

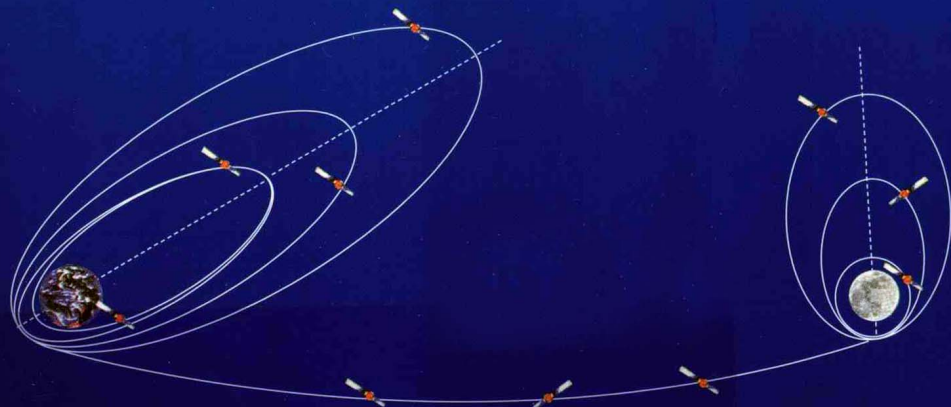
高等教育教学参考书

胡盘新 编著

Pyhsics

大学物理 解题方法与技巧

(第二版)



上海交通大学出版社

高等教育教学参考书

大学物理解题方法与技巧

(第二版)

胡盘新 编著

上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书系作者根据长期教学经验,并参考国内外有关资料,把大学物理中常用的解题方法加以归纳总结而编著。全书由“总论”和“解题方法与技巧”两部分组成。前者介绍了常用的各种解题方法,并举例加以说明;后者据当前通用教材的结构,按章给出了每章的基本概念、基本规律、习题分类、解题方法和示例。全书精选了典型例题 200 多题,每题都附有解题思路和方法的详尽分析。

本书可供各高等学校讲授和学习大学物理的师生参考,也可作读者自学时的辅助读物。

图书在版编目(CIP)数据

大学物理解题方法与技巧/胡盘新编著. —2 版.

—上海:上海交通大学出版社,2009

高等教育教学参考书

ISBN 978-7-313-03567-7

I. 大... II. 胡... III. 物理学—高等学校—
解题 IV. O4-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 161332 号

大学物理解题方法与技巧

(第二版)

胡盘新 编著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

上海交大印务有限公司印刷 全国新华书店经销

开本:880mm×1230mm 1/32 印张:12 字数:353 千字

2004 年 8 月第 1 版 2009 年 1 月第 2 版 2009 年 1 月第 3 次印刷

印数:3 050

ISBN978-7-313-03567-7/O·162 定价:18.00 元

版权所有 侵权必究

再版前言

本书自 2004 年出版以来,受到读者的欢迎,读者普遍反映,目前出版了不少关于大学物理习题解答一类的书籍,这给读者在学习上提供了一定的帮助和方便,但是这些书大多是按照教材逐题解答,就题论题,没有系统地归纳解题方法和技巧。而本书则突出了解题方法和技巧,能给读者更多的帮助和指导。此次修订时在保持原书的特色基础上,第一部分总论中增加了解题示例,指导读者规范解题。同时,深入总结解题方法,归纳了更多的方法,如增加了建模法、估算法、近似算法及求平均值法等。为了适应教育形势的发展,在第二部分对各部分教学内容的例题作了调整、更新和补充,旨在深入浅出,以进一步满足读者的要求。相信本书经过此次修订,提高了质量,会更受到读者的欢迎。

编者仍期盼读者提出批评和指正。

编者

2008 年 12 月
于上海交通大学

前 言

“物理题目难做”，这是作者经常听到的一种感叹。有的读者做了不少题目，可是一遇到新问题，却又束手无策。究其原因，一是要端正做题的目的。有的读者认为学物理就是解物理习题，有的甚至对教材内容不加复习，对基本概念和基本规律不图理解，就一头扎在题目堆里，乱套公式，拼凑答案。做习题主要是检查自己对基本概念和基本规律掌握的情况，也可以启发自己将已学的理论用于分析和解决实际问题。所以做习题必须把阅读和钻研教材内容放在首位，不能颠倒顺序，不分主次。二是要掌握正确解题方法。针对不同的问题，要采用不同的解题方法，包括思维方法和数学方法。不得其法，则事倍功半。编者有鉴于此，根据多年来积累的教学经验，并参考国内外有关资料，把大学物理中常用的解题方法加以归纳总结，撰写成本书，希望能帮助广大读者掌握物理解题方法，启迪思维，提高分析问题和求解问题的能力。

本书分为两部分，第一部分是总论，介绍大学物理中常用的解题方法，对每种解题方法都举例加以说明。第二部分是针对物理学中各种运动形式的特点，分章讨论。为了使读者方便和节省解题时间，所以在每章开头均列出本章的基本概念和基本规律，对一些基本公式一般不作详细说明。然后将每章的习题加以分类，对各类问题的解题方法作不同的介绍，并举例说明之。本书共精选典型例题 200 多题。

本书由胡盘新教授主编，参加协编的有杨绮娟、胡彬、景浩旻、董英瀚等老师。在本书的编写和出版过程中，得到了上海交通大学出版社的大力支持和帮助，在此表示深切感谢。

由于编者水平所限，书中有不当和错误之处，恳请专家和读者批评指正。

胡盘新

2004 年 6 月于上海交大

目 录

第一部分 总论

一、解题的目的	1
二、解题的要求和建议	2
三、解题示例	3
四、大学物理中常用的解题方法	4
A. 建模法	4
B. 矢量法	8
C. 求导法	17
D. 积分法	21
E. 建立微分方程求解法	27
F. 图解法	29
G. 估算法	33
H. 近似计算法	34
I. 求平均值法	35
J. 补偿法	37
K. 类比法	39
L. 反证法	42

第二部分 解题方法与技巧

第一章 质点运动学	44
一、基本概念和基本规律	44
二、习题分类、解题方法和示例	46

1. 已知运动学方程求速度和加速度	46
2. 已知速度或加速度求运动学方程	53
3. 直线运动方程的应用	55
4. 曲线运动的切向加速度和法向加速度	59
5. 相对运动	62
第二章 牛顿运动定律	66
一、基本概念和基本规律	66
二、习题分类、解题方法和示例	68
1. 恒力作用下的直线运动	68
2. 恒力作用下的曲线运动	76
3. 非惯性参考系中物体的运动	78
4. 变力问题	81
第三章 力学中的守恒定律	84
一、基本概念和基本规律	84
二、习题分类、解题方法和示例	86
1. 功的计算	87
2. 动能定理、功能原理和机械能守恒定律的应用	89
3. 动量定理和动量守恒定律的应用	95
4. 变质量问题	104
5. 质点的角动量定理和角动量守恒定律的应用	107
6. 运动守恒定律的综合应用	109
第四章 刚体力学	118
一、基本概念和基本规律	118
二、习题分类、解题方法和示例	120
1. 力矩的计算	120
2. 转动惯量的计算	122
3. 转动定律的应用	124

4. 刚体的角动量定理和角动量守恒定律的应用	128
5. 力学中的守恒定律对刚体运动的综合应用	132
6. 平面平行运动	136
第五章 振动	138
一、基本概念和基本规律	138
二、习题分类、解题方法和示例	140
1. 简谐运动的运动学问题	140
2. 简谐运动的动力学问题	146
3. 简谐运动的合成	155
第六章 波动	158
一、基本概念和基本规律	158
二、习题分类、解题方法和示例	161
1. 已知波动的表达式,求有关的物理量	161
2. 已知波动的有关物理量,建立波动表达式	163
3. 已知波形曲线,建立波动表达式	166
4. 波的叠加——波的干涉和驻波	168
5. 多普勒效应	174
第七章 气体动理论	178
一、基本概念和基本规律	178
二、习题分类、解题方法和示例	180
1. 气体状态方程的应用	180
2. 理想气体内能的计算	184
3. 统计方法和气体分子速率分布律的应用	187
4. 宏观量和微观量关系式的综合应用	191
第八章 热力学	193
一、基本概念和基本规律	193

二、习题分类、解题方法和示例	195
1. 热力学第一定律的应用	195
2. 循环过程以及热效率和致冷系数的计算	201
3. 热力学第二定律的应用	207
4. 熵的计算	208
第九章 静电场	212
一、基本概念和基本规律	212
二、习题分类、解题方法和示例	217
1. 电场强度的计算	217
2. 电势的计算	231
3. 电荷在电场中受力和做功的计算	240
4. 静电平衡条件的应用	242
5. 介质中静电场的计算	245
6. 电容的计算	246
7. 电场能量的计算	249
第十章 恒定电流	253
一、基本概念和基本规律	253
二、习题分类、解题方法和示例	254
1. 电阻的计算	254
2. 欧姆定律的应用	256
3. 欧姆定律微分形式的应用	260
4. 电流的功和功率的计算	261
5. 基尔霍夫定律的应用	264
第十一章 恒稳磁场	266
一、基本概念和基本规律	266
二、习题分类、解题方法和示例	268
1. 磁感应强度的计算	268

2. 磁场对载流导体的力和力矩的计算	283
3. 磁场力的功的计算	287
4. 洛伦兹力的计算	291
5. 介质中磁场的计算	294
第十二章 电磁感应和电磁场	297
一、基本概念和基本规律	297
二、习题分类、解题方法和示例	299
1. 法拉第电磁感应定律和楞次定律的应用	299
2. 动生电动势的计算	303
3. 感生电动势和感生电场的计算	309
4. 自感和互感的计算	313
5. 磁能的计算	319
6. 位移电流的计算和全电流安培环路定理的应用	321
第十三章 波动光学	324
一、基本概念和基本规律	324
二、习题分类、解题方法和示例	329
1. 双缝干涉条纹的计算	329
2. 薄膜干涉条纹的计算	331
3. 单缝夫琅禾费衍射和光栅衍射条纹的计算	335
4. 光学仪器分辨率的计算	341
5. 马吕斯定律和布儒斯特定律的应用	342
6. 有关波晶片问题的计算	344
第十四章 狭义相对论	347
一、基本概念和基本规律	347
二、习题分类、解题方法和示例	349
1. 相对论时间和长度的计算	349
2. 相对论动力学问题的计算	355

第十五章 量子物理.....	359
一、基本概念和基本规律	359
二、习题分类、解题方法和示例	362
1. 黑体辐射定律的应用	362
2. 光电效应和康普顿效应关系式的应用	364
3. 玻尔氢原子理论的应用	366
4. 德布罗意波长的计算	368
5. 不确定关系的应用	369
6. 波函数的计算	371
主要参考书目.....	373

第一部分 总 论

一、解题的目的

在大学物理教学过程中,做习题是一个很重要的环节。著名理论物理学家索末菲(A. Sommerfeld)曾写信告诫他的学生海森堡(W. K. Heisenberg,理论物理学家,量子力学的创建者,诺贝尔物理学奖获得者):“要勤奋地去做练习,只有这样,你才会发现,哪些你理解了,哪些你还没有。”由此可见,做习题的目的主要是:通过做题可以及时地发现自己对物理学的基本概念、基本原理和基本规律在理解上和应用上存在的问题,从而达到巩固所学的知识、加深对教学内容的理解。

不仅如此,解题的过程,也就是使用所掌握的知识进行分析、判断和逻辑思维的过程。根据题中所给的条件和物理现象之间相互联系的规律,经过分析,找出正确的解题线索。所以解题还可以培养分析问题和解决问题的能力。

在解题的过程中,还可以养成正确的思维习惯和良好的工作习惯。所谓思维习惯,就是指独立思考、善于估计、周到全面、有条有理、步步有据等。所谓工作习惯,就是指顽强、细心、认真、负责等。

要做适当数量的习题,并不是说做得愈多愈好,而是重在分析,务求透彻,讲究质量,提炼出解题规律和解题技巧,启迪思维,打开思路,做到举一反三,触类旁通,这是培养和提高解题能力的关键。

“大学物理”研究的运动形式是多种多样的,有机械运动、分子热运动、电磁运动以及微观粒子的运动等。各种运动形式都具有特殊性又有交互性,因此大学物理中的问题就显得比较复杂,给读者解题带来了困难。为此,编者根据长期教学经验,并参考国内外有关资料,把大学物理中常用的解题方法从数学方法和思维方法上加以归纳总结,并针

对各种运动形式的特点,对解题方法作出分章讨论,希冀能帮助读者掌握解题方法,启迪思维,提高分析问题的能力。当然,这些解题方法尚不可能归纳得齐全完备,可能挂一漏万,期盼以后再逐步完臻。

二、解题的要求和建议

为了帮助读者顺利地解物理题,提出一些要求和建议,供参考。

1. 认真复习

做题前必须认真复习教学内容,认真钻研和理解其内容,掌握其科学规律。必须纠正先做题后看书的颠倒顺序以及死记硬背、乱套公式的错误做法。只有在认真复习的基础上做题,才能取得“事半功倍”的学习效果。

2. 仔细审题

做题时一定要仔细审题,真正理解题意,简要写出该题的已知条件和待求的物理量。根据题意,画出必要的示意图,这样有助于疏理解题的思路。

3. 寻找规律

抓住问题的本质,找出解题的正确途径和适合本题的全部物理规律。注意弄清所用公式或定律的物理本质、适用范围和成立条件。有时一道题往往可用不同的物理规律来求解,解题后则要加以比较其简繁。

4. 列式求解

对给明数字的计算题一般先求文字解,在对文字解做量纲检查及合理性分析后,再代入数据,计算出数值结果。这样做便于检查计算结果是否正确。

5. 讨论结果

对结果进行必要的讨论,常常可以加深对问题的理解,起到举一反三

三的效果。有的还需对结果的合理性进行讨论。

以上建议也是解题的一般顺序。只有坚持高标准、严要求,认真做好每一道题,才能培养出严谨的科学作风和素质。

三、解题示例

下面举例说明解题的一般步骤,以此作为示范,供读者参考。

示例 一质量 $m=2.0\text{ kg}$ 的装满水的水桶,拎手上拴有绳子,手抓住绳子的一端,使水桶在铅直面内作圆周运动,其圆半径 $R=0.80\text{ m}$ 。欲使水桶在最高点时不会掉下,问水桶在最低点时速率的最小值应为多少?

解 (1) 审清题意。

题中要求水桶在圆轨道的最高点时不会掉下,计算水桶在最低点时的最小速率。

(2) 分析运动及受力情况。

以水桶为研究对象,它受到重力 P 和绳子的拉力 T , T 恒与运动方向垂直,画出受力图(见图 0-1)。由于合力的大小和方向时刻在变化,所以水桶在铅直面内作变速率圆周运动。

水桶在最高点时, P 和 T 两力的方向都是垂直向下,所以只有法向加速度,其大小

$$a_n = \frac{v_B^2}{R}。$$

(3) 列式求解。

将水桶视为质点,根据牛顿运动定律,水桶在最高点的运动方程为

$$P + T = ma_n$$

代入得

$$mg + T = m \frac{v_B^2}{R} \quad (1)$$

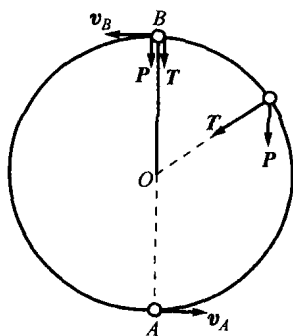


图 0-1

由于水桶在最高点 B 处的速率 v_B 是未知的,而题中要求的是水桶在最低点 A 处最小速率 $v_{A\min}$,所以尚需在 A, B 两点间找出它们的运动规律。

根据水桶的受力情况,重力是保守力,对于水桶和地球系统来说,水桶具有重力势能,而绳子的拉力处处与运动方向垂直,所以在运动过程中,拉力不做功,符合机械能守恒定律。如取水桶在最低点处为势能零点,则得

$$\frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2}mv_B^2 + mg(2R) \quad (2)$$

由式 1 和式 2 两式可解得

$$\begin{aligned} T &= m \frac{v_B^2}{R} - mg = m \frac{v_A^2}{R} - 5mg \\ &= \frac{m}{R}(v_A^2 - 5Rg) \end{aligned} \quad (3)$$

欲使水桶在最高点时不掉下,且在最低点时速率最小,必须满足 $T=0$,于是

$$v_{A\min} = \sqrt{5Rg}$$

最后代入数据,得

$$v_{A\min} = \sqrt{5 \times 0.80 \times 9.8} = 6.3 \text{ m/s}$$

(4) 讨论。

由式 3 可以知道,绳子的拉力 T 不能小于零。所以,当 $T \geq 0$,即要求 $v_A^2 - 5Rg \geq 0$,或 $v_A \geq \sqrt{5Rg}$ 时,水桶都能通过最高点而不掉下来。如果 $v_A < \sqrt{5Rg}$,那么水桶尚未到达最高点时,绳子的拉力已为零,此时水桶仅受重力的作用,但它具有沿圆轨道的速度,所以它将作斜抛运动。

四、大学物理中常用的解题方法

A. 建模法

物理建模方法是物理学的基本研究方法之一。由于物理问题一般

是复杂的,因此处理问题时,常突出主要矛盾,暂时略去一些次要因素,把实际问题抽象成一个理想模型,如质点、刚体、理想气体、准静态过程、点电荷等等都是理想化模型。大学物理习题,一般都作了简化,但读者在解答问题时,必须自问一下,它忽略了哪些因素,如果考虑了这些因素,将得到怎样的结果。

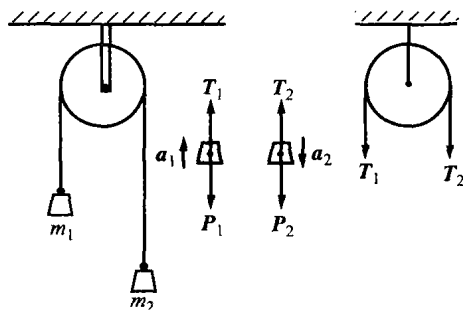


图 A-1

【例 A-1】 如图 A-1 所示的阿特武德机,绳子两端悬挂的物体的质量为 m_1 和 m_2 , 且 $m_2 > m_1$, 求物体运动的加速度。

解 这是一道大家熟悉的力学题目,可是题中忽略了很多因素。例如,绳子的质量不计。如果考虑了绳子的质量,那么绳子中的张力处处不同,绳子对两物体的拉力也不同。假设绳子是不能伸长的,那么较重的物体下降的距离等于较轻的物体上升的距离,即两物体的加速度大小相同。滑轮的质量不计,否则滑轮将做转动,滑轮两侧绳的拉力也不相等。绳与滑轮间的摩擦不计,因如有了摩擦,则通过摩擦将带动滑轮转动;且如有摩擦,滑轮两侧绳的拉力也不相等。除了以上忽略因素外,还有绳子与滑轮间没有相对滑动,轮轴上的摩擦忽略不计等等。经过这样的处理,才把一个复杂的问题简化为简单的质点动力学问题,应用牛顿运动定律就可以求出物体的运动加速度。

取竖直向上为坐标轴的正方向,根据物体的受力图可以列出物体的运动方程:

$$T_1 - P_1 = m_1 a_1 \quad (1)$$

$$T_2 - P_2 = -m_2 a_2 \quad (2)$$

由于绳子和滑轮的质量忽略不计,所以

$$T_1 = T_2$$

由于绳子的伸长忽略不计,且绳子与滑轮间无相对滑动,所以

$$a_1 = a_2 = a \quad (4)$$

以 $P_1 = m_1 g$ 和 $P_2 = m_2 g$ 代入,联立以上四式,可得两物体运动的加速度

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} g$$

如考虑滑轮的质量,设为 m ,半径为 R ,滑轮将作角加速转动。取顺时针方向为正的转动方向,根据转动定律则有

$$T_2 R - T_1 R = I \alpha \quad (5)$$

式中 I 为滑轮对转轴的转动惯量, α 为角加速度。由于绳子与滑轮间无相对滑动,则有

$$a = R \alpha \quad (6)$$

联立解式 1, 2, 4, 5, 6 五式,得

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2 + I/R^2} g$$

【例 A-2】 求单摆的振动周期。

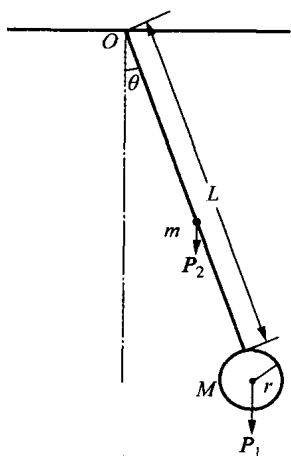


图 A-2

解 单摆是个理想化模型。实际的单摆,摆线总有一定的质量,且会伸长,摆球也总有一定的大小,单摆作小角度振动时,才是简谐振动。因此,实际的单摆振动是非常复杂的。如果考虑摆线的质量以及摆球的大小,摆的振动周期将是如何呢?

设摆线长 L ,质量为 m 且均匀分布,摆球的半径为 r ,质量为 M ,摆动过程中系统受力如图 A-2 所示。根据摆对悬点的力矩结合转动定律有

$$- \left[Mg(L+r) \sin \theta + mg \frac{L}{2} \sin \theta \right] = I \frac{d^2 \theta}{dt^2}$$

式中 I 为系统对悬点 O 的转动惯量。