

The background of the book cover is a deep blue. On the left side, there are several concentric circles in a golden-brown color, centered around a small white circle. A large, wavy, golden-brown shape, resembling a stylized 'S' or a path, curves from the top right towards the bottom left, partially overlapping the circles.

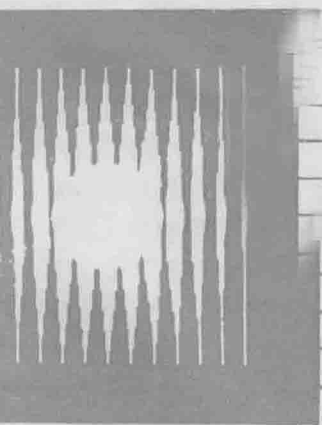
中学物理思维方法及应用

裴家量 编著

广东教育出版社

中学物理思维方法及应用

裴家量 编著



中学物理思维方法及应用

裴家量 编著

广东教育出版社出版发行

广东省新华书店经销

广东新华印刷厂印刷

850×1168毫米32开本 21.875印张 1插页 500,000字

1991年10月第1版 1991年10月第1次印刷

印数1—3,080册

ISBN7—5406—1368—8/G·1360

定价 8.00元

前 言

培养创造性的思维能力和掌握科学的研究方法，是中学物理教学的主要目的之一，也是今天物理教学改革的核心问题之一。这个问题的重要性，正如恩格斯所深刻指出的：“一个民族要站在科学的最高峰，就一刻也不能没有理论的思维。”为此，本书将典型的物理模型、初等数学工具和科学思维方法（包括记忆规律）有机地结合起来，通过对 500 多个物理问题的分析，系统地介绍了约 150 种科学的思维方法及其应用。

这些科学的思维方法，不仅新颖、巧妙、应用广泛，而且容易掌握和便于记忆。如果把分析和解答物理问题的常规方法比作游泳的“狗爬式”，那么，读者通过本书将学会“海豚式”、“自由式”、“蛙泳”、“蝶泳”这些高速的游泳姿式和优美得令人惊叹的“水上芭蕾舞”姿式，从而在浩瀚的物理知识海洋中自由自在地遨游。读者将会发现：原来感到一筹莫展的问题，竟然变得出奇的简单，有时甚至一眼就“看”出结果来了！

本书内容丰富，知识覆盖面广，重点和难点突出，分析精辟而透彻，并且密切结合中学物理教学实际。另外，为了充分发挥本书的作用，使读者不拘泥于书中所介绍的各种方法，而能触类旁通，举一反三，甚至独辟蹊径，还在许多分析之后，言简意赅地留下了引人深思、富有启迪性的思考问题和必要的提示，为读者在书外开辟了更为广阔的驰骋天地。

本书主要是为中学生写的，但对中学物理教师和师范院校物

目 录

第一章	极限思维方法的应用	1
§ 1	定性分析	2
§ 2	定量分析	8
§ 3	综合分析	17
第二章	微元法的应用	23
第三章	可逆性原理的应用	41
§ 1	运动的可逆性	41
§ 2	光路的可逆性	46
§ 3	弹簧的可逆性	51
§ 4	电路的可逆性	53
§ 5	逆向思维方法的其他应用	56
第四章	对称原理的应用	64
§ 1	运动的对称性	64
§ 2	场的对称性	77
§ 3	电路的对称性	82
§ 4	光路的对称性	86
第五章	等效方法的应用	92
§ 1	等效力法	92
§ 2	等效割补法	113
§ 3	等效电路法	126
§ 4	单摆周期的等效计算	160
§ 5	物理公式的等效变化	172
§ 6	其他等效方法	187

第六章	综合物理模型的应用	210
§ 1	单摆和圆锥摆模型	210
§ 2	人船模型	221
§ 3	发电机模型	235
第七章	虚拟法的应用	247
§ 1	判定弹力	247
§ 2	判定静摩擦力	250
§ 3	虚拟刚体	253
§ 4	虚拟条件	259
§ 5	虚拟物理过程	263
§ 6	虚拟微扰	265
§ 7	虚拟物像	268
第八章	图解法的应用	274
§ 1	函数图	274
§ 2	矢量图	301
§ 3	几何图	313
第九章	巧选研究对象、参照系、坐标系和零势点	351
§ 1	巧选研究对象	351
§ 2	巧选参照系	370
§ 3	巧选坐标系	384
§ 4	巧选零势点	396
第十章	近似计算和估算的应用	408
§ 1	根据物理模型近似计算和估算	408
§ 2	根据题设条件近似计算和估算	412
§ 3	根据物理常数近似计算和估算	422
§ 4	根据实际情况近似计算和估算	428
§ 5	物理实验中的近似计算和估算	433
第十一章	极值问题	453

§ 1	利用 $y = ax^2 + bx + c$ 的性质求极值	453
§ 2	利用判别式求极值	459
§ 3	利用分式性质求极值	464
§ 4	利用三角函数求极值	468
§ 5	利用图象求极值	476
§ 6	利用定和求积与定积求和原理求极值	486
§ 7	利用物理方法求极值	498
第十二章	临界问题	512
§ 1	临界量 $\sqrt{Rg}$ 的应用	514
§ 2	临界量 $N = 0$ 的应用	521
§ 3	临界量 $a = 0$ 的应用	529
§ 4	临界量 相对速度 $v = 0$ 的应用	537
§ 5	其他临界问题	545
第十三章	功能关系、动量定理和守恒定律的应用	564
§ 1	动能定理	564
§ 2	机械能守恒定律	572
§ 3	动量定理	580
§ 4	动量守恒定律	594
§ 5	其他功能关系和守恒定律	606
第十四章	其他数学工具的应用	617
§ 1	韦达定理	617
§ 2	数列	620
§ 3	轨迹方程	632
§ 4	集合	638
第十五章	其他简捷方法的应用	646
§ 1	弹簧组 K 值的计算	646
§ 2	连接体相互作用力的计算	651
§ 3	串联电容组耐压值的计算	657

§ 4	实际功率与额定功率的简捷关系	660
§ 5	几个重要关系的简捷证明	665
§ 6	杆秤公式的应用	670
§ 7	楞次定律另一种表述的应用	673
§ 8	研究弹性碰撞的简捷方法	676
第十六章 记忆规律及其应用		679
§ 1	记忆及其重要性	679
§ 2	记忆的基本形式	680
§ 3	增强记忆的基本方法	682

第一章 极限思维方法的应用

古希腊哲学家亚里士多德，曾根据天性论提出有名的落体理论：物体越重，下落倾向就越大，下落速度就越快，且下落速度与媒质密度成反比。他还认为：力是产生和维持运动的原因。

为了驳斥这种统治欧洲达2000多年的错误观点，意大利著名的科学家、近代实验科学的创始人伽利略设想了一个“理想实验”：如果将一轻一重的物体捆在一起，那么，由于这捆东西比原来的重物更重，就应该比单一重物先落地；但另一方面，由于捆在一起的轻物下落较慢，又必然使这捆东西比单一重物后落地——这是两个截然相反的结论。显然，只有认为重物与轻物同时落地，才能解决这个矛盾。

伽利略还论证说：如果落体速度与媒质密度成反比，那么，让一个木球分别在空气和水中下落，因为空气和水的密度相差10倍，若木球在空气中下落速度为20，在水中就应该为2——而实际上，木球在水中根本不会下沉。

伽利略进一步设计了著名的斜面实验，证实沿斜面滚下的小球是作匀加速运动；他把斜面推到 90° 的极限位置——得出了著名的自由落体定律；他把斜面推到 0° 的水平位置——提出了任何物体都不能自己改变其运动状态的科学假设，为惯性定律的建立奠定了基础。

伽利略这一系列巧妙的构思、精湛的分析 and 简洁的推理，是物理学史上最早利用极限思维方法探索物理规律的典范。爱因斯

坦曾赞誉道：“伽利略的发现，以及他所用的科学分析方法，是人类思想史上最伟大的成就之一，并标志着物理学的真正开端。”

在物理教学中，极限思维方法，就是将物理现象产生、存在和变化的一般条件，转变为极限条件，将在一般条件下得出的物理规律和结论，推到极限值——最大值、最小值和临界值下进行分析、讨论、推理和判断。

极限思维方法的应用极为广泛。一般只要在选定的区间内，所研究的物理量连续变化，并具有单调的函数关系（单调上升或者单调下降），都可以采用这种科学的分析方法。本章拟从定性分析、定量分析和综合分析三个方面，介绍极限思维方法在解物理选择题上的应用。与一般方法相比较，它具有构思巧妙、思路简捷、判断迅速的独特优点。

§1 定性分析

所谓定性分析，就是直接利用物理基本概念、原理和定律进行分析、推理和判断，而不通过定量计算。

例1 一只船以恒定的对水速度，往返于上、下游两码头之间。如果以时间 t_1 和 t_2 ，分别表示水的流速较小和较大时船往返一次所需的时间，那么，两时间的长短关系为

- A. $t_1 = t_2$; B. $t_1 > t_2$;
C. $t_1 < t_2$; D. 不能判定。

分析：若水的流速较大时，正好等于或者大于船对水的速度，船相对上游码头的速度则为零或者为负——就无法逆水返回码头，即航行时间将无限长。所以，应选答案(C)。

例2 在图1-1-1所示的三个不同形状的容器中，装入同样质

量的水,并分别以 F_1 、 F_2 和 F_3 表示水对每个容器底部的压力,则三个力的大小关系为

- A. $F_1 > F_2 > F_3$; B. $F_1 < F_2 < F_3$;
C. $F_1 = F_2 = F_3$; D. $F_3 < F_1 < F_2$.

分析: 以具有临界形状的(1)为研究对象, 根据其横截面处处相等, 故水对容器底部的压力正好等于水的重量。在保持底面积不变的条件下:

当它变成(2)的形状时(图1-1-2), 水面上升, 底部受到的压强、压力均增加, 即压力大于水的重量;

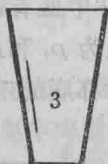
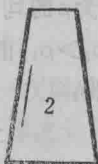


图1-1-1

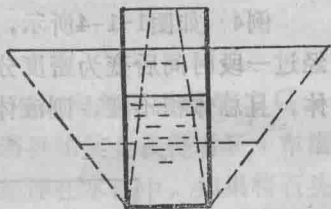


图1-1-2

当它变成(3)的形状时, 水面下降, 底部受到的压强、压力均减小, 即压力小于水的重量。

所以, 应选答案(D)。

例3 如图1-1-3所示, 当变阻器的滑动触头 K 向下移动时, 各电表示数的变化为:

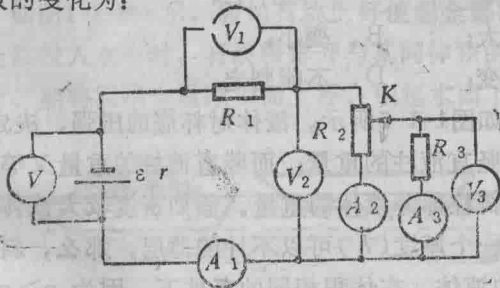


图1-1-3

A. I_1 、 I_2 、 I_3 减小;

B. u_1 、 u_3 减小;

C. u 、 u_2 增大;

D. u_1 、 u_2 、 u_3 增大。

分析: 当 K 滑至 R_2 最下端的极限位置时: 分压电路的输出电压 u_3 降为零, 故电流 I_3 也降为零; 而分压电路(R_2 和 R_3)的总电阻增至最大为 R_2 , 故全电路总电阻最大, 总电流 $I_1 = I_2$ 最小; 同时, 路端电压 $u = \varepsilon - I_1 r$ 增大, $u_1 = I_1 R_1$ 减小, $u_2 = u - u_1$ 增大。

所以, 应选答案(A)、(B)和(C)。

例4 如图1-1-4所示, 杯中盛有密度为 ρ 的均匀混合液体。经过一段时间后变为密度分别为 ρ_1 和 ρ_2 ($\rho_2 > \rho_1$) 的两层均匀液体, 且总体积不变, 则液体对杯底的压强将:

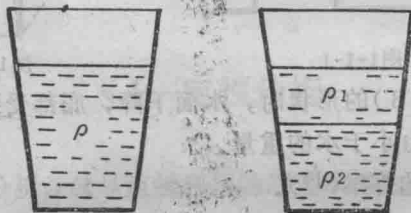


图1-1-4

A. 变大; B. 变小;

C. 不变; D. 不能判定。

分析: 如图1-1-5所示, 液体对杯底的压强, 决定于横截面等于杯底的竖直液柱的重量; 而竖直液柱的重量又等于全部液体的重量减去斜柱部分液体的重量。假如密度较大液体(ρ_2)只能在杯底形成一个厚度(h)可以不计的薄层, 那么, 斜柱部分就全是密度 ρ_1 的液体。在体积相同的条件下, 因为 $\rho > \rho_1$, 密度为 ρ 的斜柱体重量就大于密度为 ρ_1 的斜柱体, 即密度为 ρ 的直柱体的

重量，就小于由密度 ρ_1 和 ρ_2 组成的直柱体的重量。

所以，应选答案(A)。

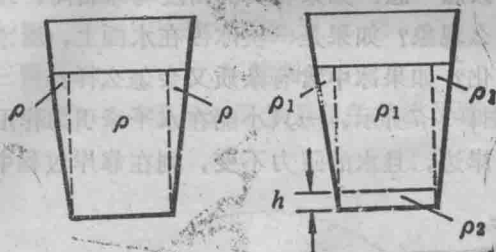


图1-1-5

例5 在一次国际科学会议之暇，有人向美国物理学家G·盖莫夫、原子弹之父R·奥本海默和诺贝尔奖金获得者F·布洛赫提了一个小问题：一只装着石头的船浮在水池中，如果将石头投入水中，池中水面的高度将如何变化？

有趣的是，三位科学家由于没在意这个“微不足道”的问题，结果都答错了！你的看法呢：

- A. 升高；
- B. 降低；
- C. 不变；
- D. 不能断定。

分析：如图1-1-6所示，假如石块正好使船全部浸入水中：当将石块全部投入水中时，石块将排开与其同体积的水而使水面上升；同时，船将因排水量减少而上浮，引起水面下降。因为所



图1-1-6

减少的排水量与石头的重量相等，而石头的密度大体积小，水的密度小体积大。所以，水面上升较少，下降较多，应选答案(B)。

读者还可以想一想：如果石头的密度与水相同，或者比水还小，会看到什么现象？如果是一块冰浮在水面上，当冰熔化后，水面又如何变化？如果冰中含有杂质又会怎么样？

例6 如图1-1-7所示，一只小船在水平牵引力作用下，通过牵绳匀速驶向岸边，且水的阻力不变，则在靠岸过程中：

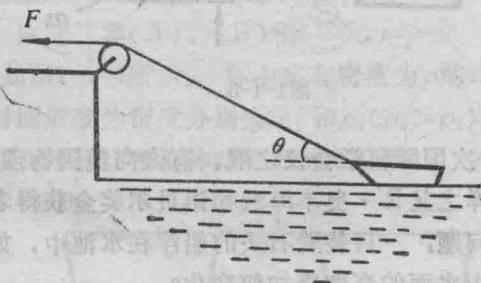


图1-1-7

- A. 牵引力不断增大；
- B. 牵引力保持不变；
- C. 船受到的浮力减小；
- D. 船受到的合外力不变。

分析：当船距离河岸很远，即 $\theta \approx 0^\circ$ 时，牵引力(F)与水的阻力(f)在同一直线上，只要 $F = f$ 就可使船匀速前进；当 θ 从 0° 增到 90° 时，牵引力除了平衡 f 之外，还要在竖直方向平衡船的一部分重力，故牵引力将不断增大。

当 $\theta \approx 0^\circ$ 时，船的重力全由浮力平衡；当 θ 从 0° 增到 90° 时，船的重力由浮力与拉力共同平衡，且拉力不断增大，故浮力将不断减小。

在船匀速运动的过程中，受到的合外力始终为零。

所以，应选答案(A)、(C)和(D)。

例7 (第二届全国中学生物理竞赛试题)为了“覆盖”整个地球赤道，至少要几颗同步卫星？

- A. 一颗； B. 两颗；
C. 三颗； D. 不能判定。

分析：如图1-1-8所示，同步卫星的轨道平面与地球赤道平

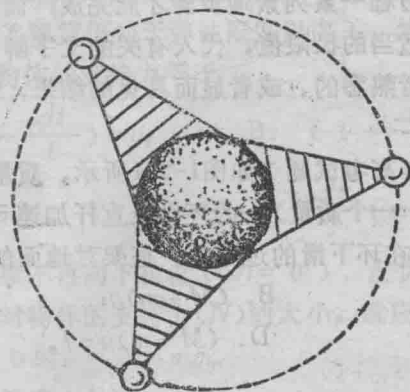


图1-1-8

面重合，且运行角速度等于地球自转角速度，从而相对于地面静止。同步卫星传递信号的微波是沿直线传播：当同步卫星距地面无限远时，卫星所发出的信号的覆盖范围最大——一颗卫星能覆盖赤道的一半，两颗卫星就能覆盖整个赤道。而实际上同步卫星的定点高度有限，仅为 $h=35800$ 千米，即一颗卫星只能覆盖小于赤道一半的范围。所以，至少得三颗同步卫星在赤道上空均匀分布，才能覆盖整个赤道，从而实现全球的卫星通讯。

所以，应选答案(C)。

§2 定量分析

所谓定量分析，就是通过定量计算进行分析、推理和判断。一般对于给出文字解答的选择题，常规解法要经过分析物理过程、列方程和解方程一系列繁琐步骤才能完成；而采用极限思维方法，只要选择适当的极限值，代入有关的文字解中，根据能否得到预料的、或者熟悉的、或者显而易见的结果，就可以立即对答案作出抉择。

例1（1986年高考试题）如图1-2-1所示，质量为 M 的框架放在水平地面上，一个质量为 m 的环沿竖直杆加速下滑，环与杆的摩擦力为 f ，则在环下滑的过程中，框架对地面的压力大小为

- A. Mg ;
B. $(M+m)g$;
C. $Mg+f$;
D. $(M+m)g-f$.

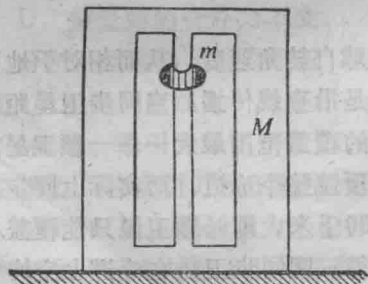


图1-2-1

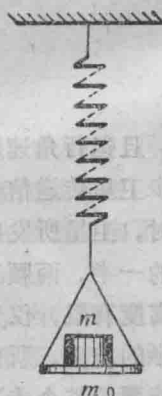


图1-2-2