

# برهم کنش نور و ماده

پیمان صاحب‌سرا

مرداد ۱۴۰۲

دانشگاه صنعتی اصفهان  
Isfahan University of Technology



دومین مدرسه تابستانه آفق های نو در فیزیک

## فهرست مطالب

- برهم کنش نور و ماده
- سامانه‌های مزوسکوپیکی
- سلول‌های خورشیدی
- تراپرد در سامانه‌های حاوی نقطه کوانتومی
- تحریک پلاسمونیک سطحی



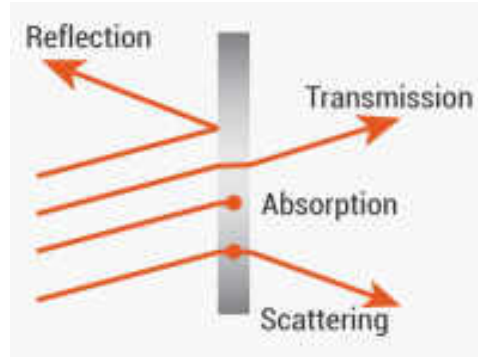
دومین مدرسه تابستانه آفق های نو در فیزیک



2

## برهم کنش نور و ماده

- سه فرایند اصلی که به هنگام برخورد نور (موج الکترومغناطیس) با ماده اتفاق می افتد:



- بازتابش
- عبور
- جذب

از دیدگاه کلاسیکی همه این موارد مربوط به فرایند پراکندگی می شوند.



## برهم کنش نور و ماده

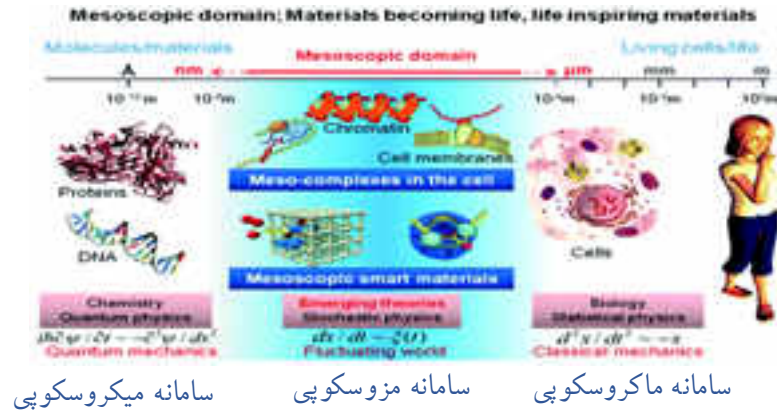
- گرافی پرتوی ایکس



Wilhelm Conrad Röntgen, 1900



## بررسی رفتار مواد در ابعاد پایین



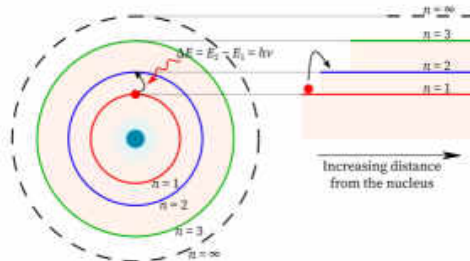
Meso:- Intermediate ~100nm

دومین مدرسه تابستانه افق های نو در فیزیک



5

## برخورد نور با اتم (بوهر)



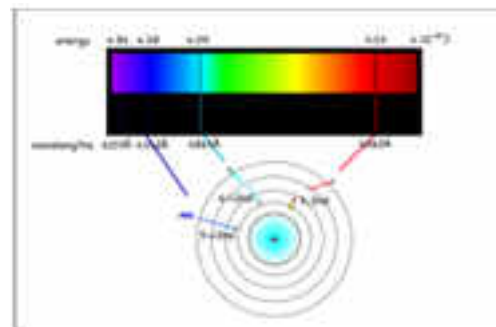
Rydberg formula:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$\lambda$  = wavelength of the light in a vacuum

$R$  = Rydberg constant ( $1.1 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ )

$n_1$  and  $n_2$  are the electron shell numbers



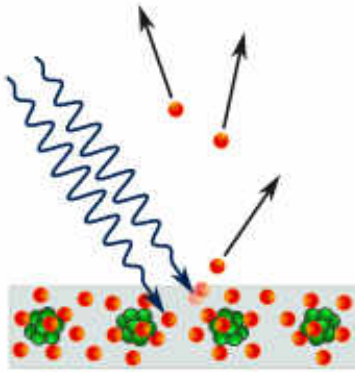
دومین مدرسه تابستانه افق های نو در فیزیک



6

## بر خورد نور با بلور (جامد)

• پدیده فتوالکترونیک



$$K_{\max} = h\nu - W$$

$$W = h\nu_0$$

$$K_{\max} = h(\nu - \nu_0)$$



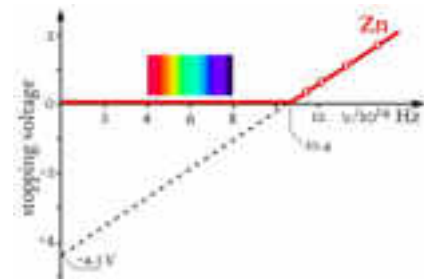
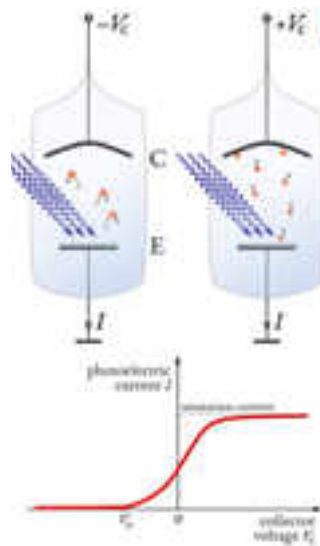
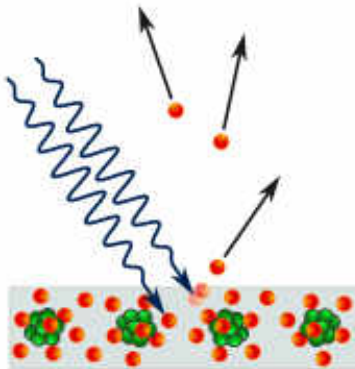
دومین مدرسه تابستانه افق های نو در فیزیک



7

## بر خورد نور با بلور (جامد)

• پدیده فتوالکترونیک



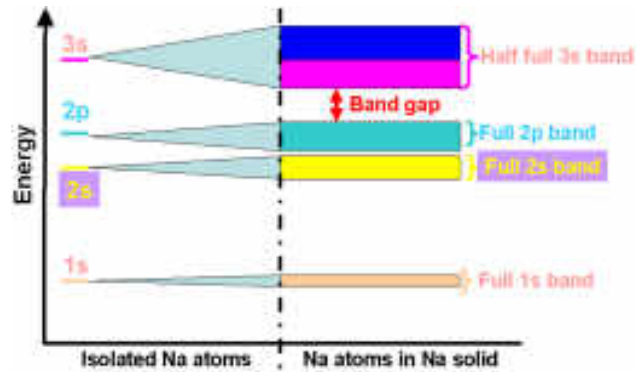
دومین مدرسه تابستانه افق های نو در فیزیک



8

## بر خورد نور با بلور (جامد)

- ساختار الکترونی جامدات (مثال: اتم سدیم در مقابل بلور سدیم)



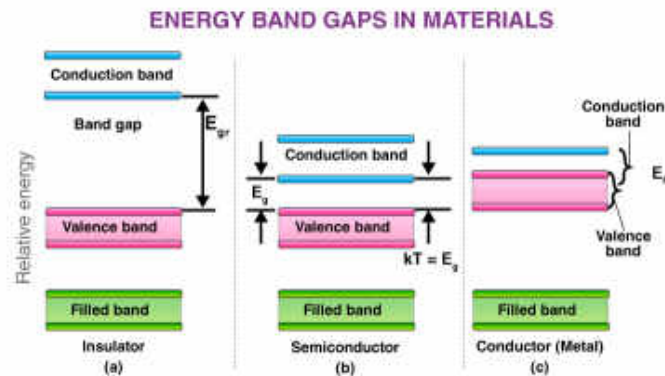
دومین مدرسه تابستانه آفق های نو در فیزیک



9

## بر خورد نور با بلور (جامد)

- ساختار الکترونی جامدات



دومین مدرسه تابستانه آفق های نو در فیزیک

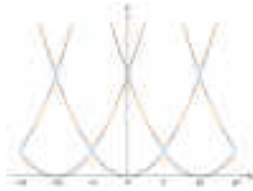


10

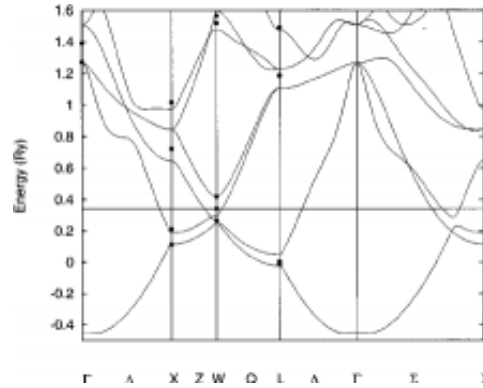
## بر خورد نور با بلور (جامد)

الکترون‌های آزاد

$$E = \hbar^2 |\mathbf{k}|^2 / 2m$$

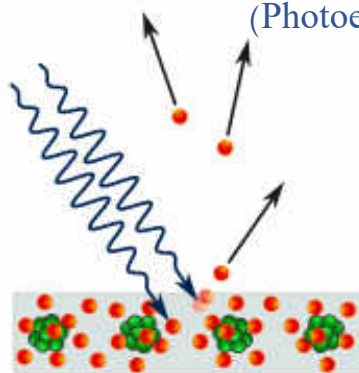


• ساختار الکترونی جامدات (ساختار نواری آلومینیوم)

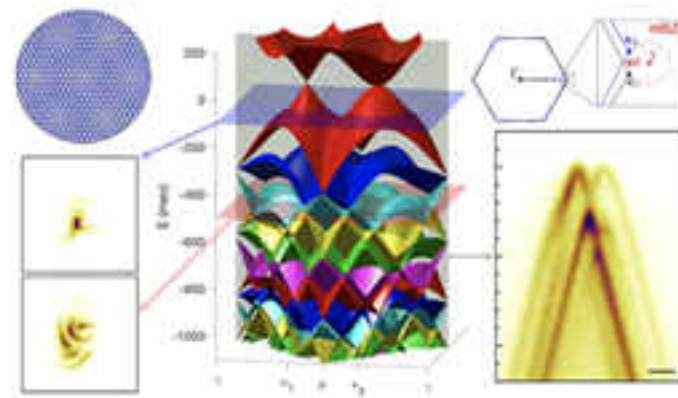


## بر خورد نور با بلور (جامد)

• مثال: کاربرد در بیناب‌نگاری فوتوالکترون (Photoelectron spectroscopy)



## بر خورد نور با بلور (جامد)



• مثال:

### ARPES Signatures of Few-Layer Twistrionic Graphenes

James E. Nunn, James E. Nunn, Andrew McEllistram, Astrid Weston, Aitor Garcia-Ruiz, Matthew D. Watson, Marcin Mucha-Kruczynski, Cephise Cacho, Roman V. Gorbachev, Vladimir I. Fal'ko, and Neil R. Wilson, *Nano Lett.* (2023), 23, 11, 5201–5208

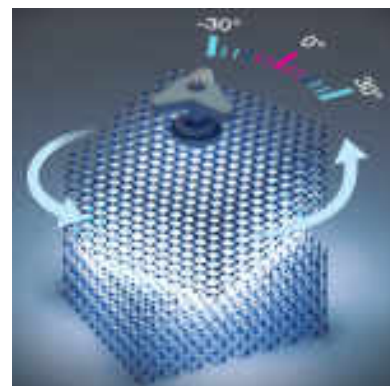
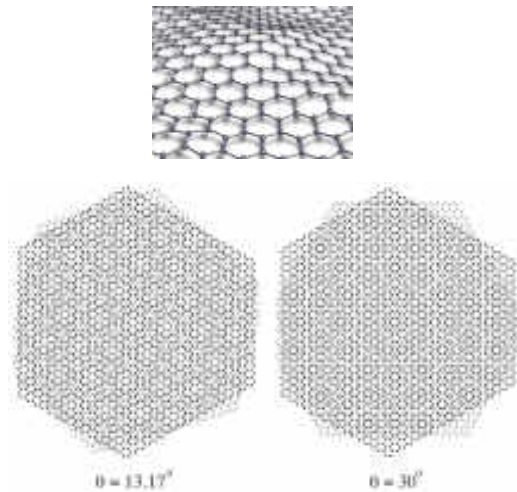


دومین مدرسه تابستانه افق های نو در فیزیک



13

## بر خورد نور با بلور (جامد)



• مثال:

### ARPES Signatures of Few-Layer Twistrionic Graphenes

James E. Nunn, James E. Nunn, Andrew McEllistram, Astrid Weston, Aitor Garcia-Ruiz, Matthew D. Watson, Marcin Mucha-Kruczynski, Cephise Cacho, Roman V. Gorbachev, Vladimir I. Fal'ko, and Neil R. Wilson, *Nano Lett.* 2023, 23, 11, 5201–5208



دومین مدرسه تابستانه افق های نو در فیزیک



14

# سلول خورشیدی فوتوولتائیک



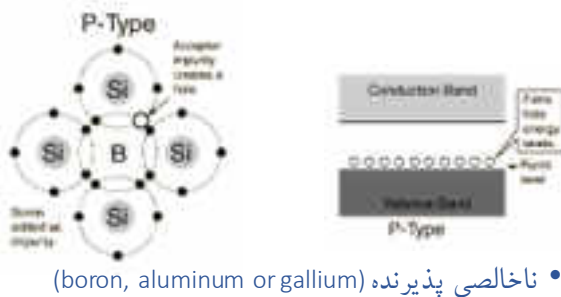
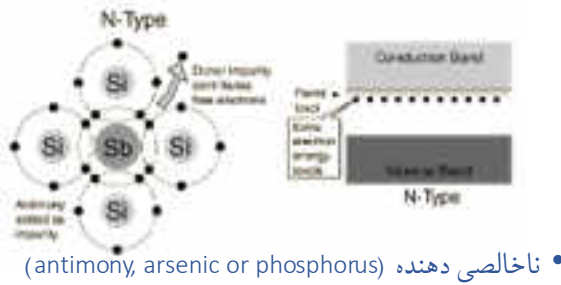
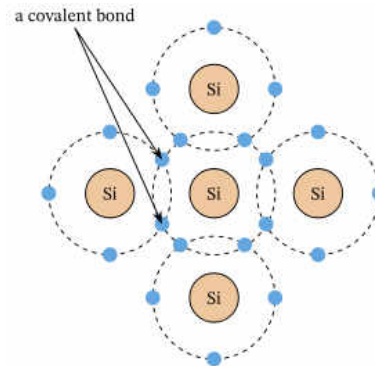
دومین مدرسه تابستانه آفاق های نو در فیزیک



15

## سلول های خورشیدی

• نیم رسانای ذاتی



دومین مدرسه تابستانه آفاق های نو در فیزیک



16



## سلول‌های خورشیدی

• اتصال P-N

(a)

(b)

Solar cell

Electrical Load

P-type semiconductor      N-type semiconductor

• Electron      • Hole

Depletion region

دومین مدرسه تابستانه افق های نو در فیزیک

17

## سلول‌های خورشیدی

• سلول خورشیدی (P-i-N)

Sunlight

Front contact

p-GaAs

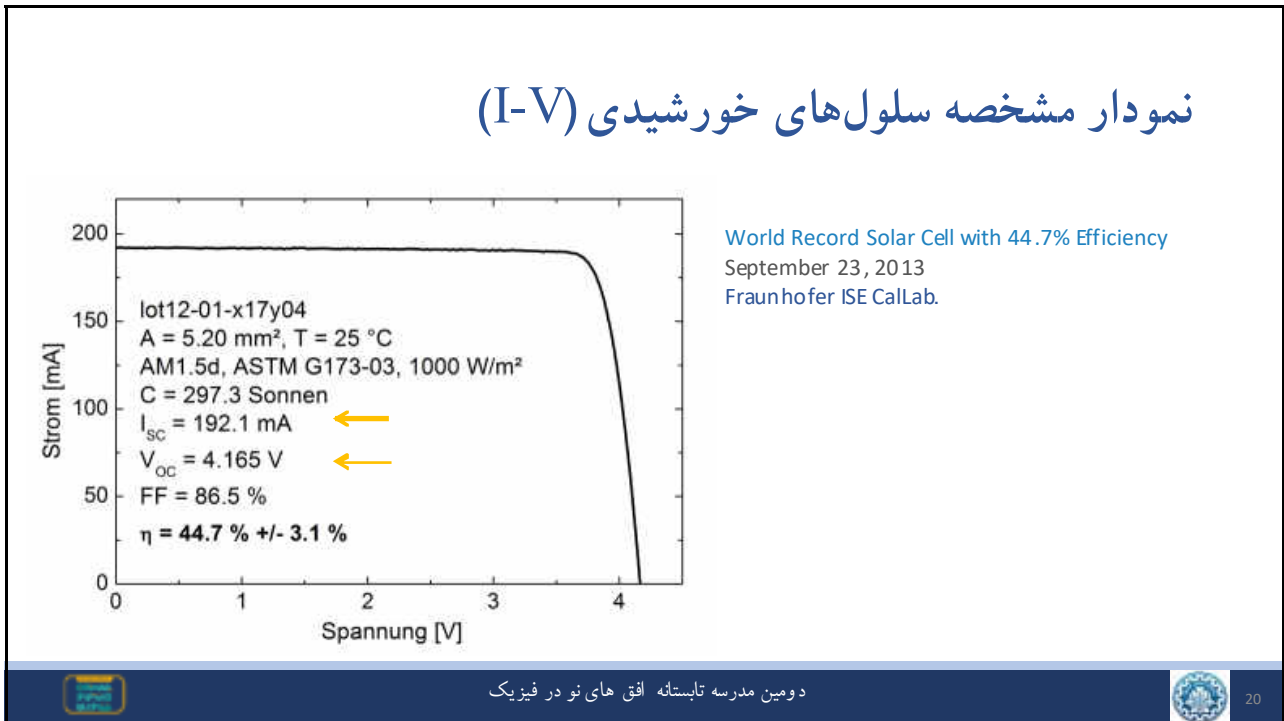
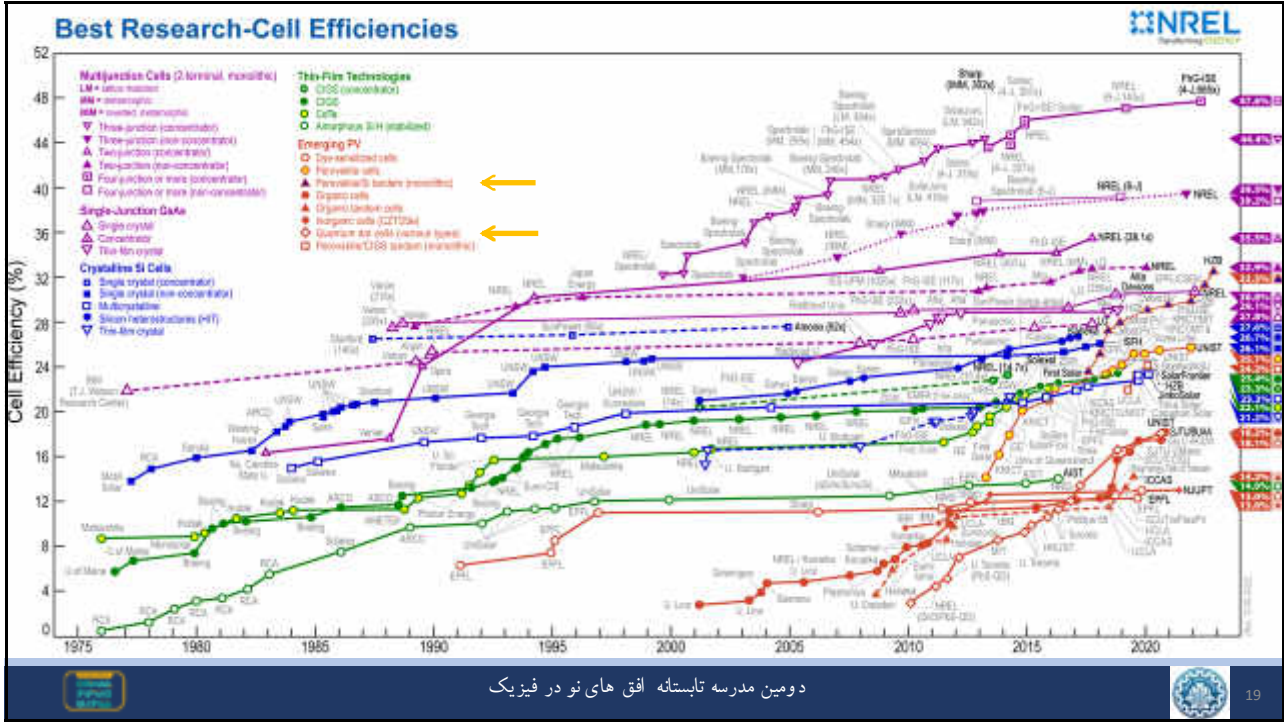
i-GaAs

n-GaAs

Back contact

دومین مدرسه تابستانه افق های نو در فیزیک

18



# ترابرد در سامانه‌های حاوی نقطه کوانتومی



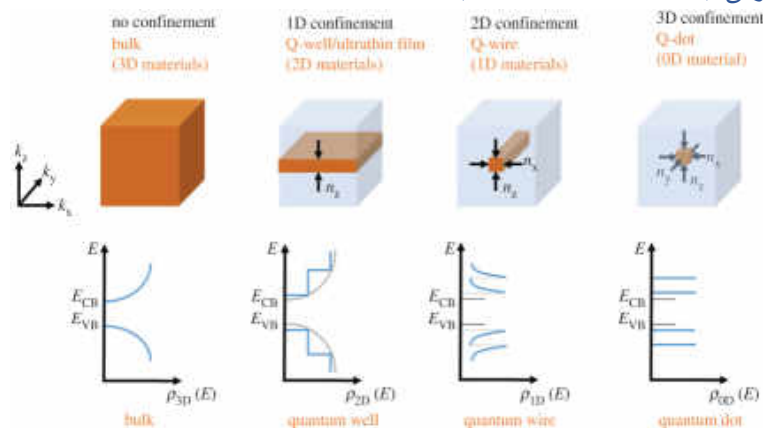
دومین مدرسه تابستانه افق‌های نو در فیزیک



21

## نقطه کوانتومی

• محدودشدگی کوانتومی (Quantum confinement)



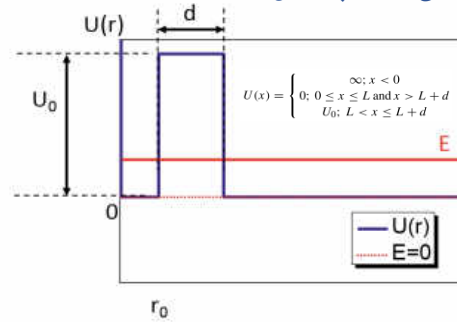
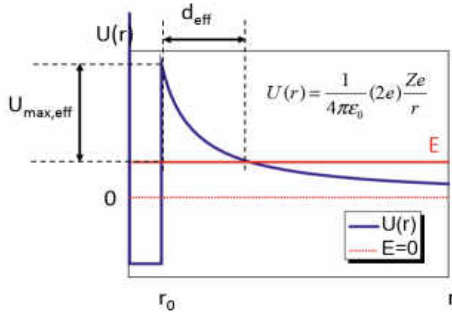
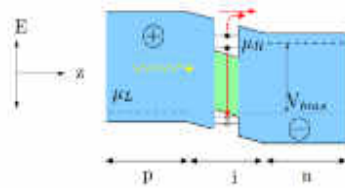
دومین مدرسه تابستانه افق‌های نو در فیزیک



22

## ترابرد کوانتومی

• تونل زنی از سد پتانسیل



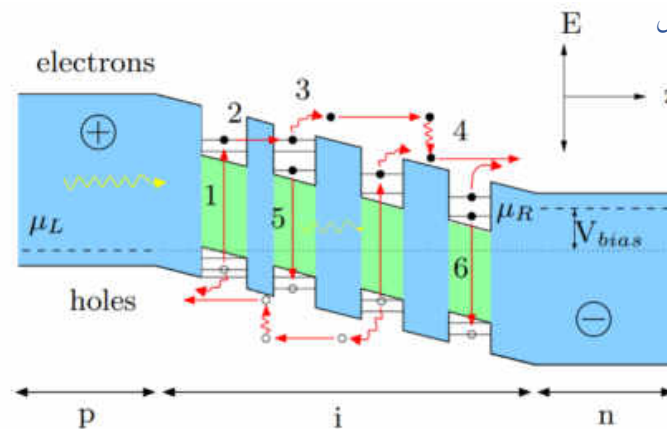
$$T \approx \frac{16E(U_0 - E)}{U_0^2} e^{-2\sqrt{2m\alpha(U_0 - E)}d}$$

دومین مدرسه تابستانه افق های نو در فیزیک



## ترابرد در سامانه های حاوی نقطه کوانتومی

• تونل زنی از سد پتانسیل

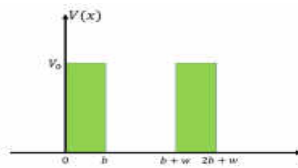
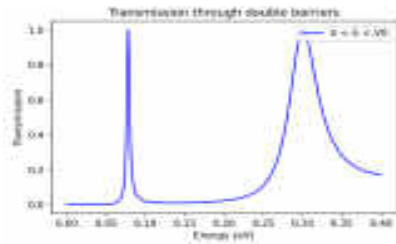
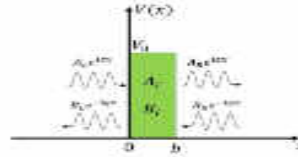
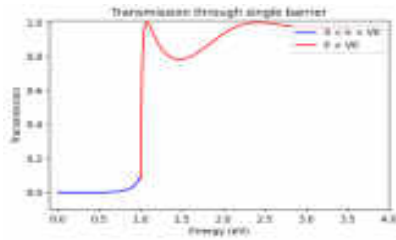


دومین مدرسه تابستانه افق های نو در فیزیک



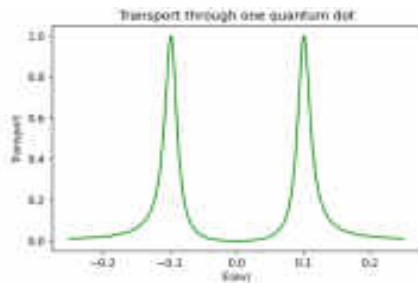
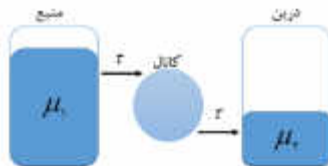
## ترابرد از سد پتانسیل

- تونل زنی از سد پتانسیل



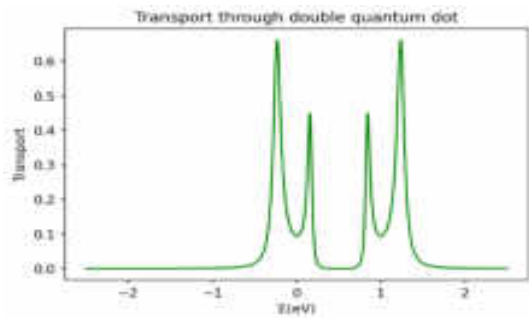
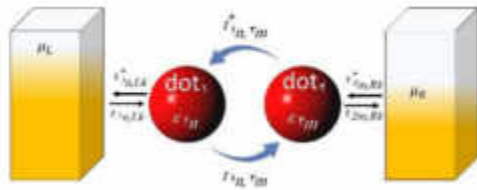
## ترابرد از یک نقطه کوانتومی

- تونل زنی در سامانه تک-نقطه کوانتومی



## ترابرد از دو نقطه کوانتومی

- تونل زنی در سامانه جفت-نقطه کوانتومی



دومین مدرسه تابستانه افق های نو در فیزیک



27



پرسش؟

دومین مدرسه تابستانه افق های نو در فیزیک



28

# تحریک پلاسمونیک سطحی



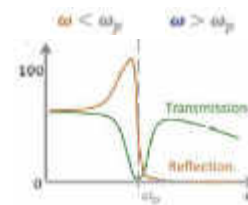
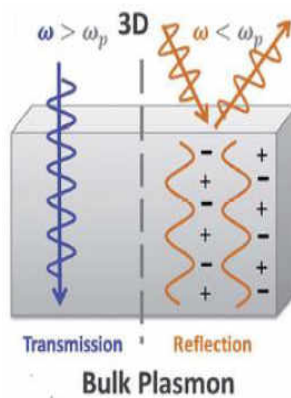
دومین مدرسه تابستانه افق های نو در فیزیک



29

# تحریک پلاسمون حجمی

• پلاسمونیک در حجم



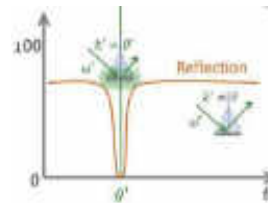
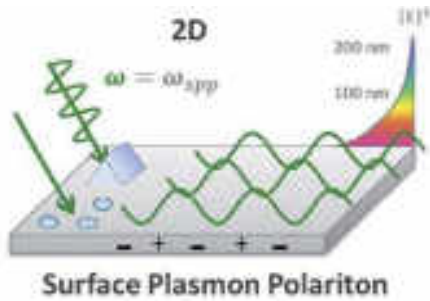
دومین مدرسه تابستانه افق های نو در فیزیک



30

## تحریک پلاسمون سطحی

• پلاسمونیک در سطح



## تحریک پلاسمون سطحی در نانوذرات

• پلاسمونیک سطحی در نانوذرات

