张耀久 张 杰 编著

高中物理解题方法串讲

复旦大学出版社

高中物理解题方法串讲

张耀久　　张　杰　　编著

复旦大学出版社

内 容 提 要

本书按照高中物理教学大纲，应用“串讲”的形式，对160个典型例题进行了纵向和横向的联系，既将高中物理中力、热、光、电学等各种物理知识串连起来讲解，又对解题过程中所应用的数学方法作了提纲挈领的归纳。目的是使学生巩固和灵活运用各种物理概念，并能自如地选择各种数学方法，去迅速、正确求解各类物理问题。书末还附有8个综合练习及其答案。

本书可供高中学生备考复习和物理教师教学参考之用。

高中物理解题方法串讲
张[illegible]久　张　杰编著
复旦大学出版社出版
（上海国权路579号）
新华书店上海发行所发行　复旦大学印刷厂印刷
开本787×1092　1/32　印张11　插页0　字数254,000
1989年4月第1版　1989年4月第1次印刷
印数1—22000
ISBN7-309-00270-9/G·47　定价：3.40元

前　　言

解答物理习题是学好高中物理的重要环节。通过解题，可将物理知识系统化、结构化，使各部分知识之间发生内在的、逻辑的联系，组成完整的知识结构体系。掌握解题方法是正确解答物理习题的关键，又是一种重要的技能与手段。

本书应用“串讲”的形式，对160道典型例题进行了解题分析。既将高中物理中力、热、电、光等各种物理概念、物理规律串连起来讲解，又对解题过程中所应用的解题方法作了提纲挈领的归纳。使物理学科各分支、物理学科与数学等学科之间的知识群发生广泛的纵横联系，串成知识链，织成知识网。本书力求选题新颖、语言流畅、内容翔实，以帮助读者培养分析推理能力和提高解决问题的能力。

吴卓尹同志参加了本书的部分编写工作。

作　者

1988年2月

目　录

第一部分　解题方法串讲

形成物理概念、掌握物理规律是解题的重要基础，应用逻辑方法、数学知识是解题的主要手段。解物理题就是利用逻辑方法和数学知识去对研究对象进行描述、推导和计算，以期对物质运动的变化过程作出定性的判断和定量的分析；用简明严格的语言与简洁严谨的有关符号演示解题过程和表达结果。

通过解题，不仅巩固、扩大和加深了所学的物理知识，而且也培养和发展了抽象思维能力与逻辑推理能力。所以，我们应当重视解题方法的学习和钻研。根据高中物理各类习题的性（性质）、型（类型）、形（形式）以及难易、深浅、繁简等的差别，解题时应作认真分析，正确选择各种解题方法。

解题有法，但无定法。一道物理题往往会有多种解法，可供选优。下面结合例题解析，对中学物理中常用的一些解题方法进行分析、归纳，供读者解题时参考。

1. 有一个质量是 m 的小球Ⅰ用长度是 L 的绳子悬挂在 O 点。将球拉到 A 点，OA 是水平线，如图 1-1 所示。另一质量相等的小球Ⅱ静止放在 B 点（B 点在 O 点的竖直下方，$OB=L$），$\overset{\frown}{BG}$ 是半径 $R=\dfrac{L}{2}$ 的一段圆弧

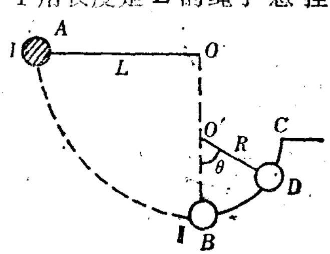


图 1-1

轨道（圆心在OB的中点）。当在A点的小球Ⅰ从静止下落到B点时，跟小球Ⅱ作弹性碰撞使小球Ⅱ沿轨道BC滑出（不考虑摩擦）。求小球Ⅱ经过D点时对轨道的压力。（$\theta=60°$，$m=1$千克）

分析：本题是物理过程较为复杂的问题。可将整个过程划分为三段：(1) 小球从A下落至B的过程中，是小球的重力势能转化为动能的过程，遵循机械能守恒定律；(2) Ⅰ、Ⅱ两球在B点作弹性碰撞，遵循动量守恒定律和动能守恒；(3) 小球Ⅱ在碰撞后沿轨道作圆周运动直至滑出，在这过程中由轨道的弹力和小球重力的分力提供向心力。

我们将采取两种截然相反的思考方法来解这一问题。

解 *第一种思考方法：*

为了求出小球Ⅱ沿圆弧轨道滑行到D点时对轨道的压力Q，可先求出它的反作用力N，即

$$Q=-N \tag{1}$$

对小球Ⅱ，它在运动至D点时，受到圆弧轨道对它的支持力N、重力mg，根据牛顿运动定律，

$$N-m_2g\cos\theta=m_2v_D^2/R \tag{2}$$

根据机械能守恒定律，可找出未知量v_D的关系式：

$$m_2gR(1-\cos\theta)+\frac{1}{2}m_2v_D^2=\frac{1}{2}m_2v_B^2 \tag{3}$$

根据两球在B点作弹性正碰，可找出v_B的关系式：

$$v_B=\frac{2m_1}{m_1+m_2}v_1=v_1 \tag{4}$$

小球Ⅰ从A下落至B时，机械能守恒：

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2=m_1gL \tag{5}$$

解联立方程 (1)～(5)，得

$$Q = mg\cos\theta + mv_D^2/R = 35\ (牛)$$

第二种思考方法

设小球 Ⅰ 落到 B 点时的速度为 v_1，由机械能守恒定律：

$$m_1gL = \frac{1}{2}m_1v_1^2 \qquad (1)'$$

Ⅰ、Ⅱ 两球在 B 点作弹性正碰，系统的动量和动能都守恒，所以小球 Ⅱ 在 B 点的速度为

$$v_B = v_1 \qquad (2)'$$

小球Ⅱ沿轨道上滑时，由机械能守恒，

$$\frac{1}{2}m_2v_B^2 = \frac{1}{2}m_2v_D^2 + m_2gR(1-\cos\theta) \qquad (3)'$$

当小球Ⅱ滑至 D 点时，根据牛顿运动定律

$$N - m_2g\cos\theta = m_2v_D^2/R \qquad (4)'$$

上式中 N 为圆弧轨道对小球Ⅱ的弹力，它的反作用力为

$$Q = -N \qquad (5)'$$

解联立方程 (1)′～(5)′，得

$$Q = mg\cos\theta + mv_D^2/R = 35\ (牛)$$

根据题 1 的解题过程，我们不难发现两种思考方法的思维顺序正好相反。

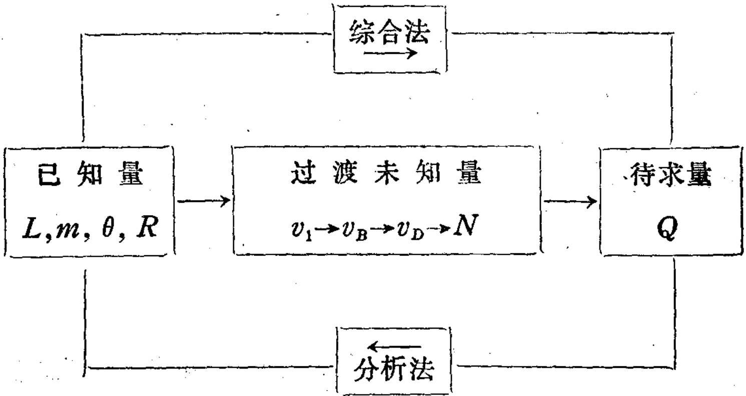
第一种是从未知到已知的思维方法。它是从待求量——小球Ⅱ通过 D 点时对轨道的压力 Q 出发，通过对题意的条分缕析，应用倒推的思维顺序 ($Q\to N\to v_D\to v_B\to v_1\to L$)，步步上

溯，层层拓展，逐一找出未知量与已知量之间的关系，直至找到待求量 Q 与已知量之间的全部关系式即 (1)～(5) 的五个方程为止。这种思维方法就叫做分析法。

第二种是从已知到未知的思维方法。它是由已知量——系小球 I 的绳子长度 L 开始，根据题给条件和相关的物理定律、定理、公式等，找出一些物理量和已知量之间的关系。应用顺推的思维顺序 ($L\to v_1\to v_B\to v_D\to N\to Q$)，将这些关系用一系列方程 (1)′～(5)′ 表达，最终找到待求量与已知量之间的全部关系。这些思维方法就叫做综合法。

（注意：(1)′～(5)′ 的方程与(1)～(5)的方程完全相同，仅仅顺序相反。）

将分析法与综合法的两种解题思路统一起来，可表示成如下：



分析法和综合法是解答物理习题中的两种最基本和最重要的解题方法。我们应当熟练掌握、灵活运用。

2. 一个小物块以初速度 $v_0=5$ 米/秒从斜面上A点经 $t=5$ 沙钟时间，通过 $s_1=62.5$ 米的路程滑至底端 B 点。若物块通点 B 点时不改变速度的大小，然后又沿着滑动摩擦系数 $\mu=0.2$ 的平面滑至 C 点而停止，如图 1-2 所示。求物块运动的总路程。

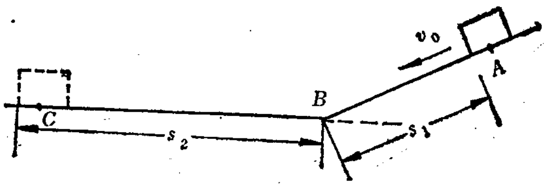


图 1-2

分析：这是一道反映物理过程较为复杂的综合题，适宜应用分析法的思维路线去求解。即从待求量出发，逐一上溯，直至找到待求量与已知量之间的全部关系。

现在从待求量——总路程 s 出发。根据 $s=s_1+s_2$，已知 s_1，欲求 s，需求 s_2(s 是物块在平面上滑行的路程)；又由运动学公式和牛顿运动定律，$v_B^2=2a_2s_2=2\mu gs_2$，其中已知 μ，欲求 s_2，需求出 v_B(v_B 是物块经过 B 点时的瞬时速度)；为求 v_B，由运动学公式 $v_B=v_0+a_1t$，其中已知 v_0 和 t，欲求 v_B，需求a_1(a_1 是物块从斜面上滑下时的加速度)；再根据 $s_1=v_0t+\frac{1}{2}a_1t^2$，其中已知 s_1、v_0 和 t，a_1 可以求出。至此，就找到了待求量 s 与已知量 s_1、v_0、t 和 μ 等的全部关系。若将上面的关系式逐一合并，就可得到物块运动总路程的表达式。

解 物块在斜面上作匀加速运动，在平面上作匀减速运动。设它在两段路程上的加速度分别为 a_1 和 a_2。则物块运动

的总路程为

$$s=s_1+s_2=s_1+\frac{v_B^3}{2a_2}$$

$$=s_1+\frac{(v_0+a_1t)^2}{2\mu g}=s_1+\left[v_0+\frac{2(s_1-v_0t)t}{t^2}\right]^2\Big/2\mu g$$

$$=s_1+\left(2\frac{s_1}{t}-v_0\right)^2\Big/2\mu g$$

将已知数值 $s_1=62.5$ 米，$v_0=5$ 米/秒，$t=5$ 秒，$\mu=0.2$ 代入上式，得

$$s=162.5\ (\text{米})$$

3. 两个圆柱体 A 和 B，半径均为 $r=0.25$ 米，各以 $n=1$ 转/秒的转速作同方向转动，其转动轴平行且在同一水平面内，相距 $s=1.6$ 米。有一块质量为 $M=5$ 千克、长度为 L（$L>3.2$ 米）的棒水平放置在两圆柱体之上。开始时其重心恰好位于圆柱体 B 的正上方，之后移到两圆柱体之间，如图 1-3 所示。已知木板与两圆柱体之间的滑动摩擦系数均为 $\mu=0.16$，求棒开始运动到棒的重心在 A 的正上方时所需的时间。

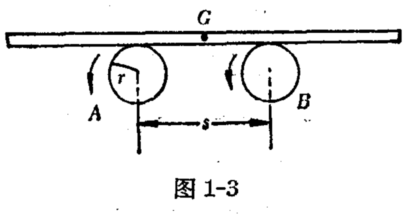


图 1-3

分析：棒一旦置于圆柱体上，因受到两圆柱体的摩擦力作用而作加速滑动。当棒的滑动速度达到圆柱体边缘的线速度的

大小时，棒的速度已达到最大值 v_m，此后棒作匀速滑动。所以，棒在 B 的正上方开始滑动到棒的重心移至 A 的正上方的过程中，经历了加速和匀速两种性质的运动。分别求出这两种运动所需的时间，就可求得总时间。

本题用分析法解时，应从待求量 t 入手，根据 $t=t_1+t_2$（t_1 是棒作加速运动的时间，t_2 是棒作匀速运动的时间），先求 t_1，再求 t_2，然后代入即可。

解 从棒的重心置于圆柱体 B 的上方开始，棒因受到摩擦力作用而作加速滑动，设经时间 t_1，速度等于圆柱体边缘的线速度 v_m。从此时开始，棒与圆柱体之间的摩擦力为零，棒作匀速滑动，设经时间 t_2 棒的重心移至圆柱体 A 的正上方，则

$$t=t_1+t_2$$

而
$$t_1=\frac{v_m}{a}=\frac{2\pi nr}{\mu g}$$

将 $n=1$ 转/秒，$r=0.25$，$\mu=0.2$ 代入上式，得

$$t_1=1\ (\text{秒})$$

又
$$t_2=\frac{s_2}{v_m}=\frac{s-\frac{1}{2}at_1^2}{2\pi nr}=\frac{s-\frac{1}{2}\mu g t_1^2}{2\pi nr}$$

再将有关数据代入，得

$$t_2=0.5\ (\text{秒})$$

最后，求出总时间

$$t=1+0.5=1.5\ (\text{秒})$$

在运用分析法解题时，一般有两种方式。一种方式是将所有上溯的关系式逐一合并，代入“原始公式”，得出一个总公式去求出待求量。如题 2 所求得的总路程 s 的表达式就是属于这

一情况。另一种方式是逐个求出各个关系式中的中介未知量，再将计算出的中介未知量的值代入“原始公式”，最后求出待求量。题3中的 t_1 和 t_2 就是中介未知量，是分别求出其数值后再代入原式得到结果的。

4. 光滑水平地面上停有一质量 $M=0.6$ 千克的小车，小车的一边是四分之一的圆弧，如图1-4所示。一质量 $m=0.4$ 千克的小球，以 $v_0=20$ 米/秒的速度沿圆弧底的切线方向与小车作弹性正碰，一切阻力不计。求小球落下再次离开小车时的速度是多少？（g 取10米/秒^2）

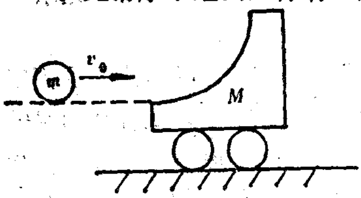


图 1-4

分析：根据题中叙述的物理过程，小球与小车发生碰撞后，小车向右运动，小球沿着圆弧运动，当小球到达圆弧的顶点并离开小车继续向上运动时，其水平速度与小车相等，所以当小球到达最高点再落下时，仍旧落到小车上沿着圆弧下滑，直到离开小车。我们可从已知量入手进行归纳。

解 用综合法解。从已知量开始，可分成如下几个简单部分来逐步求解：

（1）求出小车到达最高点时的速度

小球到达最高点时，其水平速度与小车相等，根据动量守恒定律，

$$mv_0=(M+m)V$$

求得小球到达最高点时的速度

$$V=\frac{m}{M+m}v_0=\frac{0.4}{0.610.4}\times 20=8\text{（米/秒）}$$

（2）求小球能上升的最大高度

因小球与小车作弹性碰撞，且一切阻力不计，所以小球到达最高点 h 时系统的机械能仍守恒：

$$\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}(M+m)V^2+mgh$$

由此得到 $$h=\frac{mv_0^2-(M+m)V^2}{2mg}$$

$$=\frac{0.4\times20^2-(0.6+0.4)\times8^2}{2\times0.4\times10}=12\text{（米）}$$

（3）求小球落下再离开小车的速度

小球从最高点落下到离开小车，系统的机械能守恒。设离开时小球和小车的速度分别为 v、v'，则有

$$\frac{1}{2}(M+m)V^2+mgh=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}Mv'^2$$

系统的动量守恒，

$$(M+m)V=mv+Mv'$$

解得小球离开小车时的速度为

$$v=\frac{m-M}{m}V=\frac{0.4-0.6}{0.4}\times8=-4\text{（米/秒）}$$

（如果物理概念清晰的话，这题可直接将小球与小车碰撞前和小球落下再离开小车时的始末状态作比较。根据系统的机械能守恒和动量守恒而得解：

$$\frac{1}{2}mv_0^2=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}mv'^2$$

$$mv_0=mv+Mv'$$

可见步骤简单，结果相同。）

5. 金属容器中活塞的左方封有1.5升空气，右方封有3升氧气。活塞处于平衡时如图1-5所示。设活塞不漏气，不计与器壁的摩擦。U形管压强计的容积忽略不计，且水银面的高度差为76厘米，当时大气压强为76厘米高水银柱。现将阀门A打开、再关闭时，压强计高度差降为38厘米。问容器内氧气质量的变化是原来氧气质量的几分之几？

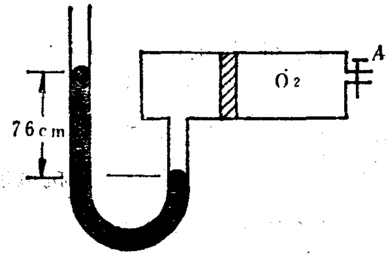


图 1-5

解 用综合法解。分成三部分来考虑：

(1) 当阀门A打开后，确定活塞的移动方向

阀门A打开前，容器左方的空气压强为152厘米水银柱，而右方氧气的压强仅为76厘米水银柱。所以当阀门A打开后活塞将向右移动，一部分氧气泄出。

(2) 求关闭阀门A后容器内氧气的体积

以容器内空气为研究对象，应用玻-马定律求得关闭阀门后的空气体积V_2。由$p_1V_1=p_2V_2$得

$$V_2=\frac{p_1V_1}{p_2}=\frac{152\times1.5}{76+38}=2\ (\text{升})$$

所以这时氧气的体积为

$$V'=4.5-2=2.5\ (\text{升})$$

(3) 求氧气质量的变化量

以容器内的氧气为研究对象。根据克拉珀龙方程：

氧气未泄出时 $$p_1'V_1' = \frac{m_1}{M}RT$$

氧气泄出后 $$p_2'V_2' = \frac{m_2}{M}RT$$

两式相比，得 $$\frac{p_2'V_2'}{p_1'V_1'} = \frac{m_2}{m_1}$$

上式可写成 $$\frac{m_1 - m_2}{m_1} = \frac{p_1'V_1' - p_2'V_2'}{p_1'V_1'}$$

$$= \frac{152 \times 3 - 114 \times 2.5}{152 \times 3} = \frac{3}{8}$$

6. 容积相等的两球形容器 A、B 由细管连接，细管中间的活栓关闭着。已知 A 容器中充有 0℃、1 大气压的氮气，B 容器中充有 50℃、0.5 大气压的氧气。当打开活栓后，两部分气体充分混合时的压强为 0.8 大气压。求此时混合气体的温度。

解 用综合法解。由已知条件入手，可分两步来考虑：

(1) 活栓关闭着时，两球形容器中气体的摩尔数之比

根据克拉珀龙方程，分别对容器 A 和 B 中的气体布列方程。设每一容器的容积为 V，两容器中的压强与温度分别为 p_A、p_B 和 T_A、T_B，摩尔数为 n_A、n_B，则

$$p_AV = n_ART_A \tag{1}$$

$$p_BV = n_BRT_B \tag{2}$$

由 (1)、(2) 两式，得

$$\frac{p_B}{p_A} = \frac{n_BT_B}{n_AT_A} \quad 或 \quad n_B = \frac{p_BT_A}{p_AT_B}n_A$$

将 $p_A = 1$ 大气压，$p_B = 0.5$ 大气压，$T_A = 0℃ = 273\ \text{K}$，$T_B = 50℃$

$=323\text{ K}$ 代入，得

$$\frac{n_B}{n_A}=\frac{0.5\times273}{1\times323}=0.42$$

（2）打开活栓后，求混合气体的温度

设混合后气体的温度为 T，体积为 $2V$，摩尔数为 n_A+n_B，混合气体的压强为 p，则

$$p\cdot2V=(n_A+n_B)RT \tag{3}$$

联立（1）、（3）得

$$\frac{2p}{p_A}=\frac{(n_A+n_B)T}{n_AT_A}$$

所以

$$T=2T_A\frac{p}{p_A}\ \frac{n_A}{n_A+n_B}$$

$$=2T_A\frac{p}{p_A}\ \frac{1}{1+\frac{n_B}{n_A}}$$

$$=2\times273\times\frac{0.8}{1}\times\frac{1}{1+0.42}$$

$$=308\ (\text{K})=35\ (^\circ\text{C})$$

7. 两块平行竖直金属板 MN 分别接到变阻器两端，电池组的电动势 $\mathscr{E}=600$ 伏，内阻 $r=80$ 欧。变阻器的总电阻为1200欧，K 为 AB 的中心位置。现有一带电微粒从 N 板上一小孔以 $\theta=\arcsin\frac{3}{5}$、$v=1$ 米/秒射入两板间。微粒的质量 $m=1.4\times10^{6}$ 千克，电量 $q=-11.2\times10^{-9}$ 库，两板相距 $d=28$ 厘米，板间真空（图 1-6）。求这微粒碰在 M 板何处？