汇智起航 2023 年（寒假）高中物理竞赛复赛-电磁学

模拟测试卷

考试时间：3：00 小时 试卷满分：320 分

一、（40分）用于电风扇的电机由电源供电时，其工作转速为1800r/min,现用自耦变压器供以电压，此时转速为多少？设所有摩擦忽略不计，叶片负载只由排风量决定，定子绕组内电流只与所施加电压有关，且气流速度v正比于子叶片旋转功率。

注：中国国内交流电频率为50Hz

二、(30分)一个半径为的金属球，其材料的电阻率假设为已知为，对其外加交变电场，其大小随时间的变化关系是。

如果不考虑电流的磁效应（高阶小量），试求稳定后的金属球发热功率的平均值。

三、（45分）

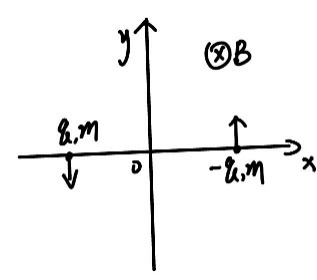
平面内有一对质量均为，带电量分别为、的粒子，已知真空介电常数，

1. 两粒子间距为，相互绕行做圆周运动，求角速度大小；

现对两粒子组成的系统施加力偶矩，使角速度保持不变，并加范围无限大的垂直平面向内的匀强磁场，

1. 求两粒子组成的系统的质心的运动轨迹（可用参数方程表达）；

将磁场区域缩小至以两粒子连线为直径的圆，移动磁场，使磁场区域中心始终为两粒子组成的系统的质心，足够大以至可以忽略磁场整体平移导致的感生电场，磁感应强度缓慢地、均匀地减小至零（系统做圆周运动一周期，磁感应强度几乎没有变化），减小率为，磁感应强度减小导致的感生电场不可忽略，已知磁感应强度减小至零经过的时间，其中为一很大的正整数，试求两粒子组成的系统的质心的最终速度。



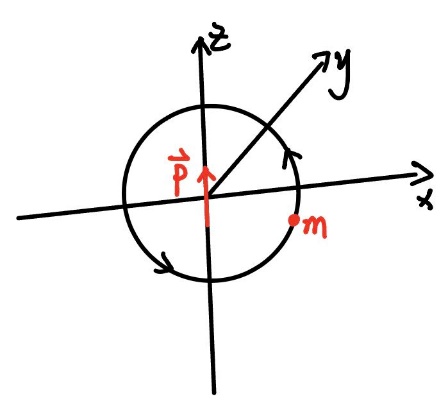
四、（40分）一个电介质球，相对介常数为，半径为R，密度为，放在水平强度磁场中，在重力作用下落，重力加速度为g，求稳定后此球下落加速度。

五、（40分）

一个均匀带电半径为R的匀质球壳，质量为m，电荷面密度为，考虑球壳在竖直面内的运动。y=0为光滑地面，重力加速度为，在x>0处有磁场，球壳从x轴负无穷以速度无滑动滚动，求问最终球壳的速度。

六、（40分）考虑一固定的电偶极子。建立球坐标，使电偶极子的中心位于坐标原点处，电偶极子的方向指向轴正向。电偶极子的大小随时间变化，非常大。

设置一个半径足够大的光滑大圆环，使得该电偶极子位于其圆心处，且轴在大圆环平面内。将一质量为、带电量为的小环套在大圆环上（二者相互绝缘），重力加速度沿轴负方向。



1. 求该电偶极子的等效电流元；
2. 求处的磁场；

注：当足够大时，由于推迟势效应，毕奥萨法尔定律不再适用。应该用下式计算磁场：

提示：答案为

（3）求证处的电场可以写为的形式，并求出的值；

注：当足够大时，电场只有沿方向的分量是显著的

1. 求小环在大圆环最高点稳定平衡的条件。

七、（45分）有一绝缘带电球壳，中心被插入一根无质量光滑细杆，如图放置，由于限制杆只能在xoy平面转动，球壳可绕杆转动，若球壳均匀带电为Q，在y方向加一磁场B，求：

Z

O

X

Y

（1）初始系统求杆转过角后球壳角速度（提示：本题采用柱坐标系会方便计算）。（35分）

（2）在（1）条件下，求为使杆只在xoy平面转动的力矩。（10分）

八、（40分）

七个厚度为h，面积为s的金属板从上到下等距排列，中间间距为d从上向下依次命名为1 号板到七号板，构成一个电容组。

（1）当1~7号板分别带电1q~7q时

I.1号板上半面带电么？如果带，带多少？若不带，给出理由。

II.那个板该电势最大？那个最小？两者差多少？

（2）去除所有电荷，现在用一根导线把1/4号板连起来，用另一根线把3/7号板连起来

I.求2、6两板之间的电容。

II.当七块平板依次充上点荷：-3q,-2q,-1q,0q,1q,2q,3q时，求各个板面上电荷。

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 带电荷量（单位q） | 1号板 | 2号板 | 3号板 | 4号板 | 5号板 | 6号板 | 7号板 |
| 上表面 |  |  |  |  |  |  |  |
| 下表面 |  |  |  |  |  |  |  |