

Численный расчет характеристик поверхностного фотоэффекта в плазмонных наночастицах

Н. Талбанова

*департамент электронной инженерии МИЭМ ВШЭ,
магистерская программа “Материалы. Приборы. Нанотехнологии”*

Научный руководитель: Р. Ш. Ихсанов

*департамент электронной инженерии МИЭМ
ВШЭ,*

к.ф.-м.н., доцент

Семинар Лаборатории квантовой наноэлектроники



**NATIONAL RESEARCH
UNIVERSITY**

Введение в тему

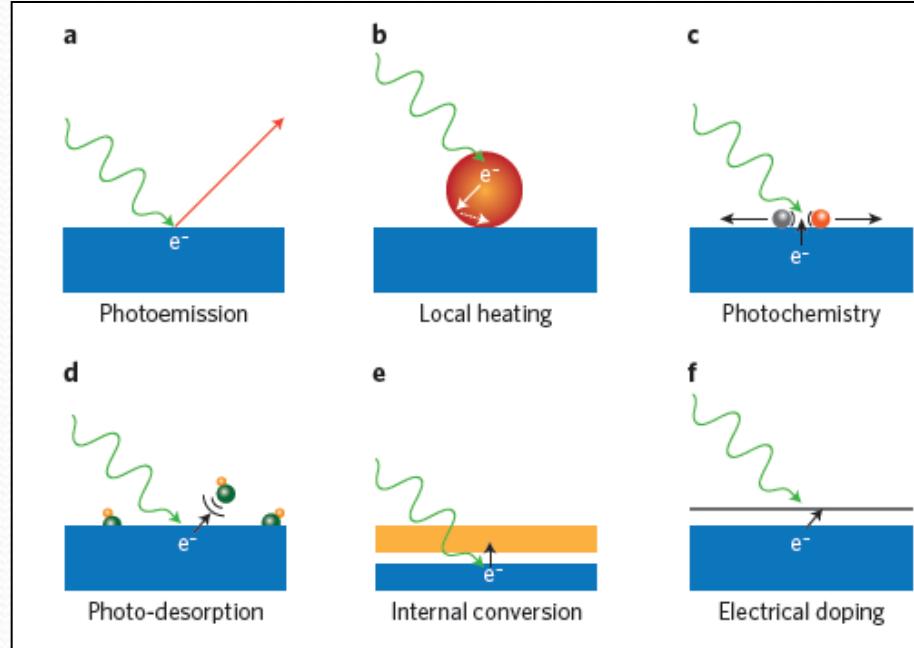


Рис. из статьи M.L. Brongersma, N.J. Halas and P. Nordlander Plasmon-induced hot carrier science and technology. // Nat Nanotechnol. 2015 Jan;10(1):25-34.

Possible applications of photoemission from metal:

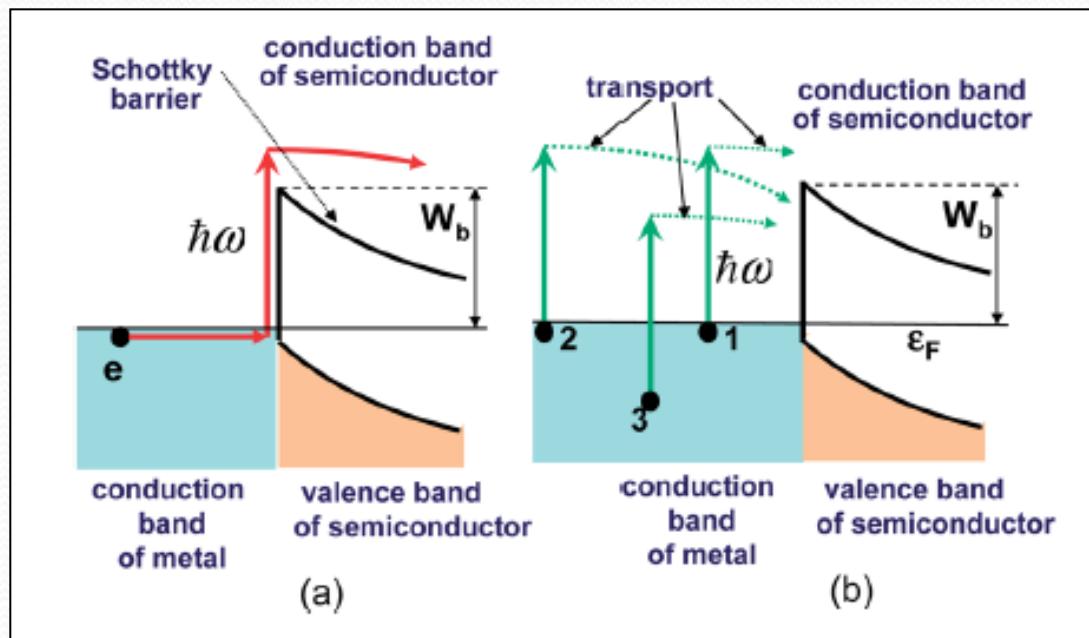
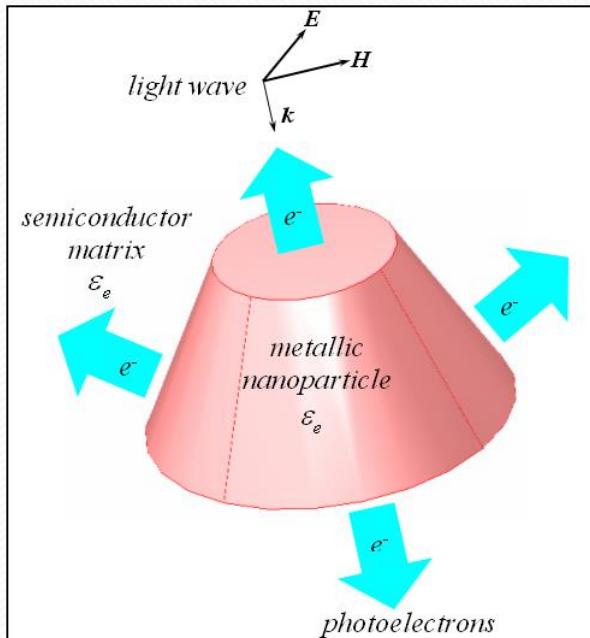
- a) Photoemission from metal surface
- b) Local heating of a metallic nanostructure
- c) Hot electrons can induce photochemical reactions on a metal surface
- d) Photo-desorption of small molecules from the surface
- e) Generation of photocurrent
- f) Electrical doping of semiconductor layer

Два механизма фотоэмиссии из металлических наночастиц

для абсорбции фотона электроном необходимо столкновение с третьим телом (закон сохранения импульса)



- (1) Столкновение электрона с потенциалом на границе металл-полупроводник (“поверхностный механизм фотоэффекта”, или “таммовский механизм”)
- (2) Столкновение электрона с фононами внутри металла (“объемный механизм фотоэффекта”)



Металлическая наночастица в полупроводниковой матрице

Два механизма фотоэффекта

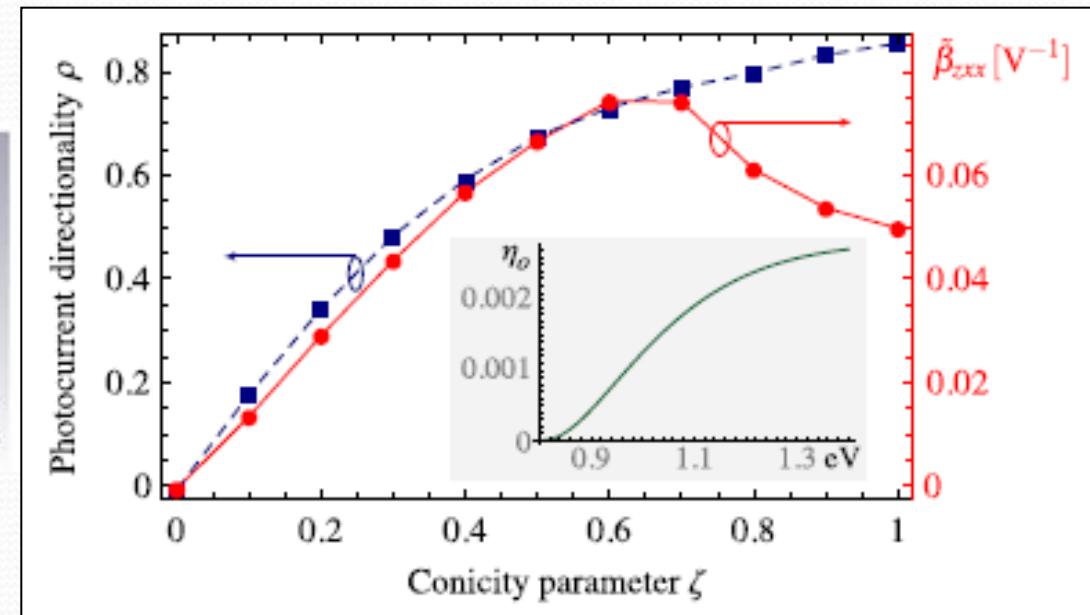
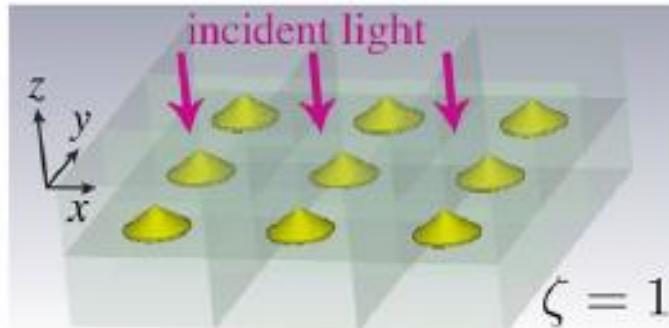
Постановка задачи

1) Является ли фотоэмиссионный ток из наночастицы направленным?

PHYSICAL REVIEW X 4, 031038 (2014)

Giant Photogalvanic Effect in Noncentrosymmetric Plasmonic Nanoparticles

Sergei V. Zhukovsky,^{1,2,*} Viktoriia E. Babicheva,^{2,1,3} Andrey B. Evlyukhin,⁴ Igor E. Protsenko,^{5,6} Andrei V. Lavrinenko,¹ and Alexander V. Uskov^{1,5,6}



Постановка задачи

2) Вычислить столкновительную поправку на диэлектрическую проницаемость металла наночастицы.

Plasmonics
DOI 10.1007/s11468-013-9611-1

Broadening of Plasmonic Resonance Due to Electron Collisions with Nanoparticle Boundary: a Quantum Mechanical Consideration

Alexander V. Uskov · Igor E. Protsenko ·
N. Asger Mortensen · Eoin P. O'Reilly

Нужно вычислить для наночастицы отношение 2-х интегралов:

$$\varepsilon'' \propto \frac{\int_S |E_n|^2 dS}{\int_V |E_i|^2 dV}$$

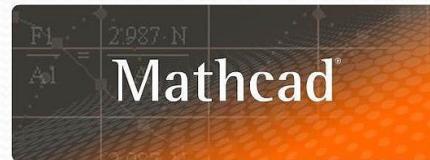
Средства расчета

Расчеты электрического поля внутри наночастицы

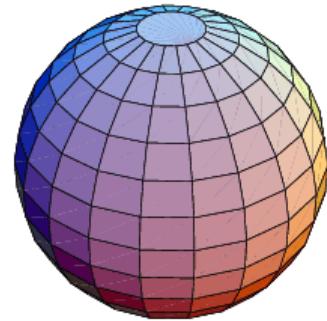


*U. Hohenester and A. Trügler,
Comp. Phys. Commun. 183, 370
(2012)*

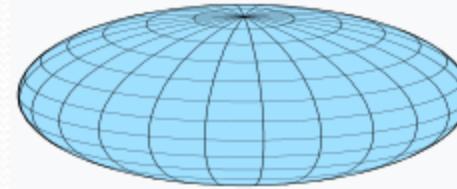
Расчеты характеристик фотоэмиссии



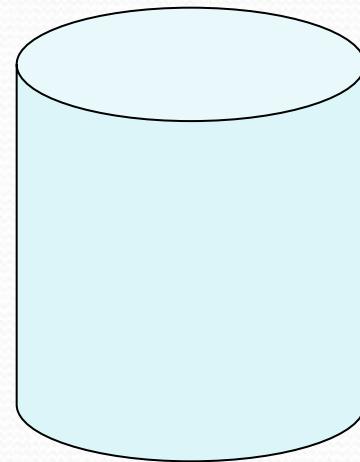
Исследуемые наночастицы



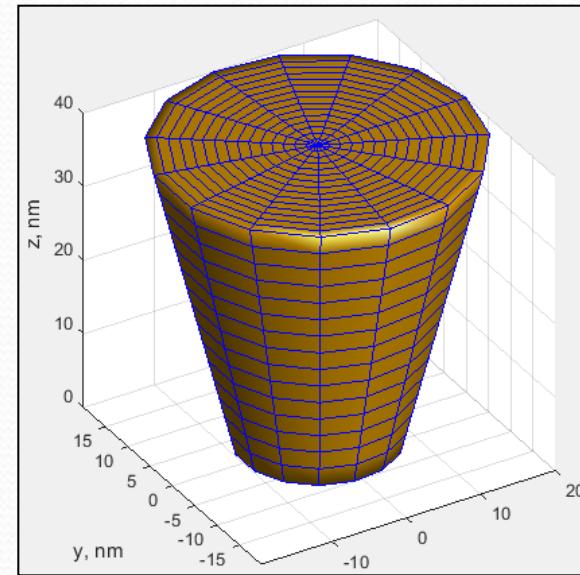
сфера



сферионд

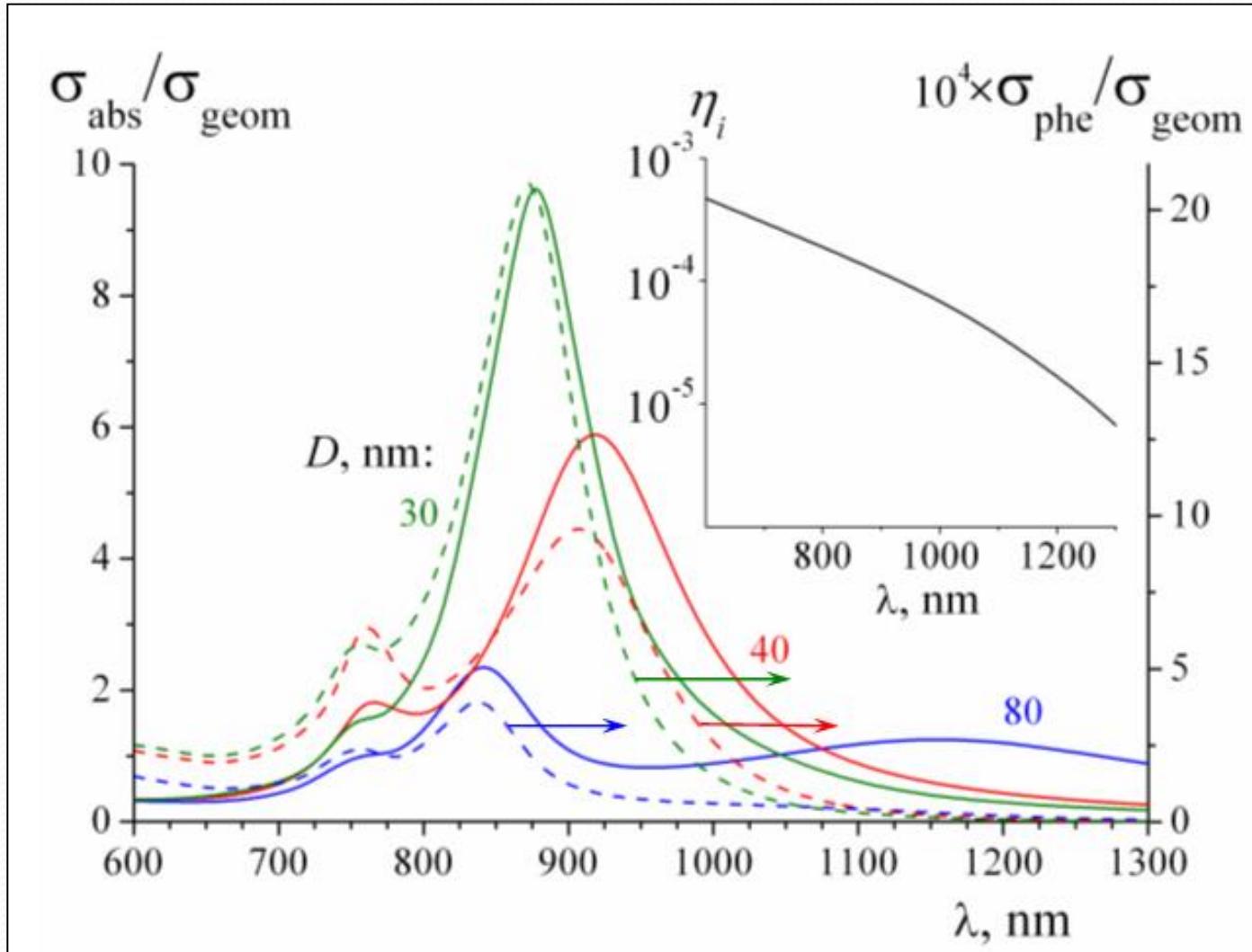


цилиндр



усеченный конус

Результаты расчетов

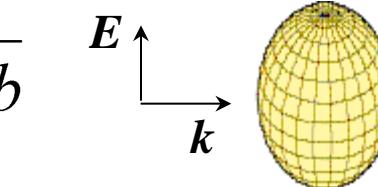
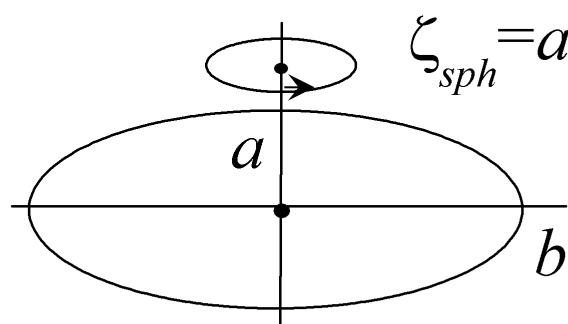
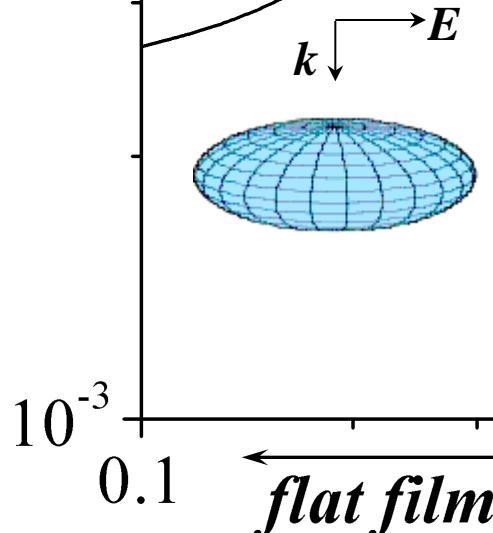


Приведенные сечения фотоэмиссии и абсорбции **сферы** с учетом (пунктир) и без учета столкновительной поправки (сплошные кривые)

$\eta_i(\zeta_{sph})$

10^{-2}

Внутренняя квантовая эффективность **сферида** как функция аспектного отношения



10^{-3}

0.1

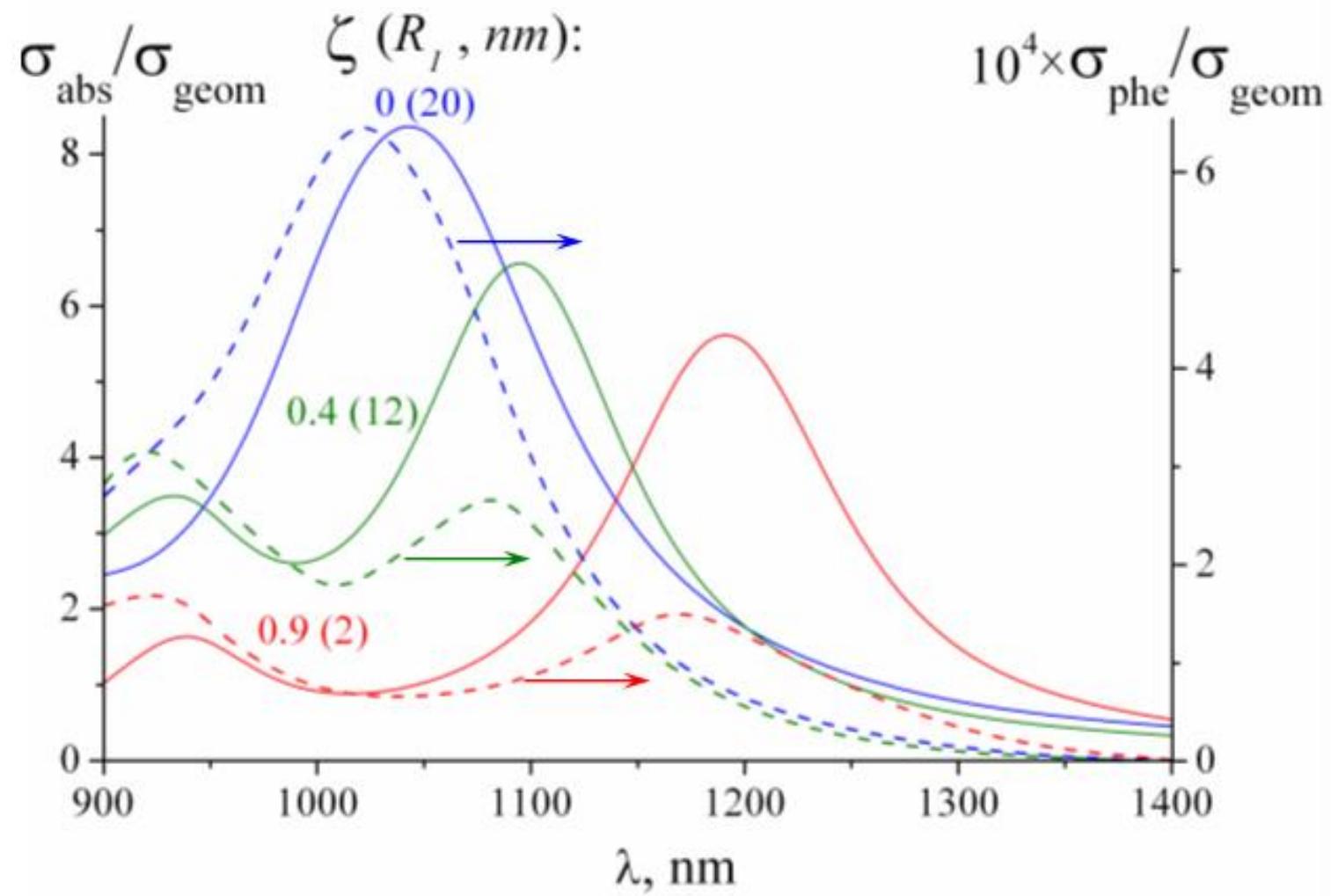
flat film

spheroid

nanowire

ζ_{sph}

10



Приведенные сечения фотоэмиссии и абсорбции **усеченного конуса** с различными параметрами коничности с учетом (пунктир) и без учета столкновительной поправки (сплошные кривые)