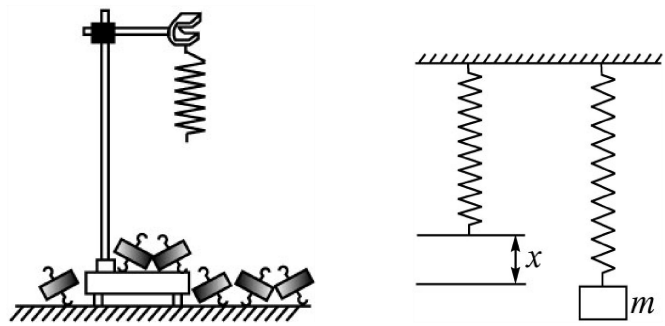


实验一：探究弹簧弹力与形变量的关系

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。

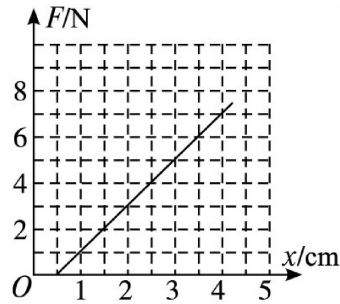
三、实验步骤

- 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

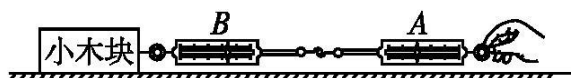
- 1、通过实验探究作用力与反作用力之间的关系。
- 2、体验用力传感器研究作用力与反作用力关系的方法。

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



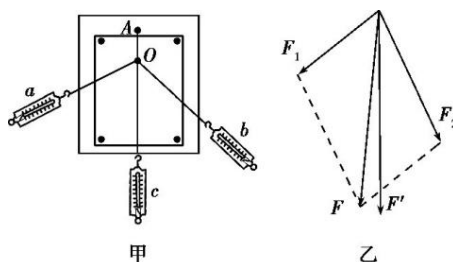
（双手握住力的传感器，往两侧拉）

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



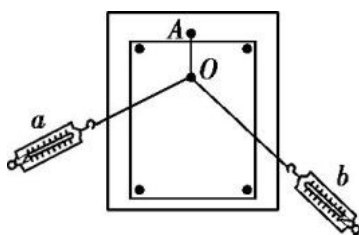
互成角度的两个力 F_1 、 F_2 与另外一个力 F 产生相同的效果,看 F_1 、 F_2 用平行四边形定则求出的合力 F 与 F' 在实验误差允许范围内是否相等。

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。



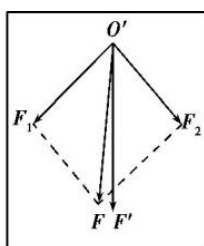
- 4、只用一只弹簧测力计通过细绳套把橡皮条与细绳套的结点拉到同样的位置 O,记下弹簧测力计的读数和细绳套的方向。

- 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

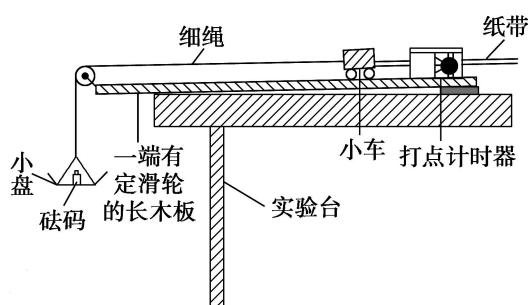
探究加速度与物体质量、物体受力的关系。

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。

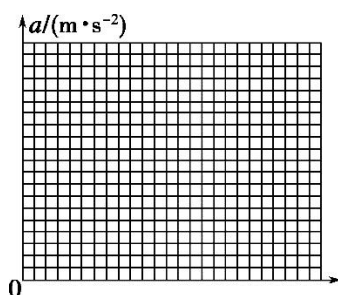
4、操作：

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。

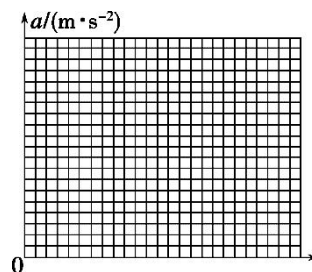
③在每条纸带上选取一段比较理想的部分，测加速度 a 。（利用 $\Delta x = aT^2$ 及逐差法求 a ）

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 $mg-F=ma$;

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

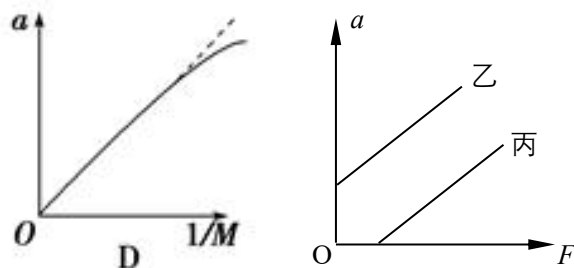
对于①式, 本实验用小盘和砝码的总重力 mg 代替小车的拉力, 而实际上小车所受的拉力要小于小盘和砝码的总重力。小盘和砝码的总质量越小于小车的质量, 由此引起的误差就越小。

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

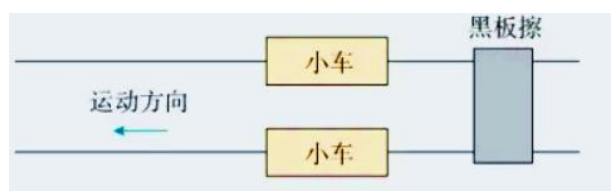


左图：不满足 $m \ll M$

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

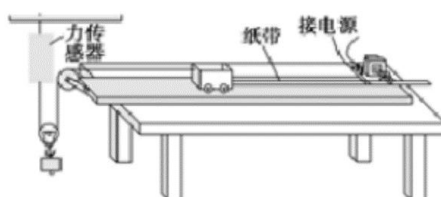
1、原理：通过比较位移来得到加速度之比，进而探究 a 与 F 、 m 关系



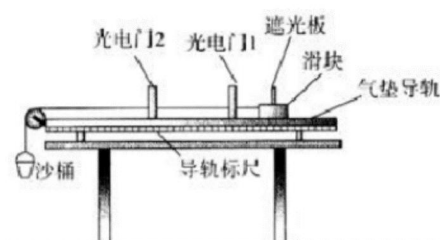
方法：按住黑板擦，两辆小车同时停下，通过纸袋得到两辆小车的位移 x_1 、 x_2 ，

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

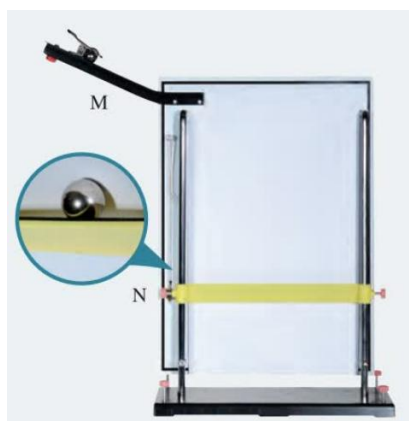
1、用实验的方法描出平抛运动的轨迹。

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

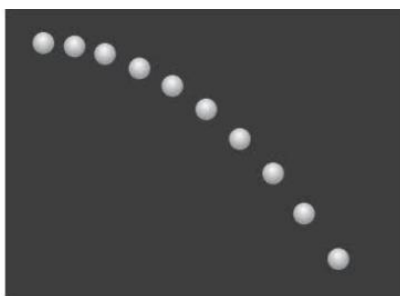
1、斜槽末端没有调水平，小球离开斜槽后不做平抛运动。

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。

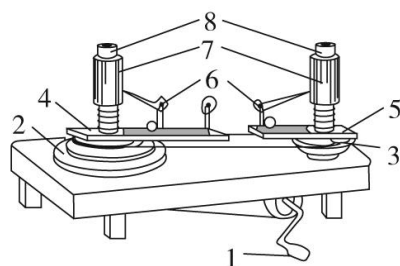
(2)控制两物体的质量和转动角速度相同，探究向心力大小与转动半径的定量关系。

(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 /格	F_2 /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 /格	F_2 /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 /格	F_2 /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、实验前要作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。