



Московский государственный ТЕХнический
университет
им. Н.Э.Баумана

Кафедра "Технологии Приборостроения"

Отчет по «Домашнему заданию №1»

Студент: Е. Ю. Власов
Преподаватель: Н. А. Ветрова

Москва, 2017

Содержание

1. Условие	2
2. Решение	3
3. Расчет в MATLAB	3

1. Условие

Вычислите интервал между соседними энергетическими уровнями (эВ) свободных электронов в металле при $T = 0$ вблизи уровня Ферми. Концентрация свободных электронов $n, \text{см}^{-3}$ известна. Реализуйте расчет интервала и уровня Ферми в виде двух функций.

Выведите в консоль для концентраций $[10^{22}, 2 \cdot 10^{22}, 5 \cdot 10^{22}] \text{см}^{-3}$ значений уровня Ферми и интервалов. Постройте в одной фигуре два графика: $\lg(dE)$, эВ от $\lg(n)$, м^{-3} и $E_f(0)$, эВ от $\lg(n)$ - м^{-3} . На график нанесите название, подписи осей, сетку. Для захваченной пользователем точки *ginput()* выведите значения E_f и dE в box'e *msgbox()*.

2. Решение

По определению, число состояний G заданного значения энергии E , определяется как:

$$G = J_z \frac{V_{phase}}{(2\pi\hbar)^3}$$

где J_z – определяет число возможных проекций спина, тогда для любого электрона $J_z = 2$. Плотность состояний же находится как отношение числа состояний на интервал энергии, или, переходя к дифференциалам

$$g(E) = \frac{dG}{dE} = \frac{m\sqrt{2mE}}{\pi^2\hbar^3}$$

Откуда следует, что $dE = \frac{dG}{g(E)}$.

С другой стороны известно, что фермионы подчиняются статистике Ферми-Дирака и среднее число электронов n с энергией E и определяется как

$$\langle n \rangle = \frac{1}{1 + e^{\frac{E-E_F}{kT}}}$$

Очевидно, что $n = \frac{N}{V}$, тогда, определив N как

$$N = \int_0^\infty g(E) \langle n \rangle dE$$

для случая $T = 0$ получаем, что

$$E_F(0) = \frac{(3\pi^2\hbar^3 n)^{\frac{2}{3}}}{2m}$$

Исходя из условий поставленной задачи, плотность состояний вблизи уровня ферми при нулевой температуре будет определяться выражением $g(E_F) = \frac{dG(E_F)}{dE}$. В этом случае получим выражение, определяющее суть интервала энергии dE между соседними состояниями ($\delta G = 2$):

$$dE = \frac{dG(E_F)}{g(E_F)} = \frac{2\pi^{\frac{4}{3}}\hbar^2}{m(3n)^{\frac{1}{3}}}$$

3. Расчет в MATLAB

Приведенная постоянная Планка	$\hbar = 1.0546 \cdot 10^{-34}$	$\hbar = 1.0546 \cdot 10^{-34}$	$J \cdot s$
Масса свободного электрона	$m_0 = 9.11 \cdot 10^{-31}$	$m_0 = 9.11 \cdot 10^{-31}$	kg
Переход от Дж в эВ	$J \cdot 2.305 \cdot 10^{-19} = eV$	$J \cdot 2.305 \cdot 10^{-19} = eV$	1/Кл
Константа Больцмана	$k = 1.38 \cdot 10^{-23}$	$k = 1.38 \cdot 10^{-23}$	$J \cdot K^{-1}$

Входные данные:

Концентрация электронов	$[10^{22}, 2 \cdot 10^{22}, 5 \cdot 10^{22}]$	$[1e22, 2e22, 5e22]$	cm^{-3}
-------------------------	---	----------------------	-----------

Выходные данные:

Концентрация электронов	n	n	m^{-3}
Интервал между соседними уровнями	dE	dE	eV

```

hbar = 1.0546e-34; %Plank bar
m = 9.11e-31; %Mass of electron
k = 1.380e-23; %Bolzman Const
del_n = 2;
n = [10e24:10e24:10e28];
n_1 = [1e22,2e22,5e22];
J2eV = 1/(1.6e-19);

Ef = E_f(n);
%Ef*J2eV;
dE = del_E(Ef)*J2eV;

sprintf('dE : %2.3g eV\nConcetration: %2.3g m^-3\n',
    del_E(E_f(n_1(1)))*J2eV,n_1(1))
sprintf('dE : %2.3g eV\nConcetration: %2.3g m^-3\n',
    del_E(E_f(n_1(2)))*J2eV,n_1(2))
sprintf('dE : %2.3g eV\nConcetration: %2.3g m^-3\n',
    del_E(E_f(n_1(3)))*J2eV,n_1(3))

subplot(2,1,1)
loglog(n,dE)
title('lg(dE) VS lg(n)')
xlabel('$m^{-3}$','Interpreter','latex')
ylabel('eV')
grid on

subplot(2,1,2)
semilogx(n,Ef*J2eV)
title('Ef VS lg(n)')
xlabel('$m^{-3}$','Interpreter','latex')
ylabel('eV')
grid on

[x,y] = ginput;
h1 =
    text(x,del_E(E_f(x))*J2eV,'*', 'HorizontalAlignment','center', 'Color',
[1 0 0], 'FontSize',10);
%Eprom= E_f(x)*J2eV;
h = msgbox(sprintf(' dE is equal to %2.3g eV\n n is equal to %2.3g
    m^-3 \n',del_E(E_f(x))*J2eV,x));

%sprintf('dE : %2.3g eV\nConcetration: %2.3g m^-3\n',
    del_E(E_f(x))*J2eV,x)

```

ans =

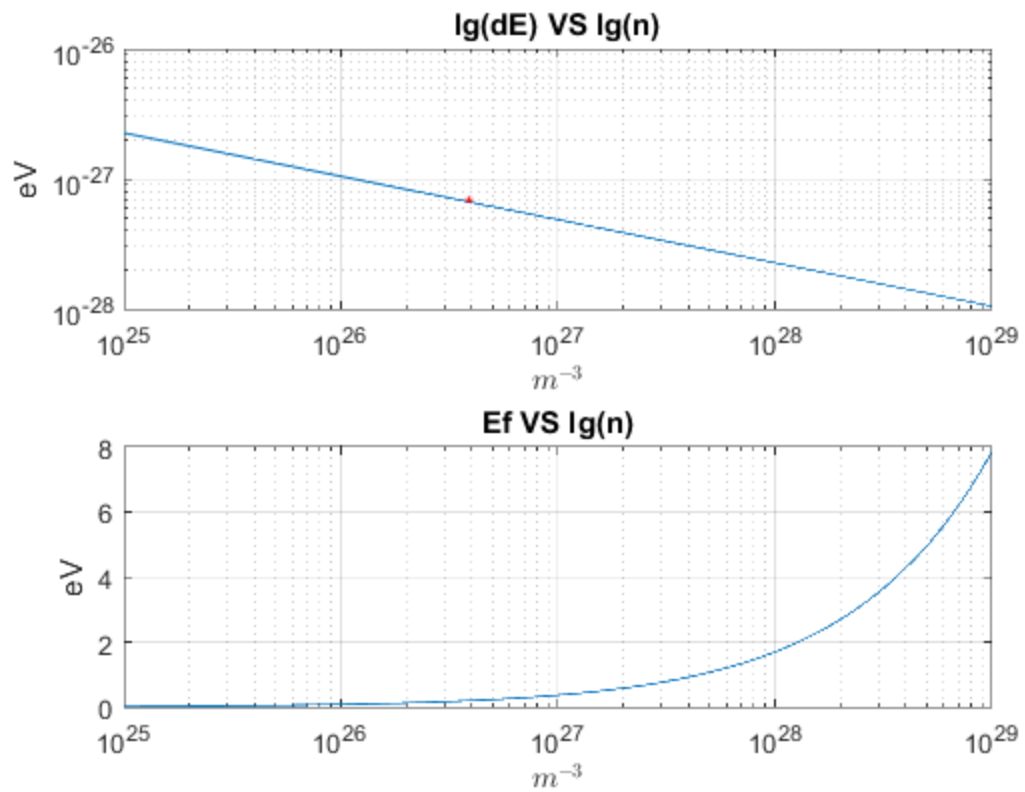
dE : 2.26e-26 eV
Concentration: 1e+22 m⁻³

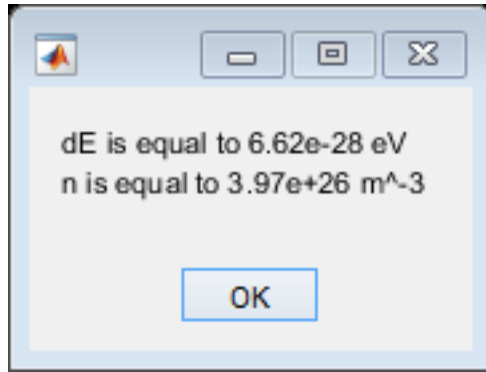
ans =

dE : 1.79e-26 eV
Concentration: 2e+22 m⁻³

ans =

dE : 1.32e-26 eV
Concentration: 5e+22 m⁻³





Published with MATLAB® R2016a