力



力的平行四边形法则

实验力的矢量加法

- 将三个任意力的平衡绘制成一张图表
- 当力与对称时,分析研究平衡点

UE102030 08/08 JS

基本原理

力是物理矢量,因此可使用矢量加法对力进行合成。为了在一张图表上演示两个矢量的和,将第二个矢量的起点绘制在第一个矢量的终点上。第一个矢量的起点至第二个矢量的终点的箭头表示合成矢量。绘制平行四边形(将两个矢量线作为边长),平行四边形从原点到对应角的对角线表示合成矢量(也参见图 1)。

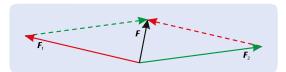


图 1: 力的矢量和(力的平行四边形法则)。

力的矢量加法可在力的工作台上以简单明了的方式进行演示。三个保持平衡的力的作用点都是在工作台中心。从悬挂的重量并使用量角器测定各个力的大小,注意每个矢量力的角度(每个力的方向)。在平衡状态下,三个不同的力的和为:

(1)
$$F_1 + F_2 + F_3 = 0$$

因此, $-F_3$ 是力 s F_1 和 s F_2 的和。(也参见图 2):

(2)
$$-F_3 = F = F_1 + F_2$$

平行分量为:

$$^{(3)}$$
 - $F_3 = F = F_1 \cdot \cos \alpha_1 + F_2 \cdot \cos \alpha_2$
且垂直分量为:

$$^{(4)} 0 = F_1 \cdot \sin \alpha_1 + F_2 \cdot \sin \alpha_2$$

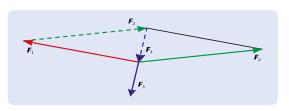


图 2: 由平衡力 B 测定两个力 P1 和 P2 的矢量和 方程 (3) 和 (4) 提供了矢量合成的数学分析方法。在实验过程中,建议将力 F_3 处于 0° 角的状态。为了分析观察,可选择在一张图表上进行力平衡研究。绘制三条从作用中心点的出发的直线,分别代表三个力。注意每个力的大小和角度。随后,将力 F_2 和力 F_3 沿着平行方向移动,直到其起点位于前一个矢量的终点。合成矢量为 0 (也参加图 3)。在实验中,选择三个任意的力进行绘制,每次都要确保维持平衡状态。

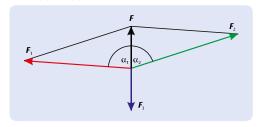


图 3: 绘图研究三个任意方向的力的平衡

在实验过程中,当两个力 F_1 和 F_2 刚好与 F_3 对称时,就会影响分析观察。

所需仪器

1 力工作台 U52004



图 4: 实验装置

装置安装

- 把测力表放置于水平面上。
- 在 60°、180°和 300°三个分力方向上装上滑轮。
- 使用固定夹把三根绳子放在白色环上,每根绳子上挂上一个滑轮,并附上全套开槽砝码。
- 检查白色环是否相对于测力表的中心对称布置。
- 如有必要,应校准测力表和绳子的位置。

实验程序

a) F₁和 F₂对称设置:

- 在整个实验过程中都把分力 F3 设定为 180°。
- ・ 把分力 F_1 和 F_2 设定为 10°(F_1 的角度 α_1)和 350°(-10°),并分别施加 100 g 荷载。
- 调整分力 F_3 的荷载,直至白色环达到平衡位置,把悬挂质量 m_3 的相关数值记录于表格 1 中。
- 把分力 F_1 和 F_2 分别设定为 20°和 340° (-20°), 改变质量 m_3 直至恢复平衡。
- 改变角度 α_1 ,使其依次达到 30° 、 40° 、 50° 、 60° 、 70° 和 90° 。在各种情况下,都应确定出恢 复平衡所需的质量 m_3 ,并把数值记录于表格 1。

b) 分力在任意方向:

- 把分力 F1 设定为 340°, 施加 50 g 荷载。
- 把分力 F2 设定为 80°, 施加 70 g 荷载。
- 调整分力 F3 的方向和大小,直至达到平衡。

测量示例

a) F₁和 F₂对称设置:

表格 1: 质量 m_3 和相应的(计算出的)力 F_3 需保持力量平衡,与角度 α_1 成函数关系

 $(m_1 = m_2 = 100 \text{ g}, F_1 = F_2 = 100 \text{ g}).$

(m ₁ m ₂ 200	8, 11 12 100	0/ -		
α ₁	m ₃ (g)	F ₃ (N)		
10°	200	2.00		
20°	190	1. 90		
30°	170	1. 70		
40°	155	1. 55		
50°	130	1. 30		
60°	200	2.00		
70°	70	0.70		
90°	0	0.00		

b) 分力在任意方向:

表格 2: 分力的角度 α_i , 荷载质量 m_i 和相应的(计算出的)力 F_i

α 1	m ₁ (g)	F ₁ (N)	α 2	m ₂ (g)	F ₂ (N)	α 3	m ₃ (g)	F ₃ (N)
350°	50	0. 5	80°	70	0. 7	221°	80	0.8

评价

a) 当 F₁和 F₂对称

方程(4)适用于对称的情况($F_1 = F_2$ 和 $\alpha_1 = -\alpha_2$)从方程(3),我们可以得到图 4 中所示的特性方程(用于描述测量数据)。

$$F = 2 \cdot F_1 \cdot \cos \alpha_1$$

使用该公式进行计算,得到如图 5 所示的曲线,与表格 1 中的实验数据一致,处于测量精度范围之内。

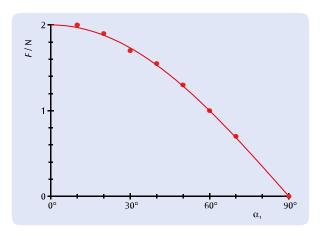


图 5: 测量并估算两个与合力夹角都为 α1 的对称力的和

b) 分力在任意方向:

对表格 2 中的实验数据进行图形分析,首先将这三个力表示为作用中心点向外的线段(向量),并列明其大小和角度。使代表分为 F_2 和 F_3 的线段保持固定的方向,然后进行移动改变,从而使各个向量的起点位于前一个向量的终点。 长度向量和为 0,处于测量精度范围之内。

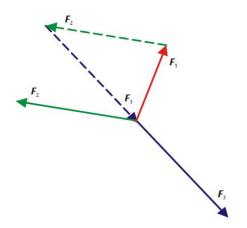


图 6: 对应于表 2 的实验数据的矢量图形和所有力的合力