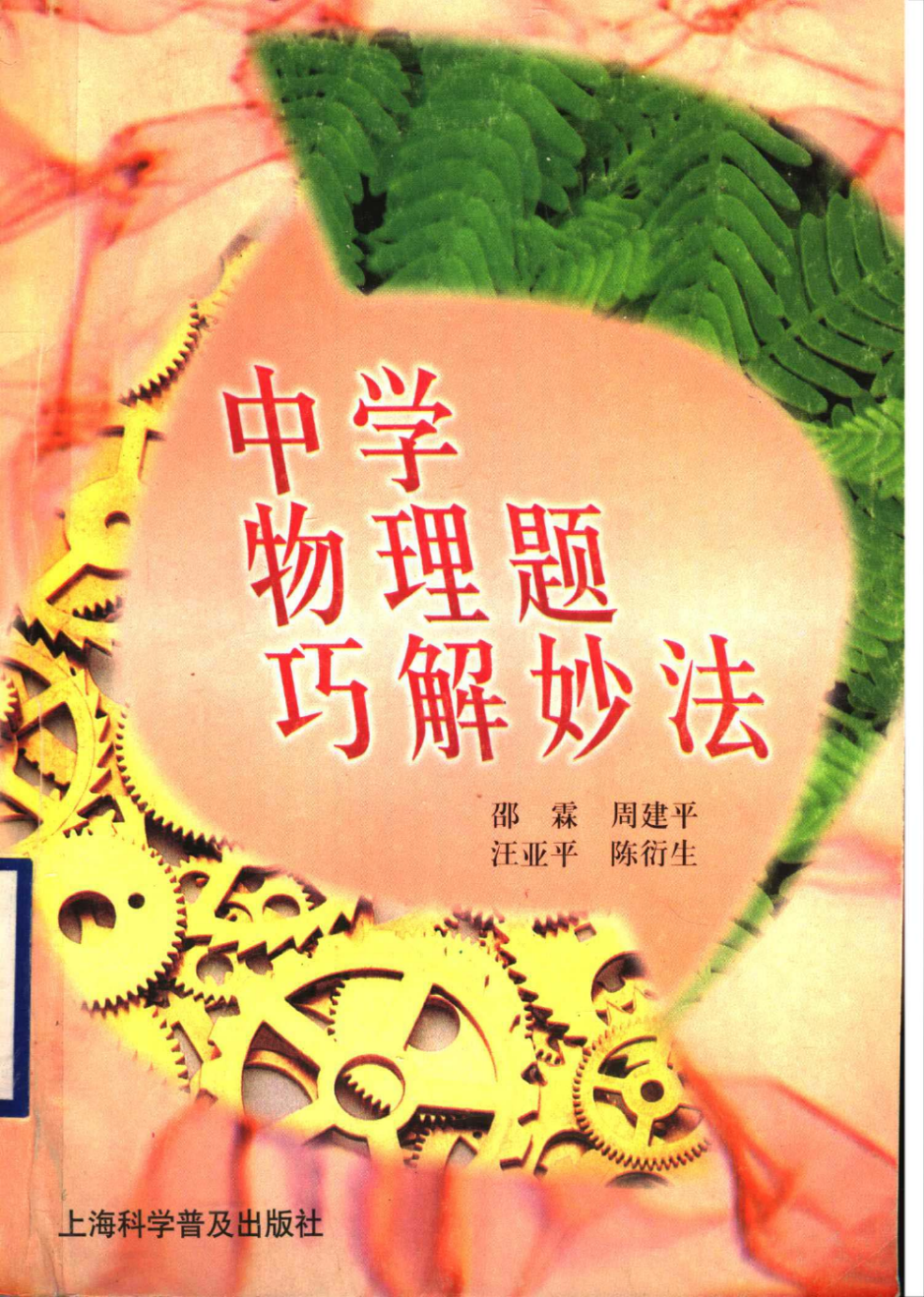




中学 物理题 巧解妙法

邵霖 周建平
汪亚平 陈衍生

上海科学普及出版社

中学物理题巧解妙法

邵霖 周建平 编著
汪亚平 陈衍生

上海科学普及出版社

图书在版编目(CIP)数据

中学物理题巧解妙法/邵霖等编著. —上海:上海科学普及出版社, 1999. 10

ISBN 7-5427-1623-9

I. 中… II. 邵… III. 物理课-中学-教学参考资料
N. G634. 703

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 35930 号

责任编辑 刘绪恒

中学物理题巧解妙法

邵霖 周建平 编著
汪亚平 陈衍生

上海科学普及出版社出版

(上海曹杨路 500 号 邮政编码 200063)

新华书店上海发行所发行 常熟文化印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 17.25 字数 384000

1999 年 10 月第 1 版 1999 年 10 月第 1 次印刷

印数 1—6000

ISBN 7-5427-1623-9/G · 546 定价:17.00 元

前 言

为了帮助广大高中学生提高物理思维能力，正确熟练地运用物理知识技巧和简捷地分析解决物理问题的能力，我们根据现行中学物理教学大纲、考试大纲和竞赛大纲的要求编写了这本《中学物理题巧解妙法》。

本书第一篇重点阐述了几种重要的物理思维方法。通过大量的典型例题的详细分析，帮助学生提高物理思维能力，养成良好的物理思维素质。第二篇和第三篇则选用了大量最新的全国高考试题、上海高考试题及少量全国中学生物理竞赛试题，介绍了中学物理解题中的一些特殊技巧及数学方法。这些思维方法和技巧，简捷、巧妙、容易掌握、便于记忆。读者一旦掌握并能灵活运用，就能提高分析解决物理问题的能力，提高解题速度和正确性，提高高考时的应试应变能力和高考成绩。

本书内容丰富，例题技巧性强，知识面广。为了不加重读者的学习负担，本书未配有练习题。读者可自行任选一本习题集或练习册，结合本书介绍的方法和技巧进行练习，以巩固和掌握这些方法。

本书是高中各年级学生学习物理的好帮手，特别适合于高中学生学完物理后进行全面复习和方法梳理。本书也可供参加中学物理竞赛训练的学生参考，对中学物理教师也有一定的教学参考之用。

限于作者的水平，书中缺点、错误在所难免，敬请读者批评指正。

编者

目 录

第一篇 物理思维方法	1
一、分析与综合	2
(一) 分析法	3
(二) 综合法	4
(三) 分析与综合的结合运用	6
二、模型与组合	24
(一) 模型的分类	25
(二) 模型的选择	34
(三) 模型的功能	58
三、猜测与假设	100
(一) 假设物理条件	100
(二) 假设物理过程	106
(三) 假设结果 具体论证	114
(四) 假设结构 逐步推理	121
四、等效与类比	125
(一) 等效法	126
1. 等效重力场	126
2. 等值单摆长和等效劲度系数	135
3. 等效电路和等效电源	143
4. 其他等效思维	154
(二) 类比法	159

1. 因果类比——物理类比	159
2. 数学类比	162
3. 模型类比	174
五、对称与补偿	181
(一) 对称法	181
1. 对称概念的建立	181
2. 对称规律的运用	182
(1) 运动对称性	182
(2) 力学对称性	186
(3) 电路对称性	191
(4) 光路对称性	194
(5) 物质分布的对称性	198
(二) 补偿法	200
1. 力学补偿	200
2. 能量补偿	202
3. 物质补偿	204
4. 电路补偿	207
5. 光路补偿	209
六、临界与转折	210
(一) 直接由规律导出的临界问题	211
1. 有关平面镜的临界问题	211
2. 有关全反射的临界问题	213
3. 有关透镜成像的临界问题	215
(二) 与极值相关连的临界问题	218
(三) 由平衡造成的临界问题	224
七、微元与积累	231
(一) 运动微元法	232

(二) 物质微元法·····	240
(三) 积累法·····	248
1. 力的时间积累 ·····	249
2. 力的空间积累 ·····	251
第二篇 物理解题妙法 ·····	259
一、隔离与整体·····	259
(一) 隔离法·····	260
(二) 整体法·····	287
(三) 全过程法·····	311
二、观察与试探·····	327
(一) 观察法·····	328
(二) 试探法·····	352
三、验证与排除·····	360
(一) 验证法·····	360
(二) 排除法·····	370
(三) 量纲法·····	378
四、估算与近似·····	391
(一) 估算法·····	392
(二) 近似·····	405
第三篇 巧用数学方法 ·····	411
一、巧用代数方法·····	411
(一) 巧用比例法·····	411
(二) 巧用换元法·····	421
(三) 巧用递推法·····	429
(四) 巧用极值法·····	438
二、巧用几何方法·····	450
(一) 巧用矢量三角形·····	451

(二) 巧用相似三角形.....	461
(三) 巧用函数图像.....	473
三、巧用解析方法.....	486
(一) 巧用正交分解法.....	486
(二) 巧选坐标系.....	500
第四篇 物理实验技巧.....	519
一、巧选实验仪器.....	519
二、巧选实验方案.....	526
三、巧析实验误差.....	532

一个民族想要站在科学的最高峰，就一刻也不能没有理论的思维。

——恩格斯

第一篇 物理思维方法

物理学是研究自然界最普遍最基本的运动形态及其规律的科学，是各门自然科学中研究最早，发展得最为成熟的学科。物理学研究所形成的物质观、自然观、时空观、宇宙观对整个人类文明产生了极深刻的影响。在物理学研究中还逐步形成了诸多的思维方法，如观察与实验、归纳与演绎、分析与综合、等效与补偿、类比与联想、猜测与假设、理想化方法与模型化方法、估算与概算、隔离法与整体法等等，它们不但是科学研究中有效的思维方法，也是培养和提高人能力和素质的有效方法。这些思维方法成为求解物理问题不可缺少的金钥匙。

近现代的教育研究证明，科学方法是通向认知能力的桥梁，为此现行的中学物理教学大纲乃至全国高校招生考试大纲都明确了中学物理的知识结构不仅应包括物理事实、物理概念、规律、公式和物理理论本身的内容，也应包括物理学研究和解题中的思维方法。也因为这样，近年来世界各国的物理教学改革都把加强科学方法教育，提高学生思维能力和分析解决问题的能力放到了最重要的位置。

本篇以中学物理中已介绍的物理知识为例，比较系统地介绍中学物理解题中常用的思维方法，这是求解物理问题的诸多特殊方法的基础，是各种巧解妙法的根本。

物理学的思维方式可分为逻辑思维和直觉思维两大类。逻辑思维遵从形式逻辑的规律，它包括综合、分析、归纳、演绎、推理等主要形式，它借助于严密的逻辑关系把有关知识联系起来建立系统的知识体系，形成一定的知识结构。在解题中，则凭借具体问题与物理规律之间的逻辑联系建筑起桥梁或纽带。直觉思维是与逻辑思维不同的另一种思维方式，在某种启示与由此直觉得出的结论之间没有任何逻辑的关系，它是一种跳跃式的、突发性的思维方式，直觉类似于灵感、顿悟、奇妙启示等，在物理学的发展中它往往与全新的重大科学发现相联系，在中学物理解题中作为一种思维训练，它包括模型与假设、等效与类比、对称与补偿、猜测等主要形式。当然在解决具体问题的过程中这两种思维方法往往是交叉组合而不是绝然分离的。是否可以这样说，我们往往借助直觉思维判明方向，发现目标，而又应用逻辑思维逐步前进，抵达解决问题的彼岸。

一、分析与综合

分析与综合是同一思维过程的正逆两个趋向。分析，是从未知量出发，根据物理规律，逐步上溯，最后完成解题的全过程。而综合，则从已知量出发，逐步下推，完成解题的全过程。因此，分析法是一个逆向思维的过程，综合法是一个正向思维的过程。

在实际解题中，两种方法往往同时加以运用。即利用分

析法寻找解题思路，然后运用综合法加以表述，使解题过程清晰明了。

(一) 分析法

【例 1】 甲、乙两个小孩各乘一辆冰车在水平冰面上游戏，如图 1-1-1 所示。甲和他乘的冰车的质量共为 $M=30\text{kg}$ ，乙和他乘的冰车质量也是 30kg 。游戏时，甲推着一个质量为 $m=15\text{kg}$ 的箱子，以 $v=2.0\text{m/s}$ 的速度一起滑行，乙以同样大小的速度迎面滑来。为了避免相撞，甲突然将箱子沿冰面推给乙，箱子滑到乙处时，乙迅速把它抓住。若不计冰面的摩擦力，求：(1) 甲至少要以多大的速度（相对于地面）将箱子推出，才能避免与乙相撞。(2) 甲在推出时对箱子做了多少功？（1986 年全国高考题）

【分析与解】 甲要和乙不相撞，有三种可能。①甲推出箱子，乙抓住箱子后，甲、乙同时静止；②甲推出箱子后反向运动，乙抓住箱子后，或静止、或反向运动，或虽向左运动，但速度小于甲；③甲推出箱子后仍向右运动，而乙抓住箱子后也向右运动，或速度大于甲，或速度等于甲。

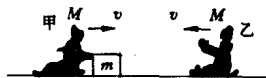


图 1-1-1

因为，运动开始时，甲、乙及箱子的总动量为 mv （向右）。箱子的变动不造成总动量的变化，因此，第①种可能与第②种可能中的乙静止，和乙向左运动，均违背动量守恒定律，应予排除。②中的乙向右运动，与③中的 $v_{\text{乙}} > v_{\text{甲}}$ ，虽然符合动量守恒定律，但甲与乙的动量变化大，甲做的功多，不符合题意中的“至少”要求，也应舍去。最后筛选出唯一的

可能方案，即③中的最后一种可能，甲、乙速度相等且均向右。

据此得到甲、乙的共同速度 v' $(2M+m)v' = mv$

$$v' = 0.4 \text{ m/s}$$

令箱子的推出速度为 v'' ，再次写出甲的动量变化式， $(M+m)v = Mv' + mv''$

解得 $v'' = 5.2 \text{ m/s}$

甲在推出箱子时做的功等于甲与箱子总动能的增量。

$$\text{即：} W = \frac{1}{2} Mv'^2 + \frac{1}{2} mv''^2 - \frac{1}{2} (M+m)v^2 = 173 \text{ J}$$

【评注】 本题从两车不相撞的条件入手分析，逐步追溯到甲推箱子的过程。这是一种典型的分析法。

(二) 综合法

【例 1】 如图 1-1-2 所示，宽度 $d = 8 \text{ cm}$ 的匀强磁场区域（长度 aa' ， bb' 足够长），磁感应强度 $B = 0.332 \text{ T}$ ，磁场方向垂直纸面向里，在磁场边界 aa' 上放有一放射源 S ，可沿纸面向各个方向均匀射出初速率相同的 α 粒子。已知 α 粒子的质量 $m = 6.64 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ，电量 $q = 3.2 \times 10^{-19}$

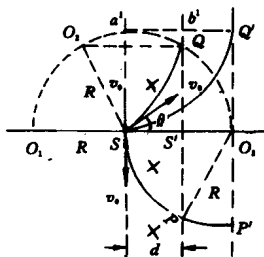


图 1-1-2

C，射出时的初速率 $v_0 = 3.2 \times 10^6 \text{ m/s}$ 。

作图：(1) 从 S 向各个方向出射的 α 粒子通过磁场空间作圆周运动时圆心的轨迹。

(2) α 粒子从 b 端出射时离 bb' 中的最远点 P 点的位置。

(3) α 粒子从 b' 端出射时离 bb' 中的最远点 Q 的位置。

计算: (4) P 、 Q 两点连线的长度。

(5) 如果 d 是可以变化的, 求 PQ 的最大值。

【分析与解】 α 粒子的出射速率是恒定的, 从不同方向射出, 在磁场中形成不同的圆, 但这些圆的半径都相同 (设为 R)。这些圆, 都通过放射源 S' , 因此, 圆心的轨迹是以 S 为圆心, R 为半径的圆周。极端贴紧 Sa' 飞行的 α 粒子只有在极短时间内在磁场中作圆周运动, 圆心在 O_1 。设与 SS' 成 θ 角飞行的 α 粒子沿圆弧 $\widehat{SQ}$ 飞行, $\widehat{SQ}$ 与 bb' 相切 (Q 即为从 b' 端出射时离 S' 最远点), 圆心在 O_2 。沿 Sa 飞行的 α 粒子沿圆弧 SP 飞行, 圆心在 O_3 。所以, 符合题意的圆心轨迹仅仅是 SS' 上方的半圆周。

以下计算轨迹圆的半径 R , 和 P 、 Q 的位置。

$$\therefore Bqv = \frac{mv^2}{R},$$

$$\therefore R = \frac{mv}{Bq} = 0.2\text{m}$$

连结 O_3P , 因为 $O_3P = R$, $O_3S' = R - d$,

$$\text{又 } \overline{S'P}^2 = \overline{O_3P}^2 - \overline{O_3S'}^2,$$

$$\therefore S'P = 0.16\text{m}.$$

由图容易看出 Q 点与 P 点对于 SS' 对称,

$$\text{即 } S'Q = S'P,$$

$$\therefore S'Q = 0.16\text{m},$$

$$\therefore PQ = 0.32\text{m}.$$

增大 d , 即在图中将 bb' 右移, 显然 PQ 增大。当 $d = R$ 时, SP' 和 SQ' 均成为 $\frac{1}{4}$ 圆弧, $P'Q'$ 即为 PQ 的最大值。

$$\therefore (PQ)_{\max} = P'Q' = 2R = 0.4\text{m}$$

【评注】 本题从已知条件出发，紧扣粒子的运动，层层分析，逐步求解，是典型的综合法。

(三) 分析与综合的结合运用

【例 1】 如图 1-1-3 所示，两根竖直地放置在绝缘架上的金属框架。框架的上端接有一个电容量为 C 的电容器。框架上有一质量为 m ，长为 l 的金属棒，平行于地面放置，与框架接触良好无摩擦，棒离地面的高度为 h 。强度为 B 的匀强磁场与框架平面垂直。开始时，电容器不带电，自静止起将棒释放，问棒落到地面大约需要多少时间？

【分析与解】 先分析棒的运动情况。棒在重力作用下下落，切割磁感线，产生感应电动势。由于电容器的存在，将形成充电电流，因而，棒将受到安培阻力。棒将作加速度由 g 逐渐变小的变加速运动。直至安培力与重力之差恒定，维持匀加速运动为止。

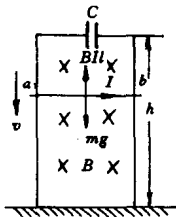


图 1-1-3

因为速度是变化的，电流也是变化的。所以攻克这个难关是本题的关键。取一个极短的时间间隔来研究。 $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ ，而 $Q = Cu$ ，所以 $\Delta Q = C \cdot \Delta u$ ，又 $\Delta u = \Delta \mathcal{E} = BL\Delta v$ ，再由加速度的定义 $a = \Delta v / \Delta t$ ，即 $\Delta v = a \cdot \Delta t$ ，依次迭代，即得， $I = CBLa$ 。

以下的考虑就比较简单了。棒受到的安培力 $F = BIl = CB^2L^2a$ ，由棒的受力分析得， $mg - CB^2L^2a = ma$ ，即 $a = \frac{mg}{m + CB^2L^2}$ 。由于 m 、 g 、 C 、 B 、 L 都是常量，所以棒最后作加速度为 a 的匀加速运动。由于开始加速度变化的阶段很短，

所以视作棒的整个运动是匀加速运动。至此，求下落时间就很简单了。

取匀加速运动过程

$$a = \frac{mg - F}{m}, \quad \dot{F} = BIl,$$

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \frac{C\Delta u}{\Delta t} = \frac{C\Delta \mathcal{E}}{\Delta t} = \frac{CB\dot{L}\Delta v}{\Delta t} = CBla,$$

$$\therefore a = \frac{mg}{m + CB^2L^2}.$$

$$\therefore h = \frac{1}{2}at^2,$$

$$\therefore t = \sqrt{\frac{2h}{a}} = \sqrt{\frac{2h(m + CB^2L^2)}{g}}.$$

【评注】 本题首先是综合思考，以后又采用分析法处理。是两种方法交替作用的实例。

运用综合、分析的方法解题。需要扎实的知识基础，清晰的物理概念，以及一些必备的能力，尤其重要的是要注意以下几点。

1. 要准确理解题意

准确理解题意是解题的基础。阅读分三个层次，第一层次是明确已知条件和待求未知量。第二层次是看出关键性词语。第三层次是大体确定解题的方向。

【例2】 在匀强电场中有一带电小球，质量 m ，电量 $+q$ ，通过绝缘细线悬挂在 O 点。平衡时细线与竖直方向成 θ 角，问所加的匀强电场至少多大？方向如何？

【分析与解】 先阅读和理解题意。(1) 小球的重力为已知，平衡时的位置也已经确定，而电场力的大小和方向都未肯定。

(2) 关键词语是匀强电场至少多大？

(3) 可以确定本题是一个力平衡问题。

正确的解法是, 将重力正交分解, 如图 1-1-4 所示, $mg\sin\theta$ 使球产生切向加速度, 破坏平衡。所以, 必须加上一电场力 $qE=mg\sin\theta$, 抵消这一运动趋势。

$$\therefore E = \frac{mg\sin\theta}{q}, \text{ 方向与水平面成 } \theta$$

角向上。

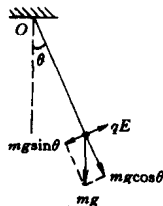


图 1-1-4

有些同学轻易地写出 $qE=mg$, 虽然也能使小球平衡, 但不符合至少这个要求, 因而是错误的。

【例 3】如图 1-1-5 所示, 轻质弹簧下挂一质量 m 的物体 A, 静止在 P 点。再用细线在 A 的下方挂一质量为 M 的物体 B, 静止后将细线剪断, 若 A 回到 P 点时的速率为 v , 此时 B 的速率为 u , 不计一切阻力, 求此运动过程中弹簧弹力对 A 物体的冲量为多少?

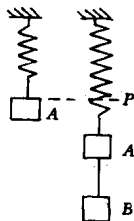


图 1-1-5

【分析与解】先阅读和理解题意:

(1) 已知物体 A、B 始末两态的动量值, 待求的是 A 物体所受弹力的冲量。

(2) 关键词语是 A 回到 P 点……。意味着 A、B 两物体的末态是同一时刻的末态。

(3) 解题方法显然对 A 用动量定理。

设弹簧对 A 的弹力为 F 。

对 A 用动量定理 $mv - 0 = Ft - mgt$,

因为 A、B 是同一时刻的末态, 所以 $gt = u$ 。

$$\therefore I = Ft = m(v + u), \text{ 方向向上。}$$

【例 4】两平行金属板 a、b 之间的电压为 u , a 板带正