

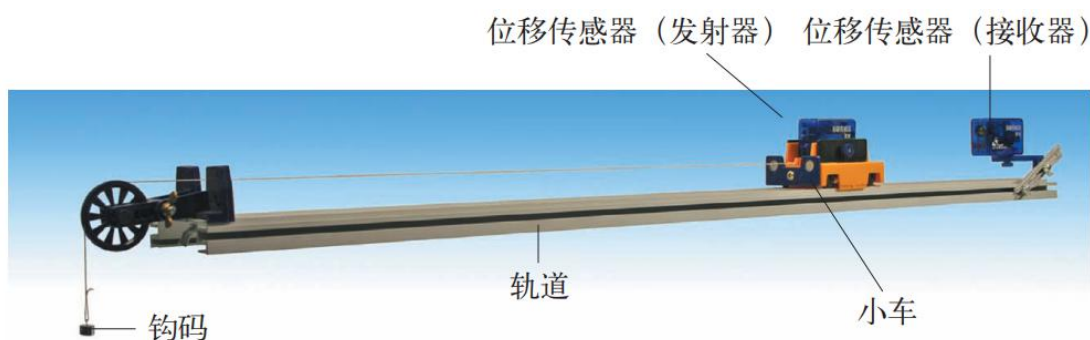
实验理论提升

实验中的基本方法与基本物理量的测量

物理实验是物理学的不可分割的重要内容，而实验探究核心素养要求我们会使用各种方法和手段分析、处理信息，中学阶段经常会用到以下基本的方法。

一、控制变量法

在探究加速度与力、质量的关系时，如图，我们研究的方法是：先保持物体的质量一定，研究加速度与力的关系，再保持力不变，研究加速度与质量的关系，最后综合得出物体的加速度与它受到的合外力及物体的质量之间的关系为 $a \propto F/m$ 。



物理学中对于多因素（多变量）的问题，常常采用控制其他因素（变量）不变只改变其中的一个因素，来单独研究这个因素对事物的影响，依次对每一个因素加以研究，最后再综合解决，这种方法叫控制变量法。

一般来说，自然界发生的各种物理现象往往是错综复杂的，我们所研究的物体对象往往也不是孤立存在的，总是处于与其他事物和现象的相互联系之中，这就决定了影响对象的因素不可能是单一的，而是多种因素相互交错，共同起作用的。我们在对这些物理现象进行研究的时候，应该考虑到影响物理现象的各种因素。采用控制变量法其实就是把多因素的问题变成多个单因素的问题是分析的问题简化明了，最后再综合解决，找到多个因素和所研究现象的关系。利用控制变量法探究问题的一般程序为：

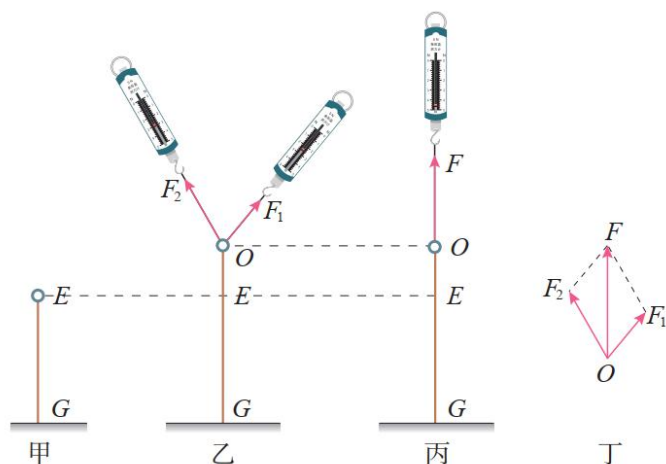
1. 对可能影响研究问题的因素（物理量）进行分析，作出假设。
2. 利用控制变量法控制其他因素不变，对每个因素依次进行研究，找到该因素和所研究问题间的关系。
3. 综合判断所有因素和所研究问题之间的关系。

在高中物理实验中，除了探究加速度与力、质量的关系会用到控制变量法，还有许多实验，尤其是一些多变量的探究性实验经常会用到这种实验方法。例如，探究滑动摩擦力与哪些因素有关时，我们可以在控制其他物理量不变的前提下，分别研究接触面粗糙程度、压力、接触面积等猜想出来的物理量与滑动摩擦力的关系；在探究影响电阻大小的因素时，我们可以在控制其他物理量不变的前提下，分别研究材料、横截面积、长度、温度等猜想出来的物理量与电阻大小的关系；探究通电导体在磁场中的受力方向与哪些因素有关时，我们可以在控制其他物理量不变的前提下，分别研究磁场的方向、电流方向等猜想出来的物理量与磁场力方向的关系；探究单摆的周期与哪些因素有关时，我们可以在控制其他物理量不变的前提

下，分别研究摆球质量、摆长、摆角等猜想出来的物理量与周期的关系。

二、等效法

如图所示，探究两个互成角度的力的合成规律时，力 F 单独作用，与 F_1 、 F_2 共同作用的效果是一样的，都能使小圆环保持静止，由于两次橡皮条伸长的长度相同，即橡皮条对绳结的拉力相同，所以 F 等于 F_1 、 F_2 的合力，这里就用到了等效替代的方法。



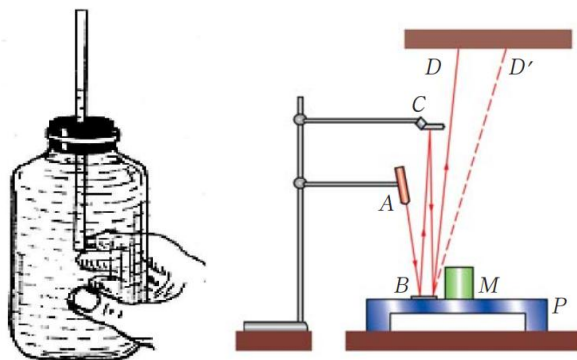
等效法是科学研究中常用的一种思维方法，对一些复杂问题采用等效方法，将其变成理想的、简单的、已知规律的过程来处理，常可使问题的解决得以简化，能替代的前提是等效，等效是指不同的物理现象、模型、过程等在物理意义、作用效果或物理规律的某一方面相同的，它们之间可以相互替代，而保证物理结论不变。等效的方法是指面对一个较为复杂的问题，提出一个简单的方案或设想，而使它们的某一些物理效果完全相同，从而将问题通过化难为易、化繁为简求得解决。

这种科学思维方法不仅在定义物理概念时经常用到，如等效电路、等效电阻、分力与合力等效、合运动与分运动等效等，而且在分析和设计实验时也经常用到。再如交流电的有效值，是交流电与直流电在一个周期内，通过某个电阻上产生的热量相等这种“等效作用”来确定的。

进行具体实验测量时，我们经常会用到以下基本方法。

三、放大法

在研究弹力引起的微小形变时，往往需要通过一定的方法，将微小的形变放大，如图所示的毛细管和光杠杆都能将微小弹性形变转化放大成人眼能够直接观察到的现象。



在测量中有时由于被测量很小，甚至无法被实验者直接感觉或测量仪器反应，如果直接

用给定的某种仪器进行测量会造成很大的误差,此时可以借助一些方法将待测量放大后再测量。我们把提高测量精度、使物理量的数值变大、作用时间延长、作用空间扩展的方法叫做放大法。根据实验的性质和放大对象的不同,放大所使用的物理方法也各异,按物理学内容,放大法分类如下:

1. 机械放大

机械放大是使物理量在测量过程中得到放大的一种最直观的放大方法,它是一种空间放大法。具体表现在下列实验中:

(1) 游标放大和螺旋放大

测量长度时,普通的刻度尺已经不能满足某些实验对测量精度的要求,这时需要用到游标卡尺或螺旋测微器。两者对精度的放大原理虽有所不同,但都是利用了长度量之间的几何关系来放大的。

(2) 累积放大

在物理实验中,受测量仪器的精度或人的反应时间的限制,单次测量的误差很大或者无法测量出待测量的有用信息,此时,在被测物理量能够简单重叠的条件下,可将这些物理量累积放大若干倍后再进行测量,以减小测量误差、提高测量精度,称为累积放大法。

在“探究单摆的周期与摆长的关系”实验中,测量单摆的周期时就用到了累积放大法。在这个实验中,并不是累积次数越多越好,当次数超过 50 次,甚至更多时,由于单摆运动衰减比较明显,会使单摆的振幅过小而产生附加的误差。因此,通常我们选择 30-50 次全振动累积后测量时间,再用算术平均值的方法求出单摆的振动周期。

2. 电磁放大

电信号的放大是物理实验中最常用的技术之一,包括电压放大、电流放大、功率放大等,例如:用三极管对微小电流放大,示波器中包含了电压放大电路。

对于理想变压器有 $\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2}, \frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$ 成立,因此,适当选择线圈匝数 N_1 、 N_2 ,即可达到放大电压或电流的目的。对于实际变压器,要考虑到各种损耗,上述比例关系并不成立,因此要求在磁损、铁损、铜损都较小时,我们才能近似应用上述公式将电压或电流放大或缩小。

3. 光学放大

(1) 光学装置放大

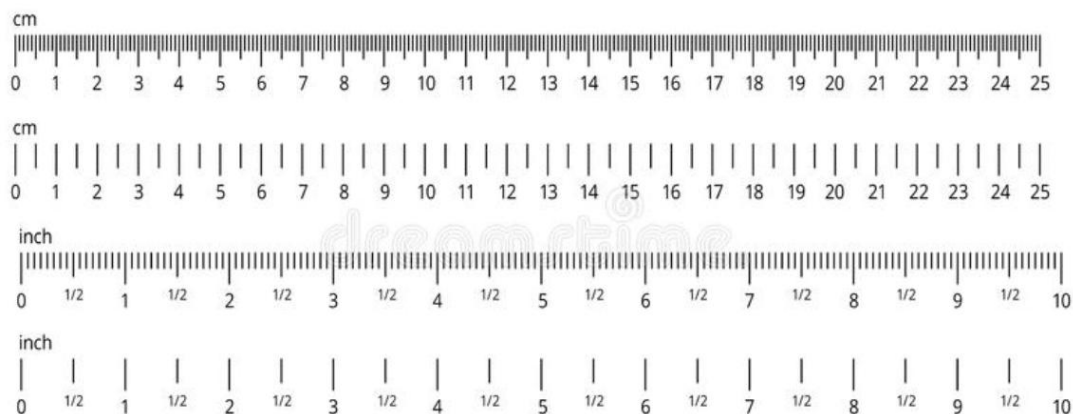
被测物通过光学装置放大视角形成放大的像,便于观察判别,从而提高测量精度的方法称为光学装置放大法,例如放大镜、显微镜、望远镜等,投影器放大也属于光学装置放大法。

(2) 光杠杆放大

光杠杆放大法是测量微小长度或微小角度变化时,使用光学装置将待测微小物理量进行间接放大的方法,例如桌面微小形变的放大。

四、比较法

我们测量物体长度时,往往是利用已知长度的一些量具去和待测物体比较从而得到待测物体的长度,比如用刻度尺去测量铅笔的长度,这就用到了比较的方法。



比较法是将待测量与已知的标准量进行直接或间接的比较，从而测出待测量的一种测量方法，事实上，所有测量都是待测量与标准量进行比较的过程，广义上来都属于比较测量。比较法是物理测量中最普遍、最基本、最常用的测量方法。从比较方式的不同上看，比较法分为直接比较法和间接比较法。

1. 直接比较法

直接比较法是将被测量与已知的同类物理量或标准量直接进行比较，来获得实验结果的方法。例如，用刻度尺测量长方体的边长，用量筒测量液体的体积等均属于直接比较测量方法。

2. 间接比较法

借助一些中间量，或将待测量进行某种变换，来间接实现比较测量的方法称为间接比较法。用水银的热膨胀去测温等为间接比较法。

五、转换法

分子在无规则运动我们肉眼虽然无法观察到，但是我们可以将分子的无规则运动转化为墨水小颗粒的无规则运动，例如扩散现象。



物理学中对于不容易直接观察的现象或不易直接测量的物理量，通常用一些非常直观的现象去认识，或用容易测量的物理量间接测量，这种研究问题的方法叫做转换法。

转换法是一种较高层次的思维方法，在物理探究过程中经常用到这种方法，例如物体发生形变或运动状态发生变化，就可以证明此物体受到力的作用；如苹果落地、行星绕恒星运动可证明万有引力的存在；运动的物体能对外做功可证明它具有能；扩散现象可证明分子在无规则热运动；“铅块实验”可证明固体分子间引力的存在，液体固体难压缩可以证明分子间存在斥力；马德堡半球实验可证明存在大气压；静电力指针的偏转角度大小说明了电势差的变化量大小；奥斯特实验可证明电流周围存在磁场等等。

对于现代物理实验，转换法中应用最多的是非电量的电测法和非光学量的光测法。

由于电流、电压易于测量和处理，而且可以达到很高的测量准确度，所以，通过传感器将其他物理量转换为电流、电压或电阻进行测量，已成为一种很常用的测量方法。最常见的有：利用光敏元件（如光电池、光电管等）将光信号转换为电信号测量；利用磁敏元件（如霍尔元件、磁记录元件等）将磁参量转换为电学参量测量；利用热敏元件（如半导体热敏元件、热电偶等）将温度的测量转换为电压或电阻的测量；利用压敏元件或压敏材料（如压电陶瓷、石英晶体等）的压电效应，将压力转换为电信号测量等等。

由于光学量的测量具有灵敏度高、无损伤、不用接触被测物和即时性等优点，所以，将非光学量转换为光学量测量的非光学量光测法在科学技术中得到了广泛的应用。例如，用光纤传感器测量温度、压力、形变和电容等。

我们中学阶段经常用到的 DIS 系统，其实就是将其他物理量信号转换为电信号，通过计算机记录及处理，使得物理实验更加高效和准确。

基本物理量的测量

根据国际计量大会决议通过的国际单位制[SI 制]规定，长度、质量、时间、电流、热力学温度、发光强度和物质的量这 7 个物理量为基本物理量。这些基本物理量的定量描述只有通过测量才能得到。下面我们罗列一下中学阶段常用的 5 个基本物理量的常用测量工具。

测量长度的仪器——刻度尺、游标卡尺、螺旋测微器、位移传感器。

测量质量的仪器——天平。

测量时间的仪器——秒表、光电门传感器。

测量温度的仪器——温度计、温度传感器。

测量电流的仪器——电流表、电流传感器。

思考题

1. 中学实验常用的 DIS 系统，主要用到了什么基本实验方法？

参考答案：主要用到了转换法。各类传感器将各种物理量转换为电压等电信号进行测量。