
铅笔导电特性实验方案

PB22000197 李心玥

2023 年 6 月 9 日

1 实验目的

1. 了解铅笔笔芯的主要成分及其导电能力。
2. 比较不同品牌和硬度的铅笔在导电性方面的差异。
3. 研究铅笔笔迹对铅笔导电能力的影响。
4. 综合探究铅笔导电性能与其形态特征的关联。

2 实验原理

2.1 铅笔痕迹对电阻的影响

设白纸厚度为 d ，铅笔痕迹宽度为 b ，则由电阻定律可得 $R = \rho \frac{L}{S} = \rho \frac{L}{bd}$ ，可见当痕迹宽度一定时，电阻大小与痕迹长度成正比；痕迹长度一定时，电阻大小与痕迹宽度 b 成反比。根据上述测得的数据可以分别作出 R - L 图像和 R - b 图像，线性拟合和可求得电阻率 ρ 。

另一方面，保持痕迹长度和宽度均不变，增加涂痕迹的次数，则 d 增大，电阻大小减小。

2.2 铅笔种类对导电能力的影响

铅笔笔芯的主要成分是黏土和石墨，石墨是一种导电材料，不同种类铅笔中石墨与黏土的比例不同，也就导致它们的导电性能不同。铅笔上通常标有 B (Black) 和 H (Hard)，B 前面的数字越大表示铅笔的含碳量越大，H 前面的数字越大表示铅笔的含黏土量越大。用不同种类的铅笔在白纸上画宽度、长度均相同的痕迹，再用万用表、电池连成回路测量通过铅笔痕迹的电流，由欧姆定律 $R = \frac{U}{I}$ 可测得不同种类铅笔痕迹的电阻。

进一步地，可以同 2.1 作出每种铅笔的 R - L 图像和 R - b 图像，观察不同种类铅笔电阻随 L 和 b 的线性程度，求出不同种类铅笔的电阻率，并与它们的含碳量作比较。

2.3 比较铅笔痕迹与铅笔的电阻率大小

铅笔的电阻定律可以写成：

$$R = \rho \frac{L}{S} = \rho \frac{4L}{\pi D^2} \quad (1)$$

因此，铅笔的电阻率：

$$\rho = \frac{\pi R D^2}{4L} \quad (2)$$

当铅笔涂到白纸上后，铅笔痕迹中的石墨与黏土的分布特点可能与原来的铅笔芯相比有所变化，因此电阻率也可能发生变化。由上述方法可以分别测出铅笔及用该种铅笔画出的痕迹的电阻率，根据实验结果可以粗略分析推测两种形态下石墨与黏土的分布特点。

3 实验仪器

直尺，游标卡尺，万用表，电池，导线若干，标号为 2H，H，B，2B 的铅笔各一支，白纸

4 实验步骤

1. 测量铅笔痕迹的电阻率

- (a) 使用 2B 铅笔在白纸上画出宽为 1cm，长分别为 1cm，2cm，3cm，4cm，5cm，6cm，7cm，8cm，9cm，10cm 的矩形痕迹，将万用表、电池与铅笔痕迹连成回路，分别测量通过电路的电流，由欧姆定律计算得各痕迹的电阻，利用线性拟合作出 R-L 图，求得电阻率 ρ_1 。
- (b) 使用 2B 铅笔在白纸上画出长为 5cm，宽分别为 0.2cm，0.4cm，0.6cm，0.8cm，1.0cm，1.2cm，1.4cm，1.6cm，1.8cm，2.0cm 的矩形痕迹，将万用表、电池与铅笔痕迹连成回路，分别测量通过电路的电流，由欧姆定律计算得各痕迹的电阻，利用线性拟合作出 R-b 图，求得电阻率 ρ_2 ，与 2 中求得的电阻率 ρ_1 作比较。

2. 探究涂层厚度对铅笔痕迹电阻的影响

使用 2B 铅笔在白纸上画出长为 5cm，宽为 1cm 的矩形痕迹，同上测量痕迹电阻；然后在原痕迹的基础上均匀地再涂一层，测量痕迹电阻，如此重复 10 次。作出痕迹电阻与涂层次数的关系图。

3. 比较不同种类铅笔的导电特性

- (a) 分别使用 2H，H，B，2B 铅笔在白纸上画出长为 5cm，宽为 1cm 的矩形痕迹，将万用表、电池与铅笔痕迹连成回路，分别测量通过电路的电流 I_1 ， I_2 ， I_3 ， I_4 ，由欧姆定律 $R = \frac{U}{I}$ 计算得四种铅笔痕迹的电阻分别为 R_1 ， R_2 ， R_3 ， R_4 ，分析得出铅笔含碳量大小与铅笔痕迹电阻的大小的关系。
- (b) 用不同种类铅笔重复步骤 1：测量铅笔痕迹的电阻率，根据测量结果观察不同种类铅笔电阻随 L 和 b 的线性程度，结合它们的硬度与涂抹均匀程度进行分析。

(c) 用不同种类的铅笔重复步骤 2：测量涂层厚度对铅笔痕迹电阻的影响，根据测量结果观察不同种类铅笔电阻随涂层厚度的线性程度，结合它们的硬度与涂抹均匀程度进行分析。

4. 比较铅笔痕迹与铅笔的电阻大小

使用游标卡尺测得 2B 铅笔的直径 D ，使用直尺测得 2B 铅笔的长度 L 。将万用表、电池与铅笔连成回路，测量通过电路的电流，由欧姆定律计算得铅笔电阻，再利用式 (2) 可以求得 2B 铅笔的电阻率。将此结果与步骤 1：测量铅笔痕迹的电阻率中求出的 2B 铅笔痕迹的电阻率作比较，分析原因。

5 数据记录表格

L(cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I(A)										
R(Ω)										

表 1: 测量铅笔痕迹的电阻率：R-L 关系表

b(cm)	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
I(A)										
R(Ω)										

表 2: 测量铅笔痕迹的电阻率：R-b 关系表

涂层次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I(A)										
R(Ω)										

表 3: 铅笔痕迹电阻与涂层厚度的关系

D(cm)	L(cm)	I(A)	R(Ω)

表 4: 测量铅笔电阻率