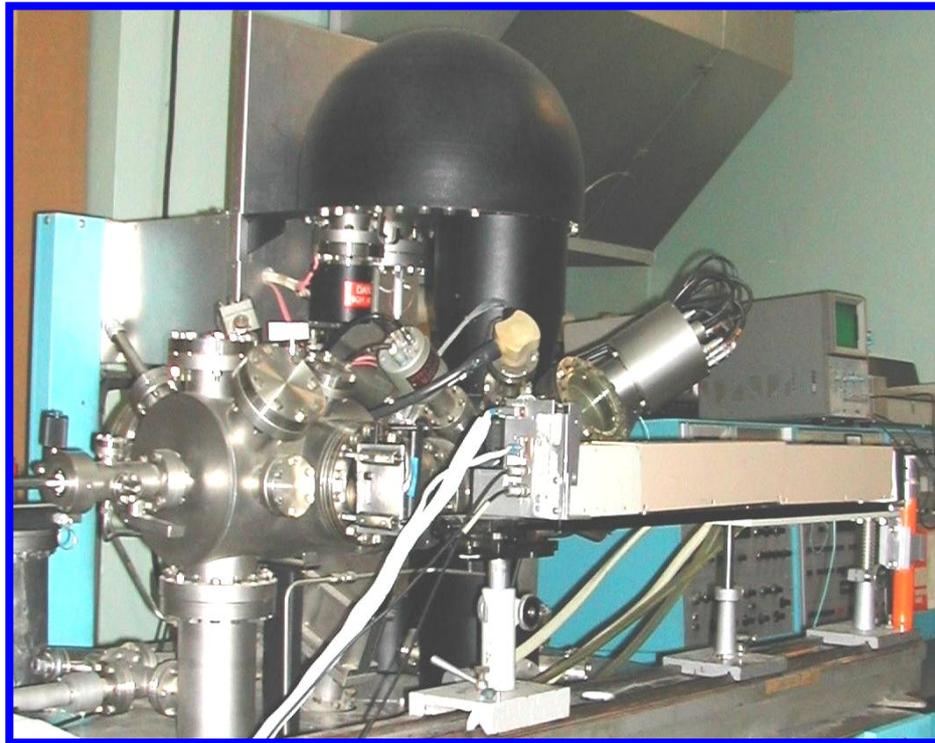
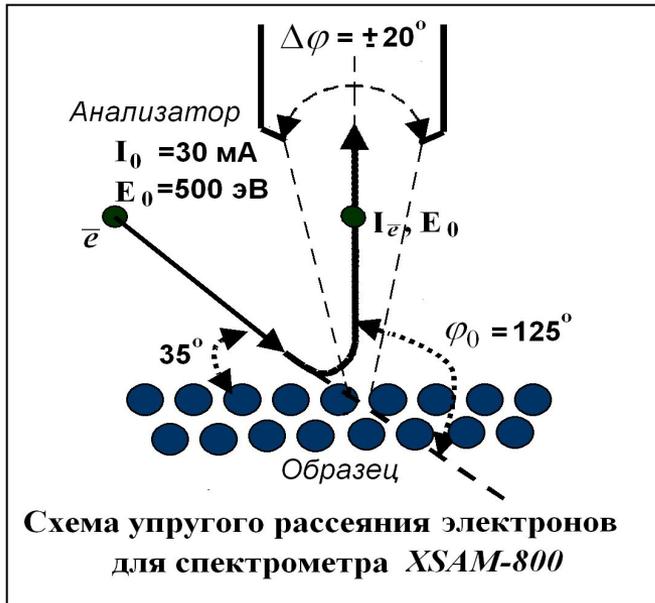


Лекция 8 Спектроскопия упруго-рассеянных электронов на отражение. Дифференциальное сечение упругого рассеяния электронов. Структурный фактор. Фактор Дебая-Валлера. Методика определение температуры плавления образца по зависимости интенсивности линии упругого пика от температуры.



Сверхвысоковакуумный электронный спектрометр XSAM-800

Интенсивность пика упруго рассеянных электронов



E_0
 I_0
 I_e
 N

- энергия электронов;
- ток падающего пучка;
- ток отраженного пучка;
- концентрация атомов образца;

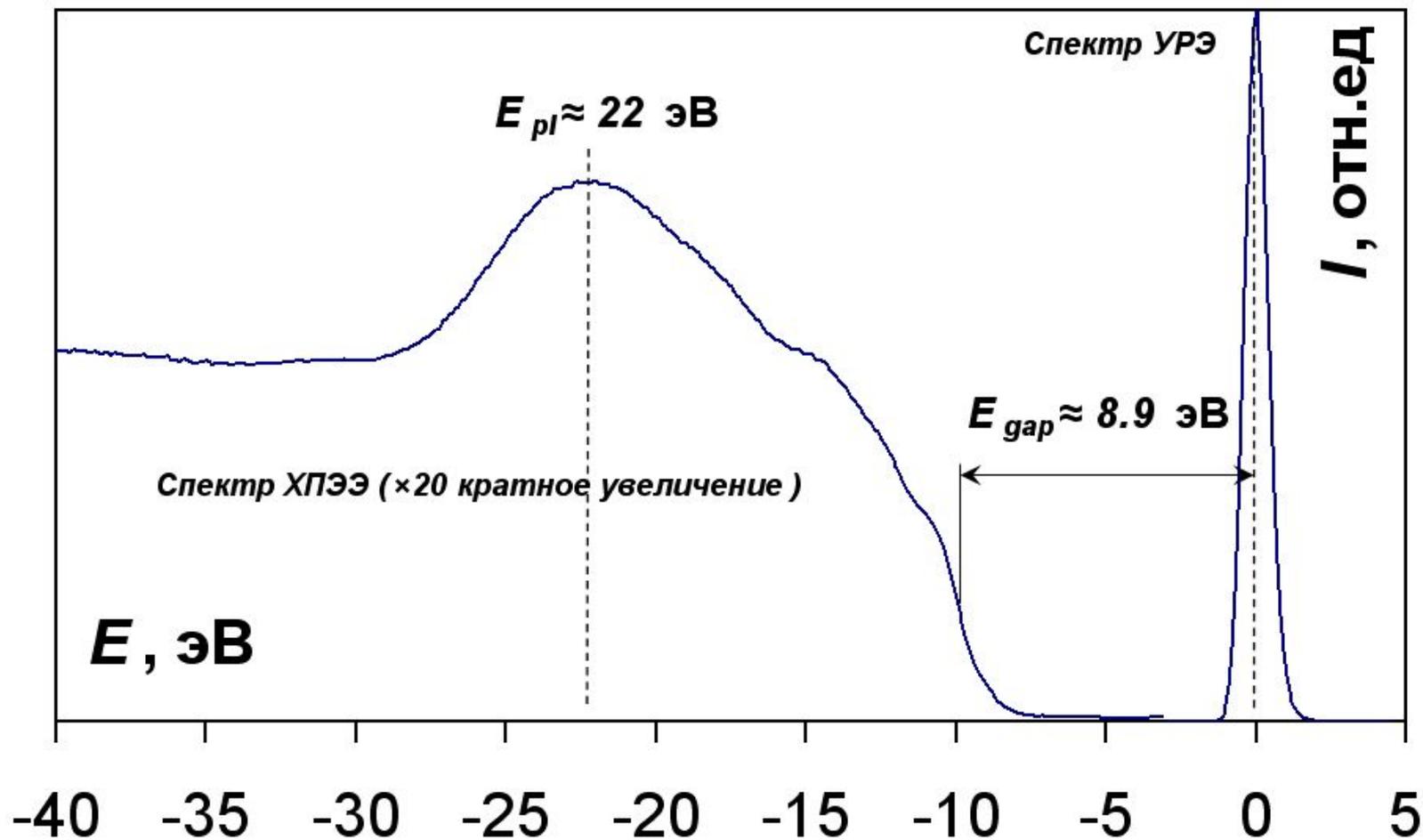
$\frac{d\sigma}{d\Omega}$

- дифференциальное сечение упругого рассеяния электронов на атомах образца;

$\lambda(E_0)$

- длина свободного пробега первичных электронов с энергией E_0 в образце по отношению к неупругим потерям.

$$I_e = 2\pi I_0 \lambda(E_0) N \int_{\varphi_0 - \Delta\varphi}^{\varphi_0 + \Delta\varphi} \frac{d\sigma}{d\Omega}(\varphi) \frac{\cos \varphi}{\cos \varphi - 1} \sin \varphi d\varphi$$



Экспериментальный спектр рассеяния отраженных электронов с энергией $E_0=500$ эВ на поверхности SiO_2 . На рисунке интенсивность спектра характеристических потерь энергии электронами увеличена в 20 раз по отношению к интенсивности пика упруго-рассеянных электронов.

Дифференциальное сечение упругого рассеяния:

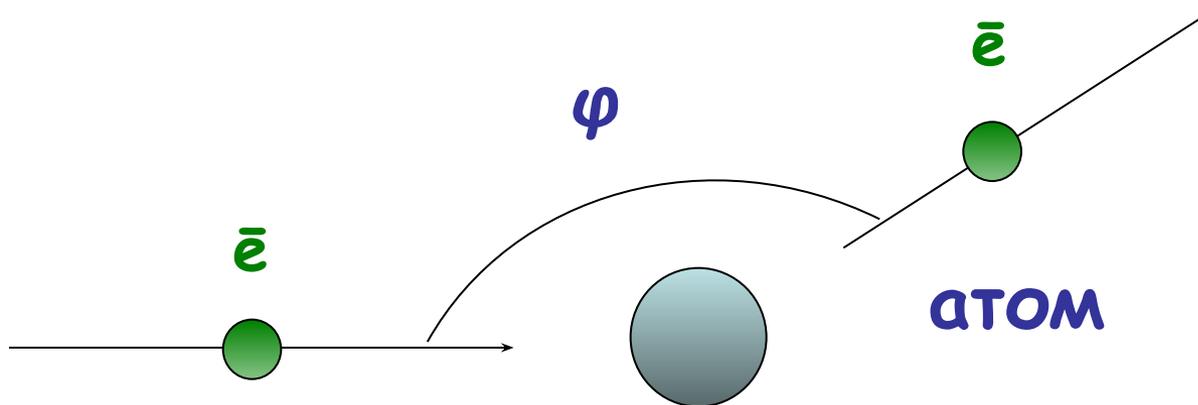
$$\frac{d\sigma_{cl}}{d\Omega}(\varphi) = |f(\varphi)|^2 S(q) \exp(-2W(q))$$

↑
↑
↑
Фактор Дебая-Валлера
Структурный фактор

Амплитуда рассеяния на атоме

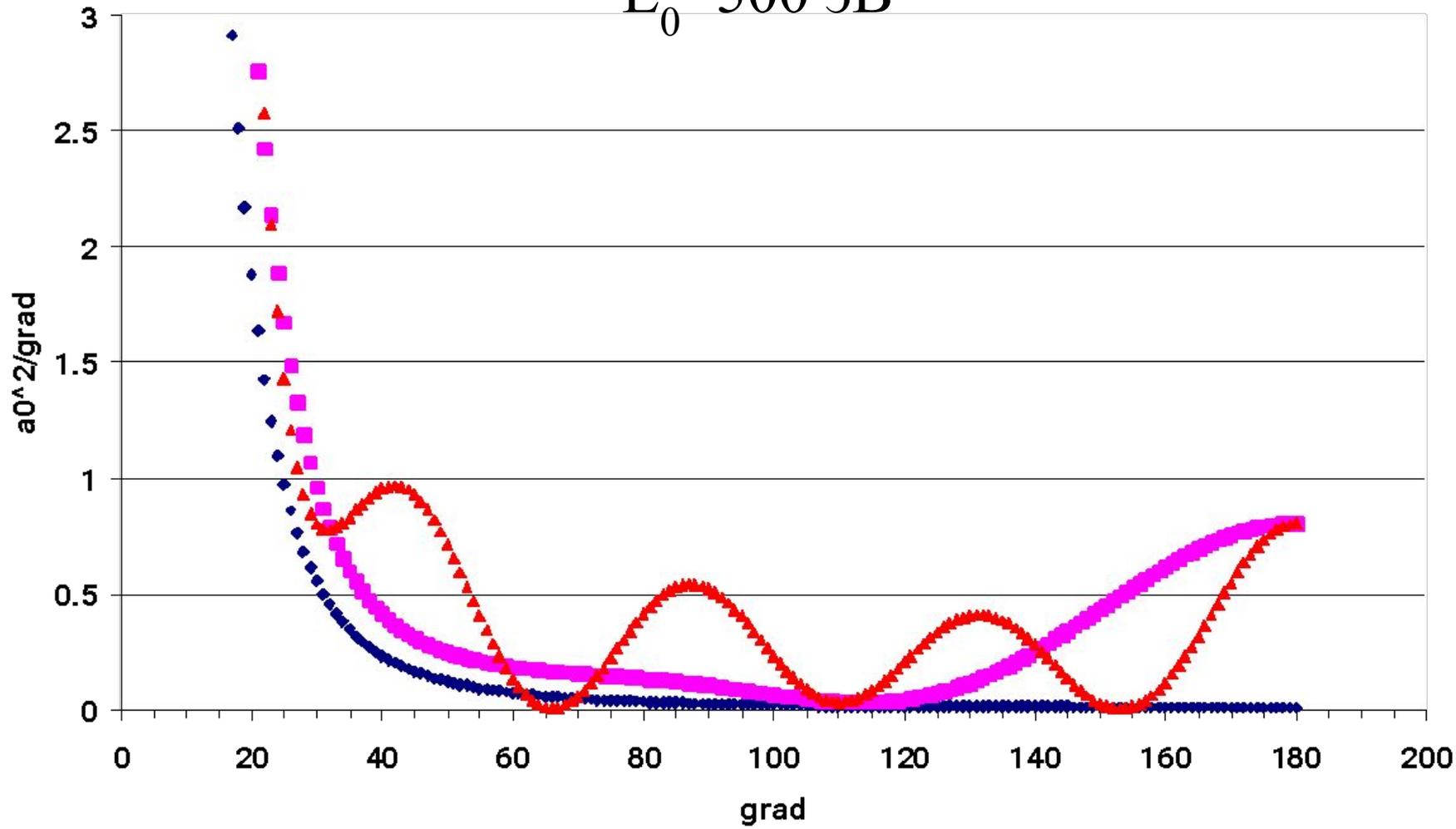
$$q = 2 \frac{\sqrt{2m_e E_0}}{\hbar} \sin(\varphi/2)$$

Волновой вектор рассеяния



Расчетное диф. сечение упругого рассеяния электронов для BULK

$$E_0 = 500 \text{ эВ}$$



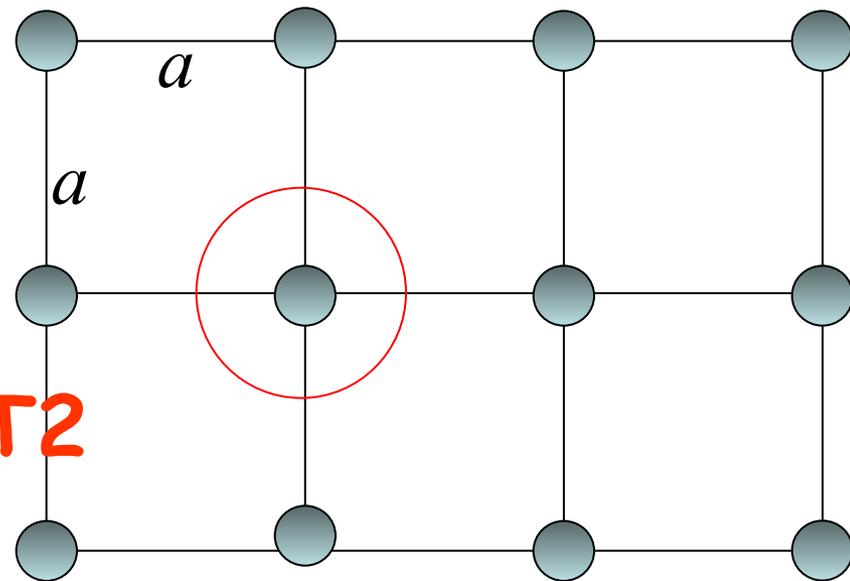
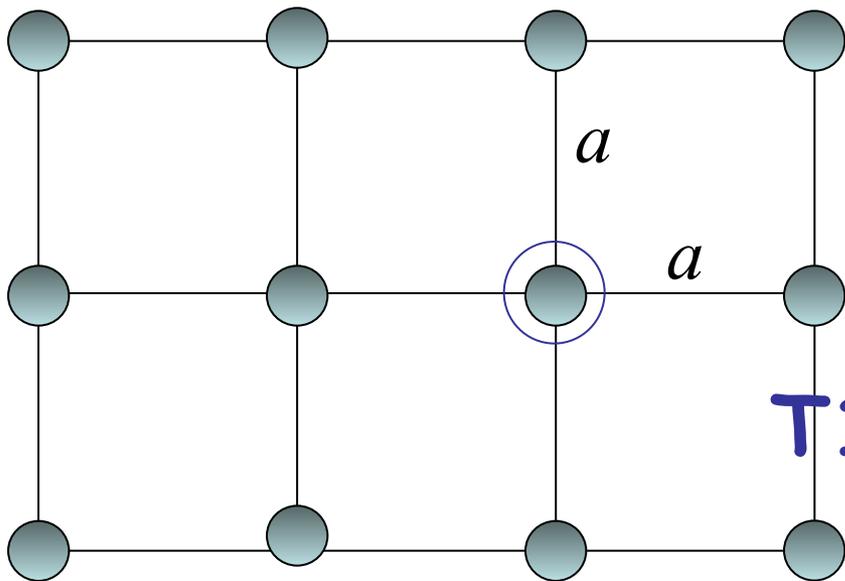
Фактор Дебая-Валлера

$$W(q) = -\frac{1}{2} q^2 \langle u^2 \rangle \stackrel{T > T_D}{\approx} \frac{3}{2} \frac{\hbar^2 q^2 T}{M k_B T_D^2}$$

$$T_D = \frac{3\hbar}{x_m a} \sqrt{\frac{T_m}{k_B M}} \quad \text{Температура плавления} \quad x_m = \sqrt{\langle u_{\max}^2 \rangle} / a$$

Температура Дебая

Параметр Линдемана

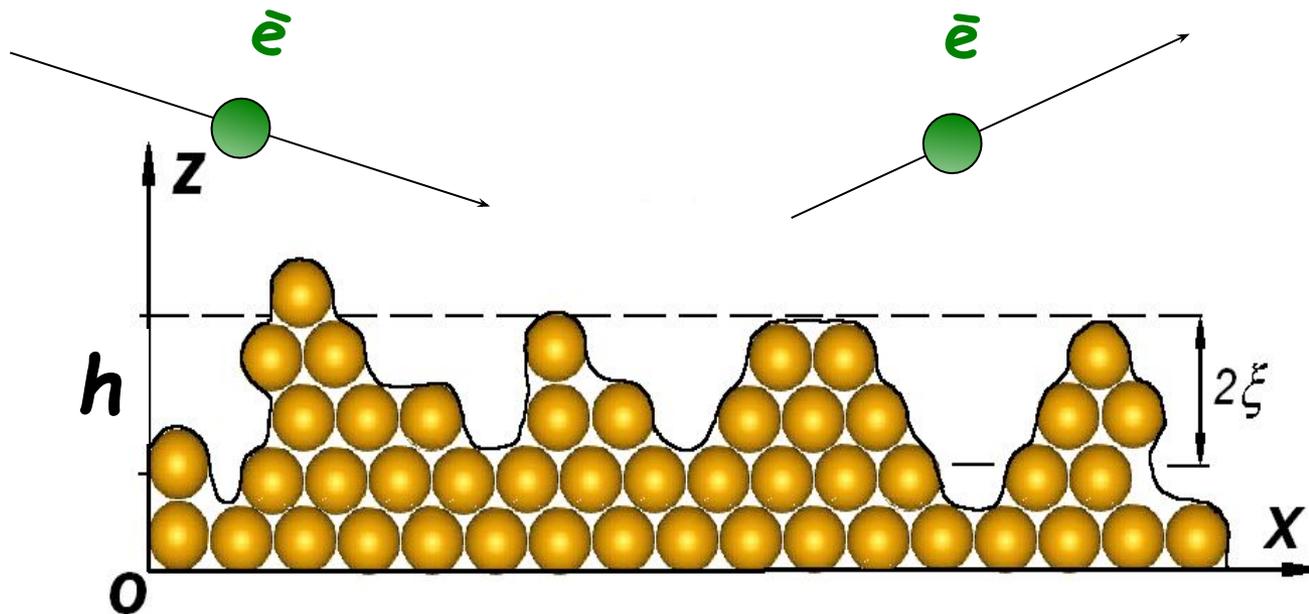


$T_1 \ll T_2$

Структурный фактор

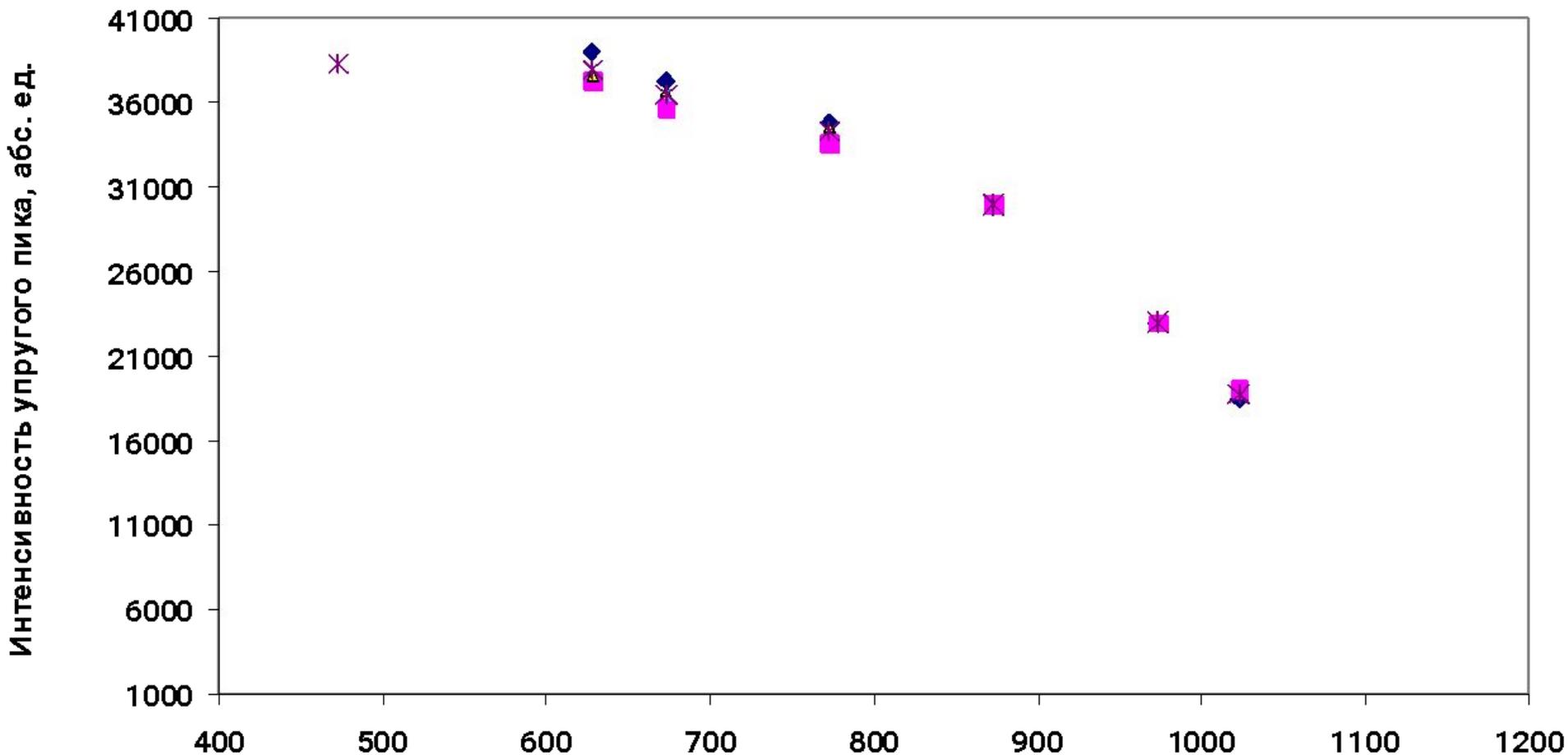
$S(q) \sim \exp\left(-q_z^2 \langle \xi^2 \rangle\right)$ структурный фактор для рассеяния на шероховатой поверхности $S(h)$

$\xi = h(x) - h$ отклонение от гладкой формы поверхности



Методика определение температуры плавления образца по зависимости интенсивности линии упругого пика от температуры.

Au объемный образец



$$I \sim \exp(-2W(q)) \approx \exp\left(-3 \frac{\hbar^2 q^2 T}{Mk_B T_D^2}\right)$$

Логарифм отношения интенсивности упругого пика для Au bulk в зависимости от температуры

