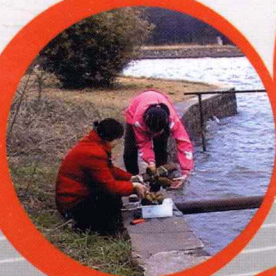


中学生

科技探究活动

指南

余 力 主 编
瞿 双 副 主 编
姜 茜 副 主 编



中国环境科学出版社

中学生科技探究活动指南

余力 主编

瞿双清 姜茜 副主编

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

中学生科技探究活动指南 / 余力主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2005.10

ISBN 7-80209-168-3

I. 中… II. 余… III. 科学技术—活动课程—中学—教学参考资料 IV. G634. 73

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 074234 号

出版发行 中国环境科学出版社

(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)

网 址: <http://www.cesp.cn>

电子信箱: zongbianshi@cesp.cn

电话: 010-67112765 传真: 010-67113420

印 刷 北京中科印刷有限公司

经 销 各地新华书店

版 次 2005 年 10 月第一版 2005 年 10 月第一次印刷

印 数 1—2 000

开 本 850×1168 1/32

印 张 11.5

字 数 300 千字

定 价 25.00 元

【版权所有, 请勿翻印、转载, 违者必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题, 请寄回本社更换

目 录

上篇 科技活动的新思路

绪 论.....	3
论生物学科技活动的选题*	13
如何撰写科技小论文——追求知识的最大增值.....	22
怎样进行科学试验的设计和论文的写作	34

中篇 科技活动案例

1 水蚤在不同水质中的生长速率比较	61
2 藻类植物光合作用强度测定（测含氧量）	65
3 测定微量药物对水蚤心率的影响	70
4 昆虫毒力试验	73
5 制作生态瓶	77
6 低浓度 SO_2 气体污染对光合作用的影响（叶圆片法比较）	80
7 植物根系分泌物的测定	83
8 植物组织中可溶性糖含量的测定（蒽酮比色法）实验	87
9 叶绿素色素的提取和分离实验	91
10 测定植物的蒸腾作用速率	96
11 微型水体生态箱	99
12 提取和分离昆虫性信息素	104
13 对蚂蚁行为的考察	108
14 探究蚯蚓的秘密	112
15 动物行为学实验 1（跳台实验）	122

16 动物行为学实验 2 (“十”字迷宫)	125
17 动物行为学实验 3 (多歧迷宫)	129
18 植物对外界刺激的电流变化	133
19 花粉管生长的测定	136
20 对水体的污染调查	140
21 抗生素对细菌的灭杀作用	147
22 PFU 法定量检测水污染或评价某化学品的生态毒性	150
23 观察植物细胞有丝分裂	159
24 制备观察蝗虫和小白鼠精原细胞减数分裂装片	165
25 有关草履虫的 3 个实验	170
26 种植拟南芥	177
27 对野生动物 (鸟类) 的调查	181
28 水面植物对污水中重金属的吸收与络合作用考察	184
29 微核法监测环境污水	187
30 对植物受不良环境伤害的电导率测试实验	191
31 孢粉观察	194
32 DNA (及 RNA) 的粗提与鉴定	199
33 植物生长调节剂 NAA 促进生根	204
34 赤霉素对 α —淀粉酶的诱导形成	209
35 胰岛素对金鱼和小白鼠生命活动的影响实验	212
36 酶的三种特性实验	215

下篇 科技活动探究习作

1 荧光法快速测定种子发芽率	221
2 关于洗衣粉对洋葱细胞质壁分离类型的考察	226
3 从气孔开张度来观察不同浓度的 SO_2 气体对蚕豆的毒害	231
4 杀灭菊酯对蛱蛄毒杀效果的观察	235
5 武昌罗索线虫对致乏库蚊感染有效率的起始温度	239
6 蚯蚓的微呼吸量的测定	244

7 香烟污染因素对光合作用的影响 (节选)	247
8 我市可提倡多植珊瑚朴	251
9 对我校附近蚯蚓的调查报告	254
10 植物电流与污染气体 SO_2 、 Cl_2 的相关性	257
11 “植物受害报警器”发明始末	263
12 动物行为学方法考察增智营养品的功效	269
13 被动吸烟对小白鼠走迷宫能力影响的考察	273
14 洗衣粉对 PFU 原生动动物群落胁迫的研究	277
15 含泥沙的长江水对洗衣粉毒性的减缓作用研究	289
16 关于洗衣粉对大蒜根尖分生组织的毒害作用探究	301
17 湖北省黄梅县龙感湖白头鹤调查报告	304
18 关于凤眼莲对 Cr^{6+} 的吸收作用及其受毒害的考察	310
19 角圆蛛生活习性观察	320
20 饲养黄粉虫	323
21 发状念珠藻多糖对土壤水分的影响	326
22 对不同浓度 SO_2 毒害小麦苗的生理反应探索	336
23 废旧干电池对环境的影响及回收的初步研究	345
24 克氏原螯虾对三种沉水植物的选择性取食研究	351
后 记	360

科技活动的新思路

绪 论

引导青少年进行研究性学习，成为近年来教育界进行素质教育的热门话题。生物科学这门 21 世纪的前沿科学，如“克隆人”的问题，甚至引发全球对科学的伦理大讨论。环境问题更是当今国际社会关注的热点，从保护环境来切入科技活动，让青少年从小参与这样的科学实践活动，有助于他们关注前沿科学、关心社会，也为他们今后从事科学研究工作打下良好的基础。

从科学的角度来讲，世界充满了许多未知和不确定的东西。许多知识，如进化生物学和微观生理、生化的内容都是以多种多样的假说的方式来阐述的。遗传学中的“中心法则”（Cennal Dogma）从一建立起就不断被新的发现修正和更新。它的建立者之一，克里克也承认他最初表达遗传信息传递观念时，误解了“法则（Dogma）”一词，如果现在重新表述这一概念，应称之为“中心假设”（Central Hypothesis）以清楚表明这一概念并非是确定不变的事实，而只是一种暂时的假设。可是在我们的教科书上，要么对那些未知的或有争议的内容避而不谈，要么就是言之凿凿地以非常确定的语言表述出来。就是书后的“复习题”，也几乎全是要求对书本原有知识的总结和复述，而缺少开放性、探究性的思考，这不能不说是我国现行中等教育中各学科教学内容存在的一个主要问题。

课程内容中的这种确定性现在正受到广泛的批评。有人曾批评高中教科书中“结论性内容太多，辨析性内容太少。”也有人感叹教育中这种“不诚实”的问题，提出：“大多数中学教科书，都把

一些知识以一种绝对的、深信不疑的方式传播给学生，而且堂而皇之地加以考核。这些知识事实上在学术研究中都存在着一定的争鸣……这样的结果是学生在学习所谓‘科学知识’的时候，却没有培养起相应的科学态度、科学精神，这可以说是社会上许多受到过中等教育的人缺少对科学真实理解的原因之一。”这样的问题不仅存在于国内，国外一些学者对此也有自己的看法。英国的进化生物学家皮特·鲍勒说：“一个科学理论不是一个事实，科学理论是可供使用的具有强大解释力的假说。”“正确的思想是，科学研究依赖于存在着未解决的问题，依赖于承认目前的知识还是不正确的。”

“我们是否应该保持现有方式，为了减轻学生的压力，把已获得的理论当作事实告诉学生，还是应当更公开地承认科学是一个发现的过程，而且事实上研究在改变着我们对事物如何运行的理解，教育事业必须以自己的方式解决这场争论。”在基础教育的课程内容中引入争论，有人害怕引起学生认知上的混乱，而且这也不容易考核，这成为课程内容追求“确定性”的主要理由。可是笔者认为这样的处理存在着一定的危险。学生在课程学习中被告知我们了解的是“确然的真理”，可是他们一旦在以后的阅读或学习中接触到对原有理论的批评或相反的理论，就会很容易地对原有的“确定性”观念产生怀疑，并进而抛弃这些原有的“相对正确”的科学观点。美国的约翰·W·金布尔所著的《生物学》是一本受到广泛好评的教科书。作者在第4版序言中谈到：“导论式的生物学教科书，多倾向于结论的汇编。对于很多学生来说，这是一种适宜的安排，这些学生乐于学习答案，而不喜欢学习答案的有关推导过程，以及迄今尚未确切知道答案的周围事物……然而这并不是完美无缺的写作技巧，科学的探究具有侦探小说的某些特点：收集证据，并在新情况下对这样那样的假设进行验证。本版从头至尾，笔者尽可能多地强调那些构成我们现在的认识基础的观察和实验；同时也尽量更多地强调那些证据不足或互相矛盾的这样或那样的假说。”

与国内的生物学教材相比，国外的许多教材在编写中往往强调给学生介绍科学家的科学研究过程，学生从中能够了解到科学理论

的真正意义，例如美国出版的《Exploring Living Things》、BSCS 的黄、绿、蓝 3 个版本等教材或科普读物都把生物学的科学探究作为教学的中心环节。在生命科学研究过程中，观察、提出问题、作出假说、实验是 4 个重要的阶段，而“作出假说”则是处于中心的位置。《Exploring Living Things》一书在前言和正文中都反复强调，要让学生知道你所了解的，只是一些理论，而不是事实，科学家正寻找更好的答案。事实上，科学上的许多所谓的法则规律，都曾是一种假说或永远是一种假说。

爱因斯坦有句名言：“提出一个问题往往比解决一个问题更重要。因为解决一个问题也许是一个数字或实验上的技能而已，而提出一个新的问题，新的可能性，从新的角度看旧问题却需要有创造性的想像力，而且标志着科学的真正进步。”选题是研究工作的起点，关系到课题研究的成败，人们常说，一个好的开端就是成功的一半。

这样的一些观念应该同样在我们学科课程内容中体现出来。哲学家波普尔强调科学知识：“始于问题，终于寻求真理，不在于寻求确定性的答案，而在于寻求答案的过程。”只有明白了这一点，才能使学生在唯科学主义和非理性主义思想间找出一条寻求科学真理的道路。

现在有些学生将科学研究看得过高、过难，认为那是科学家的事，自己没有能力参加，特别是一些农村学生觉得没有条件参加。其实，研究与物质条件并不直接相关，本书就特别注意选择适合我国现实的课题内容。笔者也期盼通过研究性学习和科学实践活动，让更多青少年都认识到，青少年在科学研究方面也是可以大有可为。由于目前对青少年的素质教育再认识和各有关部门的大力鼓励，促成少数学生的成功，这样带动了更多的学生参与到活动中，使这一活动得以蓬勃开展起来，从而也使研究性学习活动本身促进素质教育的发展。

生物是学生易于实验观察的绝好内容。有许多生物本身就是检测环境的高灵敏仪器。如草履虫、水螅、水蚤、蚯蚓、蜗牛、果蝇、

河蚌、青蛙、小白鼠、洋葱、蚕豆、小麦、玉米，这些材料价格低廉，取得容易，而内容与现代科技尖端紧密相连。学生们可以根据所学课堂知识到现实生活中寻找研究课题。本书的这些小论文不但有完整的观察记录、实验报告，符合科学实验的操作程序，有些还不乏真知灼见，他们提出的观点反映了青少年活跃的思维，创造性的天赋。对普及科学知识，帮助公众养成良好的生活习惯，也有所裨益。有的积极向政府的决策建议，反映了青少年学生的积极向上的新时代精神。

研究性学习，围绕学生的参与程度这个中心。最高程度的参与是思维参与，即实质参与的重要指标。思维参与的面越广，程度越深，学生在学习中取得的收获越大。达到学习科学方法、能力和情意基础的目标，是在思维参与这一背景中实现的。在研究性学习中，知识的内化，即知识的消化吸收，转化为可持续发展的再生性能量，并得以积累，稳定地增长。让学生在运用知识的实践中学会学习，收集信息，拓宽书本知识的信息量，体会知识的魅力，开辟学习的兴趣源，这一切都会使青少年终身受益。

今后，高考对考生的能力要求，还会逐渐增加对知识的发生过程，学科知识的运用能力和分析问题、解决问题的能力以及创新意识和创新能力、科学研究方法和多学科知识综合能力的考查。

从题型的演变来看，在问答题中，将逐渐增加以培养创新意识和创新能力为主、兼顾语言表达能力和写作能力的新题型，如实验设计题、论文测验题、综合能力题和体现科学发展动态的时事材料阅读题等，以及充分体现创新能力和科学研究方法的运用能力的实验设计题。随着科技活动的不断普及，活动课程的不断深入，实验操作能力的不断提高，用实验设计题作为考查考生实践能力和科学理论水平的新题型，也会以新的面孔出现在考生的面前。论文测验题是以少数试题让考生或申述说明，或分析比较，或论证批判，或评价鉴赏，根据自己的想法和认识自由作答的一种测验，它是一种衡量较高级思维过程和能力的测验。如 1999 年高考广东生物卷中，就有以论证批判为主的论文测验题。论文式测验的试题较容易编

写，适合对组织能力、分析综合能力、文字表达能力、发散思维、创造能力等方面学习成绩的考查。综合能力题的试卷，还出现了涵盖生物学原理、数学作图、化学计算、物理光照强度等多学科知识的理科综合试题。从该题的命题思维和技巧处理上，开始体现“综合不强调学科知识的组合，而强调学科能力的综合”这一指导思想，体现了多学科知识的有机渗透，学科能力的综合。以及时兴材料阅读题，用以反映科学发展动态的热点问题。

由于科学是我们生活中无法摆脱的部分。20 世纪的公民应该具有一定的科学知识，笔者感到科学课程是学习科学的最好途径。哲学家，作家，政治家，艺术家，社会学家等人都必须牵涉各方面的科学。科学创造了解决问题的新解决方法，改善了解决旧问题和新问题的旧方法。科学技术的许多方面的研究都表明了这一点。

尽管许多人已具有一定的科学知识，但没有一个人可以成为全知者。科学不仅包括系统化的知识，还包括进行这一知识系统化的过程。科学的某些领域主要与知识的保存和传播有关，而另一些领域与新的探究有关。在学习科学中，学校的课程中正规学科主要涉及已知的知识。就是在大学的水平上，也只是着重强调原有的研究，却较少建立一个机会，把学生们引导到科学中的未知方面。

许多科学家感到探究的方面正是最最有兴趣的，并且只要有可能，他们就喜欢引导学生们到科学的这个方面。一门学科的首要方面必须包括大量的真正的材料，而时间却常常不可能允许我们作原始的实验。因此，在学习过程中，经常会出现那些时代的幸运儿，问道：“这些怎样来的？”“对这一课题知道什么，不知道什么？”“怎样能从不知道变成知道？”等等，他们将成为开辟新领域的“科学家”。

生物学是一门科学，它研究生物和生物生命。因此，生物学的学生首先应了解“生命”这个词的意义。可惜，对生命没有良好的定义。你看，一方面对熟悉的动物和植物与石头区别并不困难，但另一方面下定义却可能不那么容易。例如，一只青蛙被破坏大脑之后，最终它将死亡。在什么精确的时段使得青蛙停止生命？与这个

表面看来平淡的问题直接有关的人死亡的医学—法律问题：什么时候是一个人的法律死亡？因此，在什么时候人的器官可用于移植？一般同意所有生命的有机体的特征是新陈代谢，生长，繁殖，应激性和进化，考虑了这些特征来解释生命的概念，就比单独的任何一定义更能说明问题。

生物学的许多概念在日常生活中有直接应用和实践。医学、农业、自然资源的保护和大众卫生，尤其是当前人们共同关心的环境污染问题，农业生产和生活必需品的供给问题，所有这些都是人类文明整体的部件，它们都建立在生物学知识和科学方法的基础上。

对于非生物学方面来说，生物学的概念也不可避免地用于其它职业的活动。例如，一位作者，他正构思一篇 21 世纪的社会批评方面的长篇小说，那么，这位作者就会涉及讨论环境保护，战争的根源，放射性微粒回降和它对生物圈的污染，精子银行的人工授精，个性的发育控制，思想控制和心理药物。如果这位作者不了解这些问题的基本生物学，这部小说就是呆板的，就不能作出它的预言。任何一个 21 世纪的作家，诗人，政府公务员，金融家和历史学家都不能没有生物学知识。

生物学里讨论的事实和原理已经为多少年无数生物学家、动物学家和植物学家所证实。习惯上说这些事实和原理是通过科学方法获得的。但是科学的方法是什么呢？实际上，是没有唯一的方法的。在这本书的不同地方，给出了部分生物学普遍的研究方法。每一个科学发现，都没有唯一的方法。当然，暗示某些手段和观点用于建立科学事实和原理这也有可能。其中一个最基本的方法是细心观察。

所有的观察不可能都是直接的。一个人不可能看到酶的作用，但是可以测量酶的活动结果。一个人不可能看到物质穿过膜运输，但可以测量穿过膜以后化合物的量。观察的记录，不管直接还是间接的，都叫资料。资料的观察和收集导致对这个问题的专门论述。这种论述常涉及“创造性的猜测”，就是“假说”。然后，假说必须为进一步的实验所证实。如果它在进一步的实验下站得住脚，它就

可能成其为理论。它在十分广泛的规模下经过实验后，理论就可成其为规律和原理。

观察，实验和理论，当然必须适合少数几个原理的基本模式，或者，这些原理必须进行修订和重新陈述，以容纳新的证据，因果关系的原理必须总是令人满意。这些原理宣称在相同情况下重复发生的现象将总是得到同一种结果，不管何时、何地、何人进行，它总是重复的。世界上所有的地方所有的人作的实验都与理论和原理有联系。重复性是科学的本质。只有具有普遍性，排除没有经过广泛研究的实验，才能成为可接受的原理。许多生物学的普遍性来源于观察，分析和推论的程序的结果。细胞学原理就是以这种方法发展起来的。每一个生物学的学生，在实验室调查了各种生物的组织，研究和发现组织都是细胞构成的，就是用了科学方法，并再一次证实生物体中存在细胞这个十分重要的事实。

但是现代生物学还不止使用观察的基本程序。在现代生物学的许多工作中还使用实验法。许多与活生物相关的机能、发育、遗传和其它方面，这里论述的事实已经为实验方法所确定。建立假说之后，就可作一定的预言，然后可为测试特定的假说设计一个实验。这个实验就是受控制的实验。在一种实验中，即控制的所有情况都保证恒定；在另一种实验中，实验性的，除了一种情况之外都保证恒定作为受控制的，这一种情况是变化的。本书中常用“对照组”来设定其它情况都是不变的，以保证只有一种因素是变化的。这样简化我们实验的复杂干扰因子。

控制性实验也可如下面所说的：在多次观察和实验之后，确定化合物抗坏血酸，通常叫维生素 C，必须存在人的食物中以防止坏血症，特征是牙龈流血，关节炎和全身虚弱紊乱。在相同的方面，已确定豚鼠也有相同的需要，基于这些事实，可做出抗坏血酸为所有的动物所需要这一假设。用纯系的一胎产小鼠组成二组来做这个实验。这二组都喂给同样完全和同样分量的食物，除了这里有一组就是控制组以外，在食物中给有抗坏血酸的那一组就是对照组。在几周后，就可确定实验组中缺乏抗坏血酸的影响。实际上，用老鼠

的实验中，对照组和控制组中并不存在差异。因此，所有的动物食物中都需要抗坏血酸的假说就要放弃。这种差别的原因是：老鼠，不像绝大多数哺乳类，能从它的食物中吸收别的化合物合成抗坏血酸。也就是说，每个生物是既有普遍性，又有特殊性的个体。

一次测试的实验是不够的，实验必须多次重复，直到实验获得相当多的、确定的保证结论（实验老鼠需要抗坏血酸的实验经过许多次重复）。统计学（用于试验数据的数学分支）应用大量地扮演做实验分析。统计学不能证明假说，但它可表明其结果是否支持那种假说。

科学家通常具有一定观点的目标。真正的科学家追求诚实，不为偏见或感情所干扰，也不为权威的干扰所摇摆。当还未有大量资料支持他们的时候，他们立足于事实的结论，还必须准备变化他们的观点。套用一个成语就是：高瞻远瞩。成功者就称之为“天才”。其实，天才是非常普通的。

实验的研究设计要随时了解研究对象的变动。一个好例子是上面讲的维生素的实验。某些“实验”真正的是平行地作了许多简单的实验。每个实验都有不同的变化。

这里还提议，研究采纳多重作假说的方法。这种方法涉及做几种假说，以便研究不会在一种假说中“缠死”它的属性。于是，推测起来，调查者是处于中立的地位，并试验所有的所有的假说。因此，提倡对探究路线作普遍的研究和调查，要不然就会有遗漏。

科学家应最大限度地对他们所研究的现象获得精确的度量。有时某些度量是直接的：质量、长度、时间、体积等等。在另一方面，即使是简单的度量也不能直接作到：肌纤维的体积是多少？神经细胞的长度是多少？人体活细胞分裂间期的时间是多少？可能必须用许多技术才能决定特殊的量，但为什么要测量呢？

甚至那些厌烦测量工作的人也意识到，他们在很大程度上还要依赖对各种情况进行度量。没有温度计的指数来想像天气预报，可以预报明天比今天热、多风、湿润，但今天是多热？多大风？和多湿润呢？没有确实的资料，事实会走向反面。

结果如能用数字表达，就可用精确的度量，将准确的信息传达其它人。进一步地说，测量为比较提供了基础。因此，它提供了一个客观的最好了解。测量的另一个目的是提供了理论的根据或支持理论中的某一个。测量的第三个目的是提供了进一步的定值，音乐，艺术和历史变化的了解，除了这些题目的客观估价以外都是由某些进步和另一些倒退来估计的。很可能，正确的事实没有测量过，较多的记录资料并不都已经测量，但测量是对付带偏见性意见的最好武器。

由于科学的领域太广泛，也由于它的分类没有明确的划分界线，总的说来，面临着和现代化发展齐头并进的问题。新报告有增无减地涌现充满几百种出版的杂志上，有一些人是这些流行图书的积极读者，另一些人出席职业社会家的定期会议，还有人通过听到他的朋友或阅读评论性著作学习科学方面的新东西。

21 世纪绝大多数人都意识到这个世界的人民面临着许多问题——人口、污染、农药、疾病、濒临灭绝的种类、饥荒、贫穷等等。世界上绝大多数严重问题必然都涉及这些问题。中学学生能对解决这些问题作什么贡献呢？可能最大的贡献就是在今后许多年，对积极解决前面列举的问题具有研究性的头脑。

要解决世界问题，科学要研究些什么？有些所谓“小”问题也值得引起注意。本书所列举几个独立的研究科研项目，也许是值得花时间研究的。

这些和其它许多题目都有丰富的资源材料，独立研究是良好的训练和良好的实践。这些研究有自由的长处，它允许学生有他的自我教育特点。受过训练的分析思想是良好的实践。

总的来说，无论是将来有什么意向，每一个学生都将发现研究性学习的价值，不仅在于在研究性学习中的探究方法，而且在今后几乎任何工作或学习的未来领域中都可作为知识的源泉。

这本书的许多内容，是笔者与同事，在数十年的指导学生进行科技活动中的第一手资料。尽管有一些曾受到上级的肯定和国内国际评选活动的奖励，但只是说明当前时代对研究性学习的鼓励，并