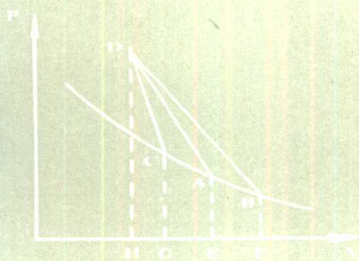

热学解题指导

陈心中 编



电子工业出版社

热学解题指导

陈心中 编

电子工业出版社

内 容 提 要

本书对大学普通物理热学课程的基本内容作了概述，说明了解题的要点和正确演算方法，对可能出现的错误作了剖析，并通过精选的典型例题进行指导和详细讨论。本书能帮助读者开阔思路，加深对热学的基本概念、规律和公式的理解，从而提高解决问题的能力。

本书可作为高等院校理工科有关专业的教学参考书，更适合于自学者和电视大学学员使用。

热 学 解 题 指 导

陈心中 编

责任编辑 宋玉升

*

电子工业出版社出版（北京市万寿路）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

山东电子工业印刷厂印刷

*

开本：787×1092毫米 1/32 印张：8.75 字数：195千字

1985年5月第1版 1985年5月第1次印刷

印数 1—15,000册 定价：1.80元

统一书号：15290·102

代 序

由于我国四化建设的需要，广大青年迫切要求掌握较深的物理学知识。对于肯坚持学习，走自学成才之路的青年来讲，《热学解题指导》一书可以帮助他们在自学大学课程（热学）的过程中，通过习题来掌握和巩固热学的基本概念和基本定律，并能应用热学原理去解决一些简单的实际问题。对于已有机会进入大专院校的学生来说，我们认为习题指导这类书可以促进教学改革，即：减少习题课学时，使学生根据指导书来锻炼自学能力和分析能力，而课堂上则可进行课堂讨论，活跃学生的思想。

希望这本《热学解题指导》能在这方面对广大青年学生有所裨益，并希望有成套的这类书问世。

章立源

1981年12月于北京大学

编写说明

为了帮助学生较好地掌握解答热学习题的方法和技巧，编者根据自己的教学实践，编写了这本《热学解题指导》。

为了便于自学，本书对大学普通物理热学课程的每个重要部分都有基本物理概念和规律的概述、解题要点的说明、正确演算方法的指导、对各种类型习题解法的总结以及可能出现的错误解法的剖析，并通过典型例题的详细讨论逐一阐述。书中附有一定数量的、难易程度不同的练习题，供读者自行检查学习效果。

自1981年以来，本书曾以讲义形式经过了几届学生的使用，这次又作了新的修订补充。

在本书的编写过程中，北京大学物理系章立源先生曾给予极大的鼓励和帮助，审阅了原稿，提出了许多宝贵的修改意见；编写工作得到阜阳师范学院有关领导和同志的大力支持，对此，一并致以衷心的感谢。

由于本人水平有限，书中难免有缺点和错误，恳请广大读者批评指正。

编 者

一九八四年元月于阜阳师范学院物理系

总 论

一、解答习题的目的

做习题是学习物理课程中的一个重要环节，学生也都比较重视做习题。但是常常有些学生只知道做习题，而不知道做习题的目的何在。因此，他们只注意死记公式、硬套公式，不注意深刻理解这些公式的物理意义，只注意习题的数量和计算结果，为做习题而做习题，不注意把习题和物理概念融为一体。

从教学的角度来看，做习题的目的应该是：

(1) 通过习题帮助学生深刻地理解和牢固地掌握基本的物理内容。学习热学的一个难点是概念多，不易掌握。一些热学的基本概念(例如热量、功、内能、热容量等)，基本定律和公式(例如理想气体状态方程、气体压强公式、热力学定理等)并不是一下子就能完全搞清楚的，只有让学生在完成一定数量的习题的过程中，经过自己的独立思考、深入钻研，才能真正地理解和掌握它们，并变成自己的知识。从认识论的角度来看，由理解到应用是由认识到实践的飞跃。通过练习，可以从学到懂、到会、到用、到熟，并逐步明确目的，掌握规律，能举一反三，触类旁通。

(2) 解答习题可以培养学生灵活运用所学的基础知识去解决实际问题的能力。学习的目的在于应用。通过解题训练，可以逐步培养学生的逻辑思维能力、想象能力和运用数学方

法处理物理问题的能力。

(3) 解答习题能帮助学生扩大知识范围。由于习题牵涉到各种各样的实际问题，通过解题常常可使学生了解到许多教科书上没有的新知识。

由此可见，解答习题的意义远比用具体数字代入公式要深刻得多。解任何一个习题绝不能想当然地找几个数字代到公式里算出了事，而应该从分析题目给定的物理过程的特点入手，根据物理概念、规律、公式确定解决问题的具体方法。

二、解答热学习题的一般步骤

热学习题大致可以分为三种类型：

1. 思考题

这类习题要求学生经过思考，应用基本物理概念回答一些问题。通过思考题的解答，使学生消化和巩固学过的物理知识。

对于思考题的解答，往往有三种情况：

(i) 直接应用某一基本物理概念、物理规律就可作出肯定的回答。

(ii) 应用基本物理概念和物理公式，稍作简单运算、推证，即可作出肯定的回答。

(iii) 有些思考题的灵活性较强，难以直接给出确定的回答，而需要考虑不同的前提条件，分几种情况逐个进行讨论，作出答案。

2. 证明题

这类习题要求学生应用基本物理公式、物理规律，一般

多借助于数学方法，推证某一结论。

3. 计算题

这类习题要求学生应用基本物理公式，通过数学运算，解决具体的实际问题。这是物理习题中最普遍的一种。当然，为了突出主要的物理内容，许多习题都在实际情况的基础上作了适当的抽象化处理。

不过，习题的分类并不是绝对的，有些习题就很难说是属哪一类型的。

对于证明题和计算题的解法，一般可分以下几个步骤：

(1) 审明题意 这是全部解题过程的开始，也是解好习题的基础。通过审题，了解题目所给定的物理过程的具体特征，存在哪几种状态，它们相互间有什么联系，与它们有关的物理量中哪些是已知的，哪些是未知的，然后有目的、有针对性地运用自己掌握的物理知识去揭示题目的内在联系和要求，这样，解题就有了方向。

物理过程的分析，是解物理习题与解其它学科习题的主要区别。

在审题过程中，应尽量将题目所给定的物理过程用图形表示出来，使题意直观、形象化，以利于分析、讨论、解算。

(2) 选取系统 选系统，也就是正确地选取研究对象，这是一个看上去简单、实际上非常重要的步骤。这一步骤在解答诸如有关理想气体状态方程的习题时，显得尤为重要，有时系统选错了，也就根本无法解题。

(3) 确定单位 一个物理量往往要同时用数值和单位来表示。在解热学习题的过程中，单位的使用尤为重要，应根据题意和给定的已知量单位，确定一个有利于解题的、合理的单位制，将各有关量的单位统一到同一单位制中。从发展

来看，逐步采用国际单位制是势在必行的方向。但是，有两
为了方便起见，考虑到历史上遗留下来的习惯用法，目前还
常常用国际单位制以外的其它单位，例如：卡、厘米水银柱
高、大气压、升等。

(4) 建立方程 根据题目所给定的物理过程的特征，选
择解题的具体途径，应用合适的物理规律和公式，建立有关
的数学方程式。在建立方程的过程中，要绝对避免套公式的
形式主义毛病，应该在真正理解各物理量间的内在联系的基
础上，来建立相应的方程。

由于所采用的推理方法不同，解题的具体途径可有下列
三种：

(i) 从需求的未知量开始，逐步推理，列出方程求解。

(ii) 从题目所给定的状态开始，逐步推理而求出未知
量。

(iii) 从题目的物理状态、相互联系出发，列出几个独
立的方程式，使方程式的个数恰等于未知量（包括辅助量）
的个数，然后联立求解。

原则上讲，任何一道习题都可应用上述三种途径求解，
然而对于不同的问题，往往只有一种解题途径是较为简便
的。

(5) 数学运算 建立方程之后，我们一般可按照“先符
号、后数字”的次序进行运算。但是这也不是绝对的，应针
对具体情况，灵活掌握。在运算过程，要充分、合理地应用
数学工具。数学是科学的语言，它的句子就是方程式和不等
式。在解题时我们要运用好这种语言，尽量使运算简洁、清
晰、正确。

(6) 核对答案 经过数学运算得到结果后，解题的任务

并没有完成，还需要从数学、物理两个角度对计算结果进行审查、分析、讨论。而且，通过审查，可以回忆一下解题的全过程，进而总结一下解题的成功或失败的经验教训，真正达到巩固、深化物理知识的目的。这一步是一些学生最容易忽视的，因为他们认为有了计算结果就万事大吉了。其实，数学式的求解，对学习物理学的人来说并不是最终目的。重要的任务是把数学解答应用于实际情况，讨论它，分析它。

对计算结果的分析 and 讨论大致有以下几种情况：

(i) 分析计算结果是否合理。有的习题通过解方程可得到两个以上的数学解，这些解不一定都符合题目的要求，怎样决定它的取舍，这就要根据实际情况，从物理意义上进行分析，正确地决定数学解的取舍。

(ii) 分析解的适用条件。有些习题的已知条件没有给出具体数据，而是用符号表示。那么，在得出计算结果后还必须进行分析在什么情况下怎样的解有意义。

(iii) 分析一切可能的情况。有些习题可能有多个解，在不同的情况下有不同的解，而通过数学运算得到的解并没有包括所有的情况，这时应特别注意分析，找出全部的解。

当然，实际解题过程不一定要严格按照上述六个步骤依次进行，有时可以将几个步骤合并，也可将各步骤穿插进行。总之，应该根据具体问题的特点来决定解题的具体步骤。

有些习题可能有多种解法，对于这样的习题应该尽量用各种方法解算一下。“一题多解”有利于培养思维能力、综合能力。还可以通过对各种不同解法的比较，找出解题的最佳途径，从而掌握解题的一般规律，以便在以后解题时灵活运用。

只要我们真正掌握好物理概念和规律，知道这些规律的

适用条件及相互联系，通过一定数量的解题练习，物理知识的运用就会越来越顺手，解题的思路也会越来越广阔，解题的能力也就会逐步提高。

在解题过程中，我们要有意识地培养和训练自己良好的解题习惯和严谨的科学态度，语言叙述要通顺、简洁，写列式要整齐、清晰，推理论证要严密、明朗，数学运算要简便、准确。

三、解题时常见的错误

初学者在解答习题的过程中，往往会出现各种各样的错误，现将常见的普遍性错误列举如下，以引起重视。

(1) 审题错误 认真审题是解答习题的第一个重要步骤，是正确解答习题的基础。但有些学生对审题不重视，常常由于粗心，将题目的意思领会错或将已知数据看错，结果得出不合理的答案。

(2) 对一些物理概念理解不透彻 譬如对“内能是态函数，热量和功是过程量”未能真正理解，所以在解题过程中走弯路，甚至发生错误。

(3) 符号应用混乱 用符号代表物理量，先符号运算后数字运算是解算习题的基本方法。但是许多学生在解题时不说明所用符号的物理意义，甚至在同一习题中用一个符号代表两个不同的物理量，别人（甚至解题者本人）看后混乱不清。为此，建议在解题时采用以下方法来说明符号的意义：

(i) 将题目给的已知量，配用符号重写一遍。例如，某题目中讲“一定量的气体由标准状态变到压强为 2.02×10^5 帕、温度为 373 开的状态”，这段文字可在解题时重新写为：

“ $P_1 = 1.01 \times 10^5$ 帕, $T_1 = 273$ 开; $P_2 = 2.02 \times 10^5$ 帕, $T_2 = 373$ 开”, 这样, 就可不再另外说明 P_1 、 T_1 、 P_2 、 T_2 各自代表什么物理量。其实, 采用这种方法对加深题意的理解也是很有帮助的。

(ii) 将解题过程中所用的每一个符号的物理意义逐个叙述清楚。

(4) 单位使用错误 这是热学习题解算中普遍存在的问题。由于物理量的单位很多, 有些物理量之间的关系又比较复杂, 因此在解题过程中就容易产生单位方面的错误。为了避免这种错误的发生, 在解每道习题之前, 应先选定一个适当的单位制, 把题中的各已知量的单位经过换算, 全部统一到同一单位制中, 完成这一工作后再考虑其它解题步骤。对于初学者来说, 熟练掌握各种单位的换算关系是非常重要的。

(5) 数学运算的错误 这类错误的发生, 大致可有以下两个原因:

(i) 由于运算时粗心、马虎, 引起笔误, 譬如小数点位置搞错, 计算错误等;

(ii) 数学基础差, 不能灵活运用数学知识解决物理问题。

为了减少数学运算错误, 平时应加强数学素质的训练, 使自己有一个较为扎实的数学功底。

四、有效数字

在解算热学习题时, 有些学生认为计算结果中保留的位数越多, 计算就越准确, 因此他们“不辞劳苦”、“精心运算”, 所得数值常可达小数点后六、七位之多。其实, 这样多的位

数并非准确。因为物理量的数值来源于实验测量，测得值的准确度决不可能超出仪器的准确度允许的范围，读数只能记到一定的位数。多记了没有意义，少记了不能如实地反映测量结果的准确度。有效数字正是反映了所用实验仪器的准确程度。有人在解题时算得温度为 283.4257683 开。显然，实验所用的温度计不可能测得这么精确的数值，一般只能精确到 0.01 开。所以上述计算结果虽花费了精力，但并不表示它是很精确的。

为了使解题迅速、准确，避免计算过程过于繁冗而浪费时间，我们必须正确进行有效数字的运算。下面归纳整理几条物理中近似计算的常用原则，以供参考：

(1) 有效数字的位数与单位的选取无关，同小数点的位置无关。我们常这样来确定数字中的零算不算有效数字：从左边起第一个非零数字以左的所有的零都不是有效数字，以右的所有的零都算作有效数字。例如 54.0 毫米与 5.40 厘米、0.0540 米都是三位有效数字。

(2) 在加减法运算中，先取参加运算的各数中小数点后面位数最少的一个作标准，将其它各数中过多的小数位数略去，然后再进行运算。例如，某混合气体中，氧的分压强为 2.58 厘米水银柱高，氮的分压强为 74.5 厘米水银柱高，氩的分压强为 0.614 厘米水银柱高，则混合气体的压强为

$$\begin{aligned} 2.58 + 74.5 + 0.614 &\approx 2.6 + 74.5 + 0.6 \\ &= 77.7 (\text{厘米水银柱高}) \end{aligned}$$

(3) 在乘除法运算中，所得结果的有效数字位数应与参加运算中的各数中有效数字位数最少的相同。在实际运算中，常以有效数字位数最少的一个数作标准，把其他数的有效数字位数取得与它相同，略去多余的部分，然后再进行运算。

运算结果的有效数字位数仍应与参加运算的各数中有效数字位数最少的相同。例如：

$$\frac{28.588}{7.044} \times 0.215 \doteq \frac{28.6}{7.04} \times 0.215 \doteq 0.873$$

(4) 一个数乘方或开方时，本身有几位有效数字，结果中就保留几位有效数字。例如：

$$4.15^2 \doteq 17.2$$

(5) 混合运算中间步骤计算所得数值的有效数字位数可比原规定的多一位。

(6) 常数的有效数字位数可无限制，需要几位就取几位。实际运算时，应取与各数中有效数字位数最少的一个相同。

(7) 有效数字的舍入，采用四舍五入的方法。

目 录

代序

编写说明

总论

一、解答习题的目的	(i)
二、解答热学习题的一般步骤	(ii)
三、解题时常见的错误	(Vi)
四、有效数字	(Vii)
第一章 温度与热交换	(1)
一、温标	(1)
二、热平衡方程	(10)
三、热传导	(15)
第二章 物体的热膨胀	(29)
第三章 气体状态方程	(46)
一、理想气体状态方程	(46)
二、混合理想气体	(71)
三、真实气体	(80)
第四章 气体分子运动论	(85)
一、气体分子运动论的基本公式	(85)
二、分子运动的统计规律	(98)
三、气体内的运输过程	(122)
第五章 热力学第一定律	(134)
第六章 热力学第二定律	(172)
一、效率及致冷系数	(172)

二、热力学第二定律 熵变的计算·····	(201)
第七章 液体 ·····	(218)
一、表面张力·····	(218)
二、拉普拉斯公式·····	(225)
第八章 相变 ·····	(241)
一、伴有相变过程的热量计算·····	(241)
二、饱和蒸气·····	(244)
三、克拉珀龙方程·····	(253)
附录 I：热学中常用物理量单位换算 ·····	(260)
附录 II：热学中常用常数值 ·····	(260)
附录 III：热学中常见气体的有关数据 ·····	(261)

第一章 温度与热交换

一、温 标

温度是研究物质热现象所需的一个物理量。简单地说，温度反映物体的冷热程度。

温度的数值表示法称为温标。

热力学温标、理想气体温标和摄氏温标是常用的几种温标，它们的单位及换算关系见下表：

温 标		热力学温标 (T)	理想气体温标 (T)	摄氏温标 (t)	华氏温标 (t _F)
单 位	名称	开尔文 (K)		摄氏度 (°C)	华氏度 (°F)
	大小	水的三相点 热力学温度的 $\frac{1}{273.16}$		1摄氏度 = 1开尔文	华氏度 = $\frac{5}{9}$ 开尔文
换 算 关 系		开尔文是国际 单位制的基本 单位之一	在理想气体温 标适用范围 与热力学温标 一致	$t = T - 273.15$	$t_F = 32 + \frac{9}{5}t$

熟练进行各种温标（尤其是摄氏温标和热力学温标）间的互换，可加快解决其它热学问题的速度，减少各种错误发生的可能性。

某种经验温标的建立，一般都考虑了以下三个要素：

(i) 选择某种物质的某一随温度变化的属性来标志温度，