



动手做实验丛书

DONGSHOU ZUOSHIYAN CONGSHU

物理实验中的 思维能力培养

冯克诚 毕 诚 ©主编

只有动手做 才会有收获

ZHIYIYOU DONGSHOUZUO CAIHUIYOUSHOHUO



新疆青少年出版社



动手做实验丛书

物理实验中的思维能力培养

冯克诚 毕诚 主编

新疆青少年出版社

图书在版编目(CIP)数据

物理实验中的思维能力培养/冯克诚,毕诚编著. —修订本. —乌鲁木齐:新疆青少年出版社,2008.3

(动手做实验丛书)

ISBN 978-7-5371-3831-4

I. 物… II. ①冯…②毕… III. 物理—实验—思维方法—中学—教学参考资料 IV. G633.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 160589 号

《动手做实验丛书》编委会

主 编	冯克诚	毕 诚		
副主编	彭方志	王波波		
编 秀	王孚生	刘敬尧	冯克诚	冯振飞
	肖乃明	胡定南	董英伟	孙志英
	孙爱军	李清乔	李宝明	方不俊
	龚国玉	陈小丽	尚 斌	迟为疆
	何 光	贺 新		

前 言

“动手能力的培养和提高”是当前中国教育全面变革的主旋律之一。江泽民总书记曾再三强调：“教育应以提高全体国民素质为宗旨，以培养学生创新精神和实践能力为重点。”

实验作为一种手脑并用的实践活动，作为一种基础教育与生产劳动的重要结合点，对于培养学生的动手能力和创新精神，实为一个良好的切入点。因为：

一、实验可激发学生学习的兴趣和热爱科学的情感。从而使学生把学习知识变成精神上的享受和需要。

二、实验有利于学生个性的发展。由于学生实验在时间、内容、深度等方面有较大的“灵活性”，学生可以在一定程度上、范围内按自己的合理想法实验或比较，他们的某些能力能得到充分的发挥，好奇心可得到一定程度的满足。

三、实验对学生智力发展和能力培养具有重要作用。在实验过程中学生要正确理解实验原理，熟练操作实验仪器，认真观察实验现象，深入分析实验结果。因此学生在实验中，观察能力、操作能力和思维能力都会逐渐提高。同时，学生在实验中要安装和调整实验仪器，设计实验方案，测量和记录数据，排除实验故障。在正确思维指导下，这些操作过程不仅可以训练学生的实验技能和技巧，而且也能使他们的创造能力得到发展。实验对培养创造性人才具有重要的作用。

为了促进中学生从应试教育向素质教育的转变，提高其

动手能力,我们组织近百位专家、学者和实验教师精心编撰了此书。书中引用了许多优秀教师的教学案例经验总结,在此谨致衷忱的谢意。

本丛书包括《物理实验设计与创新》和《化学实验设计与创新》两大部分。每一部分又分为:教学改革指导、思维能力培养、操作方法运用、实验器材巧用、改进设计实践等五大篇。

希望本套丛书能激发学生的学习兴致和创造力,使学生积极主动地参与实验,认真观察,细心思考,勇于探索。一句话,就是让学生自己动手去做实验,因为只有动手做,才会有收获!

《动手做实验丛书》编委会

总目录

物理实验设计与创新

- 物理实验教学改革指导
- 物理实验中的思维能力培养
- 物理实验操作方法运用
- 物理实验器材巧用
- 热学实验改进设计实践
- 光学实验改进设计实践
- 电学实验改进设计实践
- 力学实验改进设计实践

化学实验设计与创新

- 化学实验教学改革指导
- 化学实验中的思维能力培养
- 化学实验操作方法运用
- 化学实验器材巧用
- 初级化学实验改进设计实践
- 高级化学实验改进设计实践
- 非金属实验改进设计实践
- 金属实验改进设计实践

目 录

1 设计与创造物理实验的方法

物理实验的构思五法·····	(1)
中学物理实验的设计十五法·····	(3)
物理实验创造的缺点列举法·····	(8)
物理实验创造的逆向思维法·····	(15)
物理实验创造的强化技法·····	(23)
物理实验创造的模拟技法·····	(31)
物理实验创造的组合法·····	(39)
物理实验创造的潜力挖掘技法·····	(49)
物理实验创造技法的运用·····	(56)

2 物理实验中思想方法的训练

物理实验方法的教育·····	(63)
实验教学中方法教育的内容·····	(69)
掌握物理实验的基本思想和方法·····	(81)
物理实验思维方法·····	(92)
物理实验教学中的思维品质培养与训练·····	(96)

物理实验教学与思维能力培养·····	(101)
物理实验中发散思维的培养(一)·····	(103)
物理实验中发散思维的培养(二)·····	(108)
物理实验中发散思维的培养(三)·····	(115)
物理实验中发散思维的培养(四)·····	(119)

3 在物理实验中的能力培养

学生的物理实验能力·····	(127)
中学物理实验能力及其培养·····	(130)
中学物理学生实验技能的培养·····	(143)
物理实验教学中的观察与思考·····	(149)
物理实验教学中的观察能力培养·····	(153)
物理实验观察能力培养的五个环节·····	(158)
物理实验观察应注意的问题·····	(163)
动手实验能力的培养与训练·····	(165)

1

设计与创造物理实验的方法



✧ 物理实验的构思五法

在中学物理实验教学中,要强化对实验构思方面的教学和训练,这对于培养学生的能力将起重要的作用。为此,金鹏老师归纳了几种物理实验构思方法:

① “比较法”构思举例

例 1 天平:用未知质量与标准质量进行比较的构思来测量物体的质量。

例 2 惠斯顿电桥:惠斯顿电桥是把未知电阻和已知电阻相比较来测未知电阻的装置。

从例 1、2 可以看出,虽然天平是力学仪器,而电桥是电学仪器,

两者的原理也根本不同,但是天平和电桥在物理实验过程中取得数值的构思方法是相同的,天平有臂,电桥也有臂,天平有平衡指针,电桥也有平衡指针(灵敏构流计 G 的指针),天平有比较标准(砝码),电桥也有比较标准(标准电阻 R_0),因此人们也把电桥称为“电阻天平”。

② “放大法”构思举例

例 1 密绕法测直径:用米尺来测量细金属丝的直径的方法是,将金属丝在铅笔上密绕 100 匝,则细金属丝的直径就被放大了 100 倍。

例 2 螺旋测微器(千分尺):它是一种精密的测量长度的工具,螺旋测微器原理很简单,大家知道,螺栓在螺母中旋转一周,螺栓便沿旋转轴线方向前进或后退一个螺距。人们可以设计一种螺旋,它的螺距很短,例如 0.5 毫米,但是螺栓的周长很长,例如等于 100 毫米(这时螺栓的直径为 31.83 毫米)如果这样,只要螺栓沿轴线方向移动 0.1 毫米,那么它的圆周上的点就移动了 2 毫米,即放大了 200 倍,因此,沿轴线方向移动的不便测量的微小距离,就能用圆周上的点移动的较大的距离表示出来,这就是螺旋测微器采用“放大法”的构思。

循着“放大法”的构思,我们还可以列举出:扩音机、示波器、回旋加速器、收音机以及幻灯机等等。

③ “复制法”构思举例

如托马斯·杨的杨氏实验(或称“双缝干涉”实验),它巧妙地复制出了两个频率相同、相差恒定的光源,从而有力地支持了光的波动

学说。

④ “间接法”构思举例

威尔逊云雾室以及磁力线、电力线等实验。

⑤ “整体法”构思举例

这种构思来自“整体功能大于各部分功能之和”的整体论命题，即整体不仅要发挥出组成部分的各自功能，还要发挥出相互联系而产生的功能。例如显微镜，单个凸透镜只具有放大的功能，而当两个凸透镜适当组合时，就具有一种新的“显微”功能。

✻ 中学物理实验的设计十五法

研究实验，不仅要明了设计思想和方法。而且要有意识地去设计一些实验，以开拓新的视野。

河南省宜阳县第一高中程流锁老师将设计方法归纳起来有如下几种：

① 累积法

有些微小物理量不易直接测量，或虽可直接测量但误差太大。为提高精确度，可以把它们累积后进行测量。例如：振动周期可以通过测 30—50 次全振动的时间，算出 $T = \frac{t}{n}$ ；纸厚可以累积几十到几百张测厚 a ，算出 $a = \frac{l}{n}$ ；细丝直径可以通过在直棒上密绕多匝再去测量……

② 控制法

物体变化过程大多比较复杂,包含多种因素。如果不分主次轻重,很难找到规律。通常采用的研究方法是在许多因素中先控制一些量使之不变,依次研究其中某两因素间的关系。找到其变化规律再综合其总体规律。例如:研究牛顿运动定律时,先保持质量不变,研究加速度与外力的关系 $a \propto F$;再保持外力不变,研究加速度与质量的关系 $a \propto \frac{1}{m}$ 。又如气体的压强、体积、温度间变化的规律,可以先保持质量温度不变,研究压强与体积的变化规律;再保持质量、压强(或体积)不变,研究体积(或压强)与温度的变化规律。

③ 转换法

某些物理量不易测量,某些现象不易显示,研究时可用易于测量和易于显示的现象代替。也可以根据研究对象在一定条件下有相同效果的量和现象作间接测量和观察。如把测电阻转换为测其两端电压和通过它的电流($R=U/I$)。

④ 留迹法

是把瞬息即逝的现象(位移、轨迹、图象等)记录下来的方法。如通过打点计时器在纸带上打出的小点记录小车的位置;用描述法或闪光摄影描绘平抛运动的轨迹;用示波器显示变化的波形等。

⑤ 外推法

有些物理量能局部观察或测量。作为它的极端情况,不易直接观测。如果把这局部观察测量得到的规律外推到极端,可以达到目

的。如在测电源电动势和内电阻的实验中,无法直接测量 $I=0$ (断路)时的路端电压(即电动势)和 $U_{\text{端}}=0$ (短路)时的电流强度 I_m ,但通过一系列 U 、 I 对应值描点画出直线并向两方延伸,交 U 轴点即为 e ,交 I 轴点即为 I_m 。

⑥ 近似法

在复杂的物理现象和物体运动中,影响物理量的因素较多,有时为了突出主要矛盾,可有意设计实验条件,略去次要因素的影响,将近似量当成真实量进行研究。如验证牛顿第二定律的实验中,强调让小桶和砂的质量远小于车和砝码的质量(条件设计),近似地把小桶和砂的重量代替对小车的牵引力。

⑦ 平衡法

平衡有不同因素作用抵消的效应。许多测量仪器就是用平衡原理设计的。如天平、弹簧测力计、压强计、温度计、电流表等;不少测量方法也属于平衡法,如电桥测电阻,测金属比热($Q_{\text{吸}}=Q_{\text{放}}$)等。

⑧ 比较法

在物理实验中,对一些物理现象或物理量,可通过比较而达到异中求同或同中求异的目的。如验证焦耳定律的实验,可在不同电阻的各电阻丝上用黄油粘上火柴杆,通电后谁先脱落,说明该电阻丝发热多(快)功率大。又如:观察自感现象的实验中,可通过两个规格相同的灯泡亮度的比较。显示自感现象的存在。另外,验电器张角大小的比较反映不同带电量;静电计偏角大小的比较,反映与之相连的平行板电容器的电压不同;光谱线与未知元素光谱线比较,可确定未知元素的成分和百分比。

9 放大法

对物理实验中微小量或小变化的观察,可采用放大的方法。例如游标卡尺、放大镜、显微镜等仪器都是按放大原理制成的。在实验现象观察和物理量测量中,也有通过放大实现的。如卡文迪许测定万有引力恒量的扭秤实验中,石英丝微小的扭转角的测定,是通过石英丝上固定的小平面镜的反射光在较远的刻度尺上移动的距离求出的。

10 推理法

有些实验不能直接得到测量结果和观察结论,但可根据观测结果通过推理、分析得出合乎情理的结论。如通过可见的布朗运动现象推理得出看不见的液体分子永不停息地做无规则运动的结论。伽利略通过推理方法,加上理想化的抽象思维而得出了惯性定律。

11 理想化法

即突出主要矛盾、忽略次要因素影响的思维方法。力学中的质点、单摆、热学中的理想气体、电学中的点电荷,光学中的点光源、平行光等都是理想化的实例。这种方法在科学研究中是不可缺的。

12 模拟法

无法直接观察和进行实验控制时,常采用模拟法。如点电荷难以取得、难以控制,在研究它的等势线时,用低压直流电极与导电纸的触点来模拟;波的干涉、衍射通过发波水槽模拟。

13 垫基法

有些变量有一定值域,但使用的仪器量程与此值域不符,为防止

意外事故发生,要用垫基法加大安全系数,设计一个元件保证此值域边界。如研究电源输出功率和改装伏特表时测内阻实验中,与电流计串联的变阻器最小电阻为零。为防止电流表、电流计因不慎把变阻器触头接触最低端造成大电流烧坏电表,线路上串一定值电阻的垫基。

14 比例法

库仑用扭秤实验探讨静电力变化规律时,还没有电量单位,也不知如何测电量。他用一个带电小球与完全相同的不带电金属球相碰,使二小球各带原电量的 $1/2$ 。同法可得原电量的 $1/4$ 、 $1/8$ ……巧妙的设计使他及早总结出了库仑定律。另外如力的合成实验用相同砝码的个数模拟力的大小。在力矩平衡实验中,用某线段连续自然数的倍数作半径画同心圆。用圈数代力臂大小、都属于比例法。

15 逐差法

在用打点计时器测运动物体加速度,通过 $a = \frac{S_{n+1} - S_n}{T^2}$ 求出一组组 a ,再取其平均值。如 $\bar{a} = (a_1 + a_2 + a_3) / 3 = (\frac{S_2 - S_1}{T^2} + \frac{S_3 - S_2}{T^2} + \frac{S_4 - S_3}{T^2}) / 3 = \frac{S_4 - S_1}{3T^2}$ 。因中间各段间距不起作用,误差的偶然性太大,故改用逐差法。即取相隔几段间距差求 a ,再求平均值: $\bar{a} = (a_1 + a_2 + a_3) / 3 = (\frac{S_4 - S_1}{3T^2} + \frac{S_5 - S_2}{3T^2} + \frac{S_6 - S_3}{3T^2}) / 3 = \frac{S_6 + S_5 + S_4 - S_3 - S_2 - S_1}{9T^2}$ 。这样各个数据都起作用。各数正负偶然误差的抵消使测量值渐趋准确。

实验设计方法还不止这些。我们可以有意识地从中探讨它们蕴

藏的设计思想,引导启发学生研究运用,并加以科学创新,引发出更好的实验设计方法,以培养学生创造性的思维能力和解决实际问题的能力。

✻ 物理实验创造的缺点列举法

缺点列举法是指通过发掘现有事物的缺陷,把事物的缺点一一列举出来,然后提出改革或革新的一种技法。“缺点列举法”它简便易学,有效,把它应用于物理实验教学不仅有助于改进实验仪器装置一类的“硬件”,而且还可是有助于改进实验方法。

上海风华中学冯容士、陈奕荣老师介绍运用缺点列举法可分三步进行:(1)定课题。课题要相对小一些、简单一些,这样比较容易成功。如果课题过大可以把它分解开来,就该课题的局部进行考虑。(2)根据掌握信息一一列出缺点。(3)针对缺点提出改进方案进行实施。

下面举几个大家熟悉的例子来说明这种技法的应用。

① 对弹簧秤设计的创新

弹簧秤是物理教学中常用的仪器,要对它改进,课题就是弹簧秤,列举缺点实际上就是把它在教学中应用时感到不“顺手”的地方一一列举出来。

概括起来现有弹簧秤存在下列缺点:

①刻度大小,作演示用时可见度差;