

УДК 538.915

ВЛИЯНИЕ ЗАПАЗДЫВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И РЕАКЦИИ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЗОНАНСА ФАНО В СИСТЕМЕ НАНОЧАСТИЦ

П.А. ПЕТРОСЯН

Ереванский государственный университет, Ереван, Армения

e-mail: petrosyanpetros00@gmail.com

(Поступила в редакцию 11 апреля 2018 г.)

Рассмотрена система металлических наносфероидов в поле монохроматической световой волны в условиях проявления резонанса Фано. Размеры наносфероидов намного меньше длины волны падающего излучения, а расстояния между ними могут быть произвольными. Проведен анализ влияния межчастичного взаимодействия и поля реакции на неоднородность распределения энергии коллективных колебаний электронов в системе (эффективность резонанса Фано). Показано, что как запаздывание, так и поле реакции способствуют повышению эффективности резонанса.

1. Введение

Резонанс Фано в трехмерной системе наностержней в квазистатическом приближении, когда размеры системы намного меньше длины волны возбуждающего излучения, был рассмотрен недавно в работе [1]. Было показано, что трехмерность конфигурации наночастиц позволяет достичь очень больших значений эффективности резонанса Фано, определенной согласно работе [2].

В настоящей работе рассматривается резонанс Фано в системе, состоящей из пяти одинаковых металлических наночастиц, расположенных определенным образом в одной плоскости. Размеры частиц намного меньше длины волны λ возбуждающего светового поля, однако в отличие от случая, рассмотренного в работе [1], расстояния между частицами могут быть порядка длины волны или больше. Поэтому учитывается межчастичное взаимодействие не только через ближнее поле, но и через поля, напряженности которых убывают с расстоянием R как R^{-2} и R^{-1} , в отличие от напряженности дипольного ближнего поля, убывающего как R^{-3} . На расстояниях от излучающей частицы до точки наблюдения, сравнимых с длиной волны излучаемого света, напряженности всех трех полей

сравнимы друг с другом и с напряженностью поля самовоздействия (реакция излучения), поэтому последнее поле необходимо учитывать наравне с полями, описывающими межчастичное взаимодействие.

2. Оптические свойства наносферонидов

В настоящей работе рассматриваются стержневидные наночастицы, которые по геометрии похожи на удлиненные наносферониды. В зависимости от направления поляризации внешнего электромагнитного поля в наночастицах могут возникать либо продольные, либо поперечные плазмонные колебания. Такие наночастицы имеют оптическую анизотропию, т. е. резонансные частоты указанных мод плазмонных колебаний сильно отличаются [3]. Степень анизотропии зависит от отношения длины наностержня к его диаметру и с возрастанием этого отношения увеличивается разность частот продольных и поперечных колебаний. Это позволяет возбуждать тот или иной тип колебаний, выбирая частоту излучения. Для облегчения расчетов вместо наностержней рассмотрим идеальные наносферониды, так как суть явления от этого не изменится. Размеры сферонидов таковы: длинная ось $a = 25$ нм, короткие оси $b = c = 10$ нм. Поскольку эти размеры намного меньше оптической длины волны, внешнее поле можно считать однородным. Продольная поляризуемость наносфероида в этом приближении описывается выражением [4]

$$\alpha(\omega) = \left[\frac{\varepsilon(\omega) - \varepsilon_m}{\varepsilon_m + \zeta(\varepsilon(\omega) - \varepsilon_m)} \right] \frac{ab^2}{3}, \quad (1)$$

где ε_m – диэлектрическая проницаемость окружающей среды, ζ – деполяризующий фактор, который зависит от величины отношения a/b . При вышеупомянутых значениях осей имеем $\zeta = 0.135$.

Диэлектрическая проницаемость металлов $\varepsilon(\omega)$ зависит от частоты действующего поля. Для описания этой зависимости можно использовать экспериментальные значения [3], но удобнее использовать модель Друде [4]. Значения $\varepsilon(\omega)$ в этой модели в рассматриваемом частотном диапазоне довольно близки к экспериментальным [5] значениям диэлектрической проницаемости. Для золота примем аппроксимацию

$$\varepsilon(\omega) = 8 - \frac{\omega_p^2}{\omega(\omega + i\gamma)}, \quad (2)$$

где $\omega_p = 9$ эВ – плазменная частота электронного газа металла наночастицы, ω – частота внешней электромагнитной волны, взаимодействующей с наночастицей, и γ – константа релаксации.

В результате взаимодействия падающей электромагнитной волны с наночастицей в ней возбуждаются вынужденные коллективные колебания электронов, которые называются плазменными колебаниями. Их частота совпадает с частотой внешнего поля, а условие резонанса определяется знаменателем в формуле (1). При этом важно помнить, что $\varepsilon(\omega)$ есть комплексная функция частоты.

3. Система наночастиц и механизм резонанса Фано

Рассмотрим Н-образную систему из пяти наночастиц (рис.1), длинные оси которых находятся в плоскости XOY . Одна наночастица ориентирована параллельно оси Y , припишем ей номер 0. Длинные оси остальных четырех наночастиц, расположенных в вершинах квадрата, параллельны оси X , пронумеруем их как 1, 2, 3 и 4. Расстояния от центра наночастицы 0 до центров остальных наночастиц одинаковы и равны R_0 . Расстояние R_1 между наночастицами 1 и 2 равно расстоянию между наночастицами 3 и 4, а расстояние R_2 между наночастицами 1 и 3 равно расстоянию между наночастицами 2 и 4. Внешняя монохроматическая световая волна падает на систему вдоль оси Z таким образом, что направление поляризации совпадает с осью Y .

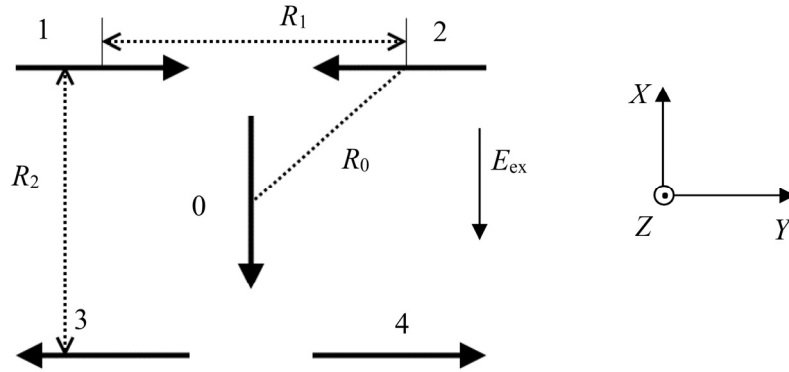


Рис.1. Н-образная конфигурация металлических наночастиц. Стрелки указывают направления дипольных моментов сфероидов для фиксированного момента времени.

Частота падающей волны близка к резонансной частоте продольных колебаний в наночастице, поэтому в наночастице 0 возбуждаются продольные колебания. Поскольку направление поляризации внешнего поля перпендикулярно осям остальных наночастиц, внешнее поле в них может возбудить лишь поперечные плазменные колебания, частота которых далека от резонанса. В формуле (1), в случае поперечных колебаний, в качестве деполяризующего множителя вместо ζ надо взять величину $(1-\xi)/2$, и при значении отношения осей сфероида $c/a = 3$ возбуждением поперечной моды можно пренебречь.

Механизм резонанса Фано в рассматриваемой системе лишь в деталях отличается от описанного в работе [1], поэтому обсудим его здесь кратко. Как уже отмечалось, частота внешней электромагнитной волны близка к частоте продольных колебаний в наночастицах. Внешняя электромагнитная волна возбудит колебания только в наночастице 0, а в остальных наночастицах, учитывая их ориентацию, продольные колебания не появятся. В наночастице 0 возникнут дипольные колебания, частота которых совпадет с частотой внешнего поля, поэтому наночастица 0 создаст свое дипольное поле. Частота дипольного излучения наночастицы 0 совпадает с продольной колебательной частотой остальных наночастиц, и поле, генерируемое наночастицей на местах нахождения наночастиц 1–4 будет иметь компоненты вдоль осей этих наночастиц, из-за чего в наночастицах 1–4 возбудятся продольные колебания с частотой внешнего излучения.

Таким образом, каждая частица создает свое дипольное поле, которое действует на все другие наночастицы системы. Поэтому, например, наночастица 1 будет под воздействием шести полей: поля реакции излучения, внешнего поля и полей, создаваемых наночастицами 0, 2, 3 и 4. При определенной частоте внешнего излучения, из-за деструктивной интерференции внешнего поля, поля реакции и суммарного поля наночастиц может произойти следующее: напряжённость результирующего поля в месте нахождения наночастицы 0 станет весьма близкой к нулю, а в остальных наночастицах амплитуда колебаний при этой частоте будет намного больше амплитуды колебаний в частице 0.

Следует подчеркнуть, что если размеры системы сравнимы с длиной волны, характер интерференции будет зависеть также и от расстояния между частицами хотя бы потому, что эта величина определяет фазу излученной волны. Это и есть резонанс Фано, главной особенностью которого является аккумуляция энергии колебаний в тех частицах, которые непосредственно не возбуждаются внешним полем. Другая особенность заключается в том, что результирующее поле, действующее на частицу 0 минимально, и поэтому индуцированный дипольный момент тоже мал. Если к тому же из-за симметрии системы суммарный дипольный момент равен нулю, как в нашем случае, то излучательные потери системы практически будут равны нулю.

4. Расчет

Наша задача рассчитать мощность поглощения электромагнитной волны в частицах 0 и 1–4. Из-за симметричного расположения наночастиц 1–4 относительно наночастицы 0 ясно, что мощность поглощения будет одной и той же.

Мощность поглощения электромагнитной волны для N наночастицы с дипольными колебаниями выражается в виде [1]:

$$N = \frac{\omega}{2} \text{Im}(\alpha) |E|^2, \quad (3)$$

где E – амплитуда результирующего поля, действующего на данную частицу. Поле диполя с моментом $\mathbf{p}$ описывается следующим выражением [6]:

$$\mathbf{E} = \mathbf{p} \left(\frac{k^2}{R} + \frac{ik}{R^2} - \frac{1}{R^3} \right) e^{ikR} + \mathbf{n}(\mathbf{n}, \mathbf{p}) \left(-\frac{k^2}{R} - \frac{3ik}{R^2} + \frac{3}{R^3} \right) e^{ikR}. \quad (4)$$

Здесь R – расстояние от наночастицы до точки, где рассматривается поле наночастицы, $k = \omega/c$ – модуль волнового вектора и $\mathbf{n}$ – единичный вектор, направленный от наночастицы к точке, где рассматривается поле.

Рассмотрим теперь поле реакции излучения, которое задается в виде [6]

$$\mathbf{E}_r = \frac{2}{3c^3} \ddot{\mathbf{p}},$$

или для Фурье-компонент

$$\mathbf{E}_{r\omega} = \frac{16\pi^3}{3\lambda^3} i\mathbf{p}.$$

Заменяя в формуле (4) k на $2\pi/\lambda$, видим, что при $R \ll \lambda$ основной вклад во взаимодействие дает статическое диполь-дипольное взаимодействие, убывающее как R^{-3} , при $R \gg \lambda$ остается лишь поле волновой зоны, которое пропорционально R^{-1} , а при $R \sim \lambda$ все напряженности, включая поле реакции, сравнимы по величине.

Для простоты представим формулу (4) в виде суммы двух функций $A(R)$ и $B(R)$:

$$A(R) = \left(\frac{k^2}{R} + \frac{ik}{R^2} - \frac{1}{R^3} \right) e^{ikR}, \quad (5)$$

$$B(R) = \left(-\frac{k^2}{R} - \frac{3ik}{R^2} + \frac{3}{R^3} \right) e^{ikR}. \quad (6)$$

Обозначим проекцию поля наночастицы i на месте наночастицы j через E_{ij} , единичный вектор, направленный от наночастицы i к наночастице j , через $\mathbf{n}_{ij}$, а единичный вектор дипольного момента наночастицы i обозначим той же буквой, но с одним индексом $\mathbf{n}_i$.

На диполь будет действовать лишь та компонента поля, которая направлена вдоль длинной оси сфероида. На наночастицу 0 действуют поля

$$E_{10} = E_{20} = p_1(\mathbf{n}_{01}\mathbf{n}_1)(\mathbf{n}_{01}\mathbf{n}_0)B(R_0), \quad (7)$$

$$E_{30} = E_{40} = p_1(\mathbf{n}_{30}\mathbf{n}_3)(\mathbf{n}_{30}\mathbf{n}_0)B(R_0), \quad (8)$$

и внешнее поле E_{ex} . Из-за симметрии действующие на наночастицы 2 и 1 поля одинаковы и определяются выражениями

$$E_{01} = E_{02} = p_0(\mathbf{n}_{01}\mathbf{n}_1)(\mathbf{n}_{01}\mathbf{n}_0)B(R_0), \quad (9)$$

$$E_{12} = E_{21} = -p_1(B(R) + A(R)), \quad (10)$$

$$E_{32} = E_{41} = p_3A(2R) + p_3B(2R)(\mathbf{n}_3, \mathbf{n}_{32})^2. \quad (11)$$

Поскольку $(\mathbf{n}_3, \mathbf{n}_{32})^2 = (\mathbf{n}_1, \mathbf{n}_{14})^2$, можно добавить следующее:

$$E_{32} = E_{41} = E_{23} = E_{14}. \quad (12)$$

Учитывая симметрию, можно написать аналогичные уравнение для наночастиц 3 и 4:

$$E_{03} = E_{04} = p_0(\mathbf{n}_{03}\mathbf{n}_3)(\mathbf{n}_{03}\mathbf{n}_0)B(R_0), \quad (13)$$

$$(\mathbf{n}_{03}\mathbf{n}_3)(\mathbf{n}_{03}\mathbf{n}_0) = (\mathbf{n}_{01}\mathbf{n}_1)(\mathbf{n}_{01}\mathbf{n}_0). \quad (14)$$

Рассмотрим взаимодействие наночастиц 1 с 2 и 3 с 4. Наночастицы 1 и 2 находятся на одной прямой и их дипольные моменты направлены в противоположные стороны. То же самое можно сказать о наночастицах 3 и 4, поэтому можно написать

$$E_{12} = E_{21} = E_{34} = E_{43}. \quad (15)$$

Теперь рассмотрим взаимодействие наночастиц 1 с 3 и 2 с 4. Как и в предыдущем случае наночастицы 1 и 3 параллельны друг другу, а их дипольные моменты направлены в противоположные стороны, но с той разницей, что они не находятся на одной прямой. Поле взаимодействия между наночастицами 1 и 3 имеет вид

$$E_{31} = E_{13} = -p_3A(R). \quad (16)$$

Учитывая симметрию системы, справедливо следующее:

$$E_{31} = E_{13} = E_{24} = E_{42} = -p_3A(R). \quad (17)$$

Суммарное поле, действующее на наночастицу 0 будет суммой полей всех наночастиц на месте наночастицы 0:

$$E_0 = E_{10} + E_{20} + E_{30} + E_{40} + E_{\text{ext}} + E_{r0}. \quad (18)$$

Из-за симметрии общие поля, действующие на наночастицы 1 и 2, одинаковы и равны:

$$E_1 = E_2 = E_{21} + E_{31} + E_{41} + E_{01} + E_{r1}. \quad (19)$$

Аналогичное выражение можно написать для наночастиц 3 и 4:

$$E_3 = E_4 = E_{13} + E_{23} + E_{43} + E_{03} + E_{r3}. \quad (20)$$

Из-за равенства $E_{01} = E_{03}$, $E_{41} = E_{23}$, $E_{31} = E_{13}$ и $E_{21} = E_{43}$ для E_1 , E_2 , E_3 , E_4 можно написать следующее выражение:

$$E_1 = E_2 = E_3 = E_4. \quad (21)$$

Дипольный момент наночастицы, где имеют место дипольные колебания, рассчитывается из выражения

$$\mathbf{p} = \alpha \mathbf{E}. \quad (22)$$

Отсюда дипольные моменты наночастиц 0 и 1 определяются как

$$p_1 = \alpha(E_{21} + E_{31} + E_{41} + E_{01} + E_{r1}), \quad (23)$$

$$p_0 = \alpha(E_{10} + E_{20} + E_{30} + E_{40} + E_{\text{ext}} + E_{r0}). \quad (24)$$

Подставляя формулы (7)–(11) и (17) в выражения (19) и (20), после некоторых преобразований с учетом формулы (25) для p_1 и p_0 получим выражения:

$$p_1 = \frac{\alpha^2 E_{\text{ex}} B(R_0)(\mathbf{n}_{01}\mathbf{n}_0)(\mathbf{n}_{01}\mathbf{n}_1)}{\left(1 - \alpha M(R) - \alpha \frac{2i\omega^3}{3c^3}\right) \left(1 - \frac{2i\omega^3}{3c^3}\right) - \alpha^2 B(R_0)^2 (\mathbf{n}_{01}\mathbf{n}_0)^2 (\mathbf{n}_{01}\mathbf{n}_1)^2}, \quad (25)$$

$$p_0 = \frac{\alpha E_{\text{ex}} \left(1 - \alpha M(R) - \alpha \frac{2i\omega^3}{3c^3}\right)}{\left(1 - \alpha M(R) - \alpha \frac{2i\omega^3}{3c^3}\right) \left(1 - \frac{2i\omega^3}{3c^3}\right) - \alpha^2 B(R_0)^2 (\mathbf{n}_{01}\mathbf{n}_0)^2 (\mathbf{n}_{01}\mathbf{n}_1)^2}. \quad (26)$$

Для E_0 и E_1 с учетом формулы (18) получаем:

$$E_0 = \frac{E_{\text{ex}} \left(1 - \alpha M(R) - \alpha \frac{2i\omega^3}{3c^3}\right)}{\left(1 - \alpha M(R) - \alpha \frac{2i\omega^3}{3c^3}\right) \left(1 - \frac{2i\omega^3}{3c^3}\right) - \alpha^2 B(R_0)^2 (\mathbf{n}_{01}\mathbf{n}_0)^2 (\mathbf{n}_{01}\mathbf{n}_1)^2}, \quad (27)$$

$$E_1 = \frac{\alpha E_{\text{ex}} B(R_0)(\mathbf{n}_{01}\mathbf{n}_0)(\mathbf{n}_{01}\mathbf{n}_1)}{\left(1 - \alpha M(R) - \alpha \frac{2i\omega^3}{3c^3}\right) \left(1 - \frac{2i\omega^3}{3c^3}\right) - \alpha^2 B(R_0)^2 (\mathbf{n}_{01}\mathbf{n}_0)^2 (\mathbf{n}_{01}\mathbf{n}_1)^2}, \quad (28)$$

где $M(R) = A(2R) - 2A(R) - B(R) + B(2R)(\mathbf{n}_{32}\mathbf{n}_3)^2$.

Из формулы (3) мощность поглощения наночастицы 0 имеет вид

$$N_0 = \frac{\omega}{2} \text{Im}(\alpha) |E_0|^2. \quad (29)$$

Для системы наночастиц 1, 2, 3 и 4

$$N_{1234} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4. \quad (30)$$

С учетом соотношения (21) для N_{1234} получим

$$N_{1234} = 2\omega \operatorname{Im}(\alpha) |E_1|^2. \quad (31)$$

5. Результаты

Волновой вектор $\mathbf{k}$ который находится в функциях $A(R)$ и $B(R)$, зависит от ω как $k = \omega/c$, где c – скорость света в среде. Из уравнения для $\mathbf{k}$ общее электрическое поле, действующее на наночастицы, зависит только от частоты внешнего электрического поля и расстояния между наночастицами. Если расстояние зафиксировано, то общее электрическое поле зависит только от частоты внешнего поля. Характер амплитуды резонирующих частот для резонанса Фано, как известно, имеет вид двух максимумов для каждой частоты. Аналогичный вид имеют амплитуды полей, действующих на наночастицы. На рис.2 показаны напряженности поля для наночастицы 0 и системы наночастиц 1, 2, 3, 4. Расстояние между наночастицами 1, 2, 3, 4 одинаково и равно 40 нм. Один из максимумов для обеих кривых получается при частоте внешнего поля ~ 2.35 эВ, а другой при ~ 1 эВ. Между этими максимумами имеется спад в энергии поглощения при ~ 2 эВ.

Для наночастицы 0 этот спад настолько велик, что на частоте 1.96 эВ мощность поглощения составляет примерно 4.5 условных единиц, в то время как для

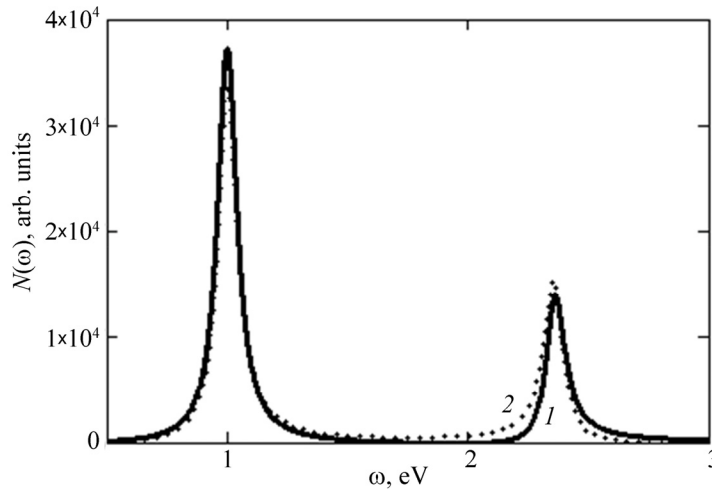


Рис.2. Мощность поглощения наночастиц в условных единицах: 1 – для наночастицы 0 и 2 – для системы наночастиц 1–4.

системы наночастиц 1, 2, 3 и 4 эта величина не опускается ниже отметки 550. Причиной этого является деструктивная интерференция. На частотах ~ 2 эВ сумма внешнего электрического поля и полей, создаваемых наночастицами на месте наночастицы 0, будет практически равна нулю. В этом заключается суть резонанса Фано. Из рис.2 видно, что в системе наночастиц 1, 2, 3 и 4 на частотах ~ 2 эВ накапливается больше поглощенной системой энергии, чем в наночастице 0.

Возникает вопрос, при какой частоте внешнего поля неоднородность распределения поглощенной энергии в системе будет самой большой. Для ответа на него достаточно рассмотреть зависимость отношения $N_{1234}(\omega)$ к $N_0(\omega)$, которая называется эффективностью резонанса Фано (FRE). Она была впервые введена в работе [7] как характеристика неоднородности распределения энергии колебаний между частями системы

$$\text{FRE}(\omega) = \frac{N_{1234}(\omega)}{N_0(\omega)}. \quad (32)$$

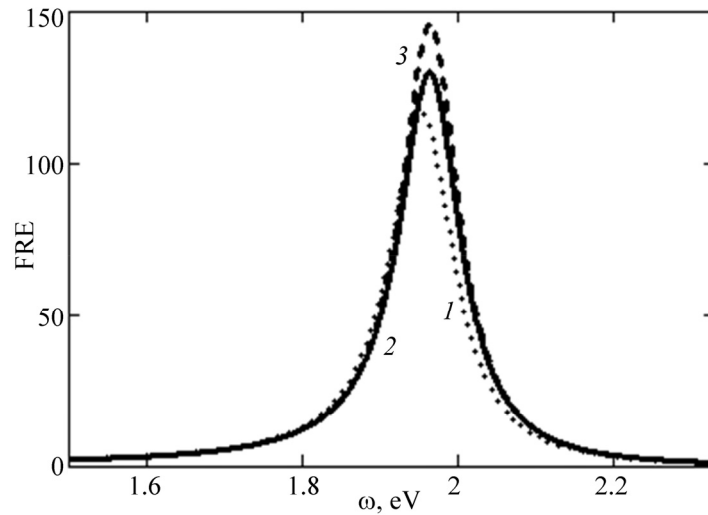


Рис.3. Эффективность резонанса Фано: 1 – степень распределения без учета запоздания, 2 – в приближении дальнего поля и 3 – степень распределения поля с учётом запоздания.

Рассмотрим как меняется это соотношение, когда не учитывается эффекты запаздывания. Как видно рис.3, при учете эффектов запаздывания увеличивается FRE. Это важный результат для дальнейшего изучения резонанса Фано. В приближении дальнего поля происходит обратный эффект – эффективность резонанса Фано уменьшается.

Оказывается, что с уменьшением расстояния между наночастицами эффективность резонанса Фано увеличивается. Частота, при которой FRE получает свое максимальное значение, тоже изменяется, хотя это изменение незначительно. При уменьшении расстояния между наночастицами частота максимума FRE увеличивается.

Учет поля реакции увеличивает эффективность резонанса Фано при любых расстояниях между наночастицами. Практически для всех расстояний учет поля реакции увеличивает эффективность резонанса Фано примерно на 12%. Например, когда расстояние между наночастицами равно 30 нм, эффективность увеличивается на 12.2%, а когда расстояние равно 58 нм, эффективность увеличивается на 12.03%, при 40 нм – на 12.07%.

6. Заключение

На примере простой модели металлических наночастиц показано, что при расчете эффективности резонанса Фано необходимо учитывать поле реакции излучения, вклад которого в эффективность составляет более десяти процентов. При уменьшении расстояния между наночастицами эффективность резонанса Фано растет в любом случае, но учет поля реакции увеличивает эффективность на 12%. Кроме того, показано, что учет запаздывания взаимодействия между частицами также приводит к увеличению FRE.

Данная работа выполнена при поддержке программы финансирования совместных германо-армянских проектов, Проект no. 16GE-038.

Автор выражает благодарность А.О. Меликян и Г.Р. Минасяну за обсуждения и внимание к работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.О. Меликян, А.Р. Минасян, П.А. Петросян. Известия НАН Армении, Физика, **52** 435 (2017).
2. B. Luk'yanchuk, N.I. Zheludev, S.A. Maier, N.J. Halas, P. Nordlander, H. Giessen, C.T. Chong. Nature Mater, **9**, 707 (2010).
3. A. Melikyan, H. Minassian. Chem. Phys. Lett., **452** 139 (2008).
4. К. Борен, Д. Хафмен. Поглощение и рассеяние света малыми частицами. Москва, Мир, 1986.
5. P.B. Johnson, R.W. Christy. Phys. Rev. B, **6**, 4370 (1972).
6. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теория поля. Физматлит, Москва, 1962.
7. M.R. Gonçalves, A. Melikyan, H. Minassian, T. Makaryan, O. Marti. Optics Express, **22**, 24516 (2014).

ՓՈԽԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ՌԻՇԱՑՄԱՆ ԵՎ ՃԱՌԱԳԱՅԹՄԱՆ ՌԵԱԿՑԻԱՅԻ
ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՖԱՆՈՅԻ ՌԵԶՈՆԱՆՍԻ ԷՖԵԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ՎՐԱ
ՆԱՆՈՄԱՍՆԻԿՆԵՐԻ ՀԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄ

Պ.Ա. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

Աշխատանքում դիտարկվել է մետաղական նանոսֆերոիդների համակարգը մոնոքրոմատիկ լուսային ալիքի դաշտում Ֆանոյի ռեզոնանս առաջանալու պայմաններում: Նանոսֆերոիդների չափերը շատ անգամ փոքր են ընկնող ճառագայթման ալիքի երկարության չափերից, բայց նրանց միջև հեռավորությունները կարող են կամայական լինել: Կատարվում է համակարգում էլեկտրոնների կոլեկտիվ տատանումների էներգիայի բաշխման անհամասեռության վրա (Ֆանոյի ռեզոնանսի էֆեկտիվություն) միջմասնիկային հեռավորության և ռեակցիայի դաշտի ազդեցության անալիզ: Ցույց է տրված, որ ուշացումը ինչպես և ռեակցիայի դաշտը խթանում են ռեզոնանսի էֆեկտիվությունը:

INFLUENCE OF INTERACTION RETARDATION AND RADIATION
REACTION ON THE FANO RESONANCE EFFICIENCY IN THE
SYSTEM OF NANOPARTICLES

P.A. PETROSYAN

The system of metallic nanospheroids in the field of monochromatic light wave under conditions of the Fano resonance is considered. Dimensions of the nanospheroids are much smaller than the wavelength of the incident radiation, but distances between them can be arbitrary. An analysis is made of the influence of the interparticle interaction and the reaction field on the inhomogeneity of the energy distribution of the collective oscillations of electrons in the system (Fano resonance efficiency). It is shown that both the retardation and the reaction field contribute to an increase in the resonance efficiency.