

大学物理 解题方法 与技巧

张玉海 李秀芳 编著

大学物理解题方法与技巧

张玉海 李秀芳 编著

陕西科学技术出版社

大学物理解题方法与技巧

张玉海 李秀芳 编著

陕西科学技术出版社出版发行

(西安北大街 131 号)

新华书店经销 国营五二三厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 12.75 印张 270 千字

1987 年 7 月第 1 版 1987 年 7 月第 1 次印刷

印数: 1—7,500

统一书号: 7202·126 定价: 3.20 元

代 序

近年来，国内已经出版了不少关于大学物理习题解答一类的书籍，给在校大、专学生及自学青年在学习上提供了一定的帮助和方便。这些书籍的共同特点是按照教科书的系统，就题论题，逐题解答，而没有把侧重点放在解题方法和技巧方面。

本书编著者总结了多年来的教学经验，（并参考国内外有关新的资料），归纳出应用不同的数学形式解题的要领，使物理内容与数学工具更紧密地结合起来，给客体运动以逻辑序列的描述。本书重在发展学生思维、掌握解题方法，提高分析问题能力。因此，我相信，本书的出版将为有志于攀登科学技术高峰的青年提供一部有意义的基础性读物。

我衷心地祝贺这部书与读者见面。

江 仁 寿

1986.1.

目 录

导 论	(1)
第一章 解析物理习题常用的数学方法	(11)
§ 1 代数法	(11)
§ 1-1 算术式直线推理法的局限性	(11)
§ 1-2 将实际问题概括为函数关系	(12)
§ 1-3 代数式分合推理法	(16)
§ 2 微分法	(32)
§ 2-1 求直线运动中的速度和加速度	(32)
§ 2-2 刚体转动中的角速率和角加速度的算法	(36)
§ 2-3 求振动中的速度和加速度	(42)
§ 2-4 物理学中极值的解法	(48)
§ 2-5 求电势梯度	(59)
§ 2-6 矢量微商法	(63)
§ 3 积分法	(77)
§ 3-1 积分法求位移	(78)
§ 3-2 求静止液体对平面壁的压力	(82)
§ 3-3 质心的算法	(86)
§ 3-4 万有引力的算法	(89)
§ 3-5 转动惯量的算法	(95)
§ 3-6 变力做功的算法	(101)

§ 3-7	变力冲量的算法	(111)
§ 3-8	物理量平均值的算法	(115)
§ 3-9	统计平均值的算法	(124)
§ 3-10	积分法求电场强度	(128)
§ 3-11	积分法求电势	(141)
§ 3-12	静电场能量的算法	(148)
§ 3-13	非均匀导体电阻的算法	(152)
§ 3-14	求稳恒磁场分布的方法	(155)
§ 3-15	电磁力的算法	(167)
§ 3-16	磁力矩的算法	(174)
§ 3-17	感应电动势的算法	(179)
§ 4	根据物理模型建立微分方程求解法	(192)
§ 4-1	分离变量法	(193)
§ 4-2	二阶常系数线性微分方程求解法	(218)
§ 4-3	尝试法	(227)
§ 5	图解法	(232)
§ 5-1	坐标图解法	(233)
§ 5-2	几何法	(242)
§ 6	矢量运算法	(251)
§ 6-1	空间矢量解析法	(252)
§ 6-2	两个矢量的标积	(259)
§ 6-3	两个矢量的矢积	(264)
§ 6-4	时间矢量旋转法	(270)
§ 7	内插法和外推法	(276)
§ 7-1	内插法	(277)
§ 7-2	外推法	(286)

第二章 解析物理习题常用的逻辑思维方法	(293)
§ 1 分析法与综合法.....	(293)
§ 1-1 什么叫分析法与综合法.....	(293)
§ 1-2 分析法的推理概要.....	(294)
§ 1-3 综合法的推理概要.....	(302)
§ 1-4 分析法与综合法的区别与联系.....	(304)
§ 2 证明题的论证方法.....	(312)
§ 2-1 什么叫论证.....	(313)
§ 2-2 论证证明题的条规.....	(317)
§ 2-3 论证证明题的方法之一 ——归纳法.....	(321)
§ 2-4 论证证明题的方法之二 ——演绎法.....	(327)
§ 2-5 演绎法与归纳法的联合使用.....	(332)
§ 3 反证法.....	(335)
§ 3-1 什么叫反证法?	(335)
§ 3-2 反证法的推理要领.....	(335)
§ 3-3 从反命题归引到谬误的三种方式.....	(338)
§ 3-4 使用反证法的条件与困难.....	(341)
§ 4 穷举法.....	(341)
§ 4-1 什么叫穷举法?	(342)
§ 4-2 穷举法的推理要领.....	(342)
§ 5 类比法.....	(344)
§ 5-1 什么叫类比法?	(345)
§ 5-2 类比推理是科学探索的工具.....	(345)
§ 5-3 类比法的推理要领.....	(347)

§ 5-4 类比法在解析物理习题中所起的作用	(350)
------------------------	---------

第三章 几种新型习题的解答方法 (354)

§ 1 思考题及其解答方法	(354)
§ 1-1 思考题的功用	(354)
§ 1-2 思考题的种类	(355)
§ 1-3 解答思考题的基本要求和程序	(361)
§ 2 选择题及其解答方法	(378)
§ 2-1 选择题的功用	(378)
§ 2-2 选择题的解答方法	(378)
§ 3 程序题及其解答方法	(394)
§ 3-1 程序题的功用	(394)
§ 3-2 程序题答解的方法	(394)

导 论

一、解答物理习题的意义

物理理论来源于实践，所以，学习物理学必须理论联系实际。解答物理习题就是理论联系实际的主要手段之一，也是正确应用物理概念和规律的一种基本训练。

通用的物理教科书，只讲最基本、最重要的内容，生产实践、科学实验和日常生活中存在的多种多样物理现象，不可能被逐一叙述，如果把这些物理现象模拟、简化、抽象为物理习题，通过解答这些习题，便会使通用教科书中无法样样俱谈的地方得到适当的补充。

解答习题的过程，也是使用所掌握的知识进行分析、判断和逻辑推理的过程。根据题中所给的已知条件和物理现象之间相互联系的规律，逐步分析，找出已知量和待求量之间的数量关系，就能上升到运用理论独立解决问题的阶段。大部分习题，不可能从课本上直接找到答案，而是需要我们独立分析、推理计算来加以解决。因此，有目的地练习一定数量的典型题目，能促使我们抽象思维能力和计算能力的提高。

在解答物理习题的过程中，还可以养成我们正确的思维习惯和良好的工作习惯。所谓思维习惯，指的是独立思考、善于估计、周到全面、有条有理、步步有据等等。所谓工作

习惯，指的是顽强、细心、认真、负责（如解题验核的习惯）等等。人们只有在努力完成一定数量的习题中，经过多次自觉地自我训练，才能形成和巩固一定的良好习惯。

二、本书的编写动机和特点

目前大学物理教学内容增多，课堂学时减少，课堂示范解题的时间势将受到限制，而习题的深度、广度和难度又有所升级，使得学生在解答物理习题中难免遇到一些共同的困难，如思路不明确，方法不简捷，不能得心应手地结合物理模型运用数学工具求解以及难以将逻辑思维方法运用到物理问题的分析中，等等。为此，笔者结合自己廿多年来在教学中的体会，以数学工具和逻辑思维方法为横线，尝试着把数学知识、思维方法和物理模型三者有机地结合起来，总结出一套解题方法，汇集成这本小册子，作为大学物理习题课课外自学读物，供学生独立解题时参考。

将物理习题按数学方法和思维方法分类示范解答，是本书一个显著的特点。它有助于读者运用数学知识、物理知识和逻辑知识归纳问题与分析问题，使读者思路条理化，系统提高读者的解题能力。这一点是本书有别于以知识内容为系统的其它物理解题书。

三、解答物理习题要遵循一定的基本程序

根据大学物理学习题的性质和回答习题的方法，物理习题大致可以分为综合计算题、思考题、作图题、证明题、选择题和程序题等。但不管是哪种类型的习题，在解析时，都各自遵循基本的程序。下面以综合计算题为例，介绍它的解

题基本程序。

1. 审题

首先仔细阅读题目，分析题意，弄清以下几点：

(1) 习题中反映了哪些现象，它们的本质是什么？这些现象之间有何内在联系？表示这些现象的定律或公式是什么？

(2) 习题中给了哪些已知条件和已知的物理量？待求量是什么？

(3) 待求量和已知量之间有什么联系？是不是全部需要的量都已给出了，还要补充什么物理量？

2. 作习题图示

根据题意，画出一总体示意图，这样有助于疏通解题思路。

3. 寻找解题方法

审题和作草图的目的，是为了寻找解题途径和方法。这里应注意：

(1) 要细心思考，抓住问题本质，不要被表面文字所迷惑。如：火车从某车站开出，已知它离开某电杆的速度和车站到电杆的位移，求火车的加速度。这时，对火车从车站开来说，火车离开电杆的速度为末速度；又因火车从车站开出，则显然初速度为零。不要把火车离开电杆的速度在这种情况下误解为初速度。若以电杆为计时的起点，火车离开电杆的速度就是初速度了。所以“初”和“末”为相对概念，要找本质。

(2) 应留心找出题中暗示的条件。例如题中说“有一串联电路”，这就表示这段电路中的电流强度处处相等；总

电路上的电压等于各分路上电压之和。

总之，寻找解题方法的核心是始终要把题目的已知条件和要求，与所选择的相关物理概念和规律有机地结合起来，编排可行的演算程序。这步工作做好了，就为正确解题建立了“桥梁”。

4. 列式进行试解

根据物理模型选择恰当的物理公式和数学工具，列出方程式。列式时应注意：

(1) 根据题意写出习题的已知条件，并补充必要的物理常量（如重力加速度 g ；水的密度；真空介电常数……）和题中暗示的物理条件，再写出待求量。所有的量都要用通用的文字符号表示，注明数字和单位。如果单位不统一，要统一采用我国法定计量单位制。

(2) 找出全部跟解题有关的物理定律和公式，并组成相应的方程式。这里特别应该注意的是：

①列式前要弄清习题的物理内容和各量之间的关系，弄清所用公式或定律的物理本质、适用范围和成立条件，防止生搬硬套。例如牛顿第二定律对惯性系成立，若题中所涉及的为非惯性系，怎么办？再如计算变力做功时，能否直接应用恒力做功公式 $W = FS \cos \theta$ ？这些问题务必清楚。否则，将会导致原则性错误。

②解复杂的综合题时，往往包含几个方程，最好先用代数变换法联立求解，得出用文字符号表示的综合式，最后再代入数字运算。这样做，一则容易看出所求量和已知量间的关系，便于检验；二则可以简化数字运算。

③在写公式时，要注意逻辑上的正确性。即在各量排列

次序上，要根据物理意义来写。如：设质量为 m 的物体，在距地面高度为 h 处的重力势能为 $E_p = mgh$ ，如果把 这个式子写成 $E_p = ghm$ ，从数学的角度看，算出的结果相同，但从逻辑推理的过程来看，就不正确。因为前边的一个写法，实际表示着这样一个逻辑推理过程：即质量为 m 千克的物体，在外力作用下，举到高度 h 米处，反抗重力 mg 做功 mgh ；而后者无正确的物理意义。

5. 检验

对经过代数变换法得出的综合式要进行检验：

(1) 列式是否正确。审定公式的物理意义和习题的物理意义是否相同。如应用机械能守恒定律时，查一查题目所给的物理现象中，有无机械能转化为其它的能量；应用动量守恒定律时，看一看系统所受的合外力是否为零（或者某一方向合外力分量为零）。

(2) 进行量纲分析。根据“在任何正确的物理方程中，所有各项的量纲必定相同”的原则，检查等式两边的量纲是否相同。若不相同，肯定在推证中有错误，应细心查明原因，予以纠正。

(3) 在几种特殊情况下，公式是否正确。

(4) 把所得的计算结果，代入原式，看能否还原。

6. 推出正确的综合式后，代值计算

从事工程技术工作的人，常常要和数字打交道。一个数字正确与否，有时关系到国家的亿万财富，故在解题过程中，应反复训练，做到迅速而准确地算出结果。有效数字的位数由测量仪器或计算工具的精度来决定。

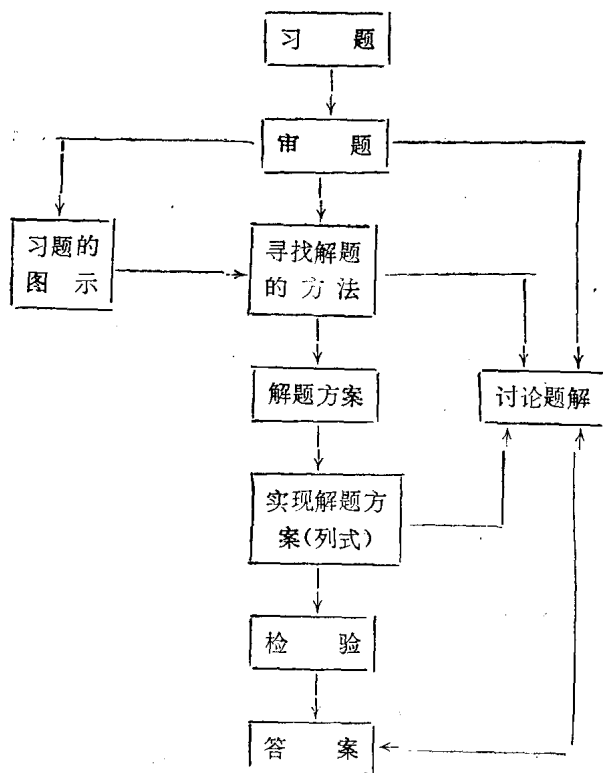
7. 陈述推理要点与答案

确认了所完成的题解正确后，还需要准确简明地陈述习题的答案。

8. 讨论题解

最后，对所完成的题解进行分析讨论，侧重从物理概念讨论习题在什么条件下有解，在什么条件下无解，明确有无其它更合理的解题方法，能不能对习题加以概括，从这个题

解题的基本程序图示



解中能作出什么样规律性的结论，等等。如果象这样不断地实践，一定会受益很大。当然，这不是必需的程序。

综上所述，解计算题的全部过程可用上图概括表示：

以上是对复杂的和具有多种设计的解题过程提供的一般程序，其中审题、寻找解题方案、列式、运算和陈述答案等为最基本步骤。因此，解答各种习题时，除必须遵循基本步骤外，其它解题程序可根据情况取舍，这样，会简便些。下面举一个例子，以便更具体地说明这个程序。

【例 0-1】 如图 0-1 所示。一长为 l 、质量为 m 的导体棒 $\overline{ab}$ ，其电阻为 R ，沿两条平行的导电轨道，无摩擦地滑下，轨道的电阻可忽略不计，轨道与导体构成一闭合回路。轨道所成的平面与水平面成 θ 角，整个装置放在均匀磁场

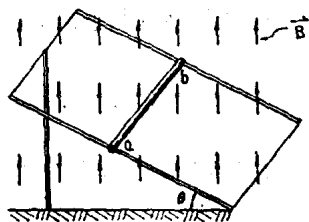


图 0-1

中，磁感应强度 $\vec{B}$ 的方向铅直向上。试求导体棒 $\overline{ab}$ 下滑时，所能达到稳定速度的大小。

解： 本题用两种方法求解。

解法一： 用力的方法求解

1. [审题] 欲求导体 $\overline{ab}$ 下滑时达到的稳定速度，要找一个直接推理途径是困难的。在导体棒 $\overline{ab}$ 下滑时，会出现些什么物理现象呢？将导体在磁场和重力场中运动的复杂过程简化分解为几个简单的物理过程，根据各分解过程的特征，列代数方程。这就是解析这道题的出发点。

导体棒 $\overline{ab}$ 下滑时，其物理过程可分解为：

(1) 导体棒 $\overline{ab}$ 在外磁场内下滑时, 切割磁力线, 则产生感应电动势。

(2) 导体 $\overline{ab}$ 与斜面光滑导体框组成一个闭合回路, 在感应电动势作用下, 产生感生电流。这感生电流又处于外磁场 $\vec{B}$ 中, 受到磁场力作用。磁场力的大小和方向由安培公式确定。

(3) 导体棒 $\overline{ab}$ 在磁场力和重力沿斜面分量的共同作用下, 作变速直线运动, 达到动平衡为止。

2. [列式] 根据题设和图 0-1 知:

(1) 导体 $\overline{ab}$ 下滑时, 切割磁力线, 产生感应电动势为

$$\varepsilon = \overline{ab} B \cos \theta \frac{ds}{dt} = l B v(t) \cos \theta$$

由于导体 $\overline{ab}$ 与斜面导体框组成闭合回路, 产生感应电流的大小为

$$I = \frac{l B v(t) \cos \theta}{R} \quad (1)$$

(2) 载流导线 $\overline{ab}$ 处于外磁场中, 受到磁场力作用, 其大小和方向由安培公式计算

$$d\vec{F} = I d\vec{l} \times \vec{B}$$

根据右手定则判断, 感生电流的方向是由 b 流向 a 。由左手定则判断, 磁场力方向沿斜面向上, 所以

$$F = \int dF = \int_0^l I B \sin(90^\circ - \theta) dl = I B l \cos \theta \quad (2)$$

(3) 取载流导体棒 $\overline{ab}$ 为研究对象, 进行受力分析和运动分析。当速度达到稳定值时, 在运动方向上的合外力为零

$$mg \sin \theta - IBl \cos \theta = 0 \quad (3)$$

把(1)式代入(3)式得

$$v = \frac{mgR \sin \theta}{B^2 l^2 \cos^2 \theta} \quad (4)$$

3. [检验]

(1) 当 $\theta = 0^\circ$ 时, $v = 0$, 符合实际。

(2) 量纲分析

$$\begin{aligned} \frac{[m][g][R]}{[B^2][L^2]} &= \frac{[M][L/T^2][I^{-2}L^2M \cdot T^{-3}]}{[I^{-1} \cdot M \cdot T^{-2}]^2[L^2]} \\ &= [L/T] = [V] \end{aligned}$$

即等式右边的量纲等于等式左边的量纲。

解法二: 用能量方法求解

取地球、金属棒等组成的电回路为系统, 金属棒的重力克服安培力作功, 将机械能转换为电回路的焦耳热。根据能量转换与守恒定律, 重力做功的瞬时功率应该等于回路的电功率, 其方程为

$$mg \sin \theta v = \frac{\varepsilon^2}{R} \quad (1)$$

又由法拉第电磁感应定律得

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \frac{d}{dt}(Blx \cos \theta) = Bl \cos \theta \frac{dx}{dt} \\ &= Bl \cos \theta v \end{aligned} \quad (2)$$

将(2)式代入(1)式, 化简得

$$v = \frac{mg \sin \theta R}{B^2 l^2 \cos^2 \theta}$$

得到与解法一相同的结果。