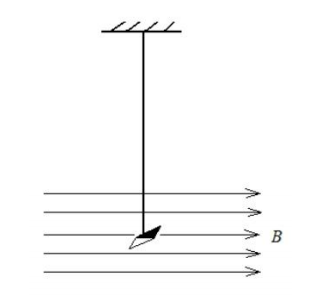
**实验题目：**磁力摆

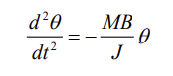
**实验目的：**通过对小磁针在地磁场中的运动特征研究，测量局域地磁场水平 分量；设计实验方案测量小磁针的磁矩和转动惯量；研究两个相同磁针的耦合运 动规律。

**实验原理：**

一．小磁针在外磁场中的运动

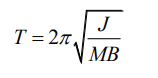


当磁力摆偏离平衡位置的角位移θ 小于 5 0 时，磁力摆的运动方程为：



式中 m 是磁力摆的磁矩，J 是磁力摆的转动惯量，B 是磁力摆所处位置的磁 感应强度。

由上式可得磁力摆一级近似的振动周期为：



1. 局域地磁场和亥姆霍兹线圈磁场

将小磁针置于局域地磁场和亥姆霍兹线圈共同磁场中，，磁力摆 所处位置的磁感应强度由局域磁场水平分量 B0 和亥姆霍兹线圈磁场 B1 叠加而成。当亥姆霍兹线圈磁场与地磁场水平方向一致时，位于轴线上的磁场水平分量 B = B0 + B1；当亥姆霍兹线圈磁场与地磁场水平方向相反时，位于轴线上的磁场 水平分量 B = B0 - B1。根据磁力摆在磁场中的运动特性，可以确定局域地磁场的 水平分量、小磁针磁矩及其转动惯量。

1. 地磁场中耦合磁针运动的观察
2. 地磁场中耦合磁针运动的测量

在地磁场中放置两枚相同的磁针，并使它们沿着地磁场方向处于一条直线 上。当相邻磁针的磁场不可忽略时，它们构成一个耦合振动系统。由于耦合的存 在，磁针的运动形式更加丰富，将产生“拍”的现象。

**实验仪器：**高灵敏度特斯拉计（量程0-3000mT，分辨率为0.01mT）；亥姆霍兹线圈；磁力摆

两个；直流电 源；质量相同的配种螺帽两个（m=0.62g）；米尺和秒表。

**数据处理与分析：**

一、测量磁针处局域磁场水平分量的大小

|  |  |
| --- | --- |
| 线圈电流/A | 磁场大小/mT |
| 0.1 | 0.52 |
| 0.2 | 0.98 |
| 0.3 | 1.49 |
| 0.4 | 1.99 |
| 0.5 | 2.48 |
| 0.6 | 2.98 |
| 0.7 | 3.48 |
| 0.8 | 3.98 |

经excel拟合得到：

结论：二者关系为

如何判断地磁场和线圈磁场的方向：

交换直流电源处的正负极接线口，特斯拉计的值变大时为同向，变小时为反向。

不同电流下磁针的振动周期：

测量数据如下：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 组号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 电流大小 | 0.010 | 0.015 | 0.020 | 0.025 | 0.030 | 0.035 | 0.040 | 0.045 |
| 总时间/s | 53.22 | 48.38 | 45.13 | 42.33 | 42.10 | 45.81 | 41.52 | 46.53 |
| 周期数 | 75 | 80 | 80 | 80 | 90 | 100 | 100 | 120 |
| 单周期时间/s | 0.7096 | 0.60475 | 0.564125 | 0.529125 | 0.467777778 | 0.4581 | 0.4152 | 0.38775 |
| 1/T^2 | 1.985970469 | 2.734313117 | 3.142312022 | 3.571769604 | 4.570048691 | 4.765181164 | 5.800765515 | 6.651144558 |

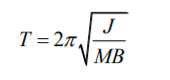
经excel拟合得：

|  |
| --- |
| 2.4278 |

**B=**0.6264/128.23=

1. 测量磁针的磁矩以及转动惯量

首先测出小磁针在地磁场中振动的周期，再测量加上配重的小磁针在地磁场中的振动周期，由于配重可视为质点，故可由配重算出转动惯量，再根据以下公式列出两个方程，

****

联立就可以解出小磁针的磁矩以及转动惯量。

已知数据：螺母质量0.62g/个

测量数据：小磁针长5.15cm

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 有配重 | 无配重 |
| 周期数 | 30 | 40 |
| 总时间 | 48.77 | 49.71 |
| 单周期时间 | 1.625666667 | 1.24275 |

故得：

解得

1. 地磁场中耦合磁针运动的观察

在地磁场中放置两枚相同的磁针，并使它们沿着地磁场方向处于一条直线 上。当相邻磁针的磁场不可忽略时，它们构成一个耦合振动系统。由于耦合的存 在，磁针的运动形式将更加丰富。

将两个磁针沿着局域磁场的方向共线放置，使它们同相位运动，则磁针共同 运动的圆频率为：ω。将两个磁针沿着局部地磁场的方向共线放置，使它们反相 位运动，则磁针共同运动的圆频率为：ω \*。这两个频率都与单独一个磁针的圆频 率 ω0 不同。

拍频：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 拍频 | 1 | 2 |
| 距离/cm | 21.5 | 30 |
| 周期数 | 11 | 5 |
| 总时间/s | 44.04 | 45.90 |
| 单周期时间/s | 4.003636364 | 9.18 |
| 拍频/s-1 | 0.249772934 | 0.108932462 |

故随着L的增大，拍频减小。

耦合：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 距离/cm | | 20 | | | 22 | | | | 23.5 | |
| 方向 | | 同向 | | 反向 | 同向 | | 反向 | | 同向 | 反向 |
| 周期数 | | 60 | | 50 | 50 | | 50 | | 45 | 45 |
| 总时间 | | 45.81 | | 49.90 | 43.39 | | 53.42 | | 41.30 | 49.78 |
| 单周期时间/s | | 0.7635 | | 0.998 | 0.8678 | | 1.0684 | | 0.917777778 | 1.106222222 |
| 频率/s-1 | | 1.309757695 | | 1.002004008 | 1.152339249 | | 0.935979034 | | 1.089588378 | 0.903977501 |
| 25 | | | 27.5 | | 30 | | |
| 同向 | 反向 | | 同向 | 反向 | 同向 | 反向 | |
| 50 | 45 | | 45 | 45 | 40 | 40 | |
| 46.46 | 49.30 | | 44.43 | 50.13 | 41.21 | 44.60 | |
| 0.9292 | 1.095555556 | | 0.987333333 | 1.114 | 1.03025 | 1.115 | |
| 1.076194576 | 0.912778905 | | 1.012829169 | 0.897666068 | 0.970638195 | 0.896860987 | |

故，且随L增大，均减小。

已知：

取对数得：

数据经处理：

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 距离/m | 0.2 | | 0.22 | | 0.235 | |
| 方向 | 同向 | 反向 | 同向 | 反向 | 同向 | 反向 |
| 周期数 | 60 | 50 | 50 | 50 | 45 | 45 |
| 总时间 | 45.81 | 49.90 | 43.39 | 53.42 | 41.30 | 49.78 |
| 单周期时间/s | 0.7635 | 0.998 | 0.8678 | 1.0684 | 0.917777778 | 1.106222222 |
| 频率/s-1 | 1.309757695 | 1.002004008 | 1.152339249 | 0.935979034 | 1.089588378 | 0.903977501 |
|  | -0.340445658 | | -0.794451507 | | -0.994177923 | |
|  | 2.995732274 | | 3.091042453 | | 3.157000421 | |

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 0.25 | | 0.275 | | 0.3 | |
| 同向 | 反向 | 同向 | 反向 | 同向 | 反向 |
| 50 | 45 | 45 | 45 | 40 | 40 |
| 46.46 | 49.30 | 44.43 | 50.13 | 41.21 | 44.60 |
| 0.9292 | 1.095555556 | 0.987333333 | 1.114 | 1.03025 | 1.115 |
| 1.076194576 | 0.912778905 | 1.012829169 | 0.897666068 | 0.970638195 | 0.896860987 |
| -1.123839527 | | -1.514043388 | | -1.982105229 | |
| 3.218875825 | | 3.314186005 | | 3.401197382 | |

以 为纵坐标， 为横坐标拟合：

得=3.8332，=-6.5252

经计算得，=4.242

思考题：

1. 利用最小二乘法做出小磁针振动周期的图像，横截距再乘上B与I的比例系数即为地磁场。
2. 磁场大小、小磁针磁矩大小、两小磁针之间的距离、外磁场均匀程度等有关。

数字温度计思考题：

1. 通过控制电桥电阻与感温物质，来实现电压和温度的一一对应
2. 分别改变电阻变化值接入桥臂的方法来研究桥路的输出特性，可研究出非平衡电桥的非线性特性。
3. Pt1000 是铂热电阻，其阻值随温度线性变化， 即 ，为电阻温度系数。通过实验测量，绘制图线拟合即可得到的值。