Филимонов Степан РЛ6-31

Лабарататорная номер 2

Задача:

Написать m-функцию **EnergyFrequency(meff, L, n)**, возращающую значение n-ого *энергетического уровня En (meV) и соответствующей угловой частоты wn (rad*s^-1)* для электрона в зоне проводимости полупроводника (с заданной относительной массой meff) в прямоугольникой бесконечно глубокой потенциальной яме ширины L(нм). Все необходимые для расчета константы загрузить из из созданного mat-файла. Вывести в консоль полученные значения En_meV и wn.

Написать анонимную функцию **deltaEnergy = @(meff, L, n)**, возращающую разность *значений энерии n-го и (n+1)-го* энергетических уровней(meV).

Написать анонимную функцию **Lmax = @(meff, T)** для оценки размеров ямы (нм) в слоистых квантоворазмерных гетероструктурах, обусловленных требованием $\Delta E_{\mathrm{nm}} \gg k_B T$.

Фото задания 1:

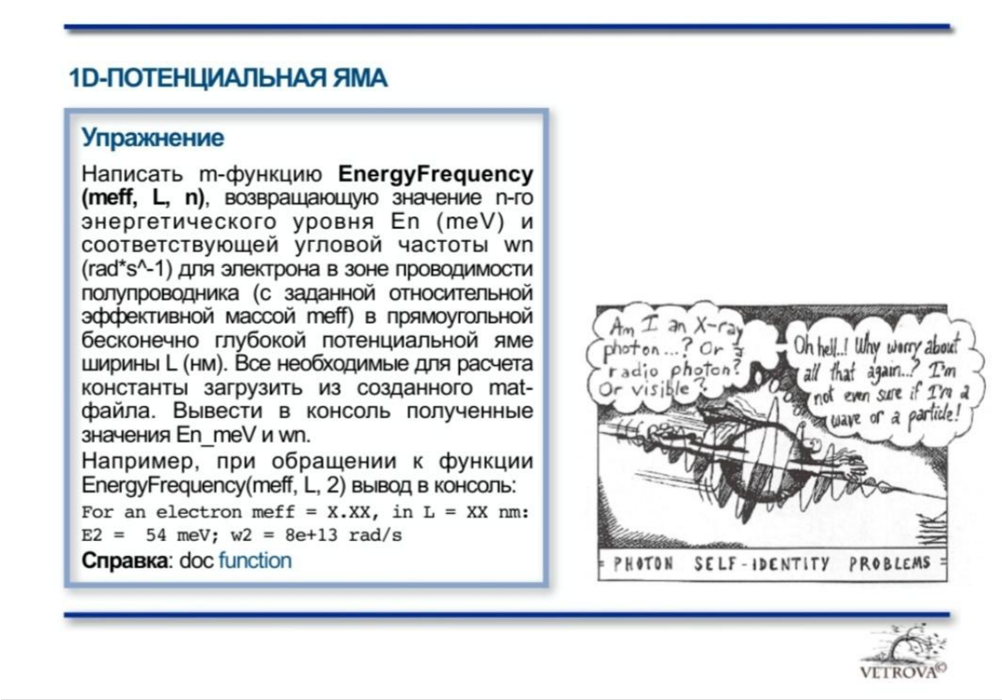
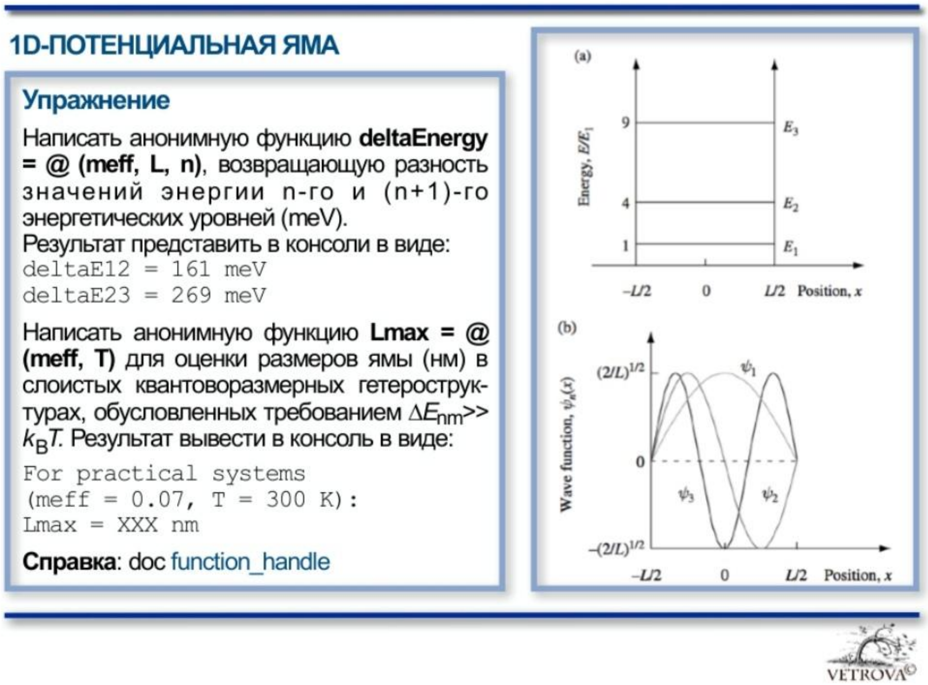
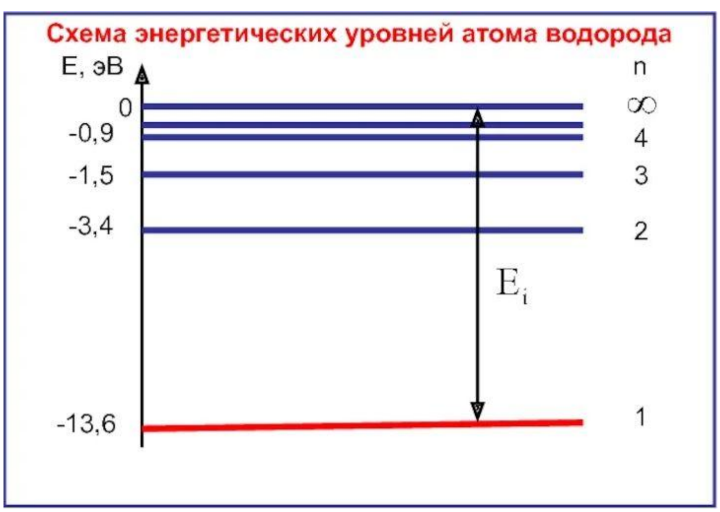


Фото задания 2:

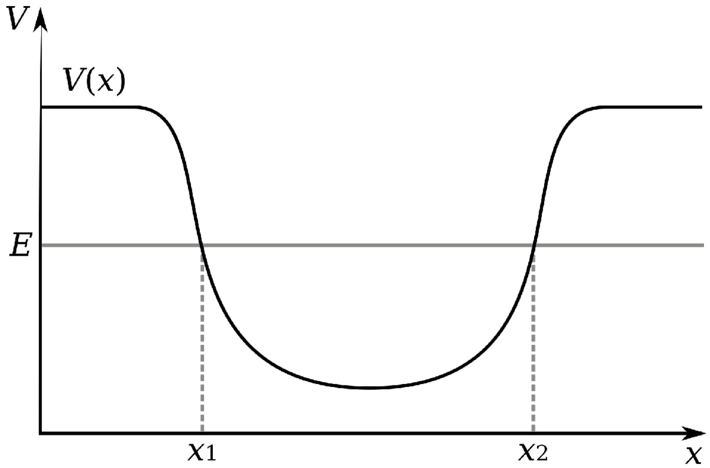


Теория:

Энергетический уровень — собственные значения энергии квантовых систем, то есть систем, состоящих из микрочастиц и подчиняющихся законам квантовой механики. Каждый уровень характеризуется определённым состоянием системы, или подмножеством таковых в случае вырождения. Разница между энергетическими уровнями определяет частоту кванта света, выделяемого или поглощаемого при переходе.



Потенциальная яма — область пространства, где присутствует локальный минимум потенциальной энергии частицы.



Решение первого задания:

Энергию состояния, описываемого волновой функцией $\psi_n = C_n \sin\left(n\frac{\pi x}{L}\right)$, получим подставив $k_n = n\frac{\pi}{L}$ в

$E = \frac{\hbar}{2m}k^2$:

$E_n = \frac{n^2\hbar^2\pi^2}{2mL^2}$

,где *n* - номер орбитали, $\hbar$ - постоянная Планка-Дирка, *m* - масса частицы (по условию $m = meff * m_0$, *L* - ширина потенциальной ямы(нм).

Угловая частота равна:

$\omega_n = \frac{E_n}{\hbar}$

Решение второго задания:

$\Delta E = E_{n+1} - E_n.$

$E_n = \frac{n^2\hbar^2\pi^2}{2mL^2}$; $\mathrm{kL} = \pi n$(плотность состояния) из этого следует, что $\Delta E_{n,n+1} = \frac{\hbar^2\pi^2}{2mL^2}((n+1)^2 - n^2) = \mathrm{kT}$,

$((n+1)^2 - n^2)$ = 3, т.к. n = 1. Тогда

$L = \hbar\pi\sqrt{\frac{3}{2m * k * T}}$

Код матлаба:

- Основная часть первого задания:

```
EnergyFrequncy(0.07, 20, 1:3);
```

```
For an electrton meff = 0.07, in L = 20 nm\n
E1 =  13 meV;w1 = 1e+35 rad/s
```

```
E2 =  54 meV;w2 = 5e+35 rad/s
E3 = 121 meV;w3 = 1e+36 rad/s
```

```
EnergyFrequncy(0.07, 10, 1:3);
```

```
For an electrton meff = 0.07, in L = 10 nm\n
E1 =  54 meV;w1 = 5e+35 rad/s
E2 = 215 meV;w2 = 2e+36 rad/s
E3 = 483 meV;w3 = 5e+36 rad/s
```

- Основная часть второго задания:

```
deltaEnergy = @(meff, L, n) EnergyFrequncy(meff, L, n + 1) - EnergyFrequncy(meff, L, n);
n1 = 1:2;
fprintf('deltaE%li%li = %3i meV\n',[n1; n1 + 1; round(deltaEnergy(0.07, 10, n1))]);
```

```
For an electrton meff = 0.07, in L = 10 nm\n
E2 = 215 meV;w2 = 2e+36 rad/s
E3 = 483 meV;w3 = 5e+36 rad/s
For an electrton meff = 0.07, in L = 10 nm\n
E1 =  54 meV;w1 = 5e+35 rad/s
E2 = 215 meV;w2 = 2e+36 rad/s
deltaE12 = 161 meV
deltaE23 = 269 meV
```

```
load('constans.mat',"hbar","m0","eV2J","kB");
Lmax = @(meff, T) sqrt(3/(2*meff*m0*kB*T*eV2J))*(pi*hbar)*1e9;
meff1 = 0.07; T1 = 300;
fprintf('For practical systems (meff = %3.2f, T = %3i K):\n Lmax = %2i nm\n',meff1,T1,round(Lma
```

```
For practical systems (meff = 0.07, T = 300 K):
 Lmax = 25 nm
```

```
datetime('now')
```

```
ans = datetime
   16-Oct-2021 23:12:33
```

- Функция:

```
function [En, wn] = EnergyFrequncy(meff, L_nm, n)
  disp(['For an electrton meff = ',num2str(meff),', in L = ', num2str(L_nm),' nm\n']);
  load('constans.mat',"hbar","m0","J2eV");
  En = (n * pi *hbar/(L_nm * 1e-9)).^2 ./ (2 * meff * m0);
  En = En * J2eV * 1e3;
  wn = En / hbar;
  fprintf('E%1i = %3i meV;w%1i = %1.0e rad/s\n',[n;round(En);n;wn]);
end
```