**《电磁场理论》实验四**

1. **实验目的：**
2. 加深对电荷在电磁场中受到的洛伦兹力的理解；
3. 学会使用Matlab对电荷在电磁场中运动轨迹进行分析。
4. **实验相关知识点：**

电荷在电磁场中会受到洛伦兹力的作用，见下式：

(1)

其中，为洛伦兹力矢量，为电场强度矢量，为电场强度矢量，为电荷运动速度矢量， 为电荷所带电荷量。

由牛顿运动定律可知，电荷在洛伦兹力的作用下会产生加速度，从而产生速度和位移的变化。在三维直角坐标系中，这一过程可以用如下矢量方程来描述：

(2)

(3)

(4)

(牛顿第二定律，*m*为电荷的质量，为加速度矢量) (5)

(6)

(为位置矢量) (7)

可以看到，这是一个随时间发展的过程。在某些情形下，这一过程可以通过求解微分方程得到每一时刻的速度矢量、位置矢量的解析解（即数学上的确切解）。而本次实验的目的是用Matlab工具分析这一动态过程，所以，我们并不希望自我局限于繁琐的数学推导，而着重理解这一动态过程的物理本质。为此，我们对时间进行离散化，引入很小的时间步长，并假定在该时间片段内，加速度矢量保持不变，这样，式（5）和（6）可写成如下离散形式：

(8)

(9)

如此，我们可以通过Matlab编程来分析每个时间片段的速度、位置矢量，从而描绘出电荷在一段时间内的运动轨迹。需要注意的事项包括：1）时间步长选择应恰当，若选择太长，则会造成较大的误差，若太短，会带来较大的计算开销；2）上述式（4）-（9）均为矢量表达式，在编程时要注意到三个维度上的分量表达。

以如下情形为范例，具体介绍分析过程：

情形：电荷质量*m*=0.02 kg，所带电荷量*q*=0.016 C，初速速度=5，初始位置（即位于坐标原点），空间电场强度，磁通密度。用Matlab编程画出该电荷在空间中的运动轨迹。

Matlab代码：

clear all

m=0.02; %给定电荷质量；

q=1.6e-2; %给定电荷电量；

dt=0.001; %设定时间步长为0.001s；

t=0:dt:100; %建立时间的数组；

vx=linspace(0,0,length(t));vy=vx;vz=vx; %建立速度矢量；

vx(1)=5; %给定速度矢量初始值

rx=linspace(0,0,length(t));ry=rx;rz=rx; %给定位置矢量；

Ex=0; Ey=1; Ez=0; %给定电场强度矢量；

Bx=0; By=1; Bz=0; %给定磁通密度矢量；

Fx=linspace(0,0,length(t));Fy=Fx;Fz=Fx; %建立力矢量；

ax=linspace(0,0,length(t));ay=ax;az=ax; %建立加速度矢量；

for i=1:(length(t)-1) %计算出每一个位置点

Fx(i)=q\*Ex+q\*(vy(i)\*Bz-vz(i)\*By); %计算i点空间受力

Fy(i)=q\*Ey+q\*(vz(i)\*Bx-vx(i)\*Bz); %计算i点空间受力

Fz(i)=q\*Ez+q\*(vx(i)\*By-vy(i)\*Bx); %计算i点空间受力

ax(i)=Fx(i)/m; %计算i点加速度

ay(i)=Fy(i)/m; %计算i点加速度

az(i)=Fz(i)/m; %计算i点加速度

vx(i+1)=vx(i)+ax(i)\*dt; %计算i+1点速度

vy(i+1)=vy(i)+ay(i)\*dt; %计算i+1点速度

vz(i+1)=vz(i)+az(i)\*dt; %计算i+1点速度

rx(i+1)=rx(i)+vx(i)\*dt; %计算i+1点位置

ry(i+1)=ry(i)+vy(i)\*dt; %计算i+1点位置

rz(i+1)=rz(i)+vz(i)\*dt; %计算i+1点位置

end

figure

plot3(rx,ry,rz); %绘图

hold on

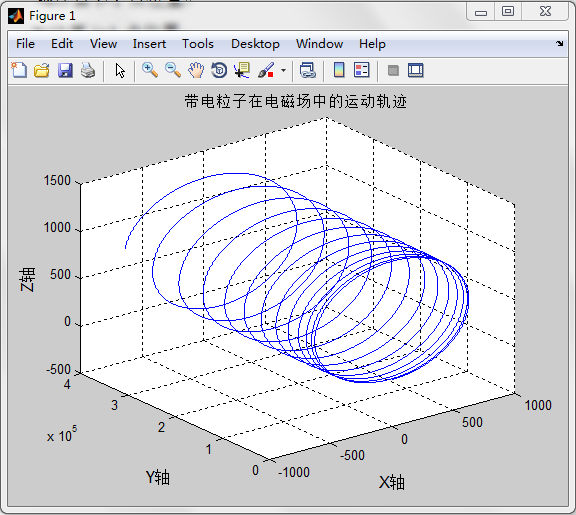
grid;

title('带电粒子在电磁场中的运动轨迹'); % 给出图形标题

xlabel('X轴', 'fontsize', 12); % X轴标注

ylabel('Y轴', 'fontsize', 12); % Y轴标注

zlabel('Z轴', 'fontsize', 12); % Z轴标注



1. **实验内容：**

用Matlab编程分析磁聚焦现象。对于一束发散角不大的带电粒子束，当它们在磁场**B**的方向上具有相同的速度分量时，它们的运动轨迹有相同的螺距，在经过一个周期它们将重新会聚在另一点。这种发散粒子束会聚到一点的现象与透镜将光束聚焦现象十分相似，因此叫磁聚焦。

磁聚焦的条件：

**（1）各电子初速v的大小近似相等；**

**（2）v与B的夹角足够小，以致每个电子都做螺线运动。**

情形：16个电荷，他们的质量相同*m*=0.02 kg，所带电荷量相同*q*=0.016 C，初始位置相同（即都位于坐标原点），空间电场强度，磁通密度。这8个电荷的初始速度在*z*轴的分量相同=10m/s，他们的初始速度在*x*轴、*y*轴的分量可表示为 m/s, m/s，其中k=0,1,2,……,15。

1. **实验报告大纲：**

**《电磁场理论》实验四**

报告人：\*\*\*\* 学号：\*\*\*\*

1. 实验任务描述（摘录实验情形描述）
2. 实验内容：Matlab源代码及实验结果（给出生成的图片及简要分析）
3. 实验体会（简要阐述实验发现及收获）

