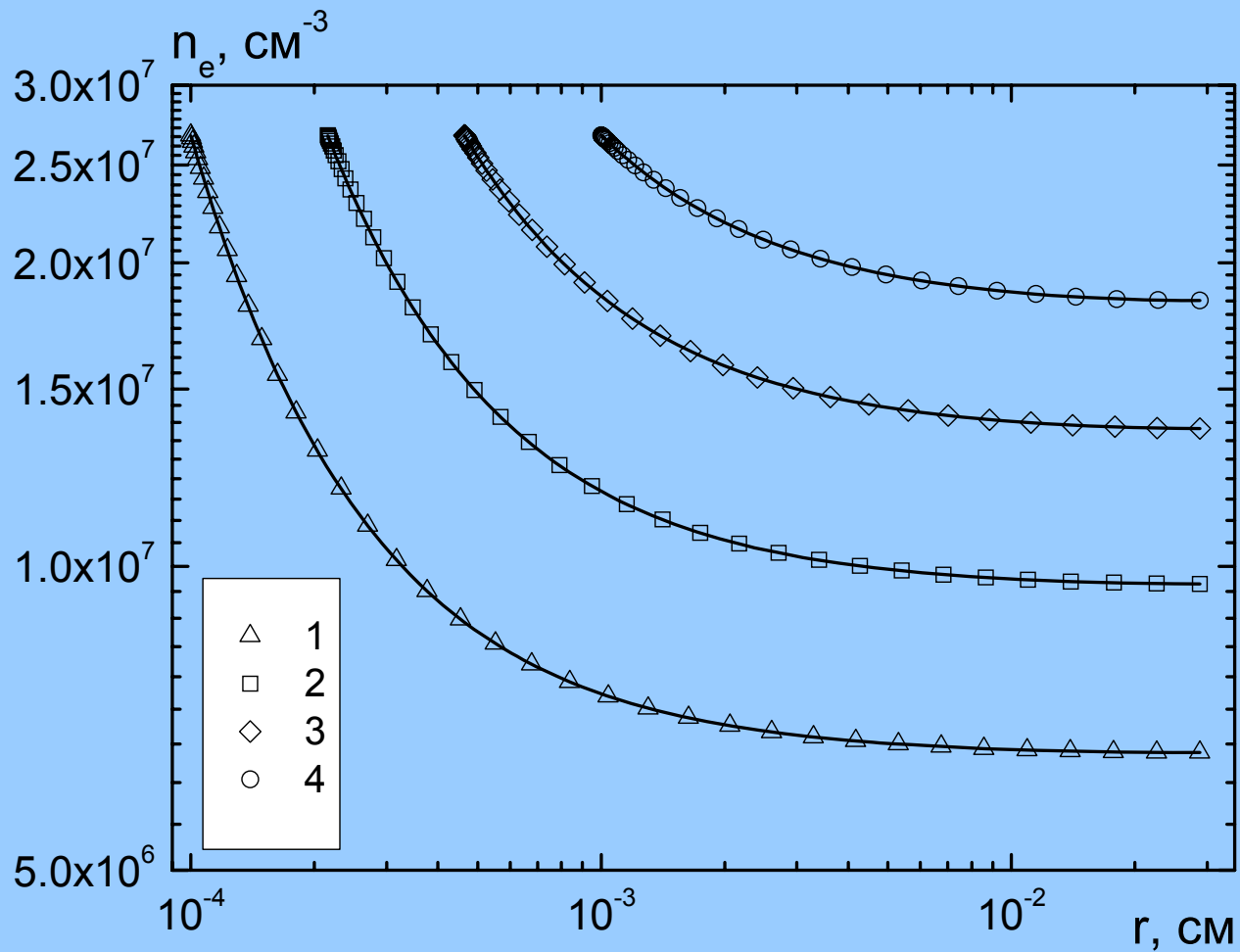
1 – $r_0 = 1 \text{ мкм}$;

2 – 2.1 мкм ;

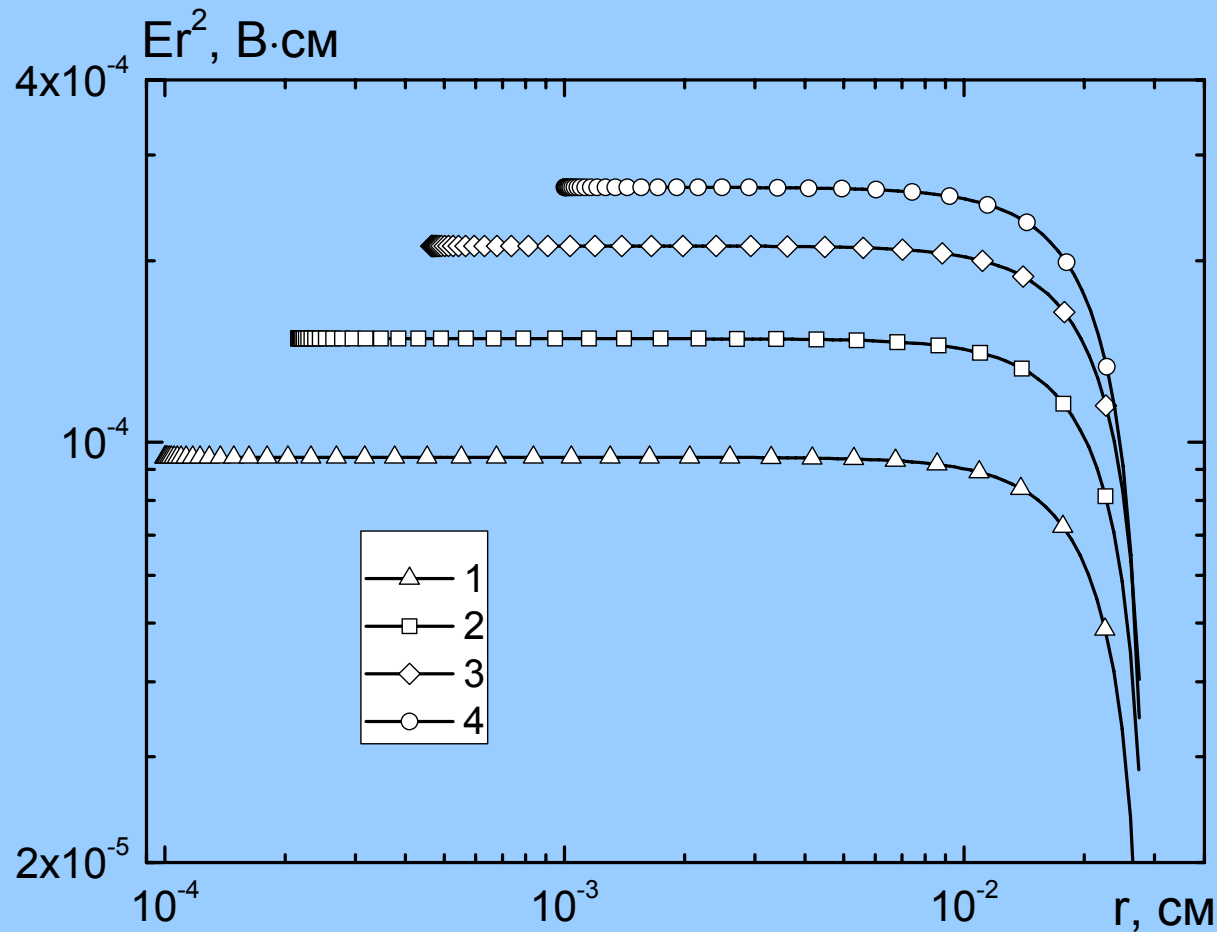
3 – 4.6 мкм ,

4 – 10 мкм

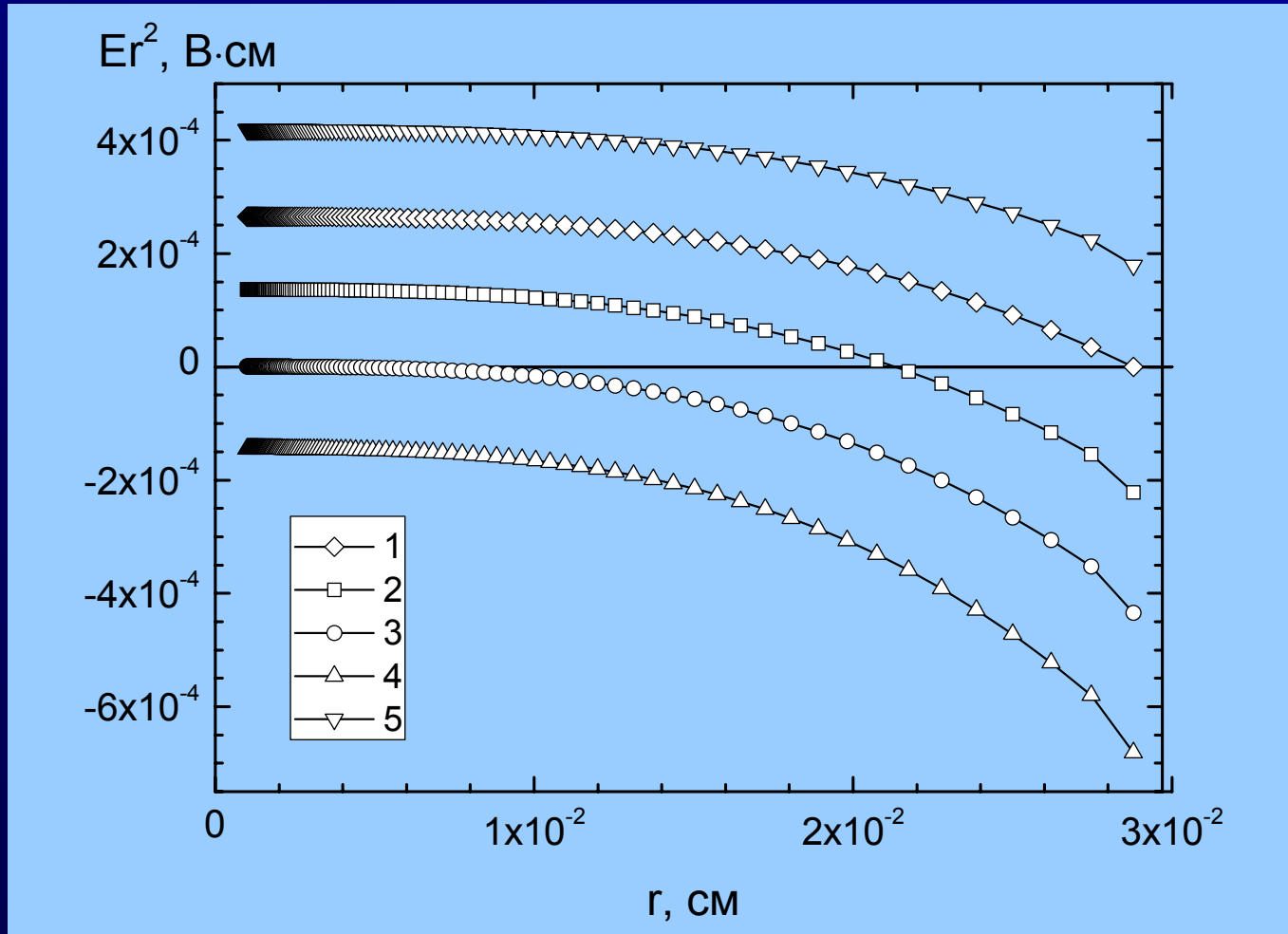
Распределение концентрации электронов



Распределение напряженности электрического поля



Распределение напряженности электрического поля при разных $n_{e|r=ad}$

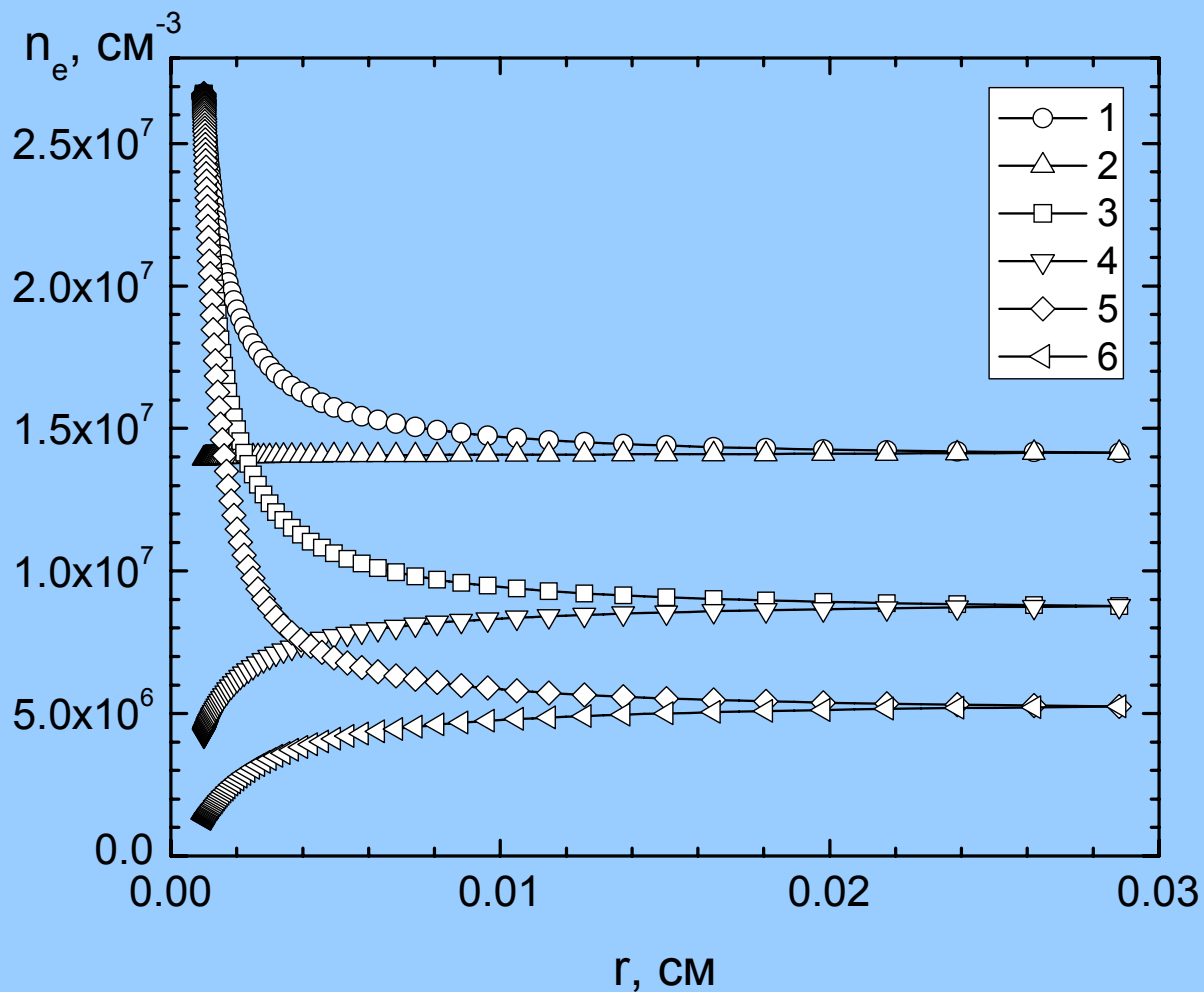


$1 - j_{e|r=ad} = 0, q = 1843, q_{eff} = 0;$
 $2 - n_{e|r=ad} = (n_{e0}n_{ed})^{1/2}, q = 946.8, q_{eff} = -1540;$
 $3 - n_{e|r=ad} = n_{e0}, q = 0, q_{eff} = -3019;$
 $4 - n_{e|r=ad} = 5/4n_{e0}, q = -1008, q_{eff} = -4732;$
 $5 - n_{e|r=ad} = 4/5n_{ed}, q = 2908, q_{eff} = 1247$

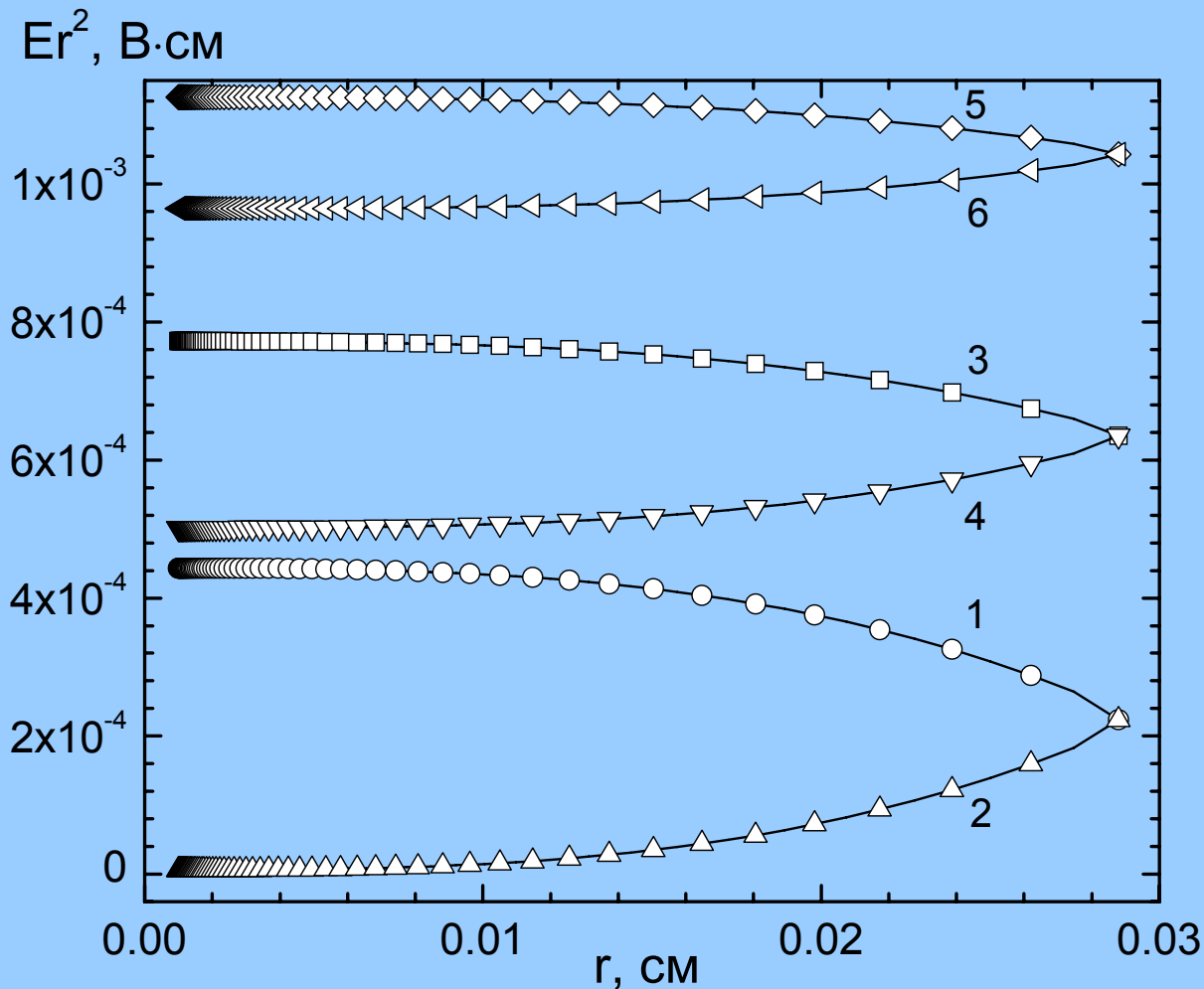
Заряд макрочастиц с разным эффективным потоком фотоэлектронов

Номер кривой	J_{eff} , $\text{см}^{-2}\text{с}^{-1}$	n_{e0} , см^{-3}	$n_{e r=ad}$, см^{-3}	q	q_{eff}
1	$3.66 \cdot 10^{14}$	$2.68 \cdot 10^7$	$1.42 \cdot 10^7$	3079.88	1553.07
2	$1.92 \cdot 10^{14}$	$1.40 \cdot 10^7$	$1.42 \cdot 10^7$	-43.01	-1553.1
3	$3.66 \cdot 10^{14}$	$2.68 \cdot 10^7$	$8.77 \cdot 10^6$	5362.98	4407.91
4	$9.02 \cdot 10^{13}$	$4.23 \cdot 10^6$	$8.77 \cdot 10^6$	-3482.2	-4407.9
5	$3.66 \cdot 10^{14}$	$2.68 \cdot 10^7$	$5.25 \cdot 10^6$	7819.91	7243.05
6	$3.66 \cdot 10^{13}$	$1.30 \cdot 10^6$	$5.25 \cdot 10^6$	-6695	-7243.1

Распределение электронов при разных J_{eff}



Распределение поля при разных J_{eff}



Для кривых
2, 4, 6
приведены
абсолютные
Значения
поля

**Спасибо за
внимание**