



Колебания электронов в пространственно-периодических системах и фундаментальные процессы пробоя прозрачных материалов фемтосекундными лазерными импульсами

к.ф.-м.н. **Виталий Евгеньевич Груздев**

Национальный исследовательский университет ИТМО, С.-Петербург

Концепция осцилляций электронов в кристалле под действием внешнего электрического поля берёт своё начало в работах Блоха и Хьюстон. Однако революционным в современной физике лазерных воздействий на материалы стал учёт влияния колебаний электронов, индуцированных электромагнитным полем света, на процессы взаимодействия лазерного излучения с твёрдыми телами, впервые выполненный Л.В. Келдышем [1]. На сегодняшний день модель Келдыша [1] стала основным инструментом теоретического анализа и интерпретации многочисленных экспериментальных данных по ионизации вещества при воздействии фемтосекундных лазерных импульсов.

В этой лекции мы рассмотрим специфическую физику колебаний электронов в кристаллах под действием зависящих от времени электрических полей лазерных импульсов. Вводя нестационарные функции Блоха для осциллирующих электронов, на примере задачи о переходе электрона из осциллирующего состояния в валентной зоне в осциллирующее состояние зоны проводимости (двухзонная модель) мы проиллюстрируем основные элементы модели Келдыша – пондеромоторную энергию осциллирующих электронов, эффективную зонную структуру кристаллов, эффективную ширину запрещённой зоны, а также связь двух основных режимов фотоионизации (многофотонного и туннельного) с разными типами колебаний электронов. Особое внимание будет уделено вопросам, которые редко рассматриваются в публикациях, включая колебания электронов под действием излучения с циркулярной поляризацией, модификацию зонной структуры импульсами, несущими несколько периодов колебаний поля, а также ограничения двухзонной модели и необходимость учёта влияния высших зон проводимости [2].

Во второй части лекции мы рассмотрим, как интегрировать модель фотоионизации Келдыша в стандартные модели электронных возбуждений в прозрачных кристаллах под действием лазерных импульсов большой интенсивности. Будут обсуждаться вопросы согласования столкновительной и колебательной динамики электронов, а также режимы взаимодействий, обеспечивающие доминирование одной из них [2].

[1] Келдыш Л.В., Ионизация в поле сильной электромагнитной волны // ЖЭТФ. 1964. Т. 47. Р. 1945-1957.

[2] Груздев В.Е., Львов К.В., Стремоухов С.Ю. Моделирование нелинейного поглощения, ионизации и динамики свободных электронов в прозрачных материалах при воздействии фемтосекундного лазерного импульса большой мощности. СПб.: Медиапир, 2026.