



# Особенности автоэлектронной эмиссии с углеродных наноструктур

студ. **5** к. Катков В. Л.

руководители: к. ф-м н. Кошкаров А. Л.

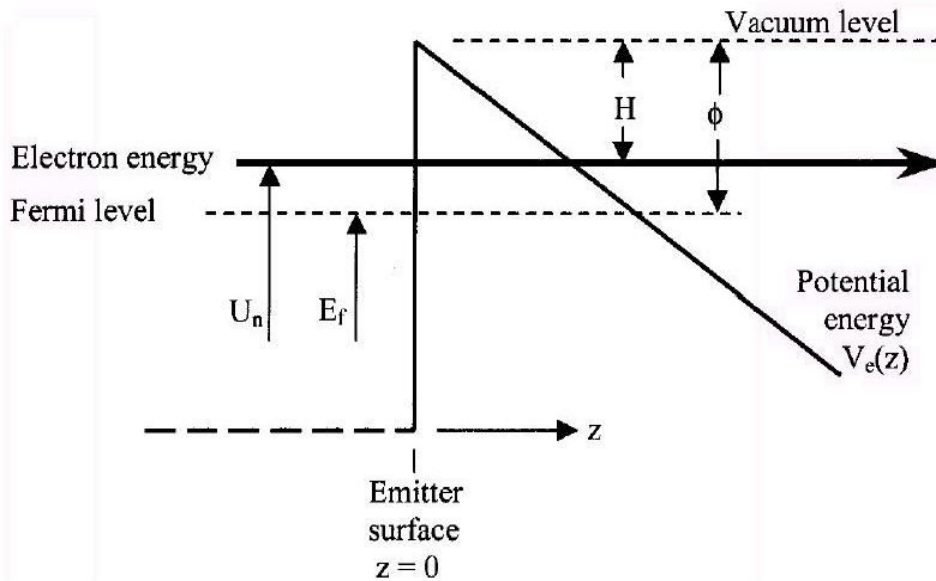
д. ф-м н. Осипов В. А.

# Область применения автоэлектронной эмиссии - ХОЛОДНЫЕ КАТОДЫ

*Области применения:*      *Особенности УНТ катодов:*

- **плоские экраны**
- **осветительные лампы**
- **источники рентгеновского излучения**
- **катоды газоразрядных устройств (защитные устройства)**
- **малые напряжения**
- **малые габариты**
- **высокая стабильность тока**
- **малый разброс по энергиям**
- **поверхностная однородность**

# Полевая эмиссия из металлов



формула Фаулера-Нордгейма

$$j = \frac{c_1 E^2}{\phi} \exp\left(-\frac{c_2 \phi^{3/2}}{E}\right)$$

$$j = e \int n(\vec{v}) v_z d^3 \vec{v}$$

$$\varepsilon = \frac{p^2}{2m}$$

$$n(\vec{v}) = f(\varepsilon) N(\varepsilon) D(\varepsilon, E)$$

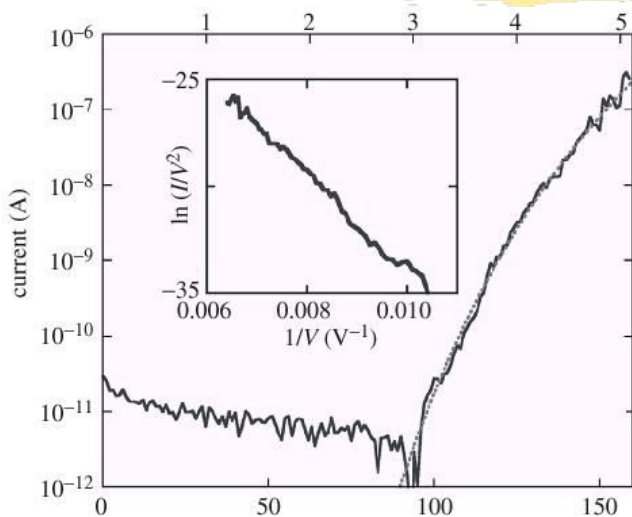


## Поправки в случае наноструктур

- фактор усиления поля  $\beta \sim 1000$
- эффективная площадь эмиссии  $S$
- работа выхода  $\Phi$
- силы зеркального отражения
- зонная структура
- плотность энергетических состояний

$$j = \frac{c_1 E^2}{\phi} \frac{S}{S_{\Sigma}} \exp\left(-\frac{c_2 \phi^{3/2}}{\beta E}\right)$$

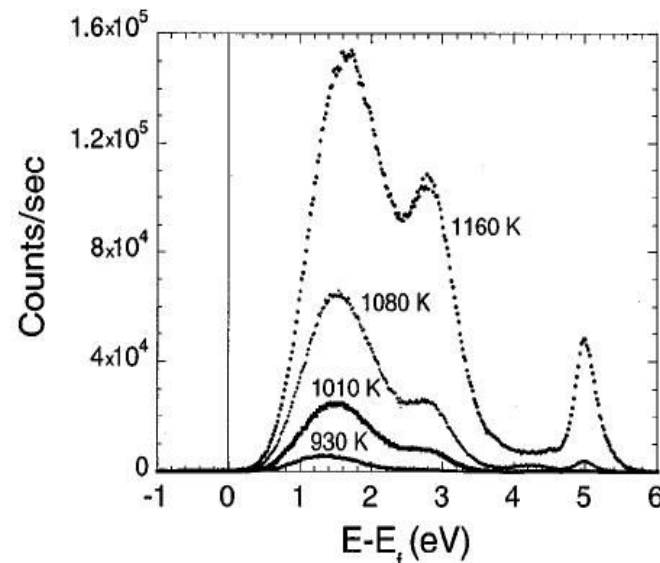
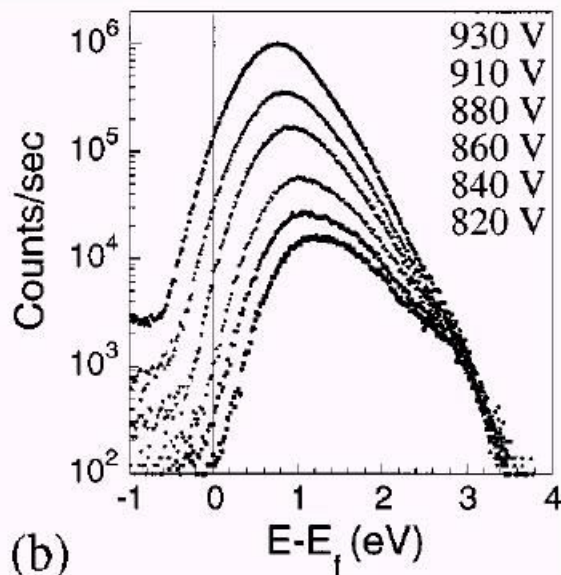
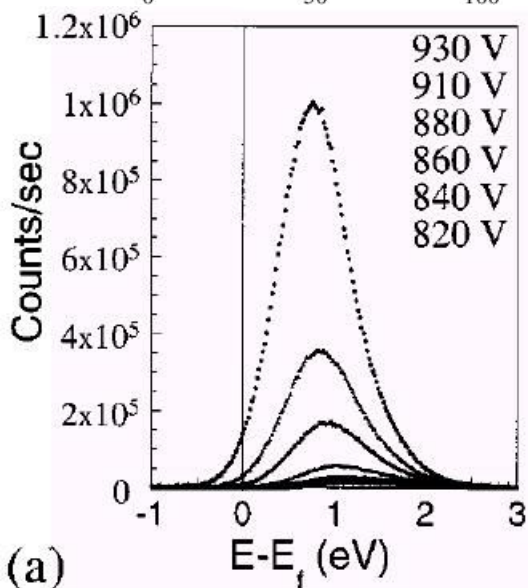
# Почему теория Фаулера ?




## ВАХ

$$n(\vec{v}) = f(\varepsilon, T) N(\varepsilon) D(\varepsilon, E)$$

## Энергетический спектр



## Плотность состояний и адсорбированные примеси



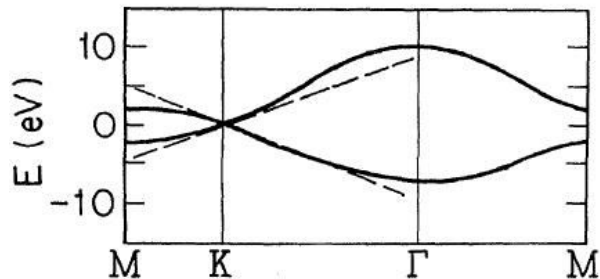
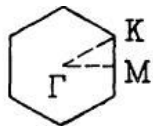
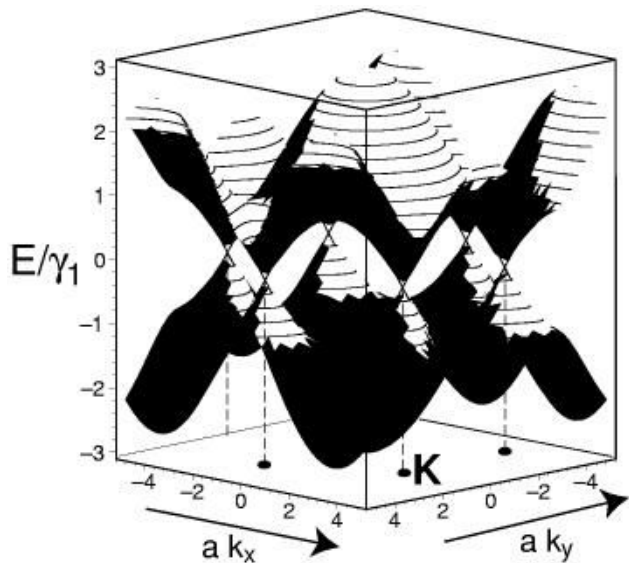
- спрямление характеристик при высоких полях
- резкое уменьшение тока и характера энергетического распределения при  $T > 900 \text{ K}$
- работа выхода для графита (4,5-5 эВ) и нанотрубок (4,3-7,3 эВ)?

# Расчет плотности состояний вершины



- Методы физической химии
- Континуальное приближение

# Континуальное приближение



$$\varepsilon \sim v_F k$$

а) уравнение Дирака

$$i\gamma^\mu D_\mu \psi = \varepsilon \psi$$

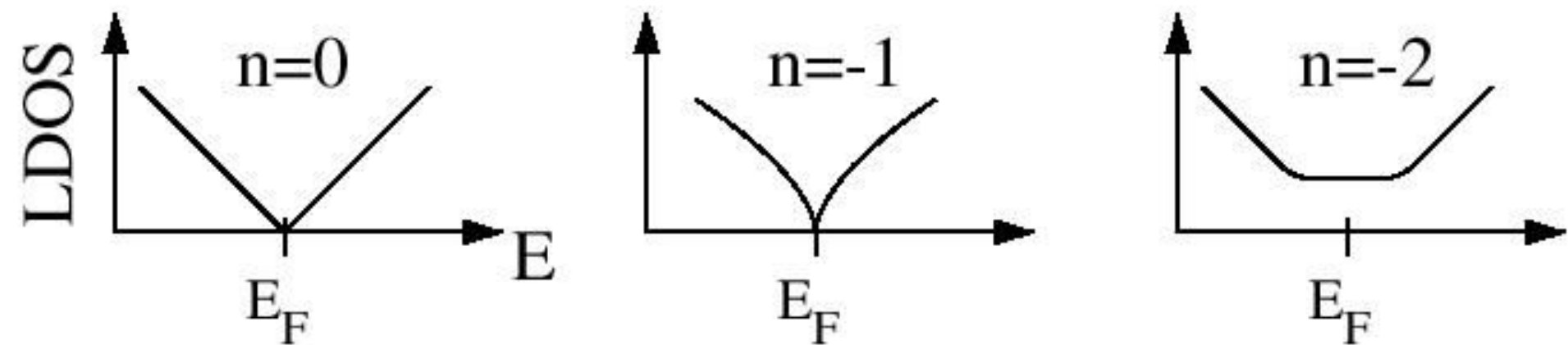
б) волновая функция

с) плотность состояний

$$N(\varepsilon, r) \sim \frac{|\psi(\varepsilon, r)|^2}{v_F \Delta k}$$



# Наноконус



*$n$  - число секторов, вырезанных из круга*

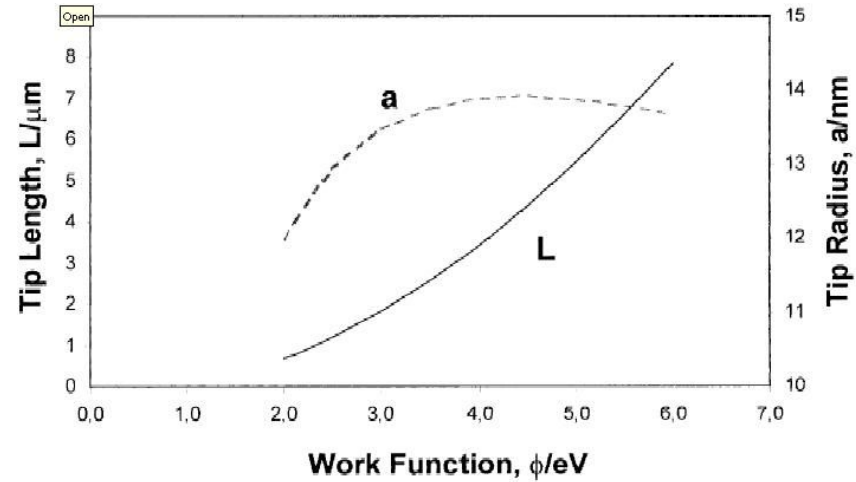
# Работа выхода

$$\varepsilon \sim v_F k$$

$$\Delta k L \sim 1$$

$$N \sim 1/\Delta\varepsilon \sim 1/\Delta k \sim L$$

$$\phi \sim N \sim L$$



Все

A thick, horizontal yellow brushstroke with a textured, painterly appearance, extending across the width of the slide.

Трудности создания общей теории  
электронных свойств

Почему это важно?