

中学理科实践教学

刘炳升

主编

[英]特·奥索普

高等教育出版社

中学理科实践教学

Practical Science in Middle Schools

刘炳升
[英]特·奥索普 主编

高等教育出版社

(京)112号

内 容 提 要

本书是中外学者在总结国际理科(物理、化学、生物)教育发展趋势的基础上为加强理科实践教育(包括课堂实验和课外科技活动等)而编写的论著。

全书分为两大部分,第一部分介绍理科实践教学的若干理论问题,第二部分是一些实践教学示例。本书的特点:一是新,二是实。作者着眼于下一世纪科技发展对人才的需求,阐明了理科实践教学的意义,并且注意从科学、技术、社会的联系选择新颖的实践课题。书中不仅有关于实践教学目标、类型、方法、环境、设备和评价的概论,而且提供了大量实践课题和教学素材。这些课题和素材涉及面广,各种层次都有,富于启发性,而且绝大多数都使用了成本低廉的自制教具和日常用品,具有推广的价值。书中的论点和示例对深化理科教学改革有很好的启发作用。

本书可作为高师理科教学法课的参考书,也可供广大中学理科教师、劳技课教师和青少年科技辅导员阅读。

中学理科实践教学

刘炳升

主编

[英]特·奥索普

*

高等教育出版社出版

新华书店总店科技发行所发行

国防工业出版社印刷厂印刷

*

开本 850×1168 1/32 印张 7 字数 180 000

1994 年11月第1版 1994 年11月第1次印刷

印数 0001—1 035

ISBN7-04-004900-7/O·1345

定价 7.15 元

(平装本)

前 言

实验教学是中学理科(物理、化学、生物)教学的基础,但是其中有些问题却不容易很好地解决.本书力图以较为广阔的视野,从新的角度讨论这个问题,并且尽可能向读者提供一些实用的资料.希望这本书能够受到老师们和科技辅导员们的欢迎并对中学理科教学起到促进作用.

书中使用了“实践”教学这个名称,这是因为我们认为,理科教师的眼光不能只局限于实验室内的实验和观察,而应该更多地利用学生的生活环境,这样能使他们感到亲切,并能体会到:科学来源于生活,并且最终要应用到生活中去.

我们还认为,中学理科实践教学的目标除了要培养学生必要的操作技能外,更重要的是要发展他们解决实际问题的能力.第一编§2中详细讨论了学校实验室教学和科学家的实验室工作的区别.无论从事什么工作,甚至在日常生活中,都需要解决许许多多问题,解决这些问题的模式和科学家在实验室中的工作模式是相似的.我们常说的解决问题的能力,在很大程度上就是掌握和运用这种模式的能力.T. Allsop等专家们认为不能指望学生会自然地发展这种能力,教师应该精心设计一系列小型调查研究课题,有意识地进行培养.这一点在许多国家已经成为共识.本书特别强调这类实践活动,并在第二编中提供了一些范例,希望读者能从中受到启发,设计出适合当地条件和学生水平的各种层次的研究题目.

本书综合了物理、化学、生物三科的内容,原因之一也是为了强调解决问题能力的培养.不同学科、不同问题的研究方法有许多共同之处,在较低层次上更是如此.综合起来有利于表现这样的思想:教学中把知识看作载体,相对突出研究问题的方法.采用综合方式的另一个原因是:在当今科学技术的发展中,不同学科之间出现了广泛的交叉、借鉴和融合.生命科学正在改变过去那种单纯描

述性学科的面目而越来越多地采用物理科学的研究方法.这一点已经在许多国家的中学理科教学中得到了反映.希望读者能通过本书感受到这种气息并对自己的相邻学科有更多的了解.

本书在理科实践教学方面强调使用“低成本”的器材.第一编 §5 讨论了自制教具的问题,第二编提供了自制教具的技巧以及利用玩具和其它日常物品进行实践教学的方法.我们认为,使用低成本器材进行教学,其目的不只是节省开支,这些器材还具有某些“高精尖”的厂制仪器所没有的教学功能.希望这点能引起读者的重视.

1991年9月在南京师范大学开办了一个“应用低成本教具的理科实践教学”研讨班,T. Allsop等四位外国专家和中国专家们对中学理科实践教学进行了深入的探讨.这本书是研讨班的成果之一.撰写过程中由中外双方提供素材,然后综合成文.全书力求既能反映中外理科教学研究的最新成果,又能符合中国读者的阅读习惯.

本书由刘炳升教授(南京师范大学)和 Terry Allsop 博士(英国牛津大学)主编.主要编写者还有:Graham Lenton 博士(英国牛津大学)、Peter Towse 博士(英国里兹大学)、Kok Aun Toh 博士(新加坡南洋技术大学)、汪忠副教授(南京师范大学)、张大昌副教授(首都师范大学)、孙德权讲师(南京师范大学)、陈娴讲师(南京师范大学).储文启、高荣林、金毅为本书提供了稿件,王近勇、陈娴做了英文稿件的翻译工作.全书由刘炳升、张大昌统稿.

本书的出版得到了世界银行的大力支持,在此表示衷心的感谢.

作 者

1993年12月

目 录

第一编 理科实践教学概论

§ 1 理科实践教学的意义	1
一、几道实践题测试结果引起的思考	1
二、培养学生分析和解决实际问题能力的两种途径	2
三、社会需要理论与实践相结合的人才	8
§ 2 理科实践教学的目标	10
一、问题的提出	10
二、世界各国理科实践教学的情况和共同的发展趋势	11
三、理科实践教学的目标	12
四、三个重要的问题	17
§ 3 实践教学的类型与方法	18
一、理科实践教学的分类	18
二、三种类型的理科实践活动	19
三、组织实践教学的主要方法	24
§ 4 理科实践教学的环境和器材设备	33
一、充分利用学生的生活环境	34
二、自制仪器的开发	35
三、运用电化教学手段拓宽学生视野	41
§ 5 开发自制教具的教学功能	42
一、自制教具的特点和意义	42
二、开发自制教具的教学功能	43
三、从创造技法方面拓宽设计思路	52
§ 6 理科实践教学的评价	71
一、实践教学无法用书面考试评价	71
二、实践测验的类型	71
三、实践考核方法的研究	75

第二编 理科实践教学示例

§ 1 环境调查和自然现象的观察	84
一、生物与环境	84
二、池塘调查	85
三、空气中的烟尘	86
四、温室效应	87
五、动物物理现象的观察	89
六、月相的观察	92
§ 2 应用简单教具的实验	93
一、利用塑料针筒等进行的系列生物学实验	93
二、ABO 血型的替代实验	97
三、小动物呼吸速率的测定和比较	99
四、植物根压的测定	101
五、温度对酵母菌无氧呼吸的影响	102
六、家用电冰箱的观察和实验	103
七、家庭用电情况的调查	108
八、利用医用针筒进行的化学实验	111
§ 3 应用玩具的实践教学活 动	126
一、啄木鸟与随意钩	126
二、双重滑轮、爬绳猴与升降梯	128
三、海狮戏球的奥秘	132
四、能量的玩具与实验	134
§ 4 黑箱探索	141
一、喷泉黑箱	141
二、吞吐水的魔箱	143
三、判断灵敏电流计的线圈断线故障	145
四、巧断电缆线的首尾	148
五、调光黑箱	150
六、多端电路的探测	153
七、检测激光的穿透本领	160
八、巧断眼镜片的种类	162

§ 5 小设计和小制作	163
一、用可乐瓶制作的物理教具和玩具	163
二、胶卷盒的小制作及其实验	170
三、竞速小车	173
四、最简单的直流电动机模型	175
五、火柴盒显微镜	176
§ 6 小型实践科研训练	178
一、沼气的实验室制备研究	178
二、香烟浸出液对染色体畸变影响测定	180
三、pH 影响酶促反应速度的测定	182
四、制作热敏电阻温度计研究气温的日变化规律	184
五、保温瓶的保温性能研究	187
六、估测地球的半径	189
七、研究气压随高度的变化关系	196
八、地磁偏角的日变规律研究	198
九、太阳常数的测定	202
附录1 可乐瓶的简易加工工艺	205
2 主要参考书目	215

第一编 理科实践教学概论

§ 1 理科实践教学的意义

绝大多数的理科教育工作者都承认自然科学是以实践为基础的科学,理科教学也必须以实践为基础,但在世界范围内的基础理科教学中,还普遍存在着忽视实践教学的倾向,这与我们的时代即将进入科学技术迅猛发展的 21 世纪的要求很不相称.然而这不是一个纯理论问题,因此,本节不想以纯理论探讨的方式来陈述实践教学的意义,而是从理科教学的现状、实践教学的特点和社会人才调查三个方面列举少许实例,有侧重地进行分析,以供读者思考.

一、几道实践题测试结果引起的思考

为了了解中学生实践素养和能力的现状,1989 年下半年,作者曾经对一些高中学生进行了观察和实践操作的测试,以下是其中的几个题目:

[题 1]①请你尽快地把一支钢笔拆散,直到各个部分为单一的零件为止;

②请你再把拆开的各个零件组装成一支完整的钢笔(该题在第①小题完成后再提出).

这两个小题主要考核学生操作素养和动手能力.作为一个在现代社会生活的公民和劳动者,类似的工作经常会遇到,这种技能和素养恐怕是最基本的了.测试的结果是:能够拆到单一零件的占总测试者的 85%,能够组装起来的占 70%;但能够组装成一支可用的钢笔的只有 37%.

[题 2]将桌上已拆散的多用插座安装好(插座上有一只开关、

一支氖管指示灯、两对两脚插孔和一组三脚插孔)。

该题要求考核学生在理论指导下的操作能力。测试的结果是：电火线和开关位置安装不正确的人数占被测试者总人数的 51%；指示灯安装不正确的占 71%；还有 10% 的测试者多出若干元件无法安装起来。总计有 85% 的接线板不能使用。

为了分析学生具有的知识和实践操作能力的区别，针对该接线板拟了一道笔试题，电源线和开关位置画对的占 80%，指示灯位置画正确的占 71%，笔试与操作之间的成绩差异竟如此之大。

〔题 3〕如何用一个广口水槽以及一把直尺估测出一支圆柱形蜡烛的密度？先画出测试方案的示意图，再进行实验。

这道题主要考核学生实践意识和多向思维的品质。

学生们在 3 分钟内就画出了方案草图，几乎全部为一种理想模式（见图 1.1-1），但实验时没有一个学生能使蜡烛自由地竖立漂浮在水中，因此也就无法测出结果。

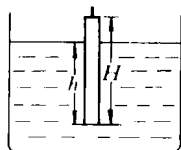


图 1.1-1

类似的例子还可以举出很多。测试的结果引起我们深思：为什么学生的观察和实际操作能力比较差？为什么在解决实际问题时，几乎完全不考虑实际的可能性？为什么思路如此狭窄？显而易见，这与这些学生智能结构的“畸形”有关，而这种“畸形”又与我们教学模式的缺陷是分不开的。因为一个人的知识和能力结构不是先天就形成的，而与他参与的活动密切相关。在我们的理科教学中，普遍存在这样一种模式：“教师的理论讲授（也做少量演示实验）+ 学生的大量笔头练习”。实践是极其薄弱的环节。这种状况能不影响学生的知识和能力结构及非智力因素的发展吗？

二、培养学生分析和解决实际问题能力的两种途径

在形成和应用知识的教学过程中，存在着两种不同的模式：一

种是笔头(书面)练习的模式,一种是实践训练的模式.比较两者的不同特点,也许对我们增进实践教学意义的认识会有所帮助.

1. 笔头练习的主要功能和优点

理科教学中,笔头练习是一种重要的练习类型,它的主要功能有:

(1) 加深对概念和规律的理解

学生概念的形成和规律的认识,一般是从具体事实中抽象、概括出某些本质特征的过程,而要更好地理解 and 掌握这些概念规律,还必须把知识放回到实践中去应用.为了帮助学生完成这一过程,教师设计了各种习题,用它来描述相应的具体问题,要求学生理解隐含其中的抽象概念和规律,它是理解上的一个新的层次,通过这些练习即可不断加深对知识的理解.

(2) 扩大学生的知识面

由于笔头练习可以比较方便地涉及各种不同的应用领域,有的是学生一时见不到的,有的是学生不可能亲身实践的,它可以弥补教科书体系结构和总容量的限制,大大扩展学生的知识面.

(3) 培养学生的阅读、逻辑思维、运用教学工具和文字表达的能力

一般的笔头解题过程需要经过审题、还原模型和图景、列式运算、检验等阶段,因此它是一种综合能力的培养过程.特别是在还原模型图景阶段,需要联想有关知识,运用各种思维形式和方法.这对培养学生思维能力的培养是很有益的.

(4) 除以上对学生的培养功能外,笔头练习还具有检验迅速、实施方便、在一定程度上能及时获得教学效果的反馈信息的优点.

2. 科学实践训练的特点

如上所述,运用笔头练习有不少优点,这些优点是它成为教学中不可缺少的环节的内在因素.但也不能不看到它的局限性,由于本质上它还是一种实践环节,因此它与真正解决实际问题的过程还有很大的差别.

通过实践训练的途径培养学生分析和解决问题的能力与笔头练习相比较,至少有如下几方面的优点:

(1) 更有利于激发学生解决问题的动机

举一个很简单的例子.在初中讲过速度概念之后,教师常给学生做练习.一般的题目多是已知路程、时间求速度,或是已知路程、速度求时间等,学生往往就代代公式,兴趣不大.有的老师不这样做,而是让一只玩具坦克和一只玩具小汽车沿直线运动,请设法比较它们的快慢.问题一经提出,学生就跃跃欲试,提出各种方案.有的用定时测距的方法;有的用定距测时的方法;有的分别测出一定的距离和相应的时间,计算出各自的速度再加以比较,课堂的气氛远比笔头练习要活跃得多.

再举一例,我们将如图 1.1-2 所示的“黑箱”展示在学生面前,箱面上“魔索”两个大字立即引起了学生的注意.当右边的玩具小白兔拉着线前进的时候,学生们惊奇地发现左侧的玩具小狗被拉着前进的速度和距离比小兔要小得多.此时,无需发问,学生就会立即投入积极的思考之中;箱内究竟有什么“玩艺儿”?是杠杆?是滑轮还是轮轴?……奇妙的现象唤起学生一连串大胆的猜测和想象.



图 1.1-2

为什么学生十分活跃?原因就在于实践以其特有的形象、生动创造了满足学生好奇好动的心理特点的学习情境.

(2) 需要通过自己的观察获取信息作为思维加工的基础

当然在笔头练习中也需要获取信息,但传输信息的通道要狭窄得多.通常教师不得不用“文字”把某些现象和条件告诉学生,即

使某些隐含条件,也只能通过学生的阅读和思考来发现,而在实践中却是大不一样的.下面举两个观察训练的例子.

[例 1]水槽中有一枚硬币,用一只玻璃杯倒过来罩在硬币上(实物显示,如图 1.1-3,无上述文字说明),请简要解释你观察到的物理现象.

要能够解释现象,首先必须能在观察中发现问题,仔细且有条理的观察,至少可以发现 8~9 个问题.在一次对中学生的测试训练中,能观察到硬币有 4 个像的占 50%;能从侧上方观察到几个像的大小和位置区别的占 30%;从侧面观察到玻璃杯变粗变矮的占 33%;能够指出在某一范围内看不到硬币的占 13%;指出玻璃杯中有一段水柱低于槽内水面的仅占 7.7%.通过教师指导和学生交流启发及再观察的过程,学生们兴致越来越高,在不起眼的现象中发现了许多意想不到的现象和问题.

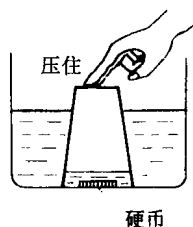


图 1.1-3

[例 2]观察如图 1.1-4 所示的“永动”玩具,根据你看到的现象提出问题,并试着猜想问题的答案.

当学生相互启发时,观察得越来越全面和细致,提出的问题越来越多,归纳如下:

a. 为什么悬挂着的各种圆环和小球会不停地旋转?

b. 靠近底座上方的圆锥体为什么会不停地旋转,是否和底座盒内的什么东西有关?

c. 为什么处于内圈的小球转得快,越到外面的金属环转得越慢?

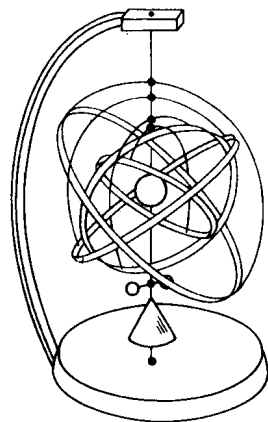


图 1.1-4

d. 为什么有时内环和外环旋转的方向相反?

e. 为什么小球和环都在周而复始地改变旋转方向和角速度的大小?

f. 为什么各层次旋转变化的周期不一样?

从这两个例子就可以看出实践观察的生动性,它对于提高学生的观察素质将起到笔头练习所无法比拟的作用.

(3) 学生能直接从实践中及时地获得反馈信息,有利于提高学生的实践意识和评价能力.

一个学生对解决某一实际问题提出自己的设想,如果仅仅是笔头练习,往往会忽视其它因素的干扰,也很难及时对假设作出评价,而实践活动就可能迅速地给出某种反应,引导学生坚持或调整自己的方向.

例如,在本节第一部分中提到的〔题3〕,学生按照理想的方案去测蜡烛的密度,但实践中发现蜡烛全倒在水面上,于是不得不重新考虑方案,有的用钢笔杆从一侧挡住蜡烛,使它维持在竖立状态,并分析笔杆对蜡烛的摩擦力的影响是否能略去不计;有的用手拎住蜡烛的引线使它呈倾斜的平衡状态,用力矩平衡的原理解决问题.正是实践检验的结果才促使了新方案的诞生.

(4) 实践中蕴藏着极其活跃的因素,会出现许多意想不到的问题,对于深化知识和训练思维大有益处.

举一个例子,我们曾经组织部分中学生到郊外去估测声音的传播速度.提供的器材有停表2只、发令枪、皮尺等.方案的原理是很简单的,让学生自己去设计和实验.开始学生在相距600米以外的两点发令和接收,但无法看到和听到任何发令的信号,于是不得不缩短距离,当距离为300~400米时,可以听到枪声了,但反应却跟不上.于是学生又提出了用两只停表估测声音传播时间的方案:甲发令,乙在甲的身边计时,丙在另一端计时.开始乙、丙在一起,由其中的一人同时启动停表,然后各执一表分别在相隔一定距离的两端,准备在听到发令枪声时终止计时.实验时,没想到因火药

纸受潮,发令人打了一个哑枪,丙听不到枪声,但在甲身边的乙却不自主地撤停了停表,实验失败了.乙、丙跑到一起重新开始计时,分开后没想到甲又打了一个哑枪.此时已跑得汗流夹背的学生惟恐再出现哑枪,不得不重新选择方案.先分开,听到枪声立即启动停表,然后在一起来终止停表,由两表的读数差来决定声音的传播时间,这样就可以避免不必要的奔波.虽然这是一个很粗糙的实验,但在实践中学生却学到了许多练习本上学不到的东西.

(5) 实践活动形式多样,能为各种学生提供全面而又有个性特长的发展的条件.

科学实践活动极其丰富多彩,类型和层次千差万别,能满足各种不同学生的需要.而且,由于它是一种有目的的实践探索活动,需要协调运用人的感觉器官、动作器官和脑器官,它能够很好地调动参与者的直觉兴趣、操作兴趣和探索兴趣.因此有助于促进人的非智力因素和智能结构的合理发展.

有这样一个初中学生,他的物理成绩一直处于 40 分上下的水平,他几乎丧失了学习的信心.但偶尔有一个机会,他参加了物理小制作的兴趣小组,和他的小组成员一起参观了南京师大的趣味物理实验陈列室.回校以后,他们以极大的兴趣制作了多种教具和玩具,有可乐瓶制作的浮沉子,有说明大气压强的“魔瓶”,有应用杠杆原理蜡烛跷跷板等.做好以后,首先在自己的班里做了表演,边讲边演效果很好.消息传到同年级的其他班级,纷纷请他们去表演.从此,他看到了自己的成绩,树立了信心,在老师的帮助下,成绩很快就上升到 80 分以上.在动手实践的过程中,他的收获还不能仅用分数的上升来表达.举一个例子,在参观以后,他很想模仿制作一个“会翻跟头”的“魔卵”(如图 1.1-5),但在他家里他一时很难找到做这个“魔卵”的乒乓球、胶卷盒,较大的钢球和胶,于是他到处观察,寻找代用品.偶然间他发现了装药粉的小胶囊,又找到了自行车转轴中的小弹子,组装后在倾斜的书面上翻起了跟头,此时他的喜悦是难以形容的.但没想到被争着观看的同伴捏扁了.为

了防止捏扁,他请老师给他一支玻璃试管,把这个“魔卵”放入试管内,但又没想到此时胶囊不再翻跟头,而只能沿管壁滑下,于是他又想办法,在试管内壁贴了一条黑布胶带.由于增大了胶囊与接触面间的摩擦,一个会翻跟斗的“魔卵”终于成功了.

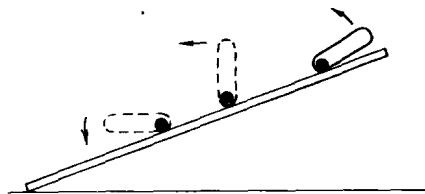


图 1.1-5

类似的实例很多,它说明实践教学不仅能为那些笔试理论成绩好的学生提供培养实践能力的机会,而且也能为那些理论成绩暂时稍差的学生提供发展的可能,从而有利于提高全体学生的素质.

三、社会需要理论与实践相结合的人才

由于现代科学技术的发展和社会的进步,各行各业都需要理论与实践相结合的人才.他们应当有科学思想和事业心,善于接受新事物,并且有较强的能力.脱离实践教学的途径,不能满足社会的需求.

我们曾经在小范围内对一些在学生时代的航模爱好者进行了调查.如今,这些人中,有工厂的技术员、工程师和厂长,有中学和大学的教师,有外科和心脏科的医师,有汽车司机和商务工作者等.他们的共同感受有如下几点:

1. 非常怀念学生时代的这一段实践生活.有的说:“几十年过去了,但如今一闻到香蕉水的气味,一听到小发动机的声响,马上就联想到自己制作模型飞机和试飞的情景,总有一种说不出的感情.”有的说:“永远也忘不了在航模小组活动的日日夜夜和自己的伙伴.”

2. 感到如今解决实际问题的能力基础与学生时代的那些实践活动密切相关. 航模活动的模式大体如图 1.1-6.

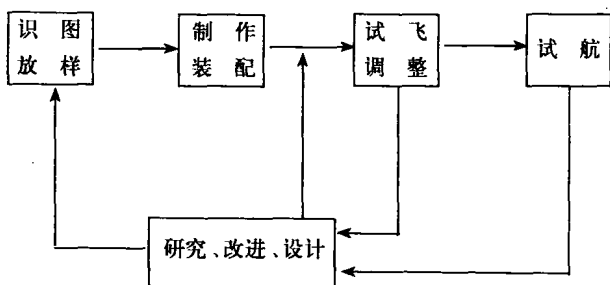


图 1.1-6

在试飞、调整阶段,需要仔细观察分析,提出假设,再经实践检验,反复地进行改进和创造.这种模式与人们在科学工作和革新创造活动,甚至生活中解决实际问题的模式极其相近,因此通过这些实践锻炼,很自然地为他们奠定了能力基础.

3. 培养了乐于和善于进行实践革新的精神.笔者曾经走访了一个棉麻废品的回收加工厂,这里以前是一环境又脏又臭、工人劳动强度极大的地方,访问时已变成了高度自动化的工厂,工人们无不热爱和为他们自己的工程师、昔日的航模队员感到骄傲.其他调查者中,有线切割机床的革新者,有电阻程控流水线的设计者,有心脏起搏器的研制专家,有商品包装流水线的热心研究人,有精于计算机设计的高级工程师,有创造世界纪录的航模教练员.他们之所以有不少的创造发明,一是从学生时代就激发了对科学实践的兴趣和创造意识;二是奠定了较好的能力基础;三是从实践活动中磨炼了克服困难的意志和毅力.没有参加过航模活动的人,很少知道他们的酸甜苦辣.飞机模型从 40~50 米的高空坠落下来是常有的事情,即使顺利地飞上了天空,也难免会遇到迫降装置失灵的时候