

**Задание 1: Фононы (срок сдачи — 29.10.2018, 11:00)**

**Задача Ф1.** (5 баллов) Доказать, что:

- а) Динамическая матрица  $\hat{D}_{\gamma\gamma'}(\mathbf{k})$  эрмитова.
- б)  $\hat{D}(-\mathbf{k}) = \hat{D}^T(\mathbf{k})$ .
- в)  $\omega(-\mathbf{k}) = \omega(\mathbf{k})$ .
- г) Свойство в) является следствием симметрии относительно обращения времени.

**Задача Ф2.** (5 баллов) Показать, что при малых  $\mathbf{k}$  акустические ветви фононного спектра имеют линейный закон дисперсии и этих ветвей 3 штуки.

**Задача Ф3.** (5 баллов) Найти зависимость диэлектрической проницаемости  $\varepsilon(\omega)$  для случая одномерного (во всех смыслах: расположение атомов и направление движения) двухатомного кристалла (массы атомов  $m_1$  и  $m_2$ , заряды  $q$  и  $-q$ ).

**Задача Ф4.** (5 баллов) Написать интеграл столкновений для процессов слияния в полной и в линеаризованной (по исходной функции распределения) форме.

**Задача Ф5.** (5 баллов)

- а) Доказать, что фактор Дебая-Уоллера можно записать в виде

$$e^{-2W} = \exp\left(-\frac{K^2}{3} \langle u^2 \rangle_T\right).$$

- б) Найти  $W(T)$  при  $T \gg T_D$  и  $T \ll T_D$  в модели Дебая (считая заданным параметром модели температуру Дебая  $T_D$ ).