مقدمة في الماتلاب مع تطبيقات فيزيائية

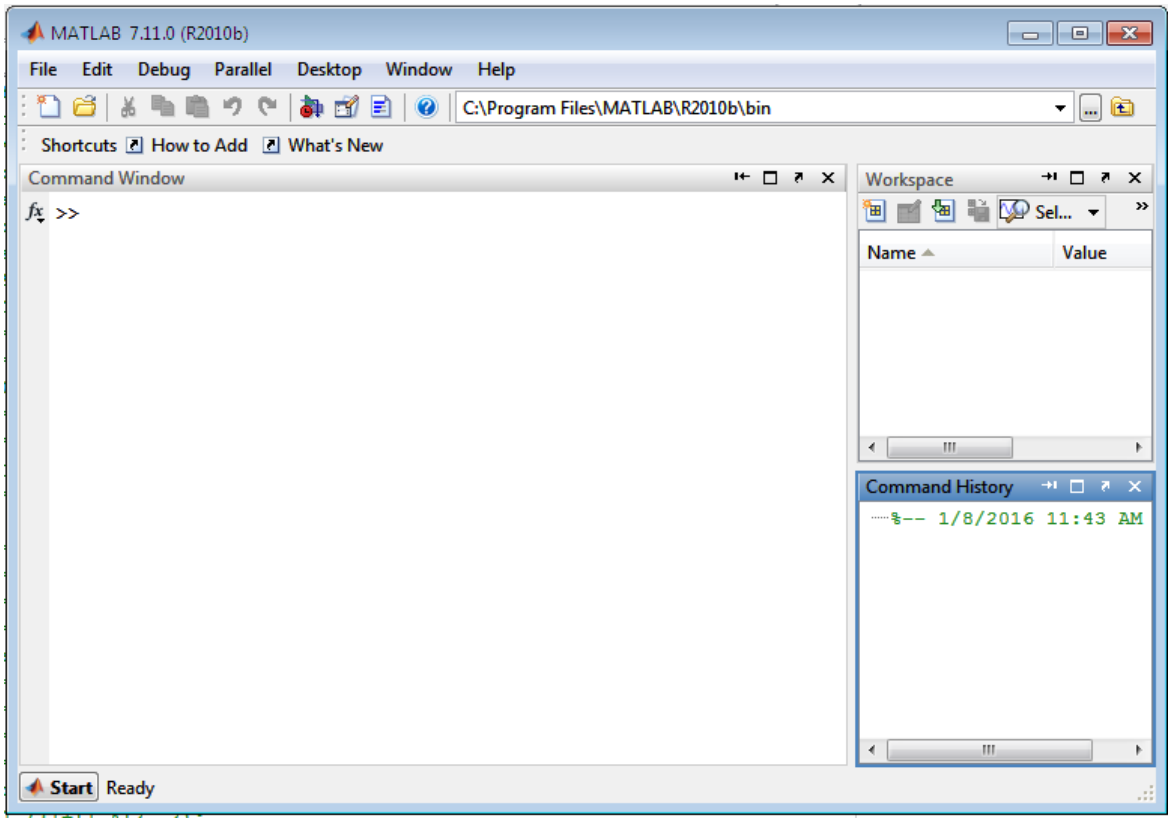
م. د. موسى كاظم شامر

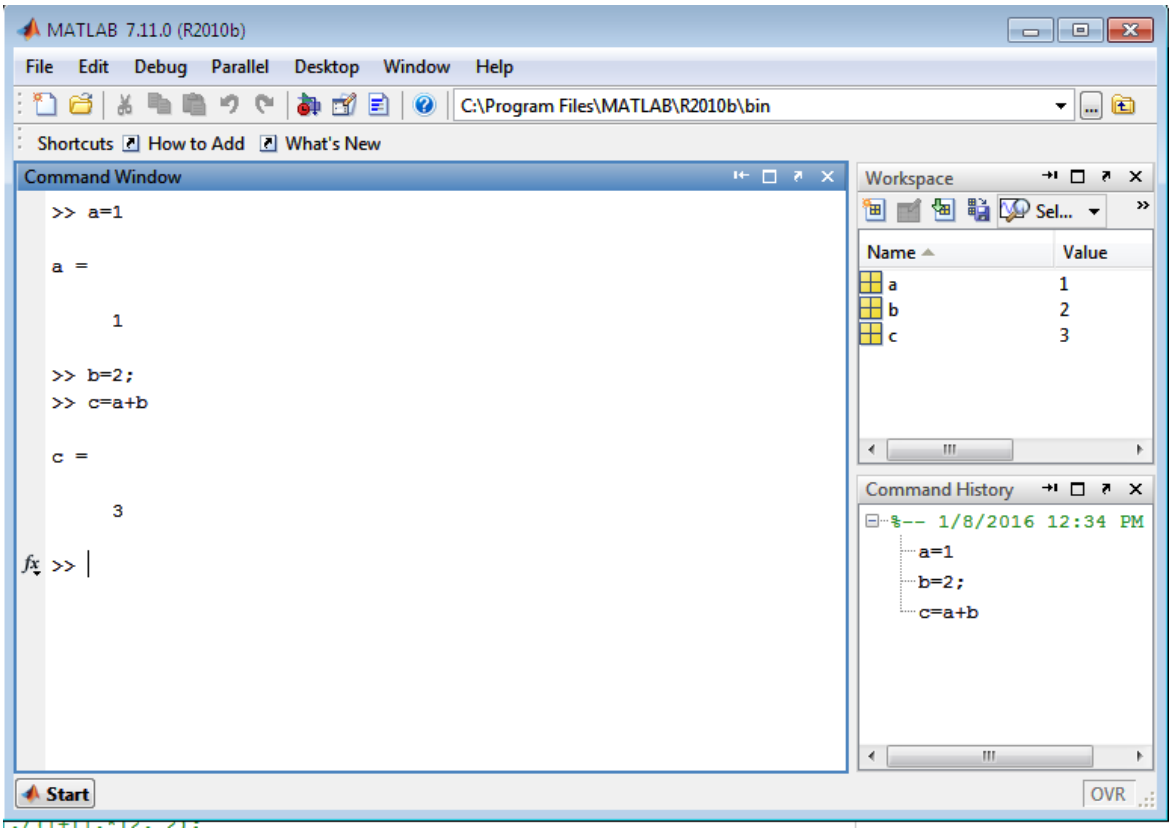
2021-1-10

قسم الفيزياء-كلية التربية للعلوم الصرفة جامعة البصرة

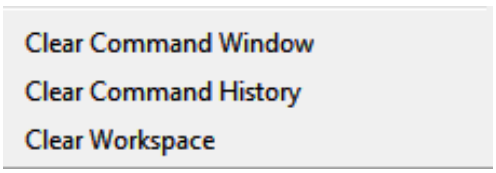
مكونات نافذة الماتلاب

1. نافذة الاوامر Commands Window
2. مساحة العمل Workspace
3. تاريخ الامر Command History

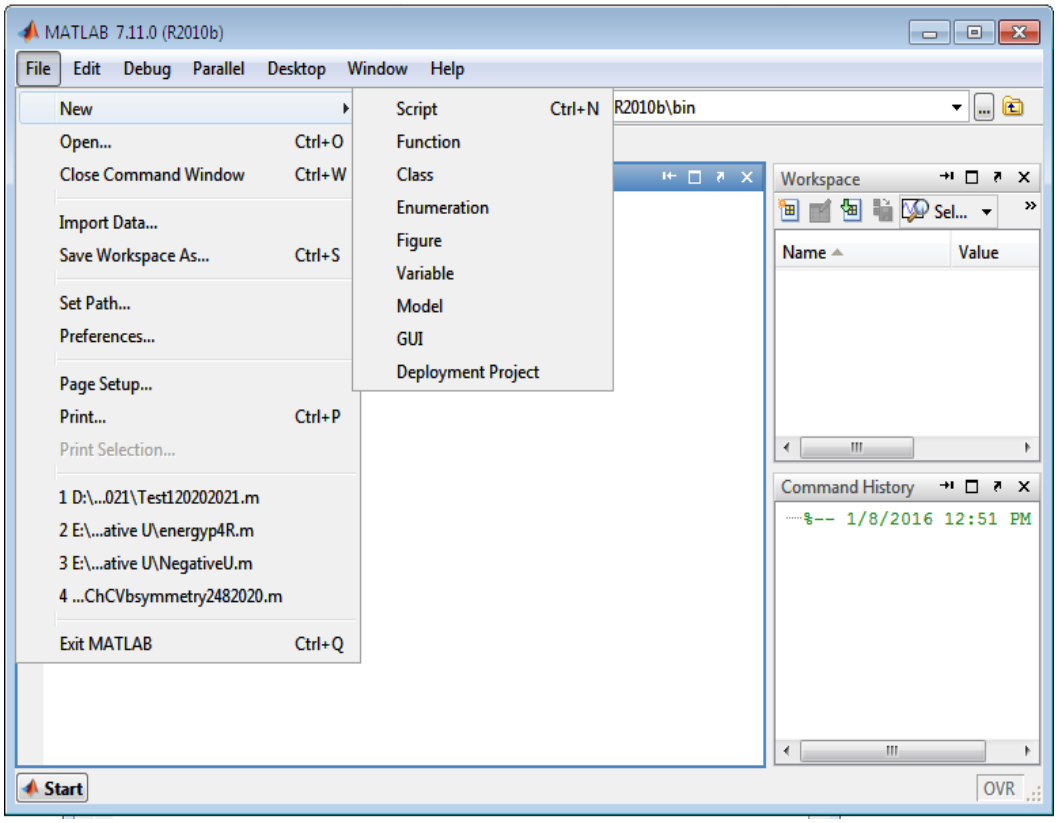


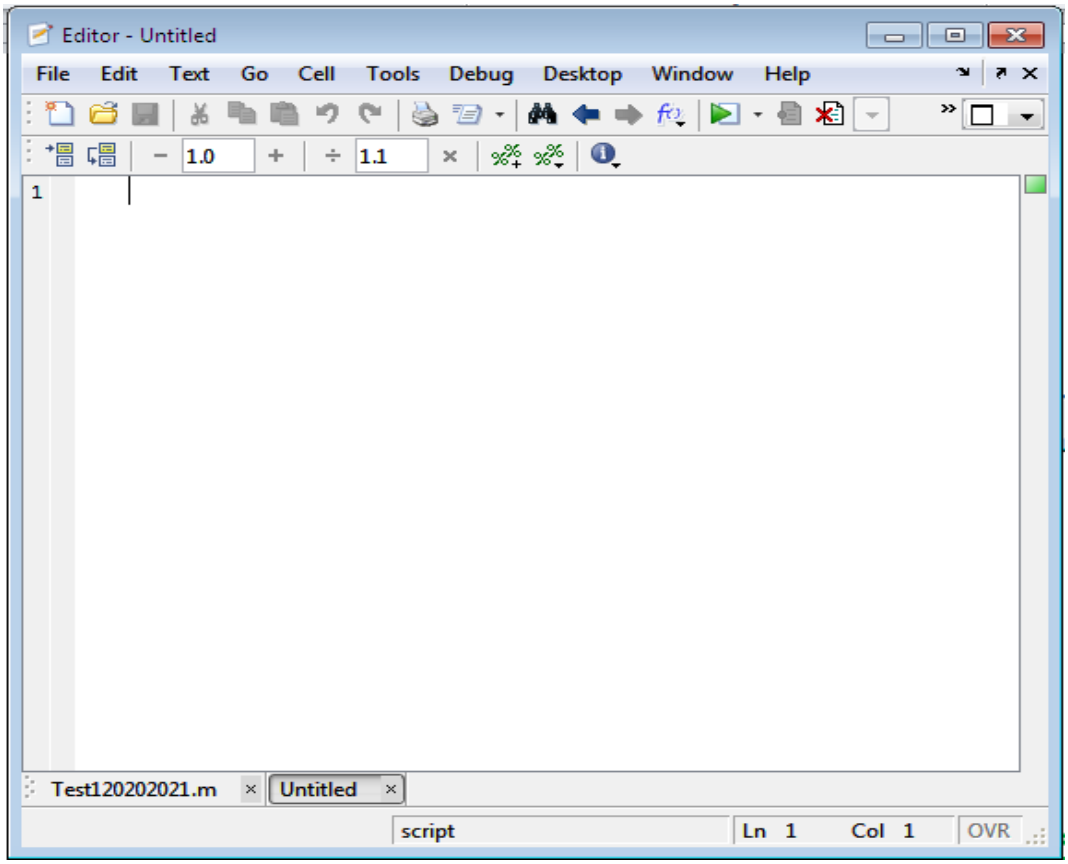


من قائمة Edit يمكن مسح محتويات النوافذ اعلاه باستخدام:



كتابة البرنامج باستخدام الماتلاب باستخدام محرر النصوص:





التطبيق الفيزيائي الاول: دالة توزيع فيرمي وسالب مشتقة دالة فيرمي بالنسبة للطاقة

لدينا دالة توزيع فيرمي $f(E,T)$ تعطى بالعلاقة التالية

$$f(E,T)=\frac{1}{1+e^{E/kT}}$$

وسالب مشتقة دالة فيرمي بالنسبة للطاقة

$$-\frac{df(E,T)}{dE}=\frac{e^{E/kT}}{kT(1+e^{E/kT})^2}$$

نريد كتابة برنامج يقوم بحساب ورسم العلاقة بين $f(E,T)$ و $-\frac{df(E,T)}{dE}$ مع E حيث $E(eV)=[-0.25,0.25]$ تمثل الطاقة وان $T=300K$ تمثل درجة الحرارة بينما ثابت بولتزمان $k_B=8.62\times10^{-5}$. لأجل ذلك نتبع الاتي:

1- في السطر الاول نكتب جملة توضح موضوع البرنامج مسبوقة %، حيث تكون كل الجملة مسبوقة بعلامة % غير مشمولة بتنفيذ البرنامج.

```
% Fermi distribution -9-1-2021
```

2- كتابة الايعازات التالية:

```
clc                مسح محتويات نافذة الاوامر
clear all                مسح صفحة العمل
close all      غلق نوافذ الرسومات المفتوحة
```

3- كتابة قيم الثوابت المسالة مع وضع فارزة منقوطة بعد قيمة الثابت لكي نمنع ظهورها في نافذة الاوامر:

```
kB=8.62e-5;          % Boltzmann's constant (eV/K)
T=300;               % temperature (K)
```

4- نكتب قيم متغير الطاقة بوحدة الالكترون فولت على شكل متجه صف:

```
E=-0.25:0.001:0.25; %energy (eV)
```

5- نكتب دالة توزيع فيرمي وسالب مشتقتها صيغة الماتلاب:

```
f=1./(1+exp(E/(kB*T)));    % Fermi distribution function

Ndf=exp(E/(kB*T))./(((1+exp(E/(kB*T))).^2))*( kB*T))
```

6- لرسم العلاقات التي تخص دالة توزيع فيرمي وسالب مشتقتها في شكلين واظهار عناوين الرسم والمحاور، نستخدم الايعازات التالية:

أ- نستخدم الايعاز figure(n) حيث ان n يمثل رقم الشكل. ليكون رسم علاقة سالب مشتقة دالة فيرمي والطاقة فيه حيث n=1

```
figure(1)
```

ب- نستخدم امر plot لرسم العلاقة $f(E,T)$ و E

```
plot(E,f)
```

ت- نعين عنون الرسم باستخدام صيغة الماتلاب التالية:

```
title('f & E- Fermi distribution function')
```

ج- نعين عناوين المحاور باستخدام صيغتي الماتلاب التاليتين:

```
xlabel('E (eV)')
ylabel('f(E,T)')
```

ث- نستخدم الايعاز figure(n) مرة اخرى ليكون رسم علاقة سالب مشتقة دالة فيرمي والطاقة فيه حيث n=2

```
figure(2)
```

د- نستخدم امر plot لرسم العلاقة $-df(E,T)$ و E

```
plot(E,Ndf)
```

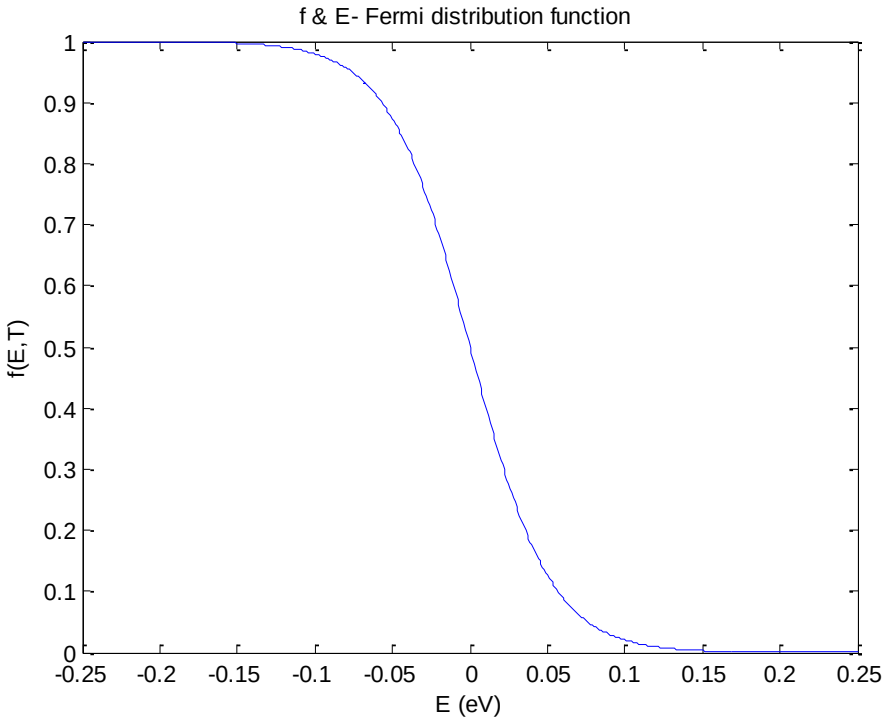
ذ- لتعين عنون الرسم نستخدم صيغة الماتلاب التالية:

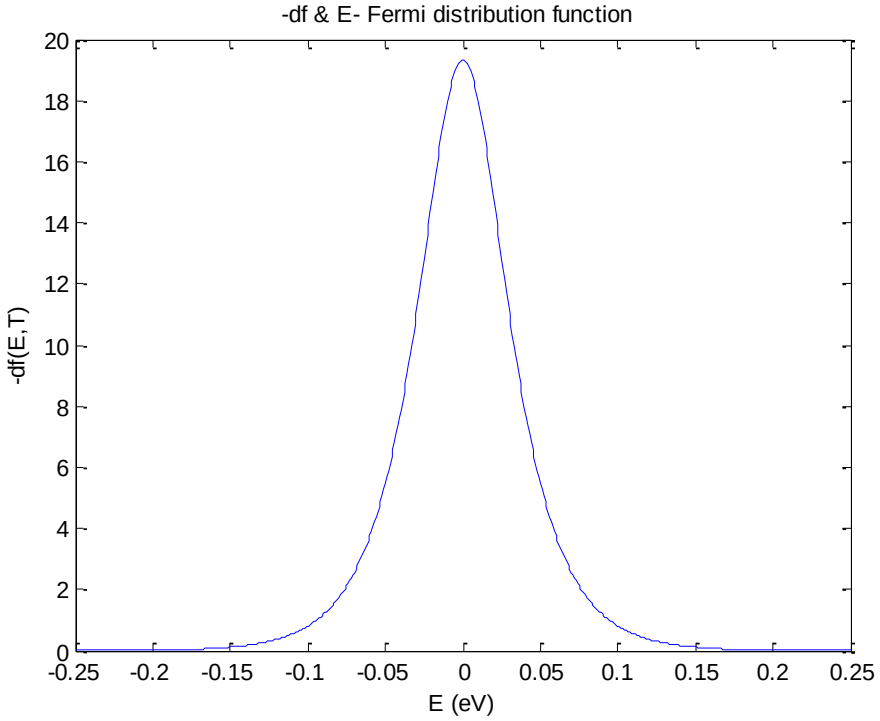
```
title('-df & E- Fermi distribution function')
```

ج- لتعين عناوين المحاور نستخدم صيغتي الماتلاب التاليتين:

```
xlabel('E (eV)')
ylabel('-df(E,T)')
```

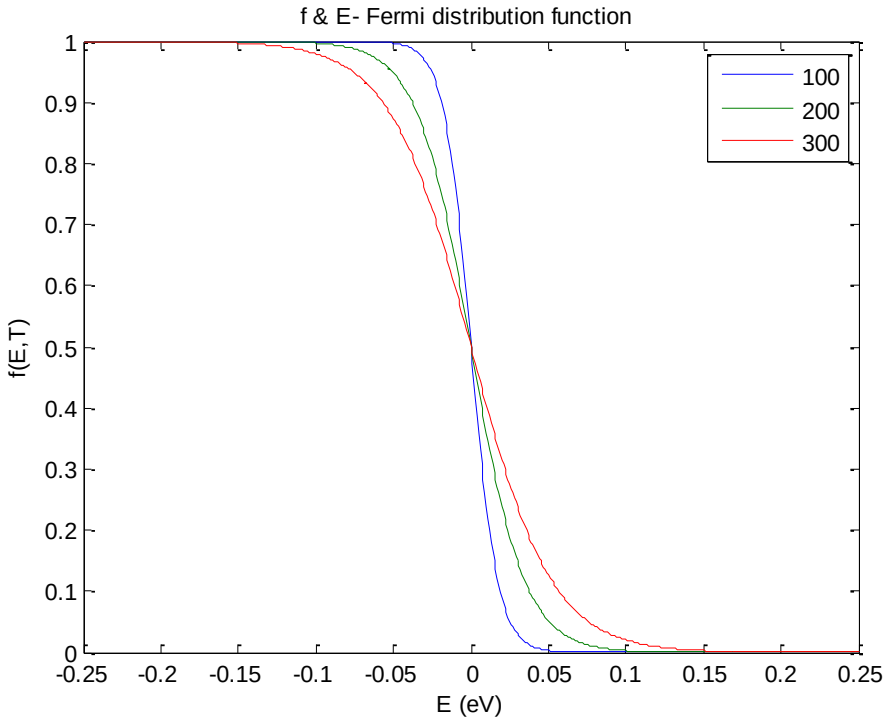
7- بعد الضغط على الزر الموجود في محرر نصوص الماتلاب نحصل على الرسم التالي:

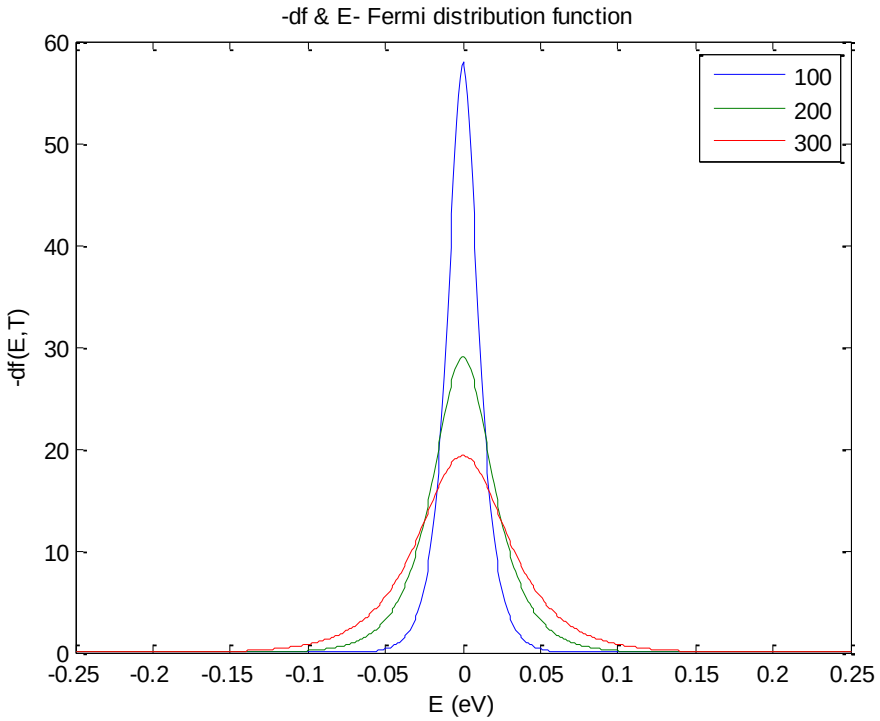

f & E- Fermi distribution function
f(E, T)
E (eV)
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25


-df & E- Fermi distribution function
-df(E, T)
E (eV)
20
18
16
14
12
10
8
6
4
2
0
-0.25
-0.2
-0.15
-0.1
-0.05
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25

لو كان المطلوب في التطبيق الاول لثلاثة قيم من درجة الحرارة 100, 200, 300K فيكون نفس البرنامج مع اضافات تحتها خط:

```
% Fermi distribution function-9-1-2021
clc; clear all  ; close all
kB=8.62e-5; % Boltzmann's constant (eV/K)
for T=100:100:300; حلقة تكرار
E=-0.25:0.001:0.25; %energy(eV)
f=1./(1+exp(E/(kB*T)));   % Fermi distribution function
Ndf=exp(E/(kB*T))./(((1+exp(E/(kB*T))).^2))*( kB*T));
figure(1)
plot(E,f)
hold all تستخدم لمسك منحنيات الدالة لثلاثة درجات في نفس الشكل بالوان مختلفة
title('f & E- Fermi distribution function ')
xlabel('E (eV)')
ylabel('f(E,T)')
legend('100', '200', '300')مخطط بيانات: كل الون يمثل الدالة لدرجة حرارة محددة
figure(2)
plot(E,Ndf)
hold all
title('-df & E- Fermi distribution function ')
xlabel('E (eV)')
ylabel('-df(E,T)')
legend('100', '200', '300')
end نهاية حلقة تكرار
```





التطبيق الفيزيائي الثاني: اشعاع الجسم الاسود

لدينا دالة اشعاع الجسم الاسود I تعطى بالعلاقة التالية:

$$I = \frac{H}{e^G - 1}$$

حيث ان

$$H = \frac{8\pi hc}{\lambda^5}$$

و

$$G = \frac{hc}{kT\lambda}$$

ان $h = 6.626 \times 10^{-34}$ و $c = 3 \times 10^8$ و $k = 1.3807 \times 10^{-23}$. نريد رسم العلاقة بين I و $\lambda(10^{-9} \leq \lambda \leq 3000 \times 10^{-9})$ بخطوة 10×10^{-9} لقيم $T = 4500\,, 6020, 7500$ ومن ثم لون المنحنيات بالوان مختلفة باستخدام if-else

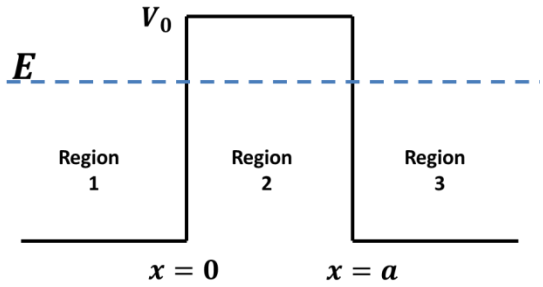
```
% Black Body Radiation function
clc
clear all
close all
h = 6.6261e-34;                 % Planck's constant (J s)
c = 2.9979e8;                   % speed of light (m/s)
k = 1.3807e-23;                 % Boltzmann's constant (J/K)
T=[4500 6025 7200];ثلاث قيم لدرجة الحرارة مصفوفة صف بزيادةغير ثابتة
for i=1:3حلقة تكرار من 1 الى 3 الدور يتفق مع عدد درجات الحرارة
lam = 1e-9:10e-9:3000e-9;
G=(h*c)./(k*T(i).*lam);      %energy density function:
H=(8*pi*h*c)./lam.^5;
I=H.*(1./(exp(G)-1));
if i==1
plot(lam ,I, 'r')
hold on
elseif i==2
plot(lam ,I ,'k')
else
plot(lam, I ,'b')
end
end
```

اما اذا كان زيادة في درجة الحرارة ثابتة فيكون البرنامج بالشكل التالي:

```
% Black Body Radiation function
clc
clear all
close all
h = 6.6261e-34;                 % Planck's constant (J s)
c = 2.9979e8;                   % speed of light (m/s)
k = 1.3807e-23;                 % Boltzmann's constant (J/K)
for T=4500: 1500: 7500
lam = 1e-9:10e-9:3000e-9;
G=(h*c)./(k*T.*lam);      %energy density function:
H=(8*pi*h*c)./lam.^5;
I=H.*(1./(exp(G)-1));
if T==4500
plot(lam ,I, 'r')
hold on
elseif T==6000
plot(lam ,I ,'k')
else
plot(lam, I ,'b')
end
end
```

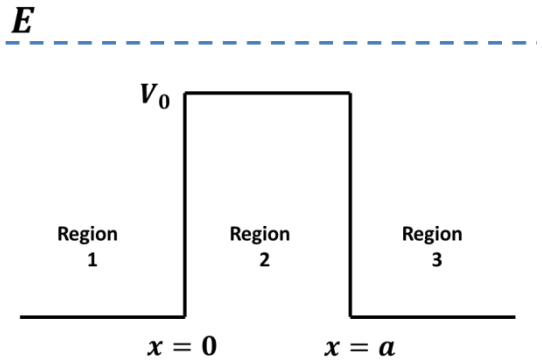
التطبيق الفيزيائي الثالث: عامل النفاذية خلال حاجز الجهد مفرد

$E < V_0$



$$T = \frac{1}{1 + \left(\frac{{V_0}^2}{4E(V_0 - E)}\right) \sinh^2\left(a\frac{\sqrt{2m(V_0 - E)}}{\hbar}\right)}$$

$E > V_0$



$$T = \frac{1}{1 + \left(\frac{{V_0}^2}{4E(E - V_0)}\right) \sin^2\left(a\frac{\sqrt{2m(V_0 - E)}}{\hbar}\right)}$$

لكتابة برنامج من خلاله يتم ايجاد معامل النفاذية كدالة لطاقة الجسيم الكلية E ولكلا الحالتين $E > V_0$ و $E < V_0$ نتبع الخطوات التالية:

```
% Single Potential Barrier- 9-1-2021


clc             %clear Command window
clear all       %clear Workspace
close all       %close Figures.
hbar=1.0545716e-34;     %Planck's constant [Js]
m=9.109382e-31;         %electron Mass [kg]
q=1.6021764e-19;        %electron Charge [Col]
an=3e-9;                %barrier width (nm)
```

نكتب قيمة " الجهد بوحدة الالكترون فولت" ، ثم نضربها بشحنة الالكترون لغرض تحويل وحدة الجهد من الكترون فولت الى جول:

```
V0=0.6;                 %barrier height (eV)
V0j=V0*q;               %barrier height(J)
```

نكتب قيم المتغير" الطاقة بوحدة الالكترون فولت" على شكل متجه صف، ثم نضربها بشحنة الالكترون لغرض تحويل وحدة الطاقة من الكترون فولت الى جول:

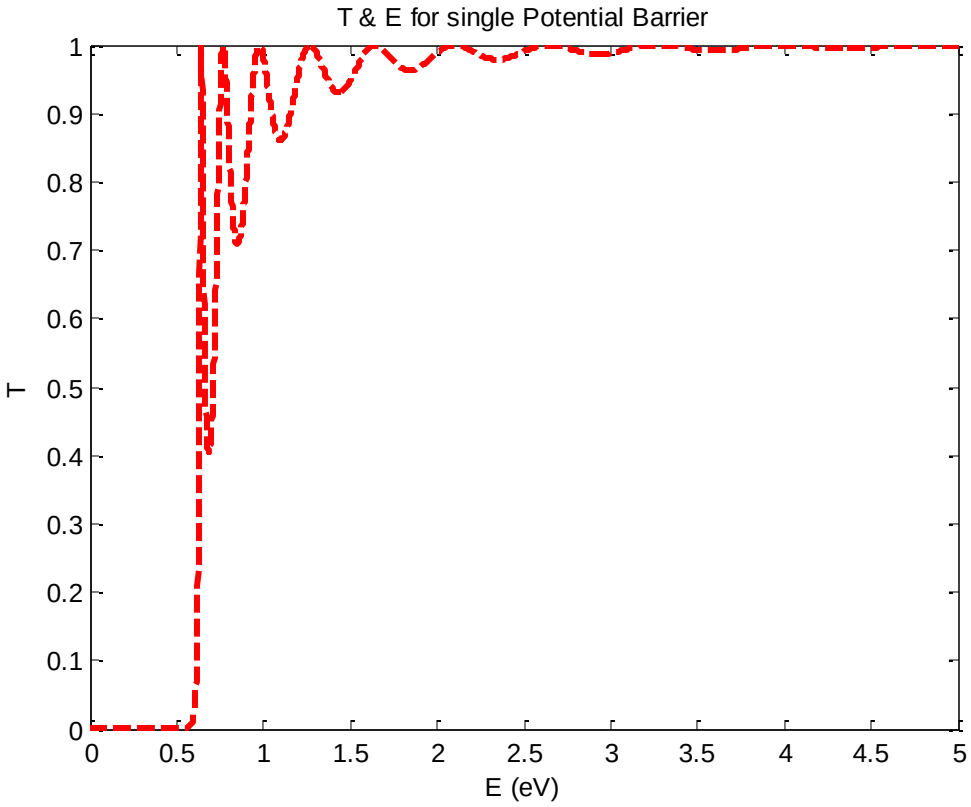
```
E=0:0.0001:5;              %particle energy (eV)
Ej=E*q;                    %particle energy (J)
```

نستخدم صيغة الشرط if-else-end

```
if E<V0
%==========================E<V0=================================
k2=sqrt(2*m*(V0j-Ej))/hbar;
T1=V0j^2./(4*Ej.*(V0j-Ej));
T2=sinh(k2*an);
%===============================================================
else
%==========================E>V0=================================
k2=sqrt(2*m*(Ej-V0j))/hbar;
T1=V0j^2./(4*Ej.*(Ej-V0j));
T2=sin(k2*an);
%===============================================================
end                          %if
T=1./(1+T1.*T2.^2);
plot(E,T,'--r','LineWidth', 2.5)
```

حيث ان '--r' تعني ان نمط خط الدالة يكون مقطع (وله اناط اخرى) والون خط الدالة يكون احمر (يمكن استخدام الوان اخرى باستخدام احرف g الاخضر و k اسود و b ازرق وهكذا)، اما 'LineWidth', 2.5 تعني سمك خط الدالة.

```
title('T & E for single Potential Barrier')
xlabel('E (eV)')
ylabel('T')
```



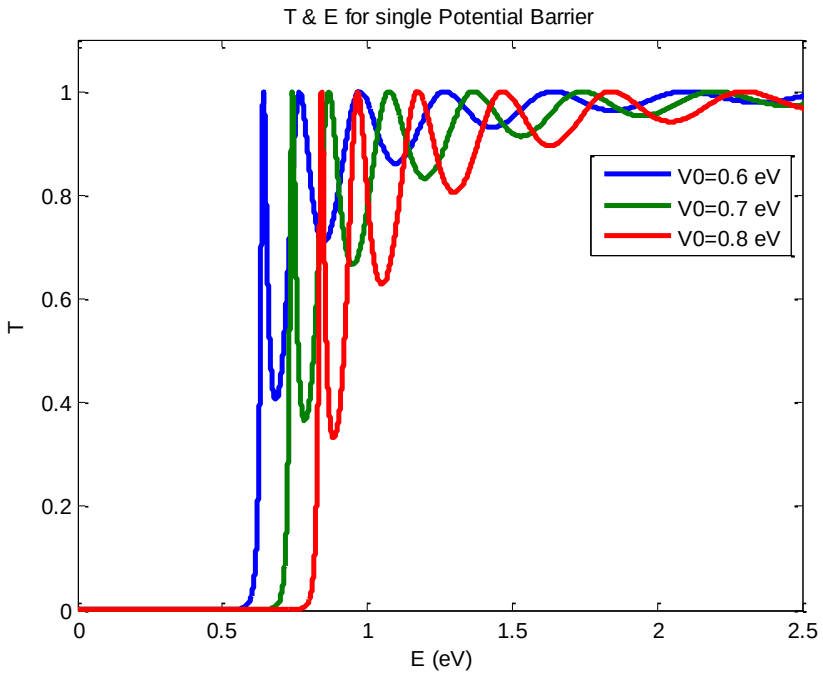
اذا اردنا تحديد مجال ومدى الدالة نستخدم صيغة الماتلاب التالية:

```
axis([0 5 0 1]);
```

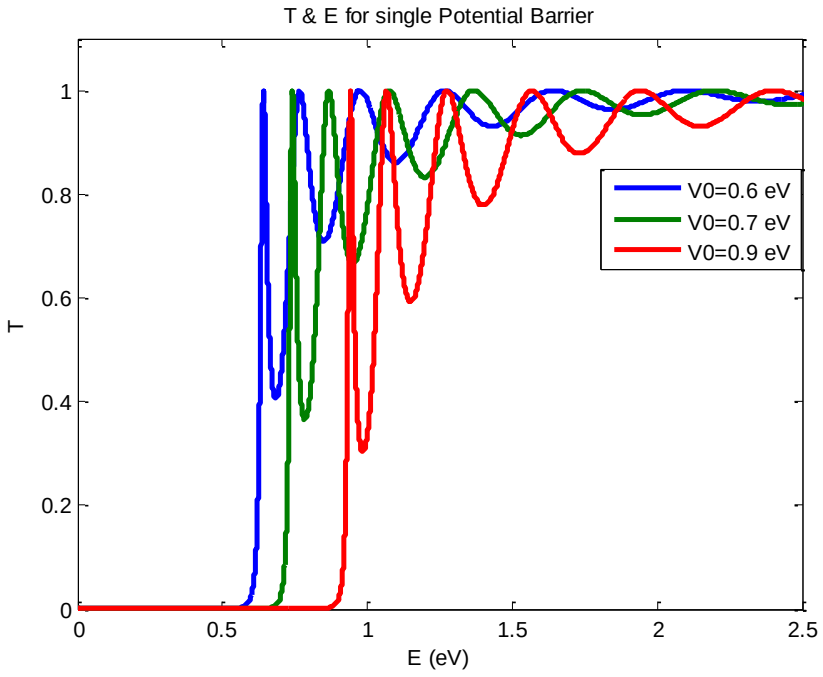
حيث تمثل 0 و5 قيم E و 0 و1 قيم T، حيث يمكن تغير القيم حسب ما تقتضي المسالة.

تمرين: استحصل رسم العلاقة بين T و E لنفس التطبيق اعلاه لكن للحالات التالية:

1- لقيم ارتفاع حاجز الجهد تزداد زيادة ثابتة مثل 0.6, 0.7, 0.8eV. الشكل 1
2- لقيم ارتفاع حاجز الجهد تزداد زيادة غير ثابتة مثل 0.6, 0.7, 0.9eV. الشكل 2



الشكل 1



الشكل 2

التطبيق الفيزيائي الرابع: الحزمة المفردة باستخدام نموذج الترابط المتين: وحدة الخلية البسيطة

The single Band Tight Binding Model

حزمة وحدة الخلية البسيطة:

$$\varepsilon_{k,Sc} = -\alpha - 2\gamma\left(\cos(k_x a) + \cos\left(k_y a\right) + \cos(k_z a)\right)$$

لذلك لحالة خاصة $k_z = 0$

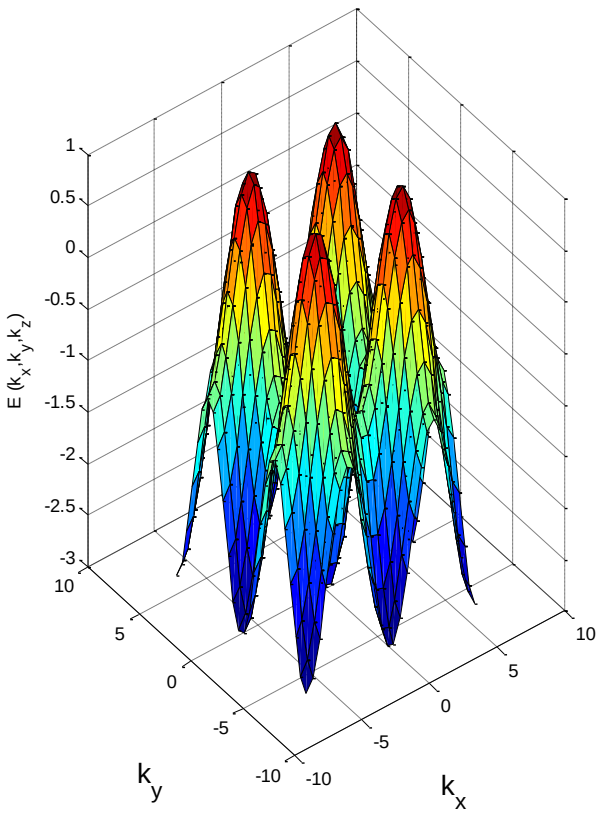
$$E_k\left(k_x, k_y, k_z = 0\right) = \frac{\varepsilon_{k,Sc} + \alpha}{2\gamma} = -\cos(k_x a) - \cos\left(k_y a\right)$$

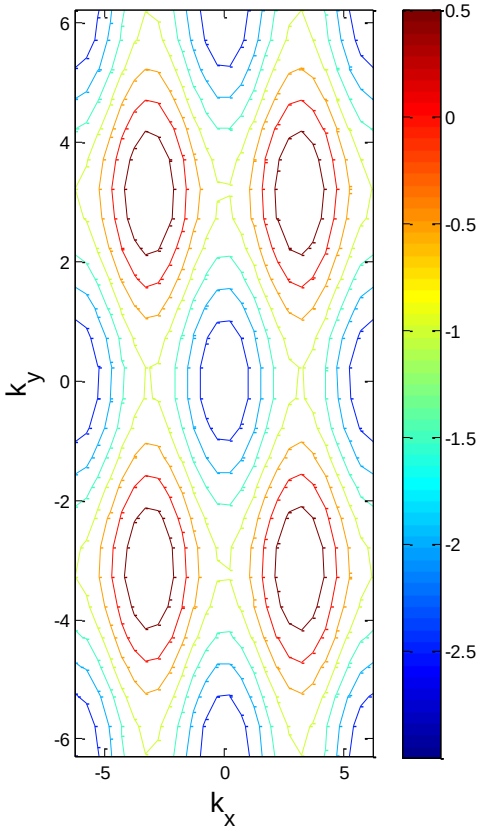
$$\frac{2\pi}{a} \leq k_x \leq \frac{-2\pi}{a}$$

$$\frac{2\pi}{a} \leq k_y \leq \frac{-2\pi}{a}$$

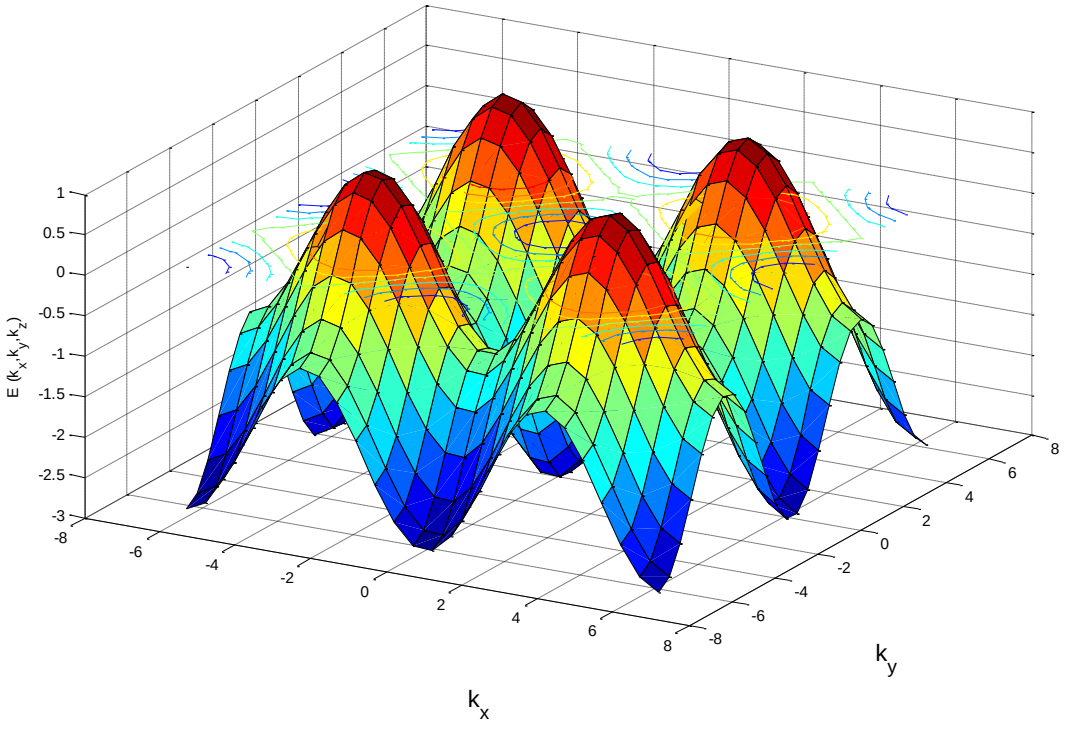
$a = 1$

```
%The single Band Tight Binding Model
clc
clear all
close all
a=1.0;
kz=0.0;
q=2*pi/a;
kx=-q:0.5:q;
ky=-q:0.5:q;
[kx,ky]=meshgrid(kx,ky);
E=-cos(kx*a)-cos(ky*a)-cos(kz*a);
subplot(1,2,1)
surf(kx,ky,E);
xlabel('k_x','fontsize',15)
ylabel('k_y','fontsize',15)
zlabel('E (k_x,k_y,k_z)')
subplot(1,2,2)
contour(kx,ky,E);
xlabel('k_x','fontsize',15)
ylabel('k_y','fontsize',15)
```





اما اذا اردنا ان نجعل كل من الرسمين في شكل واحد نستخدم hold on



التطبيق الفيزيائي الخامس: الاعداد المعقدة

اذا كان لدينا عددان معقدان z1=1+i و z2=-1-i فنريد اجراء العمليات الحسابية الاربعة وكذلك نجد طول متجه العدد المعقد r والزاوية القطبية θ التي يصنعها العدد المعقد مع المحور السيني باتجاه معاكس لعقرب الساعة

```
clc;clear all
z1=1+i;
z2=-1-i
zp=z1+z2
zm=z1-z2
zp=z1*z2
zd=z1/z2
r1=abs(z1)
th1=angle(z1)
r2=abs(z2)
th2=angle(z2)
```

اذا كان لدي مصفوفة من الاعداد المعقدة واريد ان اجد الزوايا القطبية على شكل مصفوفة. لنرى المثال

```
Z = [ 1 - 1i   2 + 1i   3 - 1i   4 + 1i
      1 + 2i   2 - 2i   3 + 2i   4 - 2i
      1 - 3i   2 + 3i   3 - 3i   4 + 3i
      1 + 4i   2 - 4i   3 + 4i   4 - 4i ]

P = angle(Z)
```

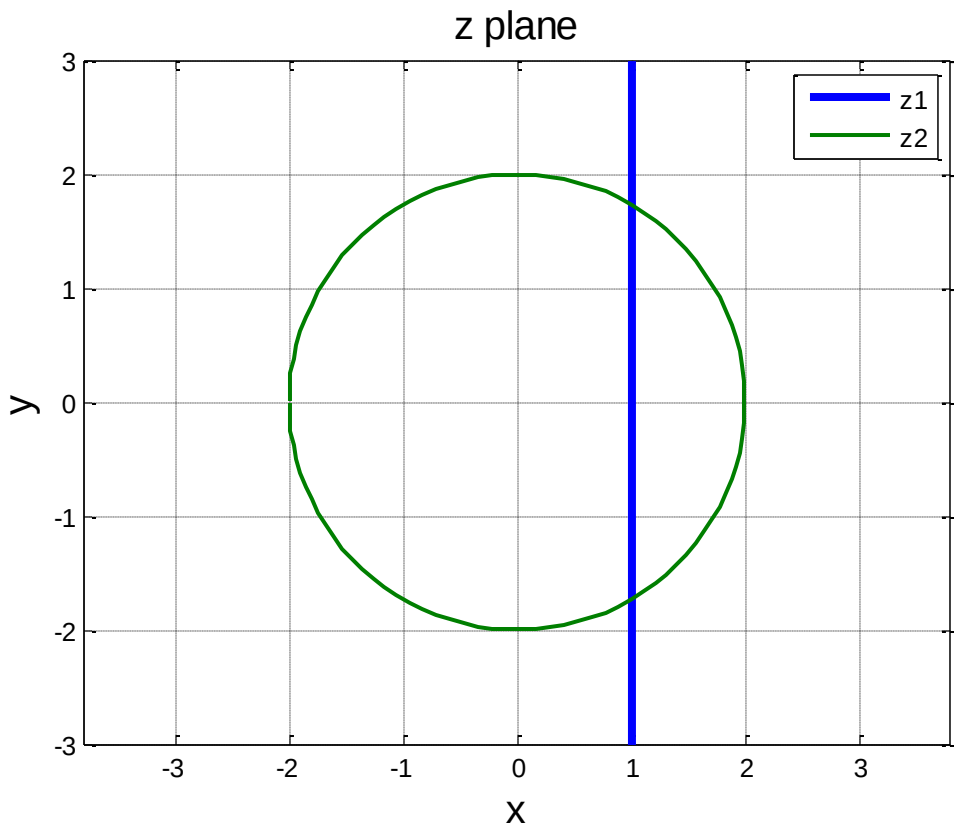
الناتج في نافذة الاوامر يكون

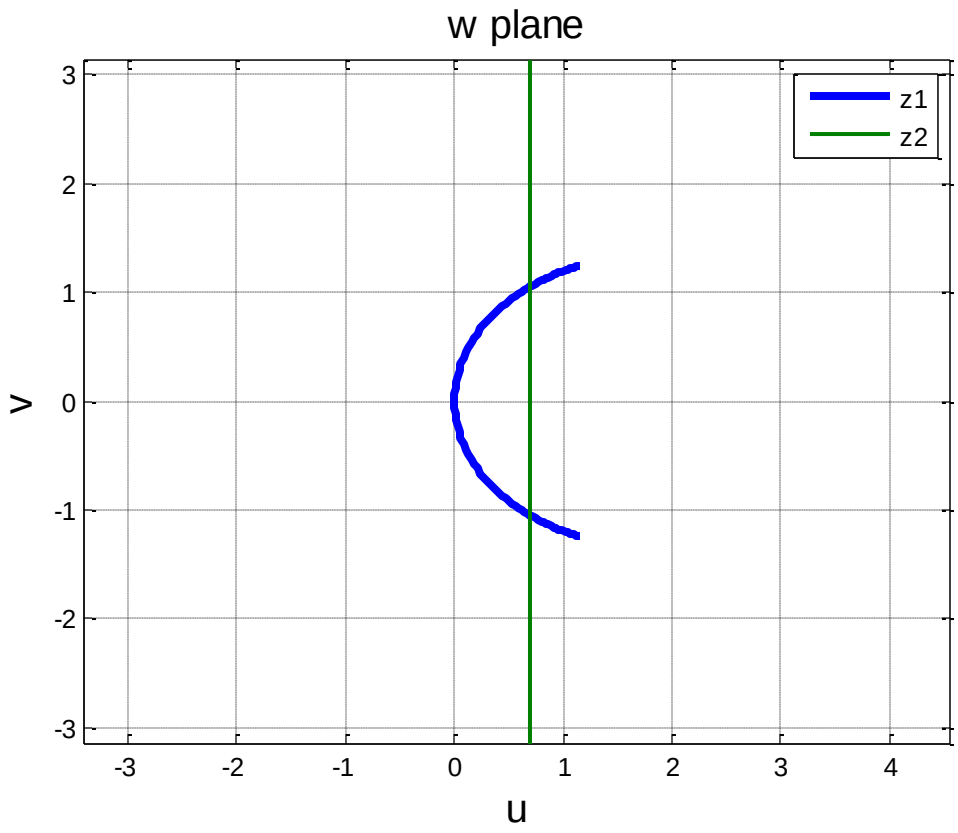
```
Z =

   1.0000 - 1.0000i   2.0000 + 1.0000i   3.0000 - 1.0000i   4.0000 + 1.0000i

   1.0000 + 2.0000i   2.0000 - 2.0000i   3.0000 + 2.0000i   4.0000 - 2.0000i

   1.0000 - 3.0000i   2.0000 + 3.0000i   3.0000 - 3.0000i   4.0000 + 3.0000i

   1.0000 + 4.0000i   2.0000 - 4.0000i   3.0000 + 4.0000i   4.0000 - 4.0000i
```

```
P =


   -0.7854    0.4636   0.245-0.3218    0

    1.1071   -0.7854    0.5880   -0.4636

   -1.2490    0.9828   -0.7854    0.6435

    1.3258   -1.1071    0.9273   -0.7854


>>
```

المثال عن الاحداثيات الكارتزية للعدد المعقد في المستوي المعقد z وعن الاحداثيات التحويلية u و v في المستوي w

```
clc;clear all ;close all
y=linspace(-3,3,101);
x=1;
z1=1+i*y;
w1=log(z1);
th=linspace(-pi,pi,100);
z2=2*exp(i*th);
w2=log(z2);
figure(1)
plot(real(z1),imag(z1),'linewidth',3);hold all
plot(real(z2),imag(z2),'linewidth',2);grid on;axis equal
xlabel('x','fontsize',15)
ylabel('y','fontsize',15)
title('z plane','fontsize',15)
grid on
legend('z1','z2')
figure (2)
plot(real(w1),imag(w1),'linewidth',3);hold all
plot(real(w2),imag(w2),'linewidth',2);
grid on;axis equal
xlabel('u','fontsize',15)
ylabel('v','fontsize',15)
title('w plane','fontsize',15)
legend('z1','z2')
```


z plane
z1
z2
y
x
3
2
1
0
-1
-2
-3
-3
-2
-1
0
1
2
3


w plane
z1
z2
v
u
3
2
1
0
-1
-2
-3
-3
-2
-1
0
1
2
3
4

التطبيق الفيزيائي السادس: المتذبذب التوافقي الكمي:

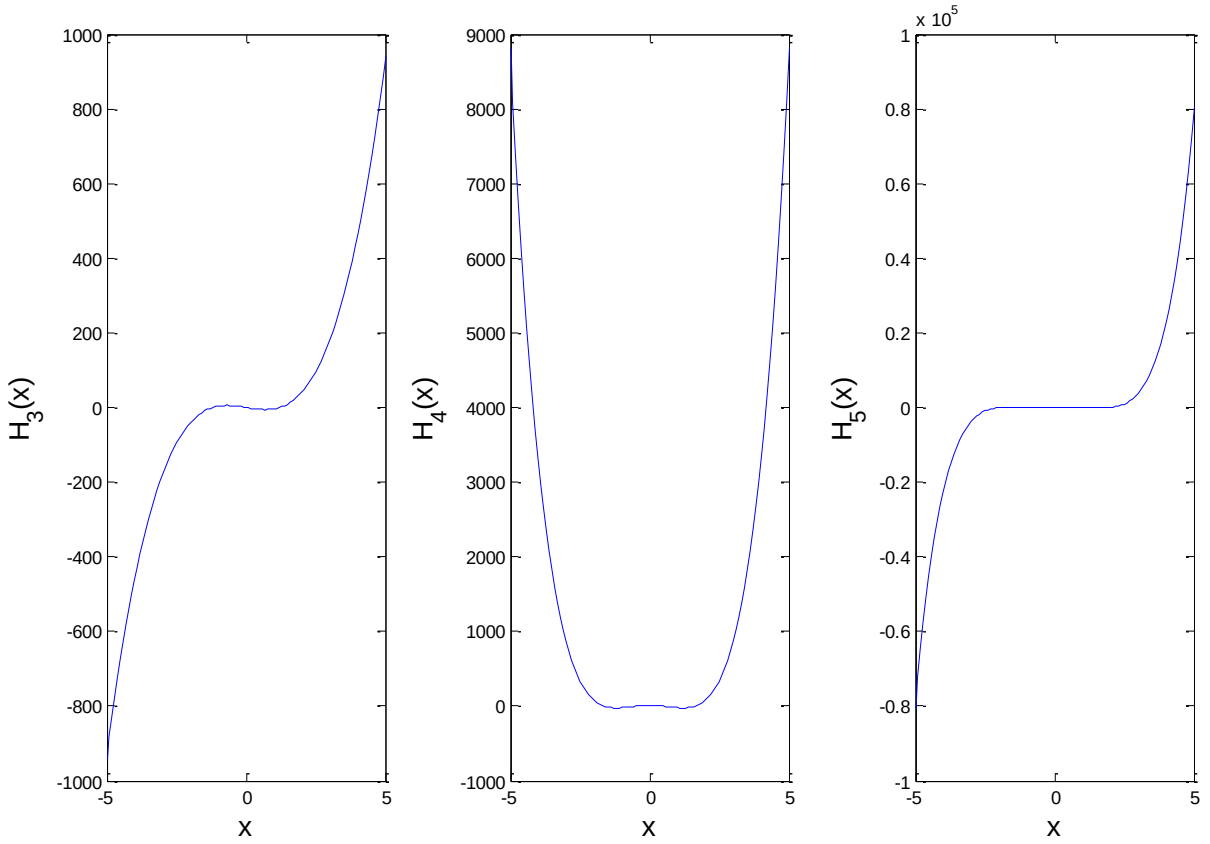
جد متعدد الحدود $H_5 = -8H_3 + 2xH_4$ ، حيث ان

$$H_3 = -e^{x^2}\frac{d^3}{dx^3}e^{-x^2}$$

و $H_4 = e^{x^2}\frac{d^4}{dx^4}e^{-x^2}$

ومن ثم باستخدام الايعازات subplot و subs و plot ارسم العلاقة بين H_3 و H_4 و H_5 مع المتغير $x(-5 \le x \le 5)$ واظهر عناوين المحاور.

```
clc; clear all; close all
syms x
H3=-exp(x^2)*diff(exp(-x^2),3);
h3=simplify(H3);
pretty(h3)
H4=exp(x^2)*diff(exp(-x^2),4);
h4=simplify(H4);
pretty(h4)
H5=-8*H3+2*x*H4;
h5=simplify(H4);
pretty(h5)
xx=-5:0.1:5;
HH3=subs(H3,x,xx);
HH4=subs(H4,x,xx);
HH5=subs(H5,x,xx);
subplot(1,3,1)
plot(xx,HH3)
xlabel('x','fontsize',15)
ylabel('H_3(x)','fontsize',15)
subplot(1,3,2)
plot(xx,HH4)
xlabel('x','fontsize',15);
ylabel('H_4(x)','fontsize',15);
subplot(1,3,3)
plot(xx,HH5)
xlabel('x','fontsize',15);
ylabel('H_5(x)','fontsize',15);
```



اما ناتج الرياضيات باستخدام pretty

$$8\,x^3 - 12\,x$$

$$16\,x^4 - 48\,x^2 + 12$$

$$16\,x^4 - 48\,x^2 + 12$$

>>

التطبيق الفيزيائي السابع: ثابت المعايرة

جد قيمة ثابت المعايرة n من خلال المعادلة التالية:

$$n = \frac{1}{\sqrt{\int_0^a sin^2\left(\frac{\pi x}{a}\right) dx \int_0^b sin^2\left(\frac{\pi y}{b}\right) dy \int_0^c sin^2\left(\frac{\pi z}{c}\right) dz}}$$

```
clc; clear all
syms a b c x y z n
fx=sin(x*pi/a)*sin(x*pi/a);
fy=sin(y*pi/b)*sin(y*pi/b);
fz=sin(z*pi/c)*sin(z*pi/c);
ix=int(fx,x,0,a) ;
iy=int(fy, y,0,b) ;
iz=int(fz, z,0,c) ;
n=inv(sqrt(ix*iy*iz))
pretty(n)
```

n =

1/((a*b*c)/8)^(1/2)

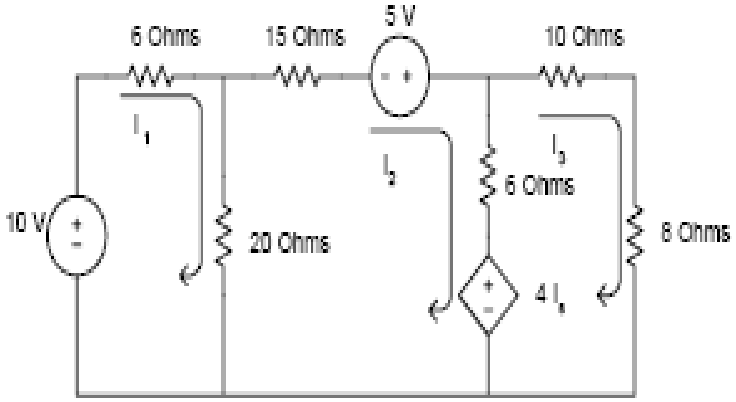
```
   1
 ------------
 / a b c \1/2
 | ----- |
 \ 8   /
```

التطبيق الفيزيائي الثامن: ايجاد القدرة المتبددة

جد حل نظام المعادلات الخطي التالي الخاص بدائرة كهربائية في الشكل ادناه:

$$26I_1 - 20I_2 = 10 \quad , \quad -16I_1 + 41I_2 + 6I_3 = 5 \quad , \quad -4I_1 - 6I_2 + 24I_3 = 0$$

وحدد قيمة الحلول باستخدام double ومن ثم جد القدرة المتبددة $P = RI_3{}^2$ في المقاومة $R = 8$.




```
syms I1 I2 I3

f1=26*I1-20*I2-10;

f2=-16*I1+41*I2-6*I3-5;

f3=-4*I1-6*I2+24*I3;

s=solve(f1,f2,f3)

I1=double(s.I1)

I2=double(s.I2)

I3=double(s.I3)

R=8;

P=R*I3^2
```

s =

I1: [1x1 sym]

I2: [1x1 sym]

I3: [1x1 sym]

I1 =

0.7205

I2 =

0.4367

I3 =

0.2293

P =

0.4205

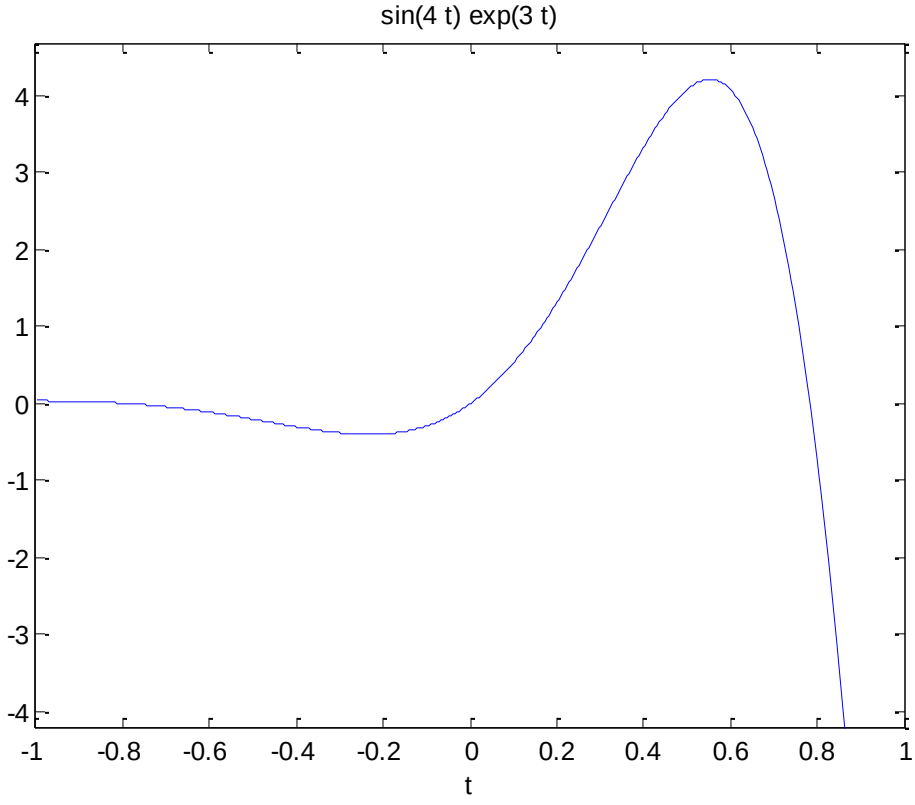
>>

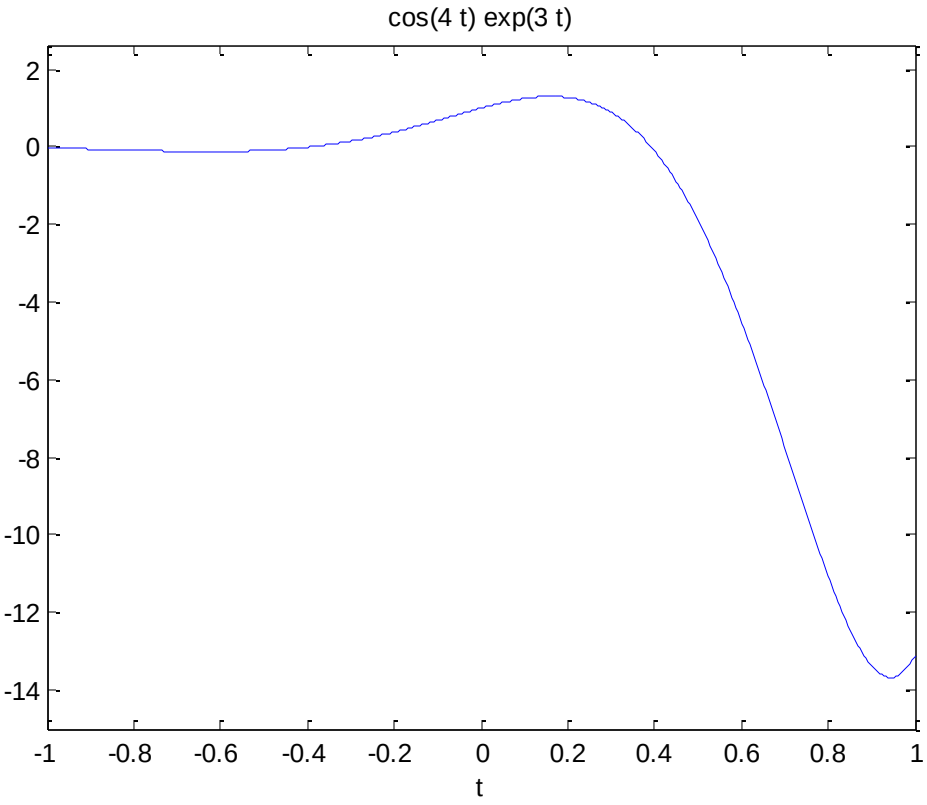
: لديك نظام المعادلات التفاضلية التالي:

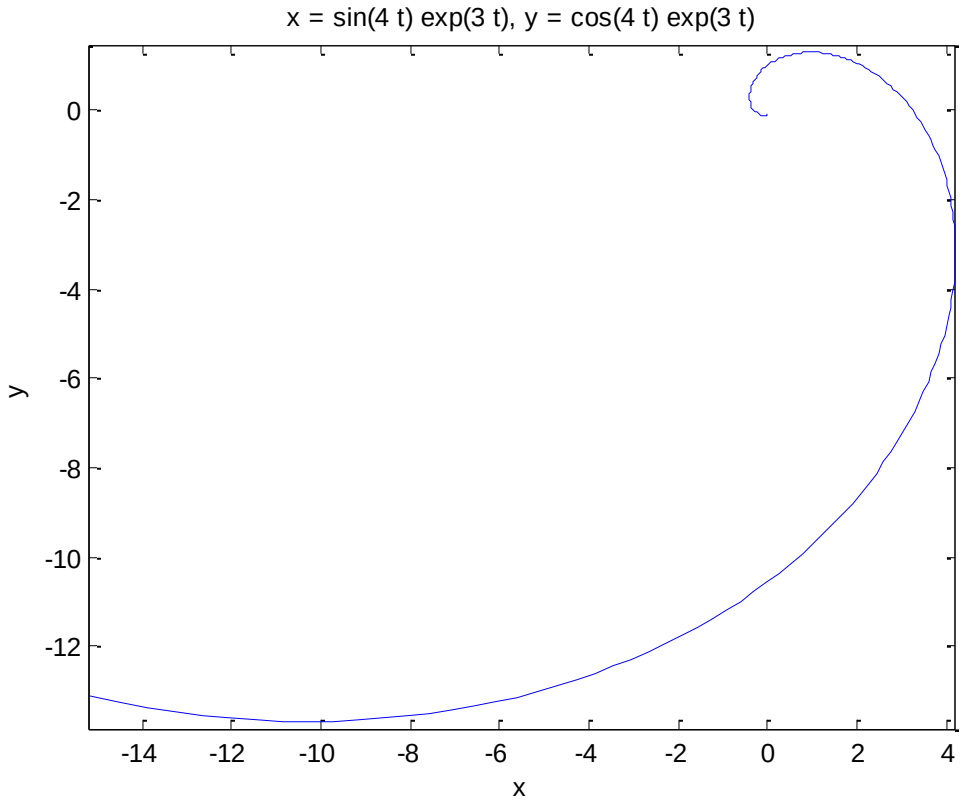
$$\frac{df}{dx} + f + 4g = 0 \qquad and \qquad \frac{dg}{dx} = -4f + 3g$$

حيث ان الشروط الحدودية هي $f(0) = 0$ و $g(0) = 1$ ، اوجد حلول نظام المعادلتين اعلاه ومن ثم ارسم الحلول وعلاقة الاطوار بينها للنطاق $-1 \le x \le 1$ في اشكال مختلفة باستخدام الايعازات figure و ezplot.

```
clc
clear all
close all
S = dsolve('Df = 3*f+4*g', 'Dg = -4*f+3*g','f(0) = 0, g(0) = 1')
f = S.f
g = S.g
figure(1)
ezplot(f,[-1,1])
figure(2)
ezplot(g,[-1,1])
figure(3)
ezplot(f,g,[-1,1])
```




cos(4 t) exp(3 t)
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
-12
-14
-1
-0.8
-0.6
-0.4
-0.2
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
t


x = sin(4 t) exp(3 t), y = cos(4 t) exp(3 t)
0
-2
-4
-6
-8
-10
-12
y
-14
-12
-10
-8
-6
-4
-2
0
2
4
x

S =

    f: [1x1 sym]

    g: [1x1 sym]

f =

sin(4*t)*exp(3*t)

g =

cos(4*t)*exp(3*t)