

# 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

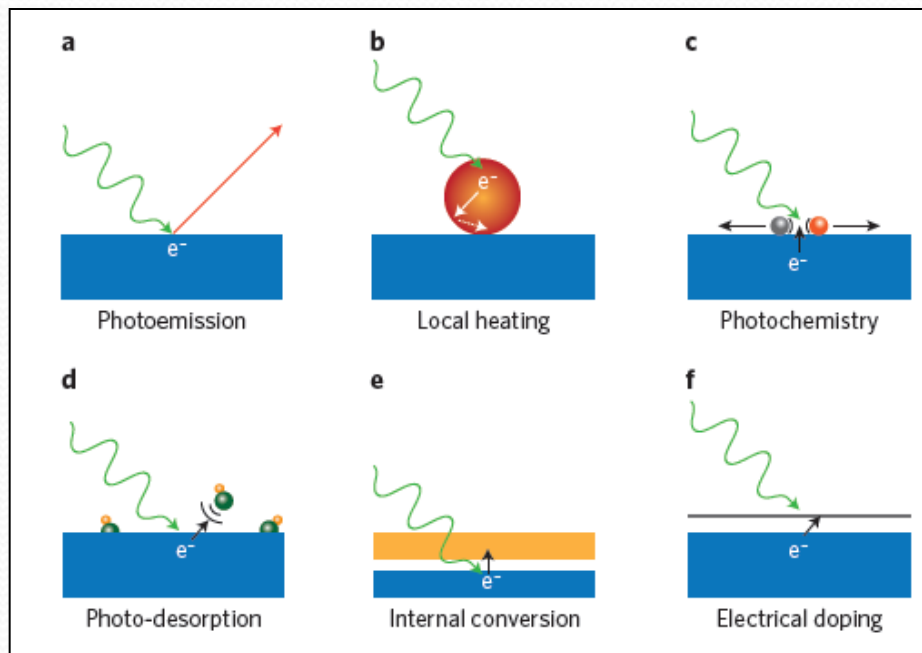


Рис. из статьи *M.L. Brongersma, N.J. Halas and P. Nordlander* Plasmon-induced hot carrier science and technology. // Nat Nanotechnol. 2015 Jan;10(1):25-34.

## Possible applications of photoemission from metal:

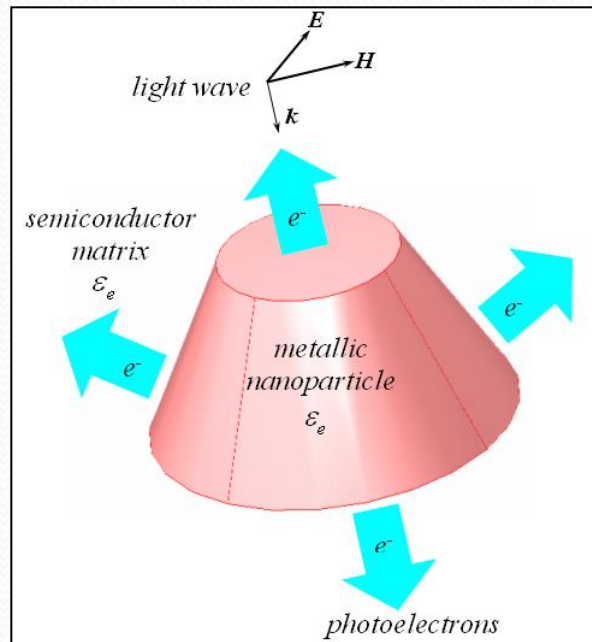
- a) Photoemission from metal surface
- b) Local heating of a metallic nanostructure
- c) Hot electrons can induce photochemical reactions on a metal surface
- d) Photo-desorption of small molecules from the surface
- e) Generation of photocurrent
- f) Electrical doping of semiconductor layer

# Два механизма фотоэмиссии из металлических наночастиц

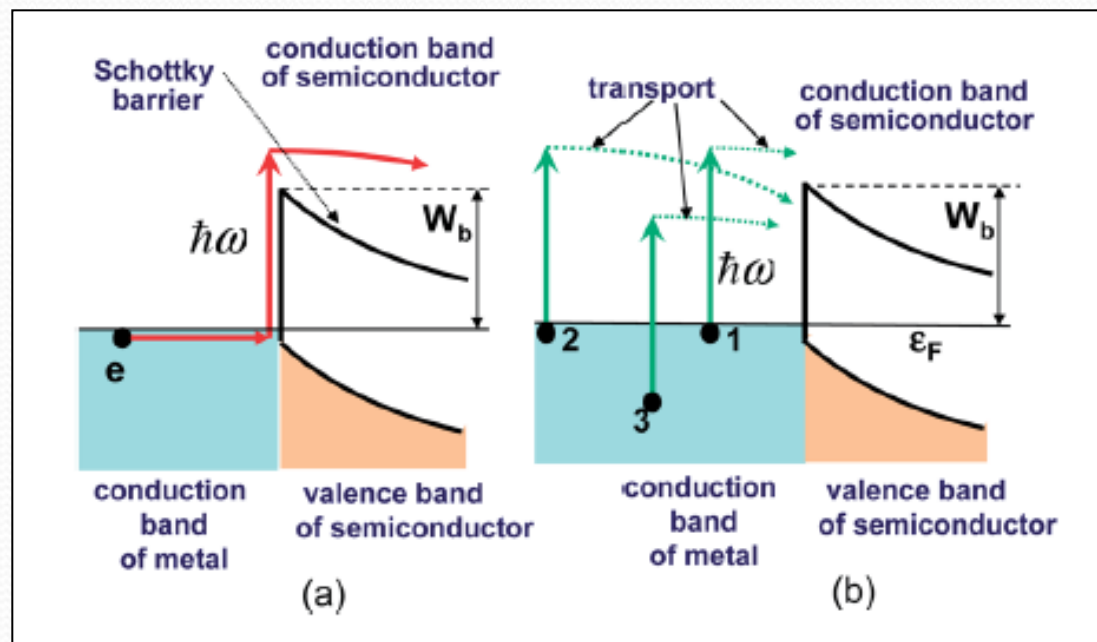
для абсорбции фотона электроном необходимо столкновение с третьим телом (закон сохранения импульса)



- (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

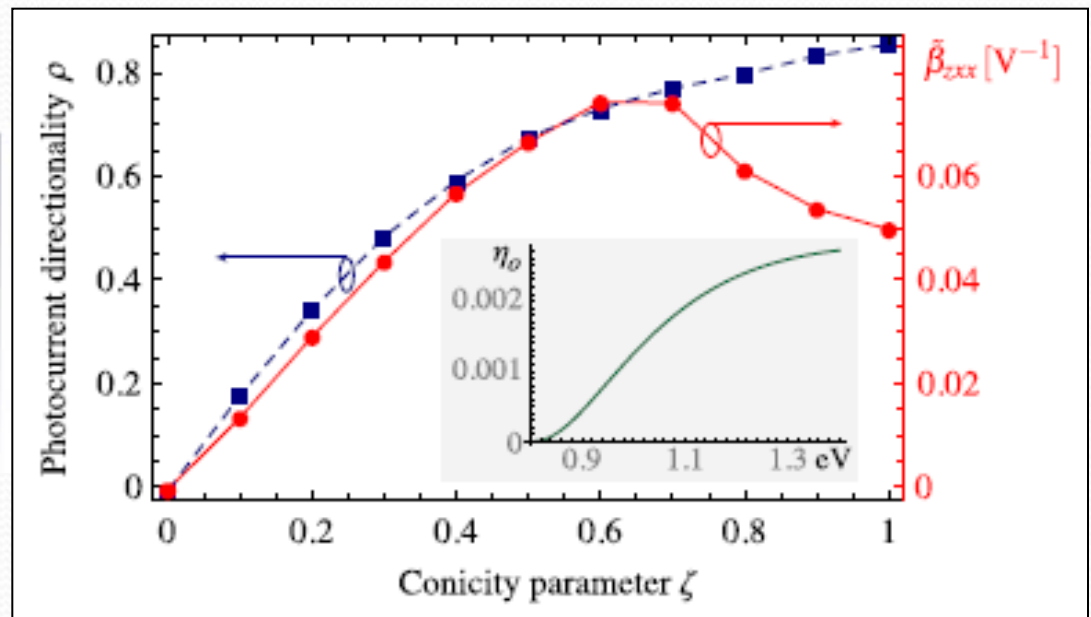
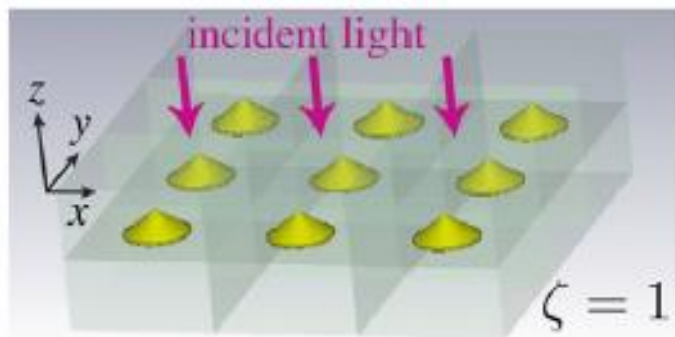
# Постановка задачи

1) Является ли фотоэмиссионный ток из наночастицы направленным?

PHYSICAL REVIEW X 4, 031038 (2014)

## Giant Photogalvanic Effect in Noncentrosymmetric Plasmonic Nanoparticles

Sergei V. Zhukovsky,<sup>1,2,\*</sup> Viktoriia E. Babicheva,<sup>2,1,3</sup> Andrey B. Evlyukhin,<sup>4</sup> Igor E. Protsenko,<sup>5,6</sup>  
Andrei V. Lavrinenko,<sup>1</sup> and Alexander V. Uskov<sup>1,5,6</sup>





# 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

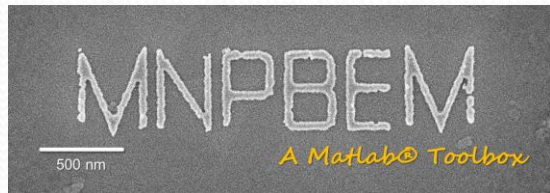
Alexander V. Uskov • Igor E. Protsenko •  
N. Asger Mortensen • Eoin P. O'Reilly

Нужно вычислить для наночастицы отношение 2-х интегралов:

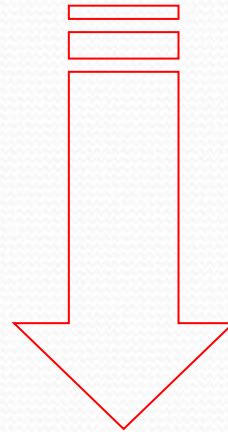
$$\varepsilon'' \propto \frac{\int_S |E_n|^2 dS}{\int_V |E_i|^2 dV}$$

# Средства расчета

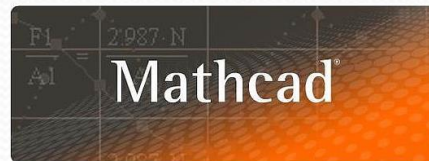
## Расчеты электрического поля внутри наночастицы



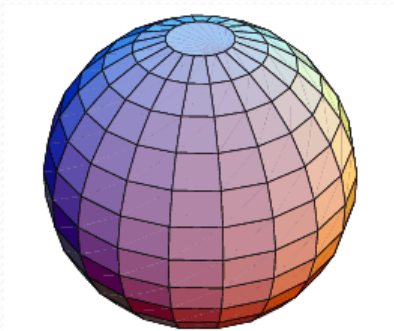
*U. Hohenester and A. Trügler,*  
**Comp. Phys. Commun. 183, 370**  
**(2012)**



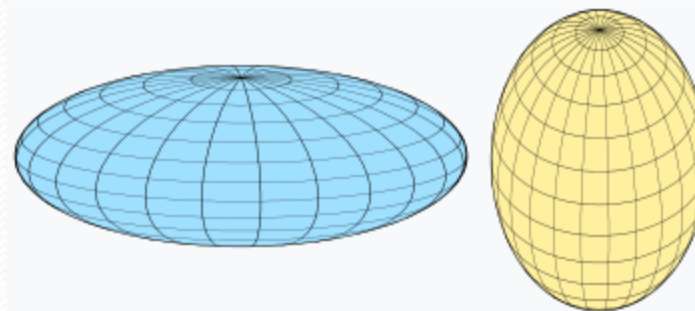
## Расчеты характеристик фотоэмиссии



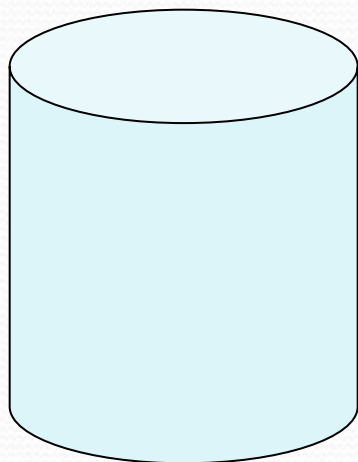
# Исследуемые наночастицы



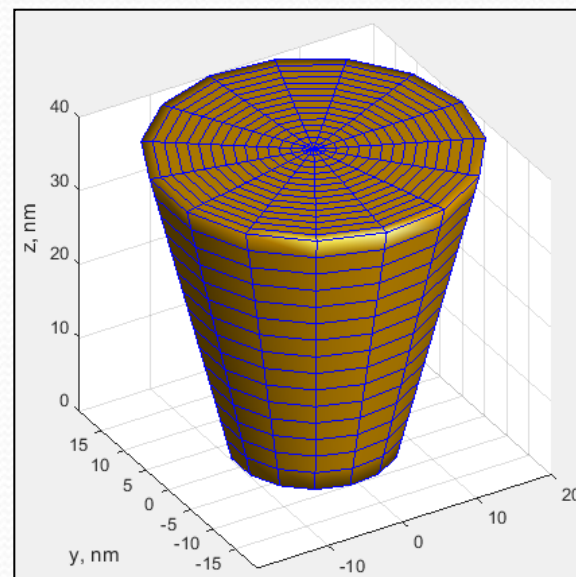
**сфера**



**сфероид**



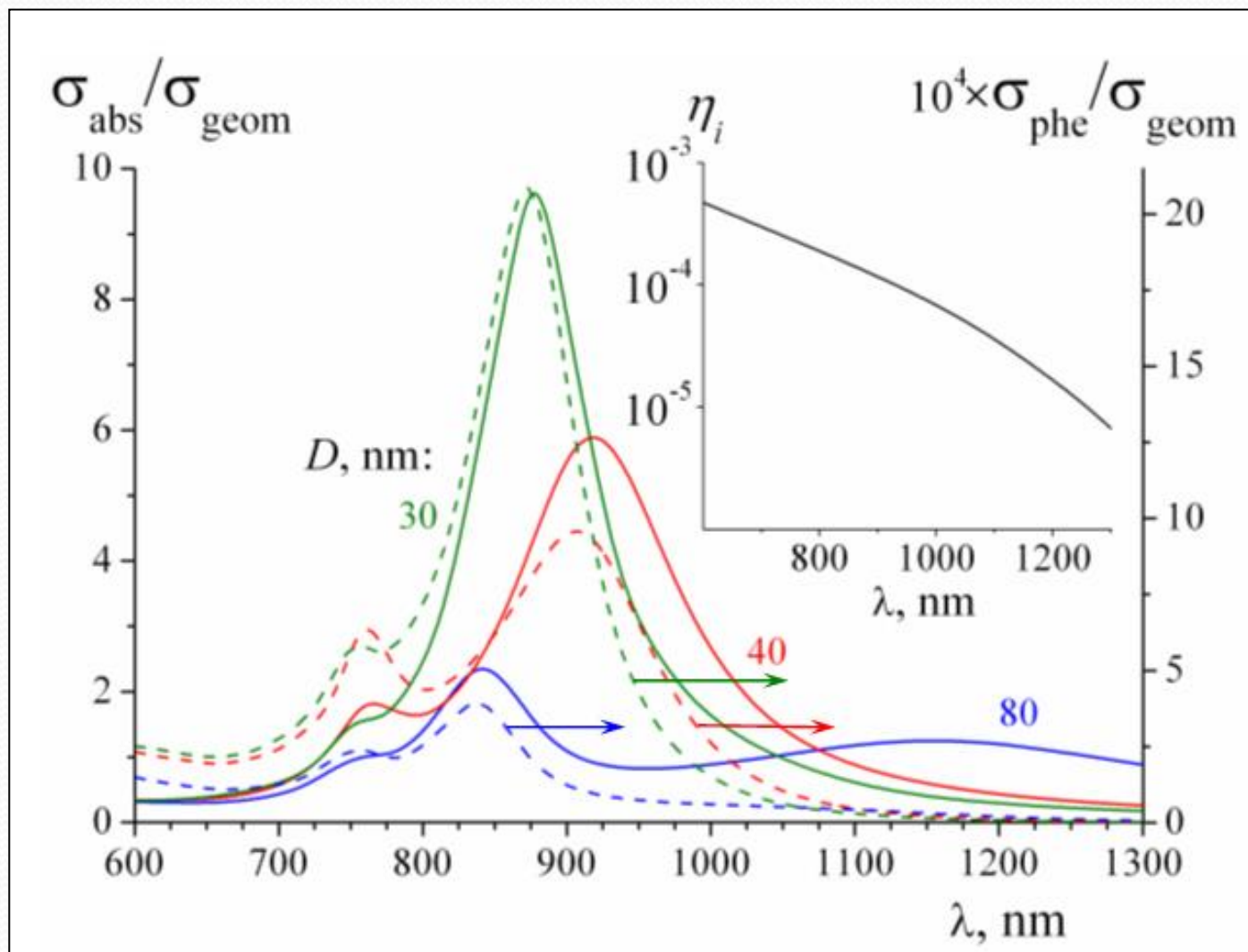
**цилиндр**



**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 **сфероида** как функция аспектного отношения

 $10^{-3}$ 

0.1

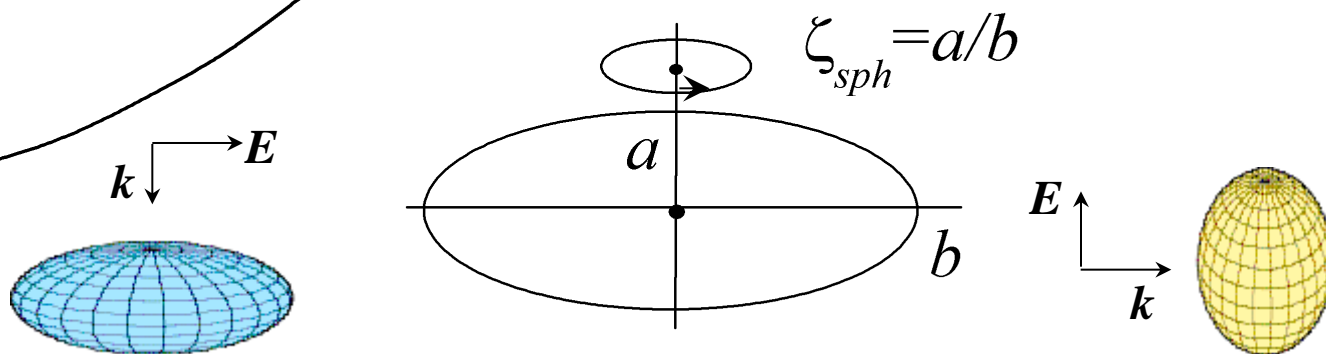
*flat film*

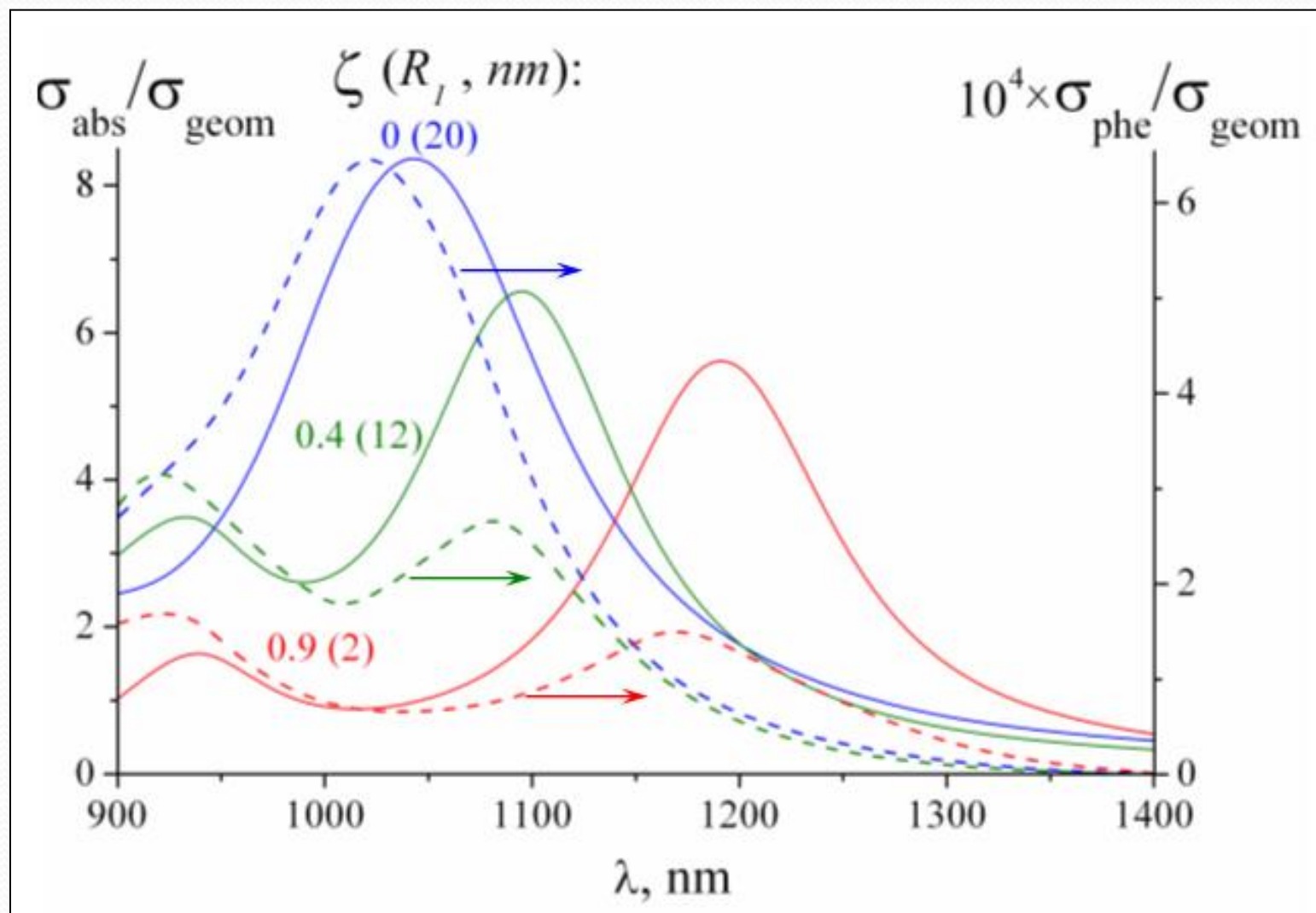
1

*spheroid*

*nanowire*

10

 $\zeta_{sph}$ 




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