

- 不是告诉你 是什么
- 也不是告诉你 为什么
- 而是告诉你科学家 如何做

科学家的智慧

—— 解决科学难题实例精选

赵秋光 齐磊 白雪莲 任引沁 编著

电是如何被认识的？

.....

燃烧的秘密是如何揭开的？

.....

怎样验证地球自转？

.....

孟德尔是如何发现遗传规律的？

.....

多利羊是如何被克隆出来的？

.....

计算机是如何做加法运算的？

.....

打水漂与宇宙飞船的返回

大连出版社

科学家的智慧

——解决科学难题实例精选

赵秋光 齐 磊 编 著
白雪莲 任引沁

大连出版社

©赵秋光等 2004

图书在版编目(CIP)数据

科学家的智慧:解决科学难题实例精选 / 赵秋光, 齐磊,
白雪莲, 任引沁编著. —大连: 大连出版社, 2004. 1

ISBN 7 - 80684 - 192 - X

I. 科… II. ①赵…②齐…③白…④任… III. 科学方
法论—普及读物 IV. G304 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 000010 号

责任编辑: 达 楮

封面设计: 曹 艺

版式设计: 唐一民

责任校对: 王恒田

插图: 董建伟 钟 霞

出 版 者: 大连出版社

地址: 大连市西岗区长白街 12 号

邮编: 116011

电话: 0411 - 3621170 3610391

印 刷 者: 大连市东晟印刷有限公司

发 行 者: 各地新华书店

幅面尺寸: 140 毫米 × 203 毫米

印 张: 9

字 数: 220 千字

出版时间: 2004 年 1 月第 1 版

印刷时间: 2004 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 1 - 1000 册

定 价: 12.00 元

前言

“最重要的知识是有关方法的知识。”

“人人都会从自己的经验中吸取教训,而真正聪明的人却善于从别人的经验中获益。”

这两句名言所表达的正是编写本书的宗旨。

一项有关国民科学素养的调查表明,在科学知识的普及程度上,我国与发达国家相差不多,而在科学方法的普及程度上则差距很大。这一差距是导致我国科技水平不高,创新能力不强的一个重要原因。因此,科学方法的普及就显得非常重要,也非常迫切。

创新教育,需要科学方法的普及;素质教育,需要科学方法的普及;“知识爆炸”,需要用科学的方法去面对;“知识经济”的新世纪,更需要用科学的方法去开拓。

本书旨在通过熏陶的方法而不是灌输的方法来向读者普及科学方法。因此,本书选取了科学史上有一定影响,有启发性,充分反映科学家聪明才智的解决科学难题实例,希望读者在读这些原汁原味的、饶有兴趣的实例时,自己去体会、感悟科学方法的奇妙,受到科学方法的熏陶。俗话说:熟读唐诗三百首,不能吟诗也会吟。本书正是想通过这样的方法,达到这样的目的。而且,体会和感悟到的方法是活的方法,而死记条文所获得的方法是死的方法。

科学方法不但不深奥,而且还很有趣。科学发现的艰巨历程,给我们展现了人类创新精神、科学方法的一般内容:

首先,要不畏强权,大胆怀疑,这是科学创新的必要前提。哥白尼创立太阳中心学说如此,哈维创立血液循环学说如此,卢瑟福等开启微观世界的大门也是如此。创新是开拓前人未知的新领

域,是创造前世未有的新东西;或者是揭示被前人错误地认识的事物的本质和规律。迷信权威,不敢面对新的科学事实,不敢在新的科学事实基础上提出新理论,是不会有创新的。

第二,必须有用科学技术造福人类的人生理想。人类是为了创造一个更适宜自己生存的世界而从事科学技术和创新活动的,这是创新的目的。

第三,掌握科学的方法,包括实验方法、数学方法、模型方法、类比方法等等。这是创新的必备条件,是创造的基础,也是需要我们学习和掌握的最重要的东西。

第四,强调抓住机遇,研究新现象,提出新理论。让机遇从身边溜走的遗憾在科学史上屡见不鲜。

第五,培养灵感、顿悟、想象等非逻辑思维能力,这是创新的重要素质。

在编写本书的过程中,搜集和查阅了尽可能多的资料,反复考证和修正,力求做到引证有据,史实可靠。

但愿本书能为普及科学方法起一点点作用,能对读者有所启发。当然,能否起到这样的作用,还有待于读者的品评和认可。

本书的插图由董建伟绘制,钟霞绘制了部分原理图。唐继军参与了部分内容的编写,龙海鹰为本书的编写提出了很好的建议。在本书的编写过程中,还得到林原、董予新、张旭、邵利民、石晨光、章新华、冯宪蕾、梅建庭、曾庆书、唐剑宇、赵心悦、张涛等的帮助,在此表示感谢。

编著者

2003.2

大连老虎滩

目 录

1 墨子是如何证明杠杆原理的?	1
2 阿基米德是如何证明杠杆原理的?	2
3 阿基米德是如何测出王冠中掺假的?	4
4 史蒂文是如何证明浮力定律的?	5
5 惠更斯是如何研究碰撞的?	7
6 史蒂文是如何推导出斜面定律的?	9
7 伽利略是如何用思想实验研究自由落体运动的?	11
8 伽利略是如何推导出自由落体运动定律的?	13
9 伽利略是如何用实验研究自由落体运动的?	14
10 惯性定律是如何发现的?	16
11 如何证明“运动的时钟”变慢?	18
12 如何证明地球是球形的?	21
13 如何测量地球周长和半径?	23
14 古希腊人如何测算月亮的直径?	24
15 地球和月亮之间距离的测量	26
16 如何测算太阳与地球之间的距离?	28
17 用视差法测恒星的距离	30
18 用视亮度测恒星距离	32
19 认识宇宙的各种模型	34
20 哥白尼如何用日心说解释行星视运动的不规则性?	39
21 否定地心说、支持日心说的几个证据	41
22 关于地球是否在运动的思辨	44
23 怎样验证地球自转?	47
24 怎样测算地球的年龄?	48

25 开普勒是如何发现行星运动三大定律的？	50
26 牛顿是如何推导万有引力定律的？	54
27 牛顿是如何论证万有引力普遍存在的？	56
28 潮汐现象是如何被认识的？	58
29 小行星群是如何发现的？	61
30 怎样认识恒星的演化？	62
31 如何测得恒星的质量？	64
32 如何估算古生物化石的“年龄”？	65
33 怎样证明地球的磁极发生过漂移？	67
34 “大陆漂移”学说是如何提出的？	67
35 如何证明大陆曾发生过漂移？	70
36 怎样探知地球内部的构造？	73
37 如何勘探海底石油？	74
38 如何利用海洋中的能量？	76
39 达尔文提出生物进化论的一些事实依据	79
40 哈维是如何证明血液循环理论的？	86
41 哈维是如何证明静脉瓣作用的？	88
42 巴斯德是如何探索微生物奥秘的？	90
43 巴斯德是如何创立免疫医学的？	92
44 巴斯德是如何研制狂犬病疫苗的？	95
45 巴甫洛夫是如何研究动物消化过程的(一)	98
46 巴甫洛夫是如何研究动物消化过程的(二)	101
47 巴甫洛夫对动物条件反射的研究	103
48 对动物印记学习的研究	106
49 研究动物学习能力的斯金纳箱	107
50 动物推理学习能力的研究	108
51 如何研究脂肪在动物体内的消化机理？	109

52 如何弄清植物放出的氧气是来自二氧化碳还是来自水?	111
53 罗伟是如何证明神经兴奋的化学传输机制的?	112
54 候鸟是根据什么确定迁徙时间的?	113
55 蝙蝠探测物体的原理是如何弄清的?	114
56 蚂蚁是如何识别方向的?	116
57 寻找和证明生长素的实验	117
58 如何证明种子中含有生长素?	118
59 孟德尔是如何发现遗传学第一定律的?	120
60 孟德尔是如何证明遗传学第一定律的?	122
61 孟德尔是如何发现遗传学第二定律的?	124
62 细胞的分裂过程是怎样被认识的?	127
63 寻找遗传物质	129
64 如何绘制人类基因组草图?	131
65 如何培育生物新品种?	135
66 多利羊是如何被克隆出来的?	137
67 克隆技术的发展历程	138
68 如何生产干扰素?	140
69 如何证实大气压的存在?	141
70 波义耳——马略特定律是如何发现的?	144
71 布莱克如何证明物质熔化需要吸收热量?	145
72 “热容量”概念是如何提出的?	148
73 新的热传递形式——对流是如何发现的?	150
74 热从哪儿来?——伦福德实验和思考	153
75 伽利略是如何测定光速的?	155
76 罗默是如何测定光速的?	156
77 布雷德利是如何测定光速的?	157
78 斐索是如何测定光速的?	159

79 用克尔盒法测光速	160
80 更精确测定光速的方法	161
81 牛顿是如何用粒子学说解释光的直线传播、 光的反射和折射现象的?	163
82 光的色散现象是如何被发现和认识的?	164
83 托马斯·杨是如何证明光的干涉现象的?	167
84 有关光的干涉现象的两个实验	168
85 有关光的衍射的两个实验	170
86 光的粒子学说的证据	171
87 如何证明光能产生压力?	174
88 如何证明“以太”是否存在?	175
89 电子显微镜是如何看见微小物体的?	179
90 激光是如何产生的?	181
91 电是如何被认识的?	184
92 库仑是如何研究电荷之间的排斥力的?	188
93 库仑是如何研究电荷之间的吸引力的?	189
94 使物体带一定量电量的方法	191
95 热流理论与欧姆定律	192
96 电池是怎样发明的?	194
97 奥斯特是如何发现电流磁效应的?	197
98 电磁感应现象是如何发现的?	199
99 模拟通信和数字通信	202
100 如何增加通信线路的通信容量?	205
101 ATM——你一定要认识的新朋友	207
102 从指南针到 GPS	209
103 打水漂与宇宙飞船的返回	212
104 计算机是如何“数”数的?	214
105 计算机是如何做加法运算的?	218

106 如何解决现有计算机所面临的问题?	226
107 现代仿真技术——专家玩的游戏	229
108 燃素说是如何解释燃烧现象的?	232
109 质量守恒定律是怎样发现的?	234
110 燃烧的秘密是如何揭开的?	237
111 道尔顿是如何证明原子确实存在的?	240
112 道尔顿是如何测定原子量的?	243
113 利用比热测原子量的方法	246
114 利用同晶定律测原子量	247
115 分子学说的提出和论证	249
116 利用阿佛加德罗分子学说测原子量	252
117 布朗运动是如何发现的?	254
118 门捷列夫是如何确立元素周期律的?	258
119 卢瑟福如何证明原子核的存在?	265
120 卢瑟福是怎样提出原子的行星模型的?	267
121 贝克勒尔是怎样发现元素的放射性现象的?	270
122 如何看到微观粒子的行踪?	273
123 如何证明空气中存在惰性气体?	275
124 改善材料性能的一种方法——材料的复合	277

1 墨子是如何证明杠杆原理的？

人们很早就利用杠杆来移动或搬运重物，而且在使用杠杆的过程中发现，当杠杆的力臂长时可以省力。但力臂的长短与所施加的力之间是否存在严格的定量关系呢？是的，这一定量关系就是杠杆原理： $\text{重物重量} \times \text{重臂} = \text{作用力} \times \text{力臂}$ 。

我国古代科学家墨子（约公元前 468—376）在科学技术还不发达的年代，巧妙地设计了一个“头发丝引重”实验来证明杠杆原理。实验是这样的：在杆秤的一端系一根头发丝，并用手拉住头发丝代替秤砣，另一端悬挂重物，见图 1-1a。

当重臂和力臂相等时，重臂端悬挂的重物的重量 W_1 达到头发丝的最大抗拉力时，头发丝才会被拉断。如图 1-1b。

改变支点的位置，使力臂较长，重臂较短。在此情况下，不断增加重物的重量，当重臂端悬挂的重物的重量增加到 W_1 ，即达到头发丝的最大抗拉力

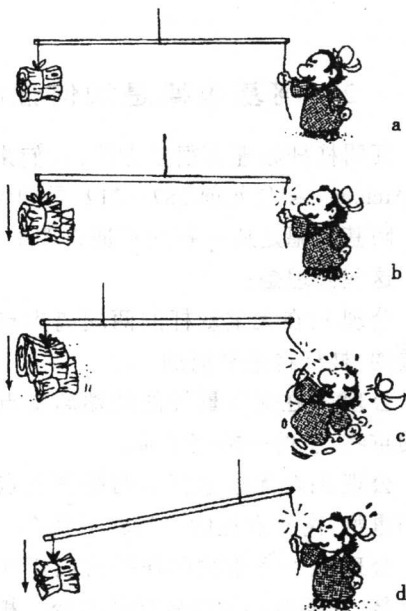


图 1-1 头发丝引重实验

时,头发丝并不会被拉断。继续增加重物的重量,头发丝才会被拉断。也即,头发丝被拉断时,重物的重量大于 W_1 ,如图 1-1c。

相反,当力臂短,重臂长时,不断增加重物的重量,在重臂端悬挂的重物的重量还没达到 W_1 ,即还没达到头发丝的最大抗拉力时,头发丝就被拉断了,如图 1-1d。

这说明,头发丝被拉断时,重物的重量与力臂的长度有关。当头发丝被拉断时,力臂越长,所能悬挂的重物越重;力臂越短,所能悬挂的重物越轻。这一实验直观地证明了杠杆原理。这一方法妙不妙?

2 阿基米德是如何证明杠杆原理的?

证明杠杆原理有很多方法,我们来看看古希腊科学家阿基米德(Archimedes 公元前 287 - 212)是如何证明的。

阿基米德是从一系列不证自明的公理出发,推证出杠杆原理的。这些公理是:

公理 1:在无重量杆的两端离支点相等的距离挂上重量相等的重物,杠杆将是平衡的。

公理 2:在无重量杆的两端离支点相等的距离挂上重量不相等的重物,重的一端将下垂。

公理 3:在无重量杆的两端离支点不相等的距离挂上相等重量的重物,离支点远的一端将下垂。

公理 4:一个重物的作用可以用几个均匀分布的重物的作用来代替,只要重心的位置保持不变。相反,几个均匀分布的重物可以用悬挂在它们的重心处的一个重物来代替。

公理 5:相似图形的重心以相似的方式分布。

利用以上公理,设两重物 A 和 B 的重量成整数比,即:

$$\frac{A}{B} = \frac{m}{n}$$

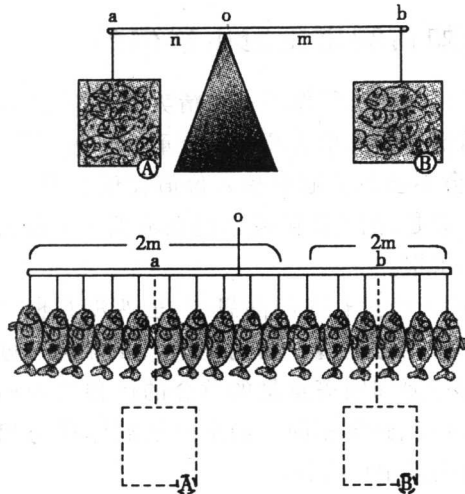


图 2-1 阿基米德关于杠杆原理的证明

如设, $m = 5, n = 3$, 把重物 A 和 B 分别分成 $2m = 10$ 和 $2n = 6$ 等份, 并以相等的间隔挂在长度为 $(2m + 2n - 1)$ 个单位长的无重杆上, 如图 2-1。

按公理 1, 这些重物将以中心 O 为支点而平衡。再根据公理 4, $2m$ 个重物可以用挂在它们重心处的重物 A 代替, 而 $2n$ 个重物可以用挂在它们重心处的重物 B 代替, 杠杆仍然是平衡的。

但重物 A 和 B 到 O 点的距离分别是 $ao = n, bo = m$, 这就是重物 A 和 B 悬挂在杠杆上的平衡条件。由此可得出:

$$\frac{ao}{bo} = \frac{n}{m} = \frac{B}{A}$$

也即, 重量成整数比的两物体, 如果重物悬挂点到杠杆支点的距离与它们的重量成反比, 杠杆将处于平衡状态, 这就是杠杆原理。也可表述为: $A \times ao = B \times bo$, 即, 重物重量 $\times$ 重臂 = 作用力 $\times$ 力臂。阿基米德还进一步将这一结论推广到重物重量不成整数比的情况, 证明也符合这一原理。

3 阿基米德是如何测出王冠中掺假的？

传说，古希腊国王海罗大帝让工匠做了一顶精美的纯金王冠。王冠做得非常好看，而且重量与国王给工匠的黄金重量分毫不差。但是，国王仍存疑心：工匠会不会在王冠中掺入价值较低的银，而把黄金省下来，据为己有。于是，国王让阿基米德在不损坏王冠的情况下，查明王冠中是否掺了银。

这在当时是很难做到的。经过长时间的思考，虽然没有想出解决难题的办法，但阿基米德的思路逐渐明确起来。要查明王冠中是否掺有银，首先要查明王冠和同等重量的黄金的体积是否相同。因为相同重量的黄金，体积必定相同。如果王冠的体积与相同重量的黄金体积不同，说明其中掺有银。

金块的体积容易测量和计算，可王冠是由各种不规则的形状组成的，上面还有各种不规则的花纹和图案，显然不容易测量和计算出其体积。因此，测王冠的体积成为解决问题的关键。

怎样才能测出王冠的体积呢？

阿基米德时时刻刻都在思考测量王冠体积的方法。一天，他准备洗澡，但也没有停止思考，他一边想着问题一边进入盛满水的浴盆。在身体入水的过程中，阿基米德发现，水从浴盆中溢出了一些，随着身体不断入水，浴盆中的水也在一直不断地溢出，直到全身浸入水中，水才停止外溢。

这一从古至今被无数的人看到过的、体验过的，但又被人们忽视的现象，引起了正在苦思冥想的阿基米德的注意，他意识到这一现象里似乎隐藏着什么道理。因此，他从浴盆里出来，又把浴盆灌满水，重新进入浴盆。这样反复进出好多次，他发现，身体入水部分越多，水溢出的越多。这说明，从浴盆排出的水量与身体入水的

体积有关。当身体全部进入水中,所排出的水的体积就是整个身体的体积。阿基米德似有所悟,“这一现象不正可以用来测量王冠的体积吗?把王冠放入水中,所排出的水的体积,不就是王冠的体积吗?”

随后,阿基米德把王冠以及与王冠重量相同的金块、银块分别放入装满水的容器中,此时从容器中溢出的水的体积,分别是王冠、金块、银块的体积。由于金子和银子的密度不同,所以同等重量的金子和银子,体积不同。金子的密度大,体积小,排开(或溢出)的水少;银子的密度小,体积大,排开(或溢出)的水多。如果王冠是纯金的,其溢出的水量应与同等重量的金块溢出的水量相同;如果溢出的水量比金块多,则说明王冠中掺有银。测量结果是:王冠所排出的水量介于金子和银子排出的水量之间,这就说明王冠不是纯金的,其中掺有银,如图 3-1。

阿基米德在解决王冠的纯度问题中所用的方法是一种“体积替代法”,即利用溢出的水的体积来测出不规则物体的体积。王冠上有各种不规则的形状和花纹,很难测算,用体积替代法则变得很容易。

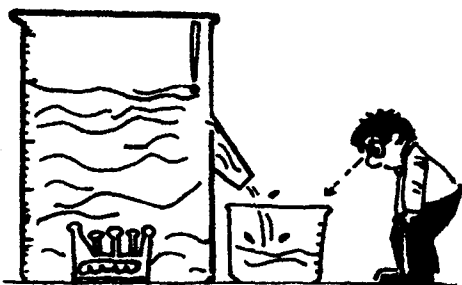


图 3-1 用溢出的水的体积测物体的体积

4 史蒂文是如何证明浮力定律的?

浸在液体里的物体所受到的液体的浮力,等于该物体所排开的液体的重量。这就是阿基米德发现的浮力定律。

阿基米德在洗澡时,发现浴盆中的水向外溢,而且感到身体入水越深,身体越轻。对此现象进行深入研究,导致了浮力定律的发现。阿基米德发现浮力定律的故事,我们都很熟悉,这里不多讲。科学原理往往可以用很多方法证明。你一定还想知道荷兰物理学家史蒂文(S. Stevin 1548 - 1620)是如何用另一种方法证明浮力定律的。

首先,他论证静水中的任一部分水(如图 4-1 中的 A 部分),必定受到其周围的水的支持力。这支持力必定向上,而且等于 A 部分水自身的重量。如果不是这样, A 部分的水就要向下运动。它周围的水就会补充到 A 原来的位置,处于 A 原来所处的环境,又会和 A 一样向下降。这样,在静止的水中就要发生不停的运动,而这种运动是和我们的经验以及对事物的直觉认识相违背的,静水是不会自发地产生这种运动的。我们所以称其为静水,就是因为水是静止的,没有这样的运动。

然后,他设想 A 的表面为一层极薄的硬壳所包围。这层硬壳所受周围液体的作用将和原来 A 受到的作用一样。也就是说,这层硬壳受到和 A 重量相等的向上的力。再设

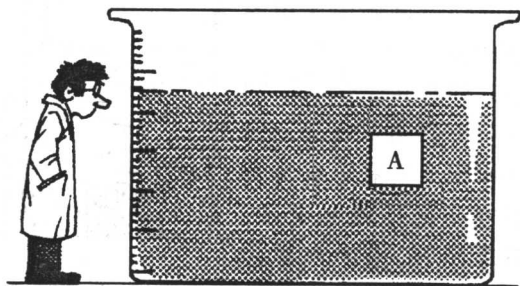


图 4-1 史蒂文证明浮力定律的示意图

硬壳中的水被取走,而换上任何一种物质,则这一块物质受周围液体的作用力也就等于 A 部分水的重量,而且方向向上。由于受到这种向上的力,在水中称这块物质的重量就比在空气中称少,所减少的重量正好等于和这块物体的等体积的水的重量(或者说这块物体所排开的水的重量)。

5 惠更斯是如何研究碰撞的？

碰撞是相对运动的物体相遇,在极短时间内运动状态发生显著变化的过程,并用动量来描述物体的碰撞。动量是物体的质量 m 和速度 v 的乘积 mv 。

碰撞现象是物体间相互作用最直接的一种形式,因此,碰撞的研究对于力学的发展具有明显的重要性。但在惠更斯(Christian Huygens 1629 - 1695 荷兰物理学家)那个时代,由于受科学发展水平的限制,研究碰撞并不是一件容易的事。

因此,降低研究难度就成了研究的关键。为了降低研究的难度,惠更斯从最简单的、最易研究的碰撞入手,选择两个质量和大小都相同的弹性小球,研究它们的完全弹性碰撞情况。他是从三个公理出发,对完全弹性碰撞进行研究的。这三个公理是:

公理 1:运动起来的物体,在未受到阻碍作用时,将以不变的速度沿直线运动。

公理 2:两个具有相同质量和大小的物体,以相同的速度相向作弹性碰撞后,两者都以相同的速度向相反方向运动。

公理 3:物体的运动以及它们的速度,必须看作是相对于另一些我们以为是静止的物体而言的,而不必考虑这些物体是否还参与另外的共同运动,即运动的相对性原理。

公理 2 已给出了两个相同质量、相同大小的弹性小球以相同的速度相向碰撞的情况,那么速度不同的小球碰撞后速度会有什么变化呢?

尽管这是碰撞中较简单的情况,但要精确测定碰撞前后的速度,在当时也是很困难的。因此,也就无法得到准确的结论。

既然测量速度不容易,是否有避开这一难题,不用测量速度而