

CTP-II 磁天平

(教学用)

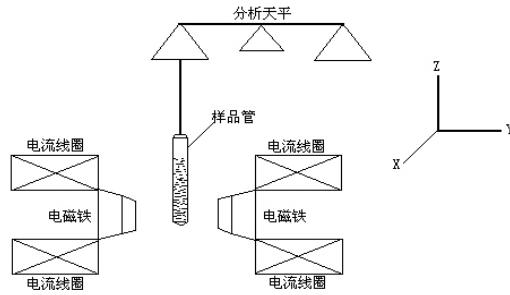
使用说明书

古埃 (Gouy) 磁天平的特点是结构简单, 灵敏度高。用古埃磁天平测量物质的磁化率进而求得永久磁矩和未成对电子数, 这对研究物质结构有着重要的意义。

一、工作原理

古埃磁天平的工作原理, 如下 (图一) 所示。将圆柱形样品管 (内装粉末状或液体样品) 悬挂在分析天平的一底盘上, 使样品管底部处于电磁铁两极的中心 (即处于均匀磁场区域), 此处磁场强度最大。样品的顶端离磁场中心较远, 磁场强度很弱, 而整个样品处于一个非均匀的磁场中。但由于沿样品的轴心方向, 即图示 z 方向, 存在一个磁场强度 $\partial H / \partial z$, 故样品沿 z 方向受到磁力的作用, 它的大小为:

$$f_z = \int_H^{H_0} (x - x_{\text{空}}) \mu_0 S H \frac{\partial H}{\partial z} dz \quad (-1) \text{ 式}$$



(图一) 古埃磁天平工作原理示意图

式中 H 为磁场中心磁场强度, H_0 为样品顶端处的磁场强度, χ 为样品体积磁化率, $\chi_{空}$ 为空气的体积磁化率, S 为样品的截面积 (位于 x 、 y 平面), μ_0 为真空磁导率。

通常 H_0 即为当地的地磁场强度, 约为 $40A \cdot m^{-1}$, 一般可略去不计, 则作用于样品的力为:

$$f_z = \frac{1}{2}(x - x_{空})\mu_0 S H^2 \quad (-2) \text{ 式}$$

由于天平分别称装有被测样品的样品管和不装样品的空样品管在有外加磁场和无外加磁场时的质量变化, 则有:

$$\Delta m = m_{\text{磁场}} - m_{\text{无磁场}} \quad (-3) \text{ 式}$$

显然, 某一不均匀磁场作用于样品的力可由下式计算:

$$f_z = (\Delta m_{\text{样品+空管}} - \Delta m_{\text{空管}})g \quad (-4) \text{ 式}$$

于是有:

$$\frac{1}{2}(x - x_{空})\mu_0 H^2 S = (\Delta m_{\text{样品+空管}} - \Delta m_{\text{空管}})g \quad (-5) \text{ 式}$$

整理后得:

$$x = \frac{2(\Delta m_{\text{样品+空管}} - \Delta m_{\text{空管}})g}{\mu_0 H^2 S} + x_{空} \quad (-6) \text{ 式}$$

物质的摩尔磁化率为: $x_M = \frac{Mx}{\rho}$ 而 $\rho = \frac{m}{hs}$

故:

$$x_M = \frac{M}{\rho} x = \frac{2(\Delta m_{\text{样品+空管}} - \Delta m_{\text{空管}})ghM}{\mu_0 m H^2} + \frac{M}{\rho} x_{空} \quad (-7) \text{ 式}$$

式中： h 为样品的实际高度， m 为无外加磁场时样品的质量， M 为样品的摩尔质量， ρ 为样品密度（固体样品指装填密度）。

（-7）式中真空磁导率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{N} \cdot \text{A}^{-2}$ ；空气的体积磁化率 $\chi_{\text{空}} = 3.64 \times 10^{-7}$ （SI 单位），但因样品管体积很小，故常予忽略。该式右边的其它各项都可通过实验测得，因此样品的摩尔磁化率可由（-7）式算得。

（-7）式中磁场两极中心处的磁场强度 H ，可用面板上的毫特斯拉计测量，或用已知磁化率的标准物质进行测量。常用的标准物质莫尔氏盐 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 等。例如莫尔氏盐的 χ_M 与热力学温度 T 的关系式为：

$$\chi_M = \frac{9500}{T+1} \times 4\pi \times 10^{-9} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \quad (-8) \text{ 式}$$

二、仪器的结构及使用

（一）CTP-II 型古埃磁天平电源结构

如下图所示。它是由电磁铁、稳流电源、数字式毫特斯拉计、照明等构成。该仪器主要技术指标参考如下：

磁极直径：40mm

磁隙宽度：0~40mm

磁场稳定度：优于 0.01h^{-1}

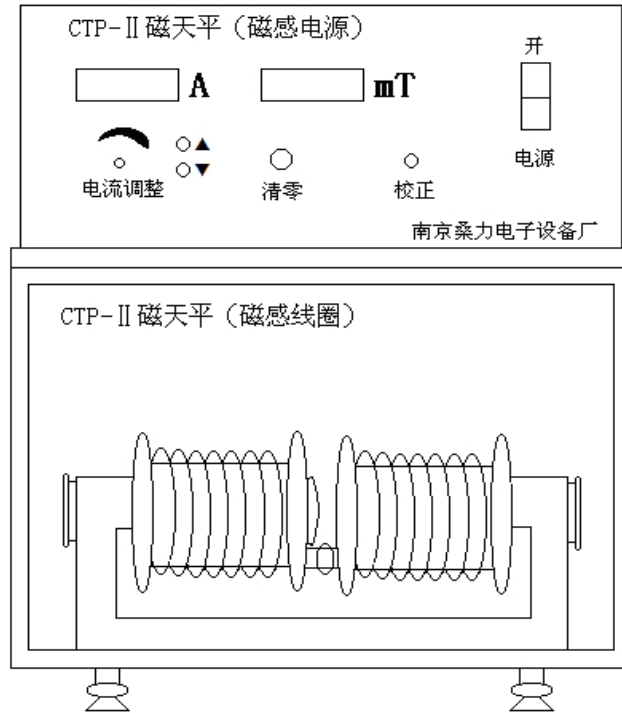
励磁电流工作范围：0~10A

励磁电流工作温度： $<60^\circ$

功率总消耗：约 300W

（二）磁场

仪器的磁场：由电磁铁构成，磁极材料用软铁，在励磁线圈中无电流时，剩磁为最小。磁极端为双截锥的圆锥体，极的端面须平滑均匀，使磁极中心磁场强度尽可能相同。磁极间的距离连续可调，便于实验操作。



磁天平结构图

(三) 稳流电源

励磁线圈中的励磁电流由稳流电源供给。电源线路设计时，采用了电子反馈技术，可获得很高的稳定度，并能在较大幅度范围内任意调节其电流强度。

(四) 分析天平 (自配)

CTP—II型古埃磁天平需自配分析天平。在作磁化率测量中，常配电子天平。在安装时，将电子天平底部中间的一螺丝拧开，里面露出一挂钩，将一根细的尼龙线一头系在挂钩上，另一头与样品管连接。

注：电子天平底部带挂钩

(五) 样品管 (自配)

样品管由硬质玻璃管制成，内径 $\Phi 1\text{cm}$ ，高度 12cm ，样品管底部是平底，且样品管圆而均匀。测量时，用尼龙线将样品管垂直悬挂于天平盘下。注意样品管底部应处于磁场中部。

样品管为逆磁性，可按式（—4）予以校正，并注意受力方向。

(六) 样品 (自配)

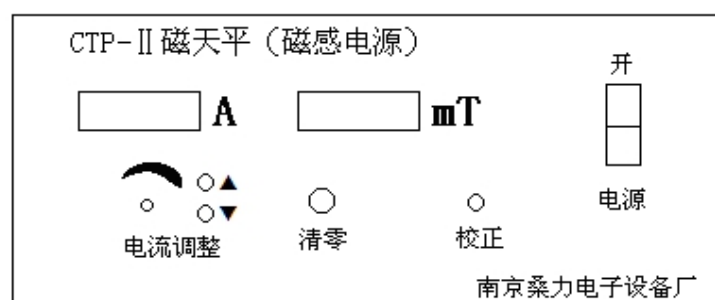
金属或合金物质可做成圆柱体直接在磁天平上测量；液体样品则装入样品管测量；固体

粉末状物质要研磨后再均匀紧密地装入样品管中测量。古埃磁天平不进行气体样品的测量。

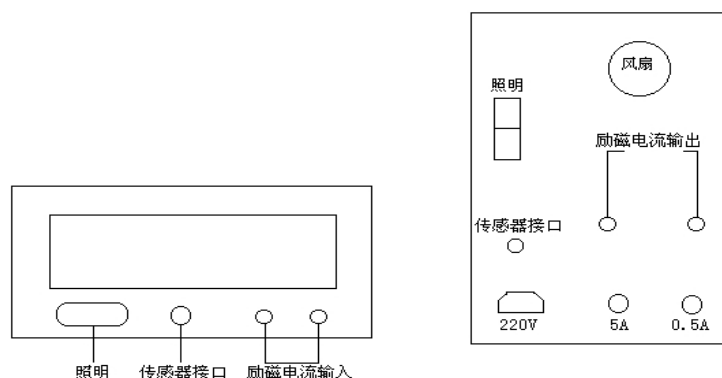
微量的铁磁性杂质对测量结果影响很大，故制备和处理样品时要特别注意防止杂质的沾染。

(七) CTP-II 型毫特斯拉计使用说明

CTP-II 型毫特斯拉计和电流显示为数字式，同装在一块面板上，面板结构如图所示，其操作步骤说明如下：



操作箱面板图



磁天平磁感电源及磁感线圈面板示意图

- 1、用照明连接电缆将磁感电源和磁感线圈的照明接口相连。
- 2、用励磁电流连接电缆将磁感电源的励磁电源输出口与磁感线圈的励磁电源输入口相连。
- 3、用传感器连接电缆将磁感电源的传感器接口与磁感线圈的传感器接口相连。
- 4、用测试杆检查两磁头间的距离在 20mm，将特斯拉计探头固定件固定在两磁铁中心。
- 5、将“励磁电流”调节旋钮左旋至最小。

6、接通电源。

(八) 实验步骤

- 1、将特斯拉计的探头放入磁铁的中心架上，套上保护套，按“采零”键使特斯拉计的数字显示为“000.0”。
- 2、除下保护套，把探头平面垂直置于磁场两极中心，打开电源，先按两下励磁电流“粗调按键”再调节“励磁电流细调”旋钮，使电流增大至特斯拉计上显示约“300”mT，调节探头上下、左右位置，观察数字显示值，把探头位置调节至显示值为最大的位置，此乃探头最佳位置，用探头沿此位置的垂直线，测定离磁铁中心多高处 $H_0=0_1$ ，这也就是样品管内应装样品的高度。关闭电源前应调节“励磁电流”使特斯拉计数字显示为零。

用莫尔氏盐标定磁场强度，取一支清洁的干燥的空样品管悬挂在磁天平的挂钩上，使样品管正好与磁极中心线平齐，（样品管不可与磁极接触，并与探头有合适的距离。）准确称取空样品管质量（ $H=0$ ）时，得 $m_1(H_0)$ ；调节“励磁电流”，使特斯拉计数显为“300”mT（ H_1 ）迅速称量，得 $m_1(H_1)$ ，逐渐增大电流，使特斯拉计数显为“350”mT（ H_2 ）称量得 $m_1(H_2)$ ，然后略微增大电流，接着退至“350”mT（ H_2 ），称量得 $m_2(H_2)$ ，将电流降至数显为“300”mT（ H_1 ）时，再称量得 $m_2(H_1)$ ，再缓慢降至数显为“000.0”mT（ H_0 ），又称取空管质量得 $m_2(H_0)$ 。这样调节电流由小到大，再由大到小的测定方法是为了抵消实验时磁场剩磁现象的影响。

$$\Delta m_{\text{空管}}(H_1) = \frac{1}{2} [\Delta m_1(H_1) + \Delta m_2(H_1)]$$

$$\Delta m_{\text{空管}}(H_2) = \frac{1}{2} [\Delta m_1(H_2) + \Delta m_2(H_2)]$$

式中 $\Delta m_1(H_1) = m_1(H_1) - m_1(H_0)$ ； $\Delta m_2(H_1) = m_2(H_1) - m_2(H_0)$ ； $\Delta m_1(H_2) = m_1(H_2) - m_1(H_0)$ ； $\Delta m_2(H_2) = m_2(H_2) - m_2(H_0)$ 。

- 4、取下样品管用小漏斗装入事先研细并干燥过的莫尔氏盐，并不断将样品管底部在软垫上轻轻碰击，使样品均匀填实，直至所要求的高度，（用尺准确测量），按前述方法将装有莫尔氏盐的样品管置于磁天平上称量，重复称空管时的路程，得 $m_{1\text{空管}+\text{样品}}(H_0)$ ， $m_{1\text{空管}+\text{样品}}(H_1)$ ， $m_{1\text{空管}+\text{样品}}(H_2)$ ， $m_{2\text{空管}+\text{样品}}(H_2)$ ， $m_{2\text{空管}+\text{样品}}(H_1)$ ， $m_{2\text{空管}+\text{样品}}(H_0)$ 。求出 $\Delta m_{\text{空管}+\text{样品}}(H_1)$ 和 $\Delta m_{\text{空管}+\text{样品}}(H_2)$ 。

5、同一样品管中，同法分别测定 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ， $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ 和 $\text{K}_4(\text{Fe})(\text{CN})_6 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 的 $\Delta m_{\text{空管}+\text{样品}}(\text{H}_1)$ 和 $\Delta m_{\text{空管}+\text{样品}}(\text{H}_2)$ 。

6、测定后的样品均要倒回试剂瓶，可重复使用。

(九) 维护注意事项

- 1、磁天平总机架必须放在水平位置，分析天平应作水平调整。
- 2、吊绳和样品管必须与它物相距至少 3mm 以上。
- 3、励磁电流的变化应平稳、缓慢，调节电流时不宜用力过大。
- 4、测试样品时，应关闭仪器玻璃门，避免环境对整机的振动，否则实验数据误差较大。
- 5、霍尔探头两边的有机玻璃螺丝可使其调节到最佳位置。

在某一励磁电流下，打开特斯拉计，然后稍微转动探头使特斯拉计读数在最大值，此即为最佳位置。将有机玻璃螺丝拧紧。如发现特斯拉计读数为负值，只须将探头转动 180° 即可。

6、在测试完毕之后，请务必将电流调节旋钮左旋至最小（显示为 0000），然后方可关机。

7、每台磁天平均附有出厂编号，此号码与相配的传感器编号相同。使用时请核对。

三、售后服务

- 1、本仪器保修 18 个月，终身维修。
- 2、如本仪器出现故障，请与我厂联系，我厂尽快为您解决。

售后服务电话：025-85308999。

四、随机附件

名称	数量
照明连接线	1 根
励磁电流连接电缆	1 副
测试棒	1 只
固定架	1 只
霍尔探头	1 只
电源线	1 根

保险丝 0.5A	2 只
保险丝 5A	2 只
瓷保险丝 15A	2 只
尼龙线	1 根
玻璃管	3 个
小起子	1 把
传感器连接线	1 根