

РАССЕЯНИЕ АТТОСЕКУНДНЫХ ИМПУЛЬСОВ НА ЛИНЕЙНОЙ ЦЕПОЧКЕ ИЗ АТОМОВ С УЧЁТОМ ИХ ТЕПЛОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

Макарова К.А.¹

¹) Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
E-mail: ksenya931408@yandex.ru

THE SCATTERING OF ATTOSECOND PULSES ON A LINEAR CHAIN OF ATOMS, TAKING INTO ACCOUNT THEIR THERMAL VIBRATIONS

Makarova K.¹

¹) Northern (Arctic) Federal University

It is shown that the influence of thermal vibrations of atoms significantly affects the scattering spectra of attosecond pulses of an electromagnetic field. In this work, a linear chain of identical atoms interacting with an attosecond pulse is studied in detail.

В настоящее время существует практическая возможность изучения химических и биологических процессов, а также различных процессов в наноструктурах в установках с использованием как существующих, так и перспективных рентгеновских лазеров на свободных электронах, например, Европейский рентгеновский лазер с свободными электронами (XFEL). Стали особо актуальными теоретические исследования процессов, происходящих в различных мишенях при их взаимодействии с ультракороткими импульсами, в том числе, процессов ионизации, возбуждения и рассеяния ультракоротких импульсов [1]. Значительное количество работ посвящено процессам ионизации и возбуждения, процессам же рассеяния ультракоротких импульсов посвящено сравнительно небольшое количество теоретических работ. Обычно в расчётах рассеяния ультракоротких импульсов электромагнитного поля (УКИ) на различного рода сложных системах используют аппарат адаптированный к рассеянию непрерывного излучения, не учитывая форму УКИ и его специфику. Такой подход является приближённым и по сути основан на классической теории рассеяния света. При использовании такого подхода не возможно по спектрам рассеяния идентифицировать сложную исследуемую мишень - сложные биомолекулы и наносистемы. Существует необходимость в развитии теории рассеяния УКИ не с учётом тепловых колебаний атомов, поскольку такие колебания могут вносить существенные изменения в спектры рассеяния, например, [2]. В данной работе, на основе теории, развитой в [3-5] показано и подробно изучены процессы рассеяния аттосекундного импульса электромагнитного поля на линейной цепочке состоящей из одинаковых атомов. Развитый подход имеет точное аналитическое решение, что позволяет провести подробный анализ изучаемых процессов. Показано, что тепловые колебания атомов необходимо учитывать в рентгеновском спектре УКИ.

Автор благодарит за научное консультирование и обсуждение сделанной работы д.ф.-м.н. Есеева М.К. и д.ф.-м.н. Макарова Д.Н.

1. Krausz F., Ivanov M. Attosecond physics. *Rev. Mod. Phys.* 81 163 (2009).
2. Д. Н. Макаров, В. И. Матвеев. Влияние тепловых колебаний на эффекты интерференции при переизлучении аттосекундных импульсов электромагнитного поля регулярными многоатомными системами // *Письма в ЖЭТФ*, 2015, Т. 101(9), с. 677 – 682.
3. Makarov D. N., Matveev V. I., Makarova K.A. Interference Processes During Reradiation of Attosecond Pulses of Electromagnetic Field by Graphene // *Russian Physics Journal*, 2018, V. 61, p. 19–24.
4. Makarov D.N., Eseev M.K., Makarova K.A. Analytical wave function of an atomic electron under the action of a powerful ultrashort electromagnetic field pulse // *Optics Letters*, 2019, V. 44(12), 3042-3045
5. Д. Н. Макаров, В. И. Матвеев. Эффекты интерференции при переизлучении ультракоротких импульсов электромагнитного поля многоатомными системами // *Журнал экспериментальной и теоретической физики*. 2013, Т. 144, 5, С. 905-913.

MATHEMATICAL MODELING OF THE CRYSTAL GROWTH IN BINARY SYSTEM

Makoveeva E.V.¹

¹) Laboratory of Multi-Scale Mathematical Modeling, Ural Federal University,
Yekaterinburg, Russia
E-mail: eugenyalm@gmail.com

This paper is aimed at studying the process of nucleation and crystal growth in binary systems at the intermediate stage of the phase transition with allowance for Meirs kinetics. The mathematical model of this process consists of the kinetic Fokker-Planck equation and the balance equation.

The phase transition process is divided into three main stages. At the first stage, particle growth occurs with constant supercooling. At the second stage, particles grow with the release of the latent heat of the phase transition, which compensates for the overcooling of the system. In the third stage, coalescence and coagulation processes (Ostwald's ripening theory) occur [1, 2]. In this paper, we will consider the processes occurring at the second (intermediate) stage of the phase transition. At this stage, the mathematical model consists of a Fokker-Planck type kinetic equation for the size distribution function of crystals and a balance equation for the degree of supercooling [3, 4].

The crystal-size distribution function $f(r,\tau)$ is described by the kinetic equation:

$$\frac{\partial f}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial r} \left(\frac{dr}{d\tau} f(r,\tau) \right) - \frac{\partial}{\partial r} \left(D \frac{\partial f}{\partial r} \right) = 0, \quad (1)$$

where r is the radius of crystals, τ is time, D is the diffusion coefficient.