# 12．探究两个互成角度的力的合成规律的实验中，在橡皮筋末端增加一个小圆环，其用意是什么？

探究两个互成角度的力的合成规律的实验，一般采用拉橡皮筋的传统方法，教科书特意在橡皮筋末端增加一个刚性小圆环，其目的是突出“研究对象”。

以小圆环为研究对象，第一次用两个弹簧测力计成一定角度拉橡皮筋，把小圆环拉到某一位置，分别记下两个测力计的示数大小和方向；第二次用一个测力计拉橡皮筋，也把小圆环拉到相同的位置，再记下测力计的示数和方向。第一次小圆环受到三个力的作用而平衡，即两个测力计的拉力 *F*1、*F*2 与橡皮筋的拉力 *F*ʹ 平衡；第二次它受到两个力的作用而平衡，即一个测力计的拉力 *F* 与橡皮筋的拉力 *F*ʹ 平衡（小圆环都要保持在同一位置且处于静止状态），因此 *F* 与 *F*1、*F*2 是合力与分力的关系。

探究两个互成角度的力的合成规律的实验，一般都采用弹簧测力计拉橡皮筋的方法，中学物理教科书的编者有意在橡皮筋末端增加了一个小圆环，相当一部分教师不清楚编者的良苦用心，教学中往往把它忽略，并且分析讲解中有不确切之处，从而造成学生对概念理解不清的问题。

## 一、实验的常规操作程序

①在木板上铺一张白纸，把橡皮筋的一端固定在木板的一枚钉子上。

②用两个掸簧测力计成一定角度拉橡皮筋的另一端，拉到某一位置，在纸上记下钉子的位置 A、橡皮筋另一端点的位置 O、两个弹簧测力计的示数大小 *F*1、*F*2 及拉力的方向。

③改换用一个弹簧测力计拉橡皮筋，也拉到 O 点，并记下拉力的大小 *F* 及拉力的方向。

④在纸上用同一标度做出力 *F*1、*F*2 及 *F* 的力的图示。

⑤猜想并验证求两个互成角度的力的合力的规律，最后得出结论——平行四边形定则。

## 二、对该实验的分析和讲解中常见的错误

在对该实验的分析和讲解过程中，最可能出现的错误是：之所以认为力 *F* 是力 *F*1、*F*2 的合力，是因为它们的效果相同，而这个“效果”，指的是使橡皮筋伸长的长度，即使橡皮筋发生的形变。

这会使学生产生错觉，似乎合力与分力的效果相同，既包括物体运动状态改变的效果，也包括使物体发生形变的效果。

对于合力与分力的效果相同中的“效果”不包括使物体产生形变，不少教师想不明白，他们认为，这个实验观察到的“效果”就是两次都使橡皮筋拉伸到相同位置，这是实验事实，而且这样讲解学生感觉好懂、好记。

其实只要举几个简单的例子就可以说明问题。

**例 1** 一个纸杯静止放在桌面上，用拇指和中指从两边捏它，两边的力大小相等而方向相反，合力为零，纸杯仍静止在桌面上。两边用力捏与不捏，对纸杯产生的效果相同，显然这里的效果指的是纸杯的运动状态没有改变（没有产生加速度），都能保持静止状态，但捏与不捏，纸杯的形变是不相同的。

**例 2** 一根弹簧静止放在水平桌面上，在它的右端施加向右的大小为 10 N 的拉力 *F*1，在它的左端施加向左的大小为 3 N 的拉力 *F*2，如图 1 所示。这两个力共同作用的效果包括使弹簧整体向右产生加速度，并且会伸长。它们的合力 *F* 大小为 7 N，方向向右。如果用一个力 *F* 替换 *F*1 和 *F*2，弹簧整体向右加速的效果相同，但形变的效果不相同：如果力 *F* 作用在右端，则弹簧伸长；如果作用在左端，则弹簧缩短；如果作用在质心处，则右边缩短而左边伸长，不论作用点在何处，形变的效果都不会与 *F*1 和 *F*2 共同作用产生的形变相同。

图 1 合力与分力效果相同，不包括形变

*F*1

*F*2

## 三、问题出在哪里？

为什么会出现上述的错误认识呢？原因在于没有明确“研究对象”是谁！

如果我们选择“橡皮筋”为研究对象，那么第一次用两个弹簧测力计拉它的时候，它受到的力不只是两个弹簧测力计的拉力 *F*1 和 *F*2，同时还有钉子施加的弹力 *F*ʹ，即橡皮筋的伸长不是 *F*1 和 *F*2 这两个力的作用效果，而是 *F*1、*F*2 及 *F*ʹ 这三个力的作用效果。第二次改用一个弹簧测力计拉它的时候，橡皮筋伸长也不只是 *F* 一个力的作用效果，而是 *F* 及 *F*ʹ 这两个力的作用效果。我们说，合力 *F* 与两个分力 *F*1 和 *F*2 共同作用的效果相同，指的是它们都与钉子的弹力 *F*ʹ 平衡。这里要强调两次拉橡皮筋时一定要拉到同一位置，即橡皮筋的伸长量要相同（并且方向也相同），为了保证两次实验中钉子的弹力都是 *F*ʹ。

## 四、在橡皮筋末端增加小圆环的目的何在？

教科书在橡皮筋的末端增加了一个小圆环，是为了引导教师和学生，最好选择这个小圆环为研究对象。该小圆环是刚性的，即它的形变可以不考虑，因此它可以看作质点。

以小圆环（质点）为研究对象，第一次实验它受到三个力的作用而保持平衡，这三个力是两个弹簧测力计的拉力 *F*1  和 *F*2，以及橡皮筋对它的拉力 *F*ʹ；第二次实验它受到两个力的作用而保持平衡，这两个力是弹簧测力计的拉力 *F* 及橡皮筋对它的拉力 *F*ʹ。第一次 *F*1 和 *F*2 共同作用与 *F*ʹ 平衡，第二次 *F* 单独作用也与 *F*ʹ 平衡，因此 *F*1 和 *F*2 共同作用的效果与 *F* 单独作用的效果相同，从而力 *F* 是 *F*1 和 *F*2 的合力。这里两次要求橡皮筋拉到同一位置，是为了两次橡皮筋的拉力大小和方向都相同，即都是 *F*ʹ。

设想把刚性小圆环换成弹性环，以便直接观察到两次实验中它在力的作用下发生的形变效果有怎样的不同：第一次用两个弹簧测力计拉环的下端，再加上橡皮筋的拉力 *F*ʹ，共三个力作用，环平衡后将会呈三角形；第二次用一个弹簧测力计拉环的下端，与橡皮筋的拉力 *F*ʹ 共同作用，环平衡后将被拉成一个长条形，如图 2 所示。

图 2 弹性小圆环的形变，合力与分力效果不同

*F*2

（a）弹性小圆环

（b）弹性小环在三个力

作用下呈三角形

（c）弹性小环在两个力

作用下呈长条形

*F*

*F*ʹ

*F*ʹ

*F*1

结论：在探究共点力合成规律的实验中，在橡皮筋末端增加一个刚性小圆环，目的是引导师生以小圆环为研究对象，从而明确这里力的作用效果不是指橡皮筋的形变相同，而是两次实验中 *F* 与 *F*1、*F*2 都与橡皮筋的拉力 *F*ʹ 平衡，以免形成“合力与分力的作用效果相同”包括“使物体发生相同形变”的错误认识。