

# 倍分法在高中物理实验应用举隅

李明 柴宏良

(浙江省衢州第一中学 浙江 衢州 324000)

(收稿日期:2016-12-22)

**摘要:**倍分法是一种重要的实验研究方法,在科学规律探究、物理实验教学、实验创新设计中,研究相关变量之间的定量关系时有着广泛应用.

**关键词:**倍分法 物理实验 应用

物理学是以实验为基础的自然科学,同时物理研究中蕴含着丰富的科学方法.物理教学要以实验为基础,不失时机地渗透科学方法,让科学方法教育根植于实验探究的土壤.利用科学方法来设计实验非常重要,科学方法不仅能简化实验过程,而且还可以帮助学生领会实验的基本原理、设计思路,帮助学生掌握实验研究的过程.倍分法思想是一种重要的实验研究方法,当实验中难以直接测量某个物理量时,可设法将其成倍地减少或增加,研究相关变量之间的定量关系.

笔者在高中物理教学中发现,物理实验中经常利用倍分法思想来设计和操作实验,同时,倍分法思想也常出现在物理试题当中.本文列举若干典型案例,剖析倍分法思想在物理实验教学、实验创新设计中的运用,体会在物理实验中进行科学方法教育的意义.

## 1 倍分法在科学规律探究中的应用

在科学研究中,常常需要用实验研究物理量之间的定量关系,但有的物理量在当时的实验条件下难以准确测量,物理学家常常采用成倍增加或成倍减小该物理量的办法获得物理量的定量变化,以此测量物理量之间的关系.这种方法叫做“倍分法”.

库仑在探究电荷之间的静电力规律时,采用相同的金属小球相互接触的办法,获得了电荷量成倍变化,使研究静电力和电荷量关系成为可能.在那个年代,人们还不知道怎样测量物体所带的电荷量,甚至连电荷量单位都没有.要研究清楚电荷之间静电力的规律,电荷量是关键,库仑经过思考最终采用了

非常巧妙的方法解决了这个问题.两个相同的金属小球,他让一个小球带电,一个小球不带电,互相接触后,两小球所带电荷量相等,都为原来带电小球电荷量的一半,如果再将其中一小球和不带电的相同小球相接触,小球所带电荷量又变成之前的一半.库仑就是利用“倍分法”思想将带电荷量为 $Q$ 的带电小球分为 $\frac{Q}{2}, \frac{Q}{4}, \frac{Q}{8}, \dots$ 巧妙获得电荷量成倍减小的小球后,顺利地利用扭秤实验得到了库仑定律.

这种“倍数”关系在物理学研究中的应用并不鲜见,在密立根实验中通过测量小油滴的电荷量的倍数关系,推测出最小的电荷量——元电荷.

## 2 倍分法在高中实验教学中的运用

### 案例 1:“探究功与速度变化关系”实验

探究功与速度变化关系的实验方案有很多,有些实验方案是要计算出力做功的大小,实验较为繁琐,而且误差较大.课本上介绍了一个较为简单方便的实验方案,如图 1 所示,此方案就是利用倍分法简化了实验.分别利用 1 根、2 根、3 根、4 根橡皮筋对小车做功,做功大小表示为 $1W, 2W, 3W, 4W$ ,从而避免直接求功的麻烦,大大简化了实验,更为方便快捷地得到功与速度变化的关系.

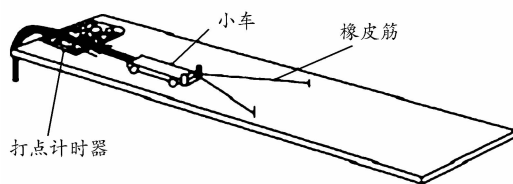


图 1 探究功与速度变化关系实验装置示意图

### 案例 2:“探究导体电阻与其影响因素的定量关

## 系”实验

此实验要研究的是导体电阻与长度、横截面积之间的定量关系. 如果采用倍分的思想方法去研究此实验, 实验会变得简单快捷.

研究导体电阻和长度关系时, 可以成倍改变电阻丝的长度, 然后用数字式多用表的电阻挡直接测量电阻, 实验发现电阻丝长度成倍改变, 测得电阻阻值也成倍变化, 因此很快就能得到电阻与导体长度成正比.

研究导体电阻与横截面积的定量关系时, 可以成倍地改变导体的横截面积, 假设 1 根导线的横截面积为  $S$ , 2 根导线并联横截面积为  $2S$ , 3 根导线并联横截面积为  $3S$ , 4 根导线并联横截面积为  $4S$ . 通过成倍改变导线的横截面积, 能很快地得到电阻和横截面积的关系.

## 案例 3: “探究加速度与力和质量的关系”实验

探究加速度与力和质量的关系实验需要用打点计时器测量计算加速度, 实验比较繁琐而且很费时. 实验可采用双车位移比较法来探究加速度与力的关系, 实验装置如图 2 所示, 利用刹车系统来控制小车运动时间, 使两小车运动时间相同. 两个初速度为零的小车做匀加速直线运动, 在相同时间内运动的位移之比即为加速度之比, 因此可以利用测量位移大小来代替测量加速度大小. 如果再成倍地改变物体的质量或外力  $F$  的大小, 就可以比较直观地发现加速度与力和质量的定量关系.

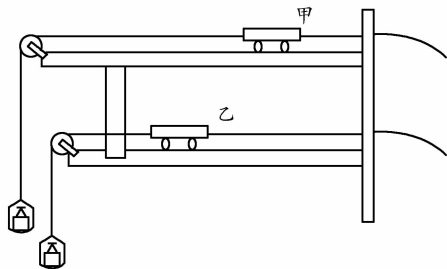


图 2 探究加速度与力和质量的关系实验装置示意图

## 3 倍分法在实验创新设计中的运用

## 案例 4: “探究电容的定义式与决定式”创新实验

## (1) 探究定义电容器的电容实验

定义电容, 关键是要得到  $Q$  与  $U$  的比值为一常量, 也就是  $Q$  与  $U$  成正比, 因此就需要测得电容器的

电荷量和电压. 电荷量  $Q$  很难测, 我们利用的方法是倍分电荷量法.

将一带电荷量为  $Q$  的电容器和另一相同且不带电的电容器并联, 原来电容器的电荷量变为  $\frac{Q}{2}$ , 再将此电容器和另一相同且不带电的电容器并联, 电容器的电荷量变为  $\frac{Q}{4}$ , 依次还可以得到  $\frac{Q}{8}$  和  $\frac{Q}{16}$  的电荷量. 我们只需用数字万用表测出相应电压就可得到  $Q$  与  $U$  的比值. 电容定义演示仪如图 3 所示.

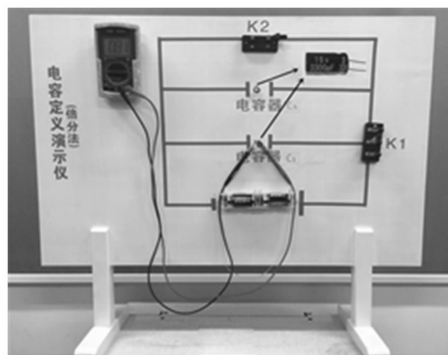


图 3 电容定义演示仪

某次实验中测得的数据如表 1 所示.

表 1 探究电容的定义式与决定式实验数据

电容器所带电荷量	电容器两端电压 $U/V$
$Q$	3.08
$\frac{Q}{2}$	1.54
$\frac{Q}{4}$	0.78
$\frac{Q}{8}$	0.40
$\frac{Q}{16}$	0.20

从上表数据很容易得出  $Q$  与  $U$  成正比的关系, 在此实验结论的基础上, 再用比值定义法定义电容就水到渠成了.

## (2) 探究电容决定式的实验

探究电容决定式的创新实验是利用数字式万用表电容挡直接测量两平行板间的电容, 也可利用倍分法, 研究电容与正对面积、间距的定量关系.

## 1) 电容与平行板间距的关系

改变上下两极板间的绝缘介质(图 4) 有机玻璃的块数, 也就是成倍改变平行板的间距, 利用数字式万用表的电容挡直接测得电容值, 从而很快得到电容与间距的定量关系.

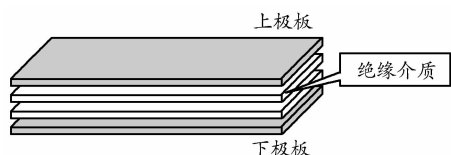


图4 上下极板间放置绝缘介质

2) 电容与平行板正对面积的关系

成倍改变平行板间的正对面积,利用数字式万用表的电容挡直接测得电容值,从而很快得到电容和正对面积的定量关系.

上述两个电容器均利用了倍分法思想,将不容易测量的物理量测量转变为倍数关系,大大简化了实验过程,让实验现象更明显,定量关系更直观.在一次公开课教学中利用该创新实验进行教学,巧妙的实验设计让课堂的探究氛围非常浓厚,学生的思维活动积极踊跃,获得了听课教师的高度评价.

案例5:“探究磁场力和通电导线长度及电流关系”创新实验

高中物理课本中介绍的此实验方法如图5所示,在教学中发现,该实验在可行性方面存在一些问题:

- (1) 导线摆动后不容易平衡,无法准确测量其摆角.
- (2) 此实验需要通很大的电流,实验室常用的电流表无法测量.
- (3) 通电导线发生摆动后,导线所在位置磁场的强弱发生变化,不符合实验要求.

为了解决以上问题,笔者设计、制造了如下创新实验装置,如图6所示.

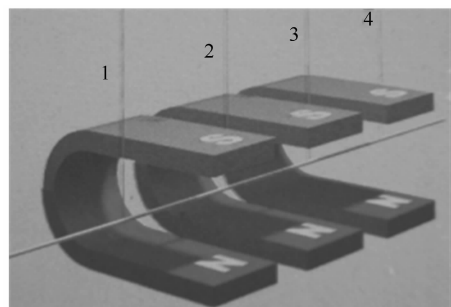


图5 探究磁场力和通电导线长度及电流关系实验

由于导线所受磁场力较小,实验采用了力矩平衡原理放大磁场力.但直接测量磁场力的数值还是不太方便,实验巧妙地通过改变配重盆中小铁钉的个数来定量反映磁场力的大小,比如,1个小铁钉平

衡一个单位的磁场力,放入  $n$  个小铁钉恰好平衡,说明此时的磁场力恰好是  $n$  个单位的磁场力.当通电导线电流成倍变化时,只需数出平衡后小铁钉的个数,就能方便快捷地找到磁场力和电流的关系.同理,成倍改变条形磁铁个数时,也就是成倍改变受磁场力的通电导线的长度,只要数出平衡后小铁钉个数,就能方便快捷地找到磁场力和通电导线长度的关系.

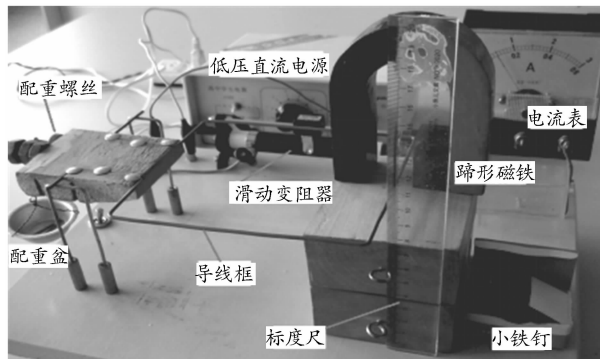


图6 探究磁场力和通电导线长度及电流关系创新实验

表2是实验操作获得的测量数据.

表2 探究磁场力和通电导线长度及电流关系创新实验测量数据

长度	$L$			$2L$		
电流 $I/A$	0.50	1.00	1.50	0.50	1.00	1.50
铁钉个数 / 个	7	14	21	15	30	44

从表中的实验数据可以看出,用该实验研究磁场力和电流的成正比关系非常准确,但在研究磁场力和长度的成正比关系时误差相对大一些.其原因可能是两块蹄形磁铁的磁场强弱有所不同,以及同时放上两块蹄形磁铁时磁场间相互影响所致,以上实验数据是在多块磁铁中挑选了磁性最接近的两块的情况下做出的.

4 结束语

总之,倍分法作为重要的科学研究方法,在物理教学中不仅让学生学习、体会这种研究方法在物理学研究中的重要作用,还可以利用倍分法改进或创新物理实验,培养学生的探究和创新能力.