

УДК 536.416

DOI: 10.17223/00213411/62/3/76

С.О. ГЛАДКОВ

**К ВОПРОСУ О ДИСПЕРСИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ, УПРУГИХ И ДИФФУЗИОННЫХ ВОЛН В КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ТВЕРДЫХ ТЕЛАХ**

Найдены дисперсионные зависимости частот собственных колебаний электромагнитных, упругих и диффузионных волн. Анализ основан на выводе общего инвариантного выражения для плотности функции Лагранжа в квадратичном по вектору деформаций  $\mathbf{u}(\mathbf{r}, t)$  внутренних точек упругодеформируемого тела, по потенциалам электромагнитного поля  $A(\mathbf{r}, t)$  и  $\varphi(\mathbf{r}, t)$  и по концентрации диффундирующего вещества  $n(\mathbf{r}, t)$  при учете их связи друг с другом. Благодаря методу наименьшего действия получены четыре связанных между собой линейных дифференциальных уравнения, из решения которых найдены все четыре спектра связанных частот  $\omega_i(k)$ , где индекс  $i = 1, 2, 3, 4$ , а  $k$  – волновой вектор. Отмечено, что найденные дисперсии играют важную роль в квантовом случае, если учитываются взаимодействия между всеми четырьмя составляющими, когда знание зависимостей  $\omega_i(k)$  необходимо.

*Ключевые слова:* дисперсия, ЭМ-потенциалы, деформация, концентрация, функция Лагранжа.

Настоящее исследование является логическим продолжением нашей предыдущей работы [1], в которой были рассмотрены собственные термоупругие колебания, всегда имеющие место в условиях нагрева или охлаждения упругодеформируемых твердых тел.

Здесь речь пойдет о несколько похожем явлении. Мы будем решать задачу, связанную с подробным аналитическим описанием связанных между собой упругих, электромагнитных (ЭМ) и диффузионных колебаний, которые всегда имеют место в любых твердых кристаллических (да и не только) упругодеформируемых телах в условиях проявления внутреннего диффузионного потока вещества. Стоит подчеркнуть, что подобная корреляция всегда имеет место и является проявлением обычных природных свойств любых твердых тел.

В этой связи стоит отметить, что учет корреляционной связи между упругими деформациями, диффузионными потоками и ЭМ-волнами чрезвычайно важен именно в том случае, если речь заходит о квантовых эффектах взаимодействия, к примеру, между фононами и фотонами в кристаллических твердых телах [2].

В отсутствие диффузионных потоков, влияние которых на деформацию металлических тел было замечено еще в 60-х годах прошлого столетия (см., к примеру, работы [3, 4]), чисто упругие ЭМ-колебания изучались примерно в то же самое время и также насчитывают массу публикаций по этой теме. Множество исследований по теме термоупругодиффузионных волн довольно подробно отражены, например, в монографиях [5, 6], а также в публикациях [7–21]. Что же касается вопросов, связанных с исследованием упругих, электромагнитных и диффузионных волн, то этот вопрос не был отражен ни в одной из известных нам публикаций и к настоящему моменту времени является открытым. Именно по этой простой причине мы и решили остановиться на подробном описании таких связанных колебаний в силу актуальности вышеназванной проблемы.

Для решения поставленной задачи весьма удобно воспользоваться методом наименьшего действия Лагранжа. Представим с этой целью плотность функции Лагранжа упругодеформируемого тела при учете ЭМ-полей и диффузионного потока в следующем инвариантном виде:

$$L\{\mathbf{u}, A, \varphi, n\} = \frac{\rho_b}{2} \left( \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} \right)^2 + \frac{1}{8\pi} \left( \frac{\varepsilon^2 \mu}{c^2} \dot{\varphi}^2 + \frac{\varepsilon}{c^2} \dot{A}^2 + \varepsilon \varphi \Delta \varphi + \frac{A}{\mu} \Delta A \right) - F_V - \rho \mathbf{E} \cdot \mathbf{u} - \rho \frac{[\mathbf{v} \times \mathbf{B}]}{c} \mathbf{u} + \varepsilon_1 \mathbf{u} \cdot \nabla n - K \beta \nabla T \cdot \mathbf{u} - \frac{\gamma}{2} (\nabla n)^2 - \theta \rho \left( \mathbf{E} + \frac{[\mathbf{v} \times \mathbf{B}]}{c} \right) \nabla n, \tag{1}$$

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>