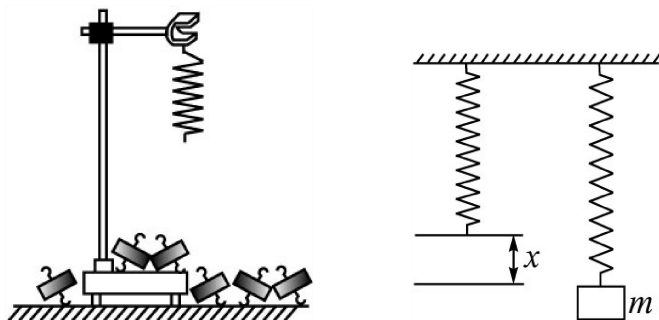


实验一：探究弹簧弹力与形变量的关系

一、实验原理

- 1、下图所示，在弹簧下端悬挂钩码时弹簧会伸长，平衡时弹簧产生的弹力与所挂钩码的重力大小相等。
- 2、弹簧的长度可用刻度尺直接测出，伸长量可以由拉长后的长度减去弹簧原来的长度进行计算。这样就可以研究弹簧的弹力和弹簧伸长量之间的定量关系了。



二、实验器材

铁架台、弹簧、毫米刻度尺、钩码若干、三角板、坐标纸、重垂线、铅笔。

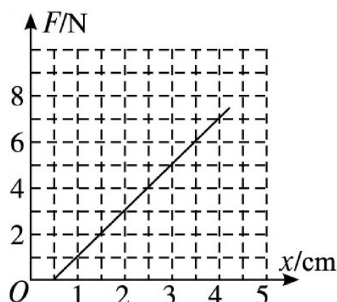
三、实验步骤

- 1、下图所示，将铁架台放在桌面上(固定好)，将弹簧的一端固定于铁架台的横梁上，让其自然下垂，在靠近弹簧处将刻度尺(分度值为 1mm)固定于铁架台上，并用重垂线检查刻度尺是否竖直。
- 2、用刻度尺测出弹簧自然伸长状态时的长度 l_0 ，即原长。
- 3、如上图所示，在弹簧下端挂质量为 m_1 的钩码，量出此时弹簧的长度 l_1 ，记录 m_1 和 l_1 ，填入自己设计的表格中。

弹簧长度 l	l_0	l_1	l_2				
形变量 x	0	x_1	x_2						
钩码质量 m	0	m_1	m_2				

四、数据处理

- 1、以弹力 F (大小等于所挂钩码的重力) 为纵坐标，以弹簧的伸长量 x 为横坐标，用描点法作图。连接各点，得出弹力 F 随弹簧伸长量 x 变化的图线。



- 2、以弹簧的伸长量为自变量，写出曲线所代表的函数。首先尝试一次函数，如果不行则考虑二次函数。
- 3、得出弹力和弹簧伸长之间的定量关系，解释函数表达式中常数的物理意义。

五、误差分析

- 1、本实验的误差来源之一是因弹簧拉力大小的不稳定造成的，因此，使弹簧的悬挂端固定，另一端通过悬挂钩码来充当对弹簧的拉力，可以提高实验的精确度。
- 2、弹簧长度的测量是本实验的主要误差来源，所以，测量时尽量精确地测量弹簧的长度。
- 3、在 Fx 图象上描点、作图不准确。

六、注意事项

- 1、每次增减钩码测量有关长度时，均需保证弹簧及钩码不上下振动而处于静止状态，否则，弹簧弹力将可能与钩码重力不相等。
- 2、弹簧下端增加钩码时，注意不要超过弹簧的弹性限度。
- 3、测量有关长度时，应区别弹簧原长 l_0 、实际总长 l 及伸长量 x 三者之间的不同，明确三者之间关系。
- 4、建立平面直角坐标系时，两轴上单位长度所代表的量值要适当，不可过大，也不可过小。
- 5、描线的原则是，尽量使各点落在描画出的线上，少数点分布于线两侧，描出的线不应是折线，而应是光滑的曲线。

七、实验改进

在“探究弹力和弹簧伸长的关系”的实验中，也可以不测量弹簧的自然长度，而以弹簧的总长作为自变量，弹力为函数，作出弹力与弹簧长度的关系图线。这样可以避免因测弹簧的自然伸长而带来的误差。

实验二：用弹簧测力计探究作用力与反作用力的关系

一、实验原理



二、实验目的

- 1、通过实验探究作用力与反作用力之间的关系。
- 2、体验用力传感器研究作用力与反作用力关系的方法。

三、实验器材

弹簧测力计、包装用泡沫塑料若干、小刀、木块、力传感器、数据采集器及计算机等

四、实验步骤

- 1、探究静止状态时物体间的作用力与反作用力。
- 2、增加弹簧测力计的“记忆功能”，即在弹簧测力计的指针下面放上一块泡沫塑料，探究沿水平方向运动时物体间作用力与反作用力。



五、注意事项

- 1、两只弹簧测力计要保证在同一直线上
- 2、指针下放泡沫塑料是为了增大阻力让指针停下便于读数

六、误差分析

- 1、弹簧测力计读数会有误差
- 2、两只测力计没有在同一条水平线上也会导致实验有一定误差

七、实验改进——用力传感器探究作用力与反作用力的关系

改进后实验装置



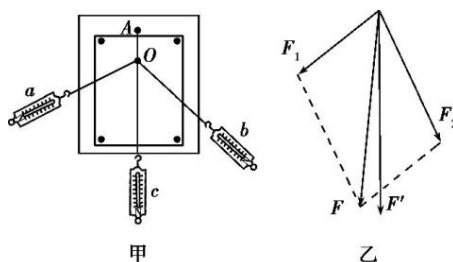
（双手握住力的传感器，往两侧拉）

实验三：探究两个互成角度力的合成规律

一、实验目的

- 1、验证互成角度的两个共点力合成时的平行四边形定则。
- 2、培养应用作图法处理实验数据和得出结论的能力。

二、实验原理



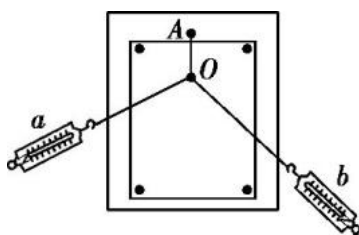
互成角度的两个力 F_1 、 F_2 与另外一个力 F 产生相同的效果,看 F_1 、 F_2 用平行四边形定则求出的合力 F 与 F' 在实验误差允许范围内是否相等。

三、实验器材

木板、白纸、图钉若干、橡皮条、细绳、弹簧测力计两个、三角板、刻度尺、铅笔。

四、实验步骤

- 1、用图钉把白纸钉在水平桌面上的方木板上。
- 2、用图钉把橡皮条的一端固定在 A 点,橡皮条的另一端拴上两个细绳套。
- 3、用两只弹簧测力计分别钩住细绳套,互成角度地拉橡皮条,使橡皮条与细绳的结点伸长到某一位置 O, 如图所示,记录两弹簧测力计的读数,用铅笔描下 O 点的位置及此时两细绳套的方向。

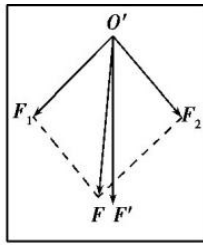


- 4、只用一只弹簧测力计通过细绳套把橡皮条与细绳套的结点拉到同样的位置 O,记下弹簧测力计的读数和细绳套的方向。
- 5、改变两弹簧测力计拉力的大小和方向,再做两次实验。

五、数据处理

- 1、用铅笔和刻度尺从结点 O 沿两细绳套方向画直线,按选定的标度作出这两只弹簧测力计的拉力 F_1 和 F_2 的图示,并以 F_1 和 F_2 为邻边用刻度尺和三角板作平行四边形,过 O 点画平行四边形的对角线,此对角线即合力 F 的图示。

2、用刻度尺从 O 点按同样的标度沿记录的方向作出实验步骤 4 中弹簧测力计的拉力 F' 的图示。



3、比较 F 与 F' 是否完全重合或几乎完全重合,从而验证平行四边形定则。

六、注意事项

- 1、同一实验中的两只弹簧测力计的选取方法是:将两只弹簧测力计调零后互钩对拉,读数相同。
- 2、在同一次实验中,使橡皮条拉长时,结点的位置 O 一定要相同。
- 3、用两只弹簧测力计钩住细绳套互成角度地拉橡皮条时,夹角不宜太大也不宜太小,在 $60^\circ \sim 100^\circ$ 为宜。
- 4、实验时弹簧测力计应与木板平行,读数时眼睛要正视弹簧测力计的刻度,在合力不超过量程及橡皮条弹性限度的前提下,拉力的数值尽量大些。
- 5、细绳套应适当长一些,便于确定力的方向。不要直接沿细绳套的方向画直线,应在细绳套末端用铅笔画一个点,移开细绳套后,再将所标点与 O 点连接,即可确定力的方向。
- 6、在同一次实验中,画力的图示所选定的标度要相同,并且要恰当选取标度,使所作力的图示稍长一些。

七、误差分析

- 1、弹簧测力计本身的误差。
- 2、读数误差和作图误差。

实验四：探究加速度与力、质量的关系

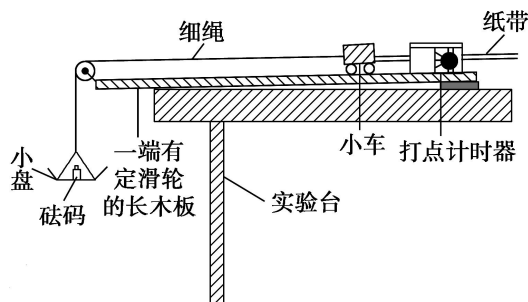
一、实验目的

探究加速度与物体质量、物体受力的关系。

二、实验原理

实验方法：控制变量法。

- 1、保持物体质量不变，探究加速度跟物体所受合外力的关系。
- 2、保持物体所受合外力不变，探究加速度与物体质量的关系。



三、实验器材

小车、砝码、小盘、细绳、附有定滑轮的长木板、垫木、打点计时器、纸带、天平、米尺

四、实验步骤

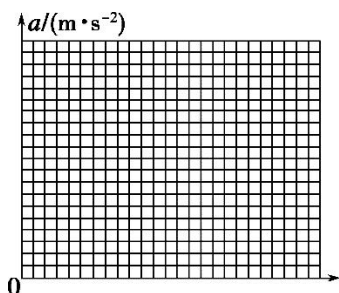
- 1、测量：用天平测量小盘和砝码的质量 m 以及小车的质量 M 。
- 2、安装：按照实验原理图把实验器材安装好，不把悬挂小盘的细绳系在小车上。
- 3、平衡摩擦力：在长木板的不带定滑轮的一端下面垫上一块薄木块，使小车能匀速下滑。
- 4、操作：

①小盘通过细绳绕过滑轮系于小车上，先通电源后放开小车，取下纸带编号。

②保持小车的质量 M 不变，多次改变砝码和小盘的质量 m ，重复步骤①。

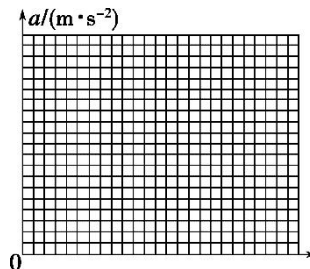
③在每条纸带上选取一段比较理想的部分，测加速度 a 。（利用 $\Delta x = aT^2$ 及逐差法求 a ）

④描点作图，作 $a-F$ 的图象 ($F=mg$)。以 a 为纵坐标， F 为横坐标，根据各组数据描点，如果这些点在一条过原点的直线上，说明 a 与 F 成正比。



⑤保持砝码和小盘的质量 m 不变(F 不变), 多次改变小车质量 M , 重复步骤①和③, 作 $a-\frac{1}{M}$ 图像。以 a 为纵坐标, $\frac{1}{M}$ 为横坐标, 描点、连线, 如果该线过原点, 就能判定 a 与 M 成反比。

实验次数	小车质量 M/kg	小车加速度 $a/(\text{m/s}^2)$	小车质量的倒数 $1/M(\text{kg}^{-1})$
1			
2			
3			
4			
5			
6			



五、注意事项

1、平衡摩擦力:

①目的: 为了使小车受到的拉力近似等于小车受到的合力

②方法: 在平衡摩擦力时, 不要悬挂小盘, 但小车应连着纸带且接通电源、用手给小车一个初速度, 如果在纸带上打出的点的间隔是均匀的, 表明小车受到的阻力跟它的重力沿斜面向下的分力平衡。

③不重复平衡摩擦力: 平衡了摩擦力后, 不管以后是改变小盘和砝码的总质量还是改变小车和砝码的总质量, 都不需要重新平衡摩擦力。

2、实验条件: $M \gg m$ (目的: 为了使小盘和砝码的总重力近似等于小车受到的拉力。)

3、一先一后一按住: 改变拉力和小车质量后, 每次开始时小车应尽量靠近打点计时器, 并应先接通电源, 后放开小车, 且应在小车到达滑轮前按住小车。

4、作图: 作图时两轴标度比例要适当。各量须采用国际单位, 这样作图线时, 坐标点间距不至于过密, 误差会小些。

六、误差分析

1、因实验原理不完善引起误差。

以小车为研究对象得 $F=Ma$, 以小盘和砝码为研究对象得 $mg-F=ma$;

$$\text{求得: } ① F = \frac{M}{M+m} mg = \frac{1}{1+\frac{m}{M}} mg < mg; \quad ② a = \frac{mg}{m+M} < \frac{mg}{M}.$$

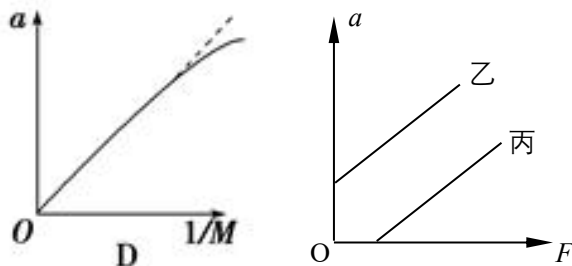
对于①式, 本实验用小盘和砝码的总重力 mg 代替小车的拉力, 而实际上小车所受的拉力要小于小盘和砝码的总重力。小盘和砝码的总质量越小于小车的质量, 由此引起的误差就越小。

对于②式, 只有满足 $m \ll M$ 时, m 才能忽略, $a-\frac{1}{M}$ 图像才为直线;

如果不满足 $m \ll M$, m 就不能忽略, $a = \frac{mg}{m+M}$, $a - \frac{1}{M}$ 图像就为曲线。

2、摩擦力平衡不准确、质量测量不准确、计数点间距测量不准确、纸带和细绳不严格与木板平行都会引起误差。

3、得到的图像不过原因或者不为直线具体分析



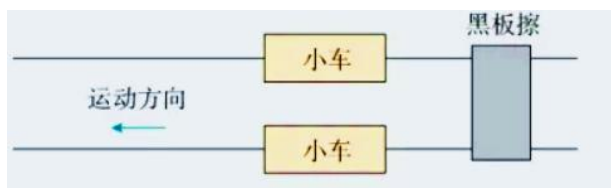
左图：不满足 $m \ll M$

右图：乙：平衡摩擦力过度（木板抬起过高）

丙：平衡摩擦力不足（木板抬起太低）

七、其他方案

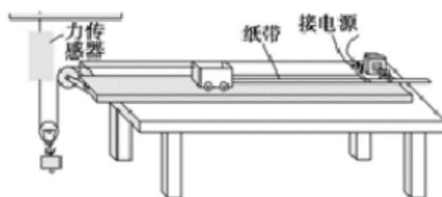
1、原理：通过比较位移来得到加速度之比，进而探究 a 与 F 、 m 关系



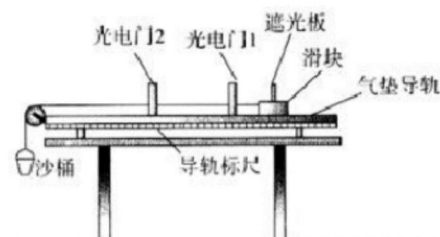
方法：按住黑板擦，两辆小车同时停下，通过纸袋得到两辆小车的位移 x_1 、 x_2 ，

根据 $x = \frac{1}{2}at^2$, $x_1 : x_2 = a_1 : a_2$, 从而进一步分析

2、原理：利用力的传感器或者弹簧测力计直接测绳子拉力（不需要满足 $m \ll M$ ）



3、原理：利用气垫导轨让小车运动，光电门测速度（不需要平衡摩擦力）



实验五：探究平抛运动的特点

一、实验原理

1、用描迹法画出小球平抛运动的轨迹。

2、建立坐标系，测出轨迹上某点的坐标 x 、 y ，据 $x=v_0t$ ， $y=\frac{1}{2}gt^2$ 得初速度 $v_0=x\sqrt{\frac{g}{2y}}$ 。

二、实验目的

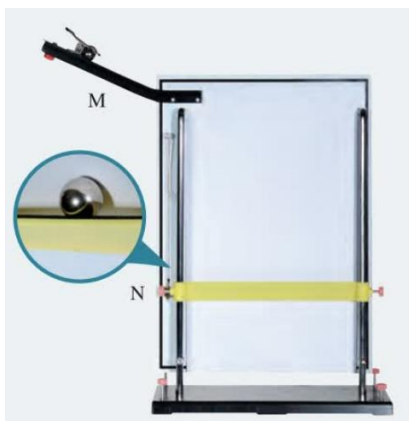
1、用实验的方法描出平抛运动的轨迹。

2、判断平抛运动的轨迹是否为抛物线。

3、根据平抛运动的轨迹求其初速度。

三、实验器材

斜槽、小球、铁架台、白纸、复写纸、重垂线、三角板、铅笔、刻度尺。



四、实验步骤

1、如图安装试验装置，保证斜槽末端水平，将一张白纸和复写纸固定在装置的背板上。

2、把小球放在槽口处，用铅笔记下小球在槽口(轨道末端)时球心在木板上的投影点 O ， O 点即为坐标原点，用重垂线画出过坐标原点的竖直线，作为 y 轴，画出水平向右的 x 轴。

3、在斜槽上某一高度释放小球，钢球落到倾斜的挡板上后，就会挤压复写纸，在白纸上留下印迹。

4、上下调节挡板 N ，在同一高度释放小球，通过多次实验，在白纸上记录钢球所经过的多个位置。

5、用平滑曲线把这些印迹连接起来，就得到钢球做平抛运动的轨迹。

五、数据处理

1、计算初速度：在小球平抛运动轨迹上选取分布均匀的六个点—— A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F ，用刻度尺、三角板测出它们的坐标(x ， y)，并记录在预先设计好的表格中，已知 g 值，利用公式 $y=\frac{1}{2}gt^2$ 和 $x=v_0t$ ，求出小球做平抛运动的初速度 v_0 ，最后算出 v_0 的平均值。

2、验证轨迹是抛物线：抛物线的数学表达式为 $y=ax^2$ ，将某点(如 B 点)的坐标 x 、 y 代入上式求出常数 a ，再将其他点的坐标代入此关系式看看等式是否成立，若等式对各点的坐标近似都成立，则说明所描绘的曲线为抛物线。

3、判断某点是否为平抛初位置：从该点起，相同时间间隔内的竖直位移满足 $1:3:5:7\cdots$ 则为初位置，不满足则不是平抛初位置。

六、注意事项

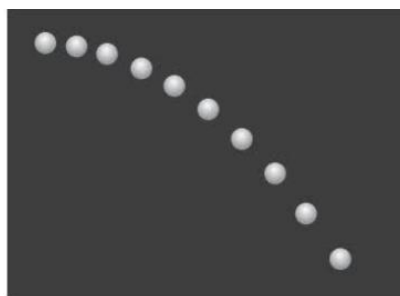
- 1、在实验中必须调整斜槽末端的切线水平（检验是否水平的方法是：让小球放在斜槽末端任一位置，看其是否能静止）。
- 2、方木板必须处于竖直平面内，固定时要用重垂线检查坐标纸竖线是否竖直。
- 3、斜槽可以粗糙，但小球每次必须从斜槽上同一位置由静止滚下。
- 4、坐标原点不是槽口的端点，应是小球出槽口时球心在木板上的投影点。
- 5、小球开始滚下的位置高度要适中，小球平抛运动轨迹由坐标纸的左上角一直到达右下角为宜。
- 6、在轨迹上选取离坐标原点 O 点较远的一些来计算初速度。

七、误差分析

- 1、斜槽末端没有调水平，小球离开斜槽后不做平抛运动。
- 2、确定小球运动的位置时不准确。
- 3、量取轨迹上各点坐标时不准确。

八、实验变形

可用频闪照相机拍照，从而照片上相邻小球时间间隔一定相同。其余步骤及数据处理同上。



实验六：探究向心力的大小

一、实验原理

1、探究方法：控制变量法。

2、实验思路

(1)控制两物体的质量和转动半径相同，探究向心力大小与转动角速度的定量关系。

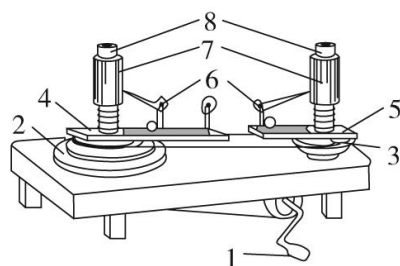
(2)控制两物体的质量和转动角速度相同，探究向心力大小与转动半径的定量关系。

(3)控制两物体的转动半径和角速度相同，探究向心力大小与物体质量的定量关系。

二、实验器材

向心力演示器（如图），三个金属球（半径相同，其中两个为质量相同的钢球，另一个为质量是钢球一半的铝球）

匀速转动手柄 1，可以使变速塔轮 2 和 3 以及长槽 4 和短槽 5 随之匀速转动，槽内的小球也随着做匀速圆周运动。使小球做匀速圆周运动的向心力由横臂 6 的挡板对小球的压力提供。球对挡板的反作用力，通过横臂的杠杆作用使弹簧测力套筒 7 下降，从而露出标尺 8。根据标尺 8 上露出的红白相间等分标记，可以粗略计算出两个球所受向心力的比值。



1.手柄；2、3.变速塔轮；4.长槽；5.短槽；
6.横臂；7.弹簧测力套筒；8.标尺

三、实验步骤

1、把两个质量相同的小球分别放在长槽和短槽上，使它们的转动半径相同。调整塔轮上的皮带，使两个小球的角速度不同。注意向心力的大小与角速度的关系。

2、保持两个小球质量不变，增大长槽上小球的转动半径。调整塔轮上的皮带，使两个小球的角速度相同。注意向心力的大小与转动半径的关系。

3、换成质量不同的球，分别使两球的转动半径相同。调整塔轮上的皮带，使两个小球的角速度也相同。注意向心力的大小与小球质量的关系。

4、重复几次以上实验。

四、数据处理

1、表格法

(1) m 、 r 一定

实验次数	$\frac{\omega_1}{\omega_2}$	$F_1/\text{格}$	$F_2/\text{格}$	$\frac{F_1}{F_2}$
1				
2				
3				

(2) m 、 ω 一定

实验次数	$\frac{r_1}{r_2}$	$F_1/\text{格}$	$F_2/\text{格}$	$\frac{F_1}{F_2}$
1				
2				
3				

(3) r 、 ω 一定

实验次数	$\frac{m_1}{m_2}$	$F_1/\text{格}$	$F_2/\text{格}$	$\frac{F_1}{F_2}$
1				
2				
3				

2、图像法：分别作出 $F_n-\omega^2$ 、 F_n-r 、 F_n-m 的图像

五、注意事项

- 1、实验前要做好横臂支架安全检查，检查螺钉是否有松动，保持仪器水平。
- 2、实验时转速应从慢到快，且转速不宜过快，以免损坏测力弹簧。
- 3、注意防止皮带打滑，尽可能保证 ω 比值不变。
- 4、注意仪器的保养，延长仪器使用寿命，并提高实验可信度。

六、误差分析

- 1、污渍、生锈等使小球的质量、轨道半径变化，带来的误差。
- 2、仪器不水平带来的误差。
- 3、标尺读数不准带来的误差。
- 4、皮带打滑带来的误差。

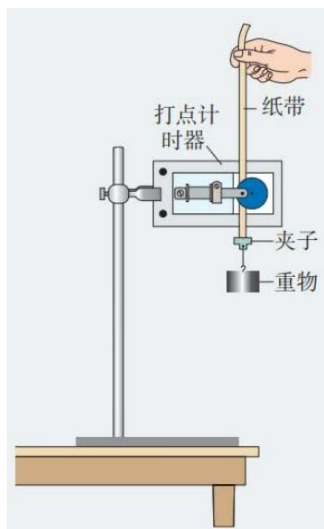
实验七：验证机械能守恒定律

一、实验原理

当物体自由下落时，只有重力做功，物体的重力势能和动能互相转化，机械能守恒。若某一时刻物体下落的瞬时速度为 v ，下落高度为 h ，则应有：
$$mgh = \frac{1}{2}mv^2$$

二、实验器材

铁架台(带铁夹)、打点计时器、学生电源、导线、带铁夹的重锤、纸带、米尺



三、实验步骤

- 1、按如图装置把打点计时器安装在铁架台上，用导线把打点计时器与学生电源连接好。
- 2、把纸带的一端在重锤上用夹子固定好，另一端穿过计时器限位孔，用手竖直提起纸带使重锤停靠在打点计时器附近。
- 3、接通电源，松开纸带，让重锤自由下落。
- 4、重复几次，得到3~5条打好点的纸带。
- 5、在打好点的纸带中挑选第一、二两点间的距离接近2mm，且点迹清晰的一条纸带，在起始点标上0，以后各依次标上1，2，3……，用刻度尺测出对应下落高度 h_1 、 h_2 、 h_3 ……。

6、应用公式 $v_n = \frac{h_{n+1} - h_{n-1}}{2\Delta T}$ 计算各点对应的即时速度 v_1 、 v_2 、 v_3 ……。

7、计算各点对应的势能减少量 mgh_n 和动能的增加量 $\frac{1}{2}mv_n^2$ ，进行比较。

四、注意事项

- 1、打点计时器的两限位孔必须在同一竖直线上，以减少摩擦阻力。
- 2、实验时，需保持提纸带的手不动，待接通电源，让打点计时器工作正常后再松开纸带让重锤下落，以保证第一个点是一个清晰的点。

3、选用纸带时应尽量挑选第一、二点间接运 2 mm 的纸带.

4、速度不能用 $v_n = gt_n$ 或 $v_n^2 = 2gh_n$ 计算, 因为只要认为加速度为 g , 机械能必然守恒, 即相当于用机械能守恒定律验证机械能守恒定律。

5、测量下落高度时, 必须从起始点算起, 不能搞错, 为了减小测量 h 值的相对误差, 选取的各个计数点要离起始点远一些, 纸带也不易过长, 有效长度可在 60 cm—80 cm 之内.

6、实际上重物和纸带下落过中要克服阻力做功, 所以动能的增加量要小于势能的减少量。

五、数据处理

连续打两点的时间间隔 $T = \underline{\hspace{2cm}}$ s

序号	重锤下落高度 $h(m)$	v 速度 (m/s)	gh	$v^2/2$
1				
2				
3				
4				
5				

六、误差分析

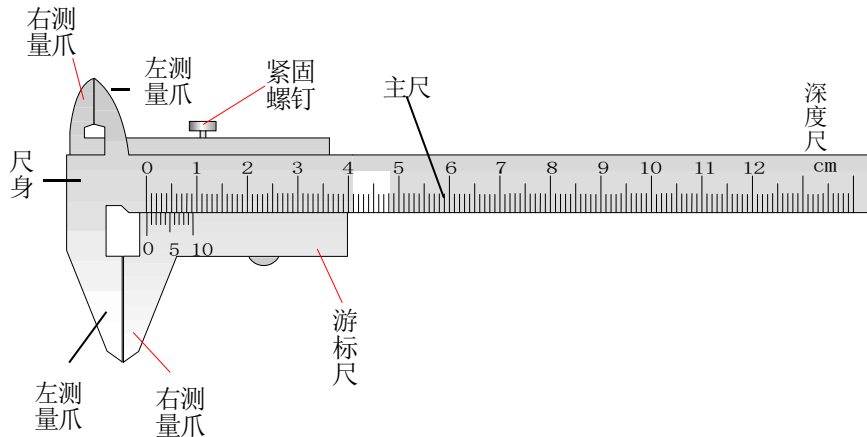
1、由于纸带和打点计时器、纸带和空气之间有摩擦, 所以动能增加量会略小于重力势能减少量

2、测量读数过程中存在一定的偶然误差

游标卡尺和螺旋测微器读数

一、游标卡尺

1、游标卡尺的结构：



2、游标卡尺的原理

一般游标卡尺的主尺刻度的最小分度均为 1mm，游标尺（副尺）上有 10、20、50 分度三种，测量精确度分别为 0.1mm、0.05mm、0.02mm。

3、游标卡尺的读数

用游标卡尺测量的最终读数为“主尺读数+副尺读数”：

主尺读数：看游标尺（副尺）0 刻线在主尺的整毫米刻线的右边，读出以 mm 为单位的整毫米数部分。

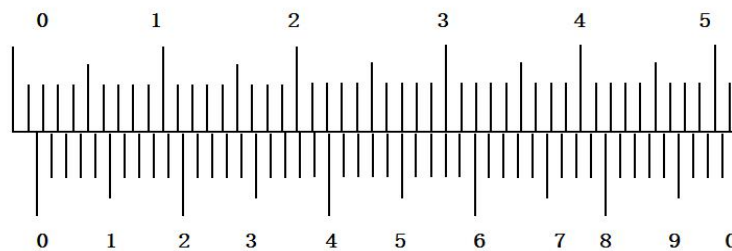
副尺读数：看游标尺刻线与主尺某条刻线对齐时，对齐线前的游标尺有几格，副尺读数=格数×精确度

$$\text{读数} = \text{主尺} + \text{对齐格数} \times \text{精确度}$$

4、注意事项

- (1) 读数时不必估读；
- (2) 读数先以毫米为单位，再化为所需单位。

5、例题



主尺读数：1mm

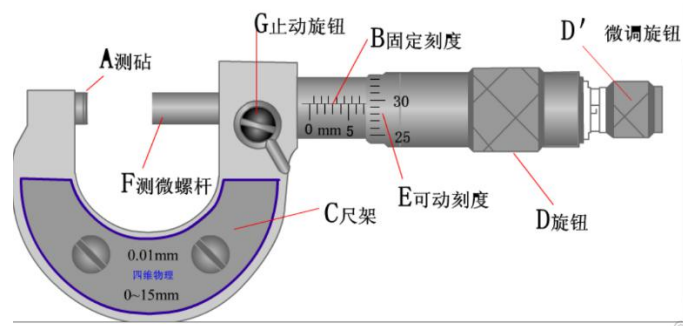
副尺读数：（50 分度） $25 \times 0.02\text{mm} = 0.50\text{mm}$ （末位 0 表示精度，不能省）

最终读数： $1\text{mm} + 0.50\text{mm} = 1.50\text{mm}$

二、螺旋测微器

1、螺旋测微器的结构

螺旋测微器也称千分尺，它主要由主尺和螺旋尺组成



2、螺旋测微器的原理

螺旋测微器的精度：螺旋测微器是利用将直线距离转化为角位移的原理制成的。主尺上的固定刻度的最小分度值为0.5 mm，螺旋尺即可动刻度共有50个分度，当可动刻度尺旋转一周时，它在主尺上前进或后退一个刻度0.5mm，则可动刻度每转过一个分格时，可动小砧前进或后退0.01 mm，所以它测量的长度可达到精度为0.01 mm。

3、螺旋测微器的读数方法

固定尺读数：读出可动刻度前对齐的固定刻度尺的读数，注意区分整 mm 和 0.5mm

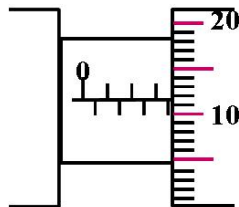
可动刻度尺读数：读出固定刻度中间水平线对齐的可动刻度尺读数并估读 $\times 0.01\text{mm}$

$$\text{螺旋测微器最终读数} = \text{固定尺读数} + \text{可动刻度尺读数}$$

4、注意事项

螺旋测微器读数结果如果以 mm 为单位，会保留到小数点后三位（如 0.548mm），因此叫做千分尺的原因是可以读到千分之一毫米

5、例题

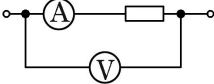
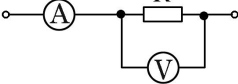


固定尺读数：3.5mm

可动刻度尺读数： $11.6 \times 0.01\text{mm} = 0.116\text{mm}$

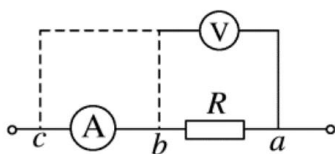
最终读数： $3.5\text{mm} + 0.116\text{mm} = 3.616\text{mm}$

电流表内外接分析

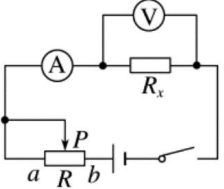
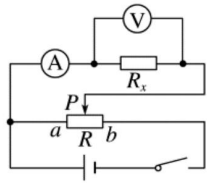
	内接法	外接法
电路图		
误差分析	电流表分压 $U_{\text{测}} = U_R + U_A$	电压表分流 $I_{\text{测}} = I_R + I_V$
电阻测量值	$R_{\text{测}} = R_A + R > R$	$R_{\text{测}} = \frac{R_V \cdot R}{R_V + R} < R$
适用条件	1、 $R > \sqrt{R_A R_V}$ 2、电流表内阻 R_A 已知	1、 $R < \sqrt{R_A R_V}$ 2、电压表内阻 R_V 已知

注：1、口诀：大内偏大，小外偏小

2、试触法判断内外接：如图，把电压表的可动接线端分别试接 b、c 两点，观察两电表的示数变化，若电流表的示数变化明显，应选用内接法；若电压表的示数有明显变化，应选外接法。



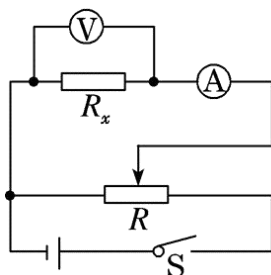
滑动变阻器分压法、限流法分析

	限流法	分压法
电路图		
滑变连接方式	“一下一上”接入电路	“两下一上”接入电路
R_x 两端电压、电流可调范围	电压： $\frac{R_x}{R_x + R} E \sim E$ 电流： $\frac{E}{R_x + R} \sim \frac{E}{R_x}$	电压： $0 \sim E$ 电流： $0 \sim \frac{E}{R_x}$
选取方式	1、省电 2、滑动变阻器为大电阻	1、要求电压从 0 开始连续变化 2、滑动变阻器是小电阻 3、题目未特别说明且分压限流都可以的情况下一般选分压

实验八：测量导体的电阻率

一、实验原理

1. 用伏安法测出金属丝的电阻，实验电路如图：



2. 由电阻定律 $R = \rho \frac{l}{S}$ ，得 $\rho = R \frac{S}{l}$

二、实验器材

金属丝、电源、开关、导线、电流表、电压表、滑动变阻器、游标卡尺（或螺旋测微器）、刻度尺等

三、实验步骤

- 1、用游标卡尺或螺旋测微器测金属丝的横截面直径 d
- 2、用刻度尺测量金属丝的长度 l
- 3、根据电路图连接电路，测量电阻丝两端的电压和电流，利用欧姆定律求出电阻丝的阻值
- 4、根据 $\rho = R \frac{S}{l}$ 计算得到电阻丝电阻率
- 5、多次改变电阻丝接入电路中的长度，求出对应的电阻率并且电阻率的平均值

四、数据处理

- 1、在求 R_x 的值时可用两种方法
 - (1) 用 $R_x = \frac{U}{I}$ 分别算出各次的数值，再取平均值。
 - (2) 用 $U-I$ 图线的斜率求出。

2、计算电阻率

金属丝横截面积 $S = \pi d^2 / 4$ ，将记录的数据 R_x 、 l 、 d 的值代入电阻率计算 $\rho = R_x \frac{S}{l}$

最终 $\rho = R_x \frac{\pi d^2}{4l}$ ，求出待测金属丝的电阻率，并且多次测量求平均值

五、注意事项

- 1、金属丝的电阻值较小，实验电路一般采用电流表外接法。
- 2、测量金属丝的有效长度，是指测量金属丝接入电路的两个端点之间的长度，即电压表两端点间的金属丝长度，测量时应将金属丝拉直，反复测量三次，求其平均值。

3、测金属丝直径一定要选三个不同部位进行测量，求其平均值。

4、闭合开关 S 之前，一定要使滑动变阻器的滑片处在接入电路的电阻值最大的位置。

5、在用伏安法测电阻时，通过金属丝的电流 I 不宜过大(电流表用 0.6 A 量程)，通电时间不宜过长，以免金属丝的温度明显升高，造成其电阻率在实验过程中逐渐增大。

六、误差分析

1、金属丝的横截面积是利用直径计算而得，直径的测量是产生误差的主要来源之一。

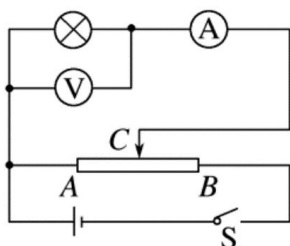
2、采用伏安法测量金属丝的电阻时，由于采用的是电流表外接法，测量值小于真实值，使电阻率的测量值偏小。

3、金属丝的长度测量、电流表和电压表的读数等会带来偶然误差。

4、由于金属丝通电后发热升温，会使金属丝的电阻率变大，造成测量误差。

七、实验变形

该电路图将电阻丝换成小灯泡可进行实验：描绘小灯泡的伏安特性曲线



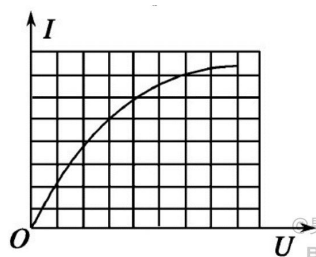
次数	1	2	3	...
电流/A				...
电压/V				...

1、实验数据记录与处理（记录表格如上图）

(1) 在坐标纸上以 U 为横轴、 I 为纵轴建立直角坐标系。

(2) 在坐标纸中描出各组数据所对应的点。

(3) 将描出的点用平滑的曲线连接起来，就得到小灯泡的伏安特性曲线



2、注意事项

(1) 因为小灯泡电阻较小，所以一般采用电流表外接法

(2) 为了得到较多的数据，一般采用滑动变阻器分压式接法

(3) 得到的图像是一条曲线，是因为随着温度升高，小灯泡的电阻增大

实验九：练习使用多用电表

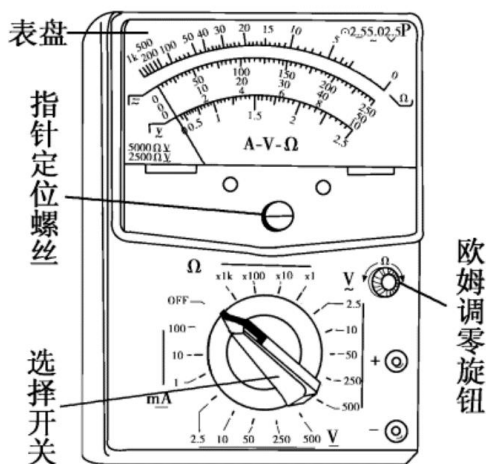
一、实验原理

1、表盘外形如图所示。上半部分为表头，表盘上有电流、电压、电阻等多种量程的刻度；第一行、第三行刻度线不均匀，第二行为交、直流电流和直流电压共用刻度。下半部分为选择开关，它的四周刻有各种测量项目和量程。另外，还有欧姆表的调零旋钮，指针定位螺丝和测试笔的插孔



图 11.5-1 多用电表

(教材图示)



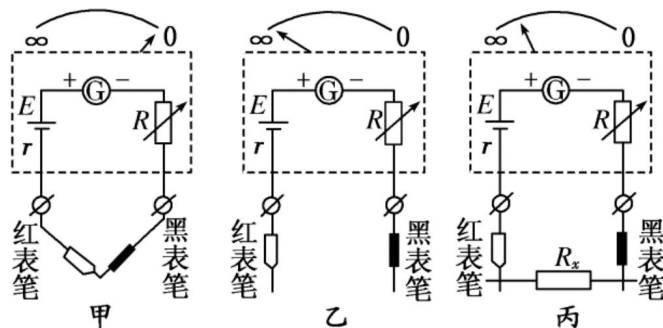
(简化图示)

2、挡位 (如图所示)

- (1) 当 S 接通 1 或 2 时，表头与电阻并联，所以 1、2 为电流挡，由于并联阻值的大小不同，量程也不同，1 的量程较大。
- (2) 当 S 接通 3 或 4 时，接通内部电源，此时为欧姆挡，4 的倍率比 3 的倍率高。
- (3) 当 S 接通 5 或 6 时，表头与电阻串联，此时为电压挡，由与串联的阻值不同，6 量程比 5 量程大。

3、欧姆挡（电阻挡）原理

电阻挡是根据闭合电路欧姆定律制成的，可直接读出电阻之值，它的原理如图 3 所示。其中 G 为灵敏电流表，满偏电流 I_g ，线圈电阻 R_g ，电源电动势 E ，内阻 r ， R 为可变电阻，也叫调零电阻



(1) 当红黑表笔不接触时，电流表示数为 0，红黑表笔间电阻为无限大。

(2) 当红黑表笔短接时，调节 R 使指针满偏，有 $I_g = E / (R_g + R + r)$

(3) 当红黑表笔间接电阻 R_x 时，通过电流表电流 $I = E / (R_x + R_g + R + r)$ ，每一个 R_x 对应一个电流 I ，在刻度盘上标出与 I 对应的 R_x 的值，这样即可读出待测电阻阻值，但由上式看出， I 不 R_x 不成比例，故欧姆表刻度不均匀。

(4) 欧姆表指针指向表盘中央时有 $I = I_g / 2$ ， $I_g / 2 = E / (R_x + R_g + R + r)$ ，解得 $R_x = R_g + R + r = R_{内}$ ， $R_{中} = R_{内}$ 我们把该阻值称之为中值电阻。

二、用欧姆档测电阻实验步骤

- 1、调整定位螺丝，使指针指向电流的 0 刻度；（机械调零）
- 2、选择开关置于中间“ Ω ”挡短接红黑表笔，调节欧姆调零旋钮，然后断开表笔，再使指针指向 ∞ ；
- 3、两表笔分别接触定值电阻两端，读出电阻值，然后断开表笔；
- 4、如果上一步指针偏转过大或者过小，选择开关改置更低或更高挡，重新进行欧姆调零；
- 5、再将两表笔分别接触定制电阻两端，读出电阻值，然后断开表笔，与标定值进行比较；
- 6、测量完毕，将选择开关置于交流电压最高挡或者“OFF”挡

三、注意事项

- 1、先机械调零，再欧姆调零。

机械调零是让指针指向电流电压 0 刻度，电阻 ∞ 刻度（最左端），欧姆调零是让指针指向电流电压最大刻度，电阻 0 刻度（最右端）。

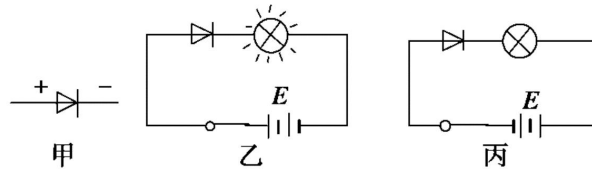
- 2、每换挡一次，必须欧姆调零，不能机械调零。
- 3、欧姆档读数一般要让指针偏转 $1/3$ 到 $2/3$ 之间。
- 4、指针偏转过大则电阻阻值偏小，需要降档；指针偏转过小则电阻阻值偏大，需要升档。

5、两表笔在使用时，无论多用电表用来测量哪个物理量，电流总是“红进”、“黑出”。

6、测电阻值，待测电阻与电路、电源一定要断开

7、测电阻值，两手不能同时接触两笔金属杆，否则相当于人体与定值电阻并联，会使测量值偏小

四、二极管的单向导电性



1、晶体二极管是由半导体材料制成的，它有两个极，一个叫正极，一个叫负极，符号如图甲所示。

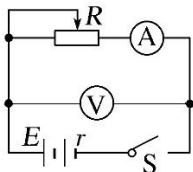
2、晶体二极管具有单向导电性（符号上的箭头表示允许电流通过的方向）。当给二极管加正向电压时，它的电阻较小，电路导通，如图乙所示，灯泡发光；当给二极管加反向电压时，它的电阻特别大，电路几乎不通，如图丙所示，灯泡几乎不亮。

3、将多用电表的选择开关拨到欧姆挡，红、黑表笔接到二极管的两极上，当黑表笔接“正”极，红表笔接“负”极时，电阻示数较小，反之电阻示数较大，由此可判断出二极管的正、负极。

实验十：电池电动势和内阻的测量

一、实验原理

由 $E = U + Ir$ 知，只要测出 U 、 I 的两组数据，就可以列出关于 E 、 r 的方程，从而解出 E 、 r



二、实验器材

待测电池一节，电流表、电压表各一个，滑动变阻器一个，开关一个，导线若干，坐标纸。

三、实验步骤

1、电流表用 $0 \sim 0.6 \text{ A}$ 量程，电压表用 $0 \sim 3 \text{ V}$ 量程，按实验原理图连接好电路。

2、把滑动变阻器的滑片移到一端，使其阻值最大。

3、闭合开关，调节滑动变阻器，使电流表有明显的示数，记录一组数据(I_1 、 U_1)。用同样的方法测量几组 I 、 U 值。

4、断开开关，整理好器材。

四、数据处理

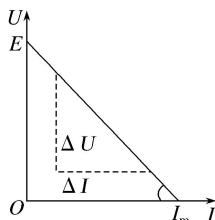
1、公式法：利用依次记录的多组数据(一般 6 组)，分别记录如表所示：

实验序号	1	2	3	4	5	6
I/A	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6
U/V	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6

分别将 1、4 组，2、5 组，3、6 组联立方程组解出 E_1 、 r_1 ， E_2 、 r_2 ， E_3 、 r_3 ，

求出它们的平均值 $E = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3}$ ， $r = \frac{r_1 + r_2 + r_3}{3}$ 作为测量结果。

2、图像法：把测出的多组 U 、 I 值，在 $U-I$ 图中描点画图像，使 $U-I$ 图像的直线经过大多数坐标点或使各坐标点大致分布在直线的两侧，如图所示，由 $U = E - Ir$ 可知：



(1) 纵轴截距等于电源的电动势 E ，横轴截距等于外电路短路时的电流 $I_m = \frac{E}{r}$ 。

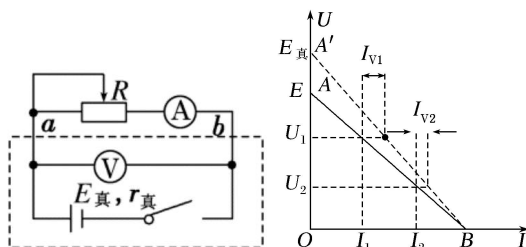
(2) 图线斜率的绝对值等于电源的内阻 $r = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right| = \frac{E}{I_m}$ 。

五、误差分析

1、偶然误差：主要来源于电压表和电流表的读数以及作 $U-I$ 图像时描点不准确。

2、系统误差

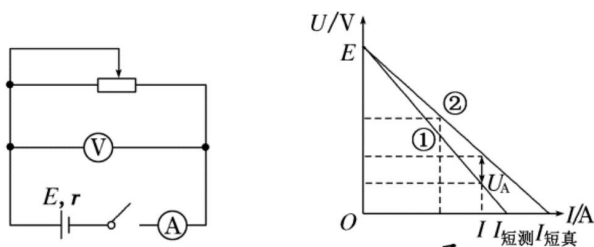
(1) 电流表（相对于电池）外接：



由于电压表分流 I_V ，使电流表示数 I 小于电池的输出电流 $I_{真}$ 。 $I_{真} = I + I_V$ ，而 $I_V = \frac{U}{R_V}$ ， U 越大， I_V 越大，

它们的关系可用图表示。实测的图线为 AB ，经过 I_V 修正后的图线为 $A'B$ ，可看出 AB 的斜率绝对值和在纵轴上的截距都小于 $A'B$ ，即实测的 E 和 r 都小于真实值。

(2) 电流表（相对于电池）内接



I_A 为电源电流真实值，理论上 $E = U + U_A + I_A r$ ，其中的 U_A 未知，从而造成误差（如图中带箭头线段 U_A ），而且电流表示数越大， U_A 越大，当电流表示数为零时， $U_A = 0$ ，电压表示数值为准确值，等于 E_0 。

从图象角度看： E 为真实值， $I_{短测} < I_{短真}$ ，所以 $r_{测} > r_{真}$

从本质上看， $r_{测} = r_{真} + r_A$

由于干电池内阻与电流表内阻接近，因此该方法误差大，测干电池不适用本方法。

(3) 注：测干电池：电流表（相对于电池）外接

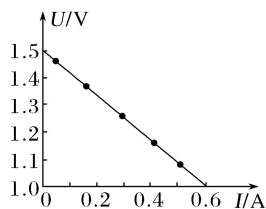
测水果电池：电流表（相对于电池）内接

六、注意事项

1、为使电池的路端电压有明显变化，应选取内阻较大的旧干电池和内阻较大的电压表。

2、实验中不能将电流调得过大，且读数要快，读完后立即切断电源，防止干电池大电流放电时内阻 r 的明显变化。

3、若干电池的路端电压变化不很明显，作图像时，纵轴单位可取得小一些，且纵轴起点可不从零开始。如图所示，此时图线与纵轴交点仍为电池的电动势 E ，但图线与横轴交点不再是短路电流，内阻要在直线上取较远的两点用 $r = \left| \frac{\Delta U}{\Delta I} \right|$ 求出。

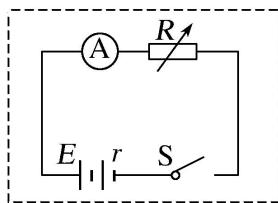


4、为了提高测量的精确度，在实验中 I 、 U 的变化范围要大一些，计算 E 、 r 时， U_1 和 U_2 、 I_1 和 I_2 的差值要大一些。

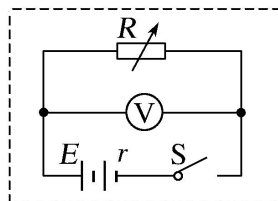
七、其他实验方案

1、安阻法

由 $E = IR + Ir$ 可知，只要能得到 I 、 R 的两组数据，列出关于 E 、 r 的两个方程，就能解出 E 、 r

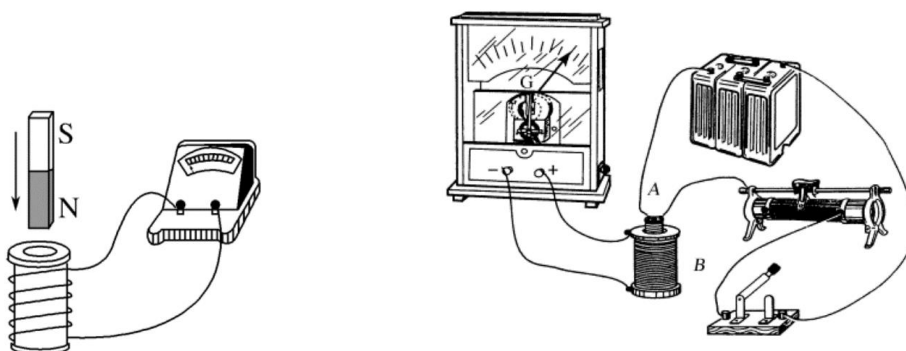


2、伏阻法：由 $E = U + \frac{U}{R}r$ ，如果能得到 U 、 R 两组数据，列出关于 E 、 r 两个方程，就能解出 E 、 r



实验十一：探究感应电流产生的条件

一、实验原理



1、左图为磁动式实验装置，通过上下移动条形磁铁进行实验探究

2、右图为模拟法拉第的实验，A 线圈有外接电源，B 线圈无外接电源，通过闭合、断开开关，上下移动 A 线圈进行实验探究

二、实验器材

条形磁铁，电流表，大、小线圈，电源，开关，滑动变阻器，导线若干

三、实验步骤

1、磁动式实验记录表

磁铁的运动	表针的摆动方向	磁铁的运动	表针的摆动方向
N 极插入线圈	向右	S 极插入线圈	向左
N 极停在线圈中	不摆动	S 极停在线圈中	不摆动
N 极抽出	向左	S 极抽出	向右
现象：磁铁相对线圈运动时，有感应电流产生。磁铁相对线圈静止时，没有感应电流产生。			

2、法拉第模拟实验记录表

操作	现象
开关闭合瞬间	有感应电流产生
开关断开瞬间	有感应电流产生
开关闭合时，滑动变阻器不动	无感应电流产生
开关闭合时，迅速移动变阻器的滑片	有感应电流产生
现象：只有当线圈 A 中电流变化时，线圈 B 中才有感应电流产生。	

四、实验结论

只要穿过线圈的磁通量发生了变化，线圈中就会有感应电流产生