

怎样提高物理

解题能力

谭文智编 俞贯中审



山西人民出版社

怎样提高物理解题能力

谭文智编 俞贯中审



山西人民出版社

怎样提高物理解题能力

谭文智 编

俞贯中 审

山西人民出版社出版 (太原并州北路十一号)

山西省新华书店发行 山西新华印刷厂印刷

•

开本: 787×1092 1/32 印张: 8 字数: 170 千字

1986年5月第1版 1986年5月太原第1次印刷

印数: 1—10,000 册

•

书号: 7088·1395 定价: 1.20 元

5011179/19

编 者 的 话

解答一定数量的物理题是物理教学中必不可少的环节，能熟练地解决各类物理问题是学好物理的重要标志，因此，如何提高物理解题能力是每个中学生所迫切关心的问题。本书正是为了帮助中学生和自学青年解决这一问题而编写的。

全书分为三章：第一章主要介绍解答物理习题的基础知识；第二章论述提高物理解题能力的各种途径；第三章根据中学物理课程各部分内容的特点，简要地介绍解题的要领。书中既没有罗列物理概念、公式和定律的内容，也没有收进大量的例题和习题，而是通过少而精的、有代表性的例题来阐明分析思考问题的方法与提高解题能力的途径。希望读者仍以教材为主，在学好课本知识的基础上再按照本书所指引的途径扎实地提高物理解题能力。

目前，我国的高中理科教学正在推广两种教学要求的教材。为了兼顾两种教材的需要，本书是根据高中物理教材“甲种本”的教学要求编写的，也可供使用“乙种本”的读者参考。考虑到本书是为提高解题能力而编写的，在个别问题中，为照顾论述的完整性，有极少量的内容略微超出了教学纲要的要求，编者已在相应的地方标以“*”号，以资区别。

鉴于编者水平所限，书中难免存在错误或不当之处，敬希读者批评指正。

一九八四年六月

目 录

第一章	物理题解基础	(1)
§ 1	解答物理习题的一般方法与步骤.....	(1)
§ 2	中学物理习题的基本类型及其特点	(19)
第二章	提高物理解题能力的途径	(49)
§ 3	明确目标, 讲究方法, 培养兴趣.....	(48)
§ 4	准确掌握物理基础知识.....	(52)
§ 5	努力提高数学修养.....	(77)
§ 6	加强实验技能的培养.....	(99)
§ 7	一题多解, 开阔思路, 提高能力.....	(107)
§ 8	多题一解, 抓住实质, 触类旁通.....	(137)
§ 9	正确对待错误, 善于吸取教训.....	(144)
§ 10	改进记忆方法, 挖掘记忆潜力.....	(151)
第三章	中学物理解题指导	(160)
§ 11	力学解题要点及实例选析.....	(160)
§ 12	热学解题要点及实例选析	(202)
§ 13	电学解题要点及实例选析	(214)
§ 14	光学和原子物理解题要点及实例选析.....	(240)

第一章 物理题解基础

§ 1 解答物理习题的一般方法与步骤

物理习题的形式是多种多样的。对于不同类型的习题，一般来说，其解答的方法与步骤也不尽相同。我们不必强求采用某种固定不变的方法与步骤来解题。对于解题步骤较为完整的，有代表性的习题来说，根据解题的思路和解答过程，可大体分为以下五个步骤：审题；弄清研究对象，建立物理模型；找准物理关系，建立方程（组）；选定合理单位，求解方程（组）；检验并讨论结果。当然，如前所述，并非所有的习题都必须具备这几个解题步骤。例如，对于问答题或某些不必进行定量计算的习题，其中的一些步骤就是不必要的。但是，明确了这些步骤，可以使我们在解题时能做到心中有数。这对解答各类物理问题都是有好处的。下面我们就来分别说明这些步骤是如何进行的。

一、审题

审题就是认真审查题意，弄清题目中各物理概念和术语的含义，并在此基础上明确题目的已知条件和待求的未知量或结论。

审准题意是解答好物理习题的基础。题意审错了，哪怕运算得再准确也毫无用处，到头来只能是前功尽弃。在历次的考试中，常常有些学生还未审准题意就动手解题，以致于

不能作出正确的解答，结果不但没有得分，还耗费了大量的宝贵时间。更有甚者，则由于审错题意，把原来较为简单的问题复杂化了，因而在解题中陷入困境，影响了考试情绪。

怎样才能审准题意呢？拿到一道习题，首先要认真审读全题，对于较复杂的习题还要多看几遍。尤其注意弄清其中关键性概念与术语的含义。比如说“一个在地球上走得准确的秒摆拿到月亮上以后……”，这里的“秒摆”一词实际上是指周期为2秒的单摆，而绝非指周期为1秒的单摆。如果不能正确理解这个词的意思就必然会导致错误。在彻底弄清各概念、术语含义的基础上，再将题目中的已知条件一一找出，并尽量将这些条件转换成数学语言而列出来。

在寻找已知条件时要特别注意那些隐含着的条件。例如，所谓“光滑的斜面”就是指摩擦系数等于零的斜面，“电灯能正常发亮”就意味着此时电路的电压和灯泡的耗电功率都达到了它的额定值。又例如，“某近视眼患者配戴某副眼镜后视力恢复正常”就意味着这副眼镜能将无穷远处的物体成像于该患者视力的“远点”处，等等。只有把所有明显给出的条件和隐含的条件全部整理出来才能为正确解题打下基础。

在找出所有的已知条件后，再将待求的未知量或结论明确列出，这就是审题过程所需要做的工作。

二、弄清研究对象，建立物理模型

在审准题意的基础上进一步弄清研究对象，联想题目所涉及的物理过程，并逐步在头脑中建立起有关的物理模型。

怎样才能头脑中建立起正确的物理模型呢？对于较为简单而基本的物理问题，题目中对所研究的对象一般都交待得比较清楚，在审题过程中就自然地建立起了有关的物理模

型。然而，对于较为复杂的问题，尤其是对于已知条件交待得较为隐蔽的问题和涉及到若干个不同物理过程的综合题，解题者必须要付出较大的努力，充分发挥抽象思维能力才能建立起有关的物理模型。为了有助于思考，在思考的同时勾划一些草图是很有必要的。

应该指出的是，有些同学由于缺乏经验，对某些事物发展变化的机制认识不足，而是想当然地以主观判断来代替客观的物理机制，因而得到了错误的物理模型。例如有这样的一道习题：

【例1.1】用长为 L 的细绳系一个质量为 m 的小球作成 一个摆（图1.1），将绳拉至水平位置后让小球从静止开始下摆。若在悬点正下方 $\frac{L}{2}$ 处的 O' 点有一枚小铁钉挡住摆线，试求小球绕过钉后所能上升到的最大高度（相对于 B 点的高度）。

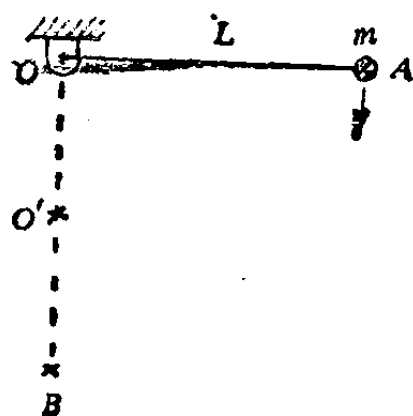


图 1.1

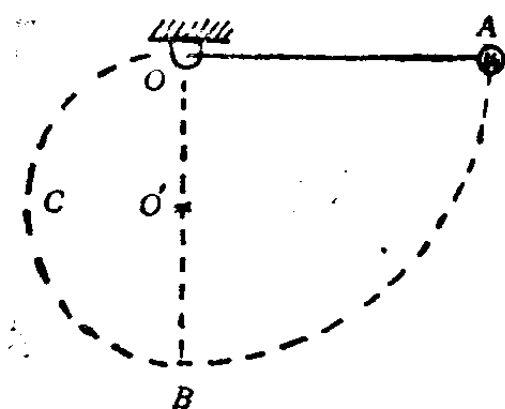


图 1.2

这道习题所涉及的物理过程似乎并不复杂，但初学者在解这道习题时往往会导致错误，认为小球绕过铁钉 O' 后将沿半圆弧 BCO 运动而到达 O 点（图1.2），其“理由”是：

小球在整个运动过程中机械能守恒。当小球从 A 点向 B 点运动时，势能逐渐减少，动能逐渐增加，在 B 点处势能减至最小值而动能增至最大值。在从 B 点向 C 点和 O 点的运动过程中，情况正好与上面相反，动能逐渐减少，势能逐渐增加，到达 O 点时动能又全部转变为势能。根据机械能守恒定律，小球应该到达与 A 点有相同高度的 O 点处。

初看起来，以上的分析似乎也有道理，但仔细想一想就会发现它的错误：小球如若真能沿 BCO 弧到达 O 点的话，它在 O 点处的速度是不可能为零的！为了说明这一点，我们不妨分析一下小球在 CO 弧上运动而接近 O 点时的受力情况：

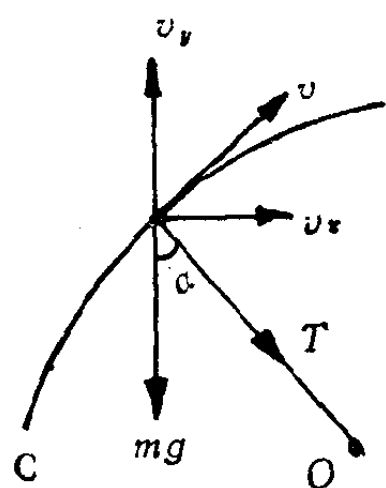


图 1.3

小球此时只可能受到两个力的作用（图1.3），一个是重力 mg ，另一个是绳子的张力 T 。显然这两个力都不可能使小球运动的水平速度减小，可见小球在到达 O 点时的水平速度不可能为零。但若小球在 O 点仍有动能又

将与机械能守恒定律相矛盾。由此说明小球不可能沿 BCO 弧到达 O 点，进一步的分析还可以说明小球也不可能沿其它路径到达 O 点。实际上小球是在 CO 弧上的某个位置时离开了圆形轨道而作抛体运动。它所能到达的最高点低于 O 点（实际计算结果为 $\frac{25}{27}L$ ），但在最高点时仍具有水平速度。

由上例的分析可见，建立准确的物理模型是正确解题的基础。

三、找准物理关系，建立方程（组）

在建立好物理模型的基础上，还需进一步弄清支配各个过程的物理规律，分析各物理量之间的定量关系，也就是要找出每一过程中各个物理量之间的量的关系，根据这些关系建立起联系各已知量与未知量的方程（组）。找准物理关系，列出必要的方程是解答好物理习题的关键，能否做好这一步也是衡量我们解题能力高低的主要标志。

怎样才能找准关系，布列好必要而又充足的方程呢？

首要的一点就是我们在解题前必须掌握好有关的物理概念、原理、定律等基础知识。因为任何一个物理过程都必然受一定的物理规律所支配，这些规律反映了各物理量之间的量的关系，这些关系就是我们列方程的依据，不掌握这些基础知识就难以进行分析。弄不清支配这些物理现象的物理机制，找不准各物理量之间的关系就无法列出正确的方程。这里，我们仍以前面谈到过的例1.1为例，小球是在什么规律的支配下才离开圆形轨道的呢？也就是说小球离开圆形轨道的瞬间各物理量之间应满足什么样的关系？通过分析可以知道：小球作圆周运动所需要的向心力是由重力和绳子的张力提供的，在它离开圆轨道的瞬间，绳子的张力为零（即 $T=0$ ），而重力沿半径方向的分力等于它作圆周运动所需要的向心力，这些关系就是我们建立方程组的依据。

又例如，假定我们要求出例1.1中小球在经过B点附近时的受力，在这一情况下能否找准关系就尤其显得重要。在B点附近的一小段范围内（图1.4），虽然小球的运动速度和所受的重力没有多大变化，但由于其作圆周运动的半径突然改变了，它所需要的向心力也相应有一个突变，于是绳子的张力

T 的大小也必然有一个突变，因此小球在 B 点前后的运动情况是受着不同的规律支配的，各物理量之间的关系也分别满足不同的关系式。在这一问题上如果不注意这一点就必然会对小球的受力作出错误的判断。

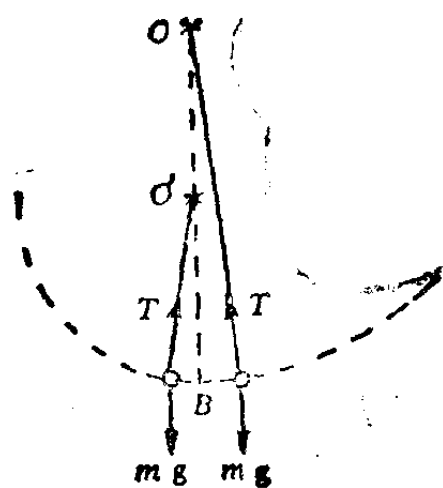


图 1.4

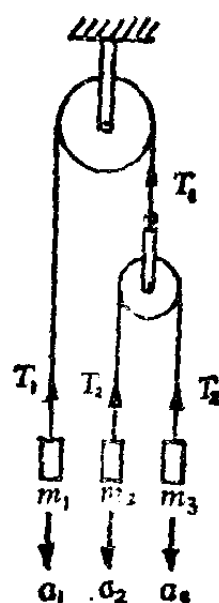


图 1.5

其次，为了得到完备的方程组（即对于需要求出的量来说是充足的方程组），往往还需要借助于各种数学公式、定理等来建立一些辅助方程。这就要求我们有较好的数学修养，并且还要善于把物理问题转换为数学问题。这也是解答物理问题的一项基本功。例如，我们在分析如图 1.5 所示的三个物体的运动状态时，如果只有 m_1 、 m_2 和 m_3 是已知的（忽略绳子和滑轮的质量，忽略滑轮轴的摩擦），那末就存在五个未知量： a_1 、 a_2 、 a_3 和 T_1 、 T_2 。但是，我们根据牛顿第二运动定律只能得到三个运动方程：

$$m_1 g - T_1 = m_1 a_1$$

$$m_2 g - T_2 = m_2 a_2$$

$$m_3 g - T_2 = m_3 a_3$$

因此，方程的个数少于未知数的个数，这在本例的情况下是无法求解的，必须再寻找两个辅助方程。其中的一个方程是

$$T_1 = 2T_2$$

这是一个比较容易得到的辅助方程，一般的同学也都能列得出来。但是要列出另外的一个辅助方程

$$2a_1 + a_2 + a_3 = 0$$

可就不那么容易了。这就要求我们善于把物理量之间的某些约束关系用数学式子表达出来，这种能力也是一项解题的基本功，需要经过一定的训练才能掌握。当然，在把物理问题转换为数学问题时，有一点需要指出的是：不要把物理问题当作纯粹的数学问题来处理而忘记了问题本身的物理实质。否则，就很容易导致混乱，或是进行盲目的公式变换游戏。例如，曾经有的学生在利用电阻率来求导体电阻时列出了这样的公式：

$$R = \rho$$

随后他们又列出了求导体横截面积的公式：

$$S = \pi R^2$$

在下一步的推导中，由于忘记了公式中各物理量的含义，竟然将导体的截面半径 R 与导体的电阻 R 混为一谈，进而导出

$$R = \sqrt[3]{\rho \frac{L}{\pi}}$$

的错误结果。

四、选定合理单位，求解方程（组）

在建立了充分而又必要的方程（组）以后，一般就可以

进行运算求解了。求解方程（组）的过程，是综合运用数学知识的过程。关于解方程的技巧性问题及其与物理实际有关的问题我们在本书的 § 5 节中还要具体谈及，这里暂不赘述。

在求解过程中，凡需代入数据求值的物理量，必须根据所依据的物理定律、公式等对单位制和单位的要求选定合理的单位，进行单位换算。由于国际单位制具有多方面的优点，它最终将要取代其它单位制，因此，在中学物理解题中，一般均应采用国际单位制的单位。

关于公式与单位制的关系问题，有一点值得指出的是，大多数的物理公式，不但对单位制有明确的要求，而且对所采用的单位也有所要求。这样的公式一般都要求其中的物理量采用国际单位制中该物理量的主单位。例如万有引力公式

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

就是这样，式中的 G 为引力恒量：

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ 牛顿} \cdot \text{米}^2 / \text{千克}^2$$

这一公式要求其中的 m_1 、 m_2 以质量的主单位——千克为单位（而不是以克为单位）； r 以长度的主单位——米为单位； F 以力的主单位——牛顿为单位。

有一些物理公式，对不同的单位制或单位有着不同的形式，例如热学中的盖·吕萨克定律就是这样，当温度采用摄氏温标时，公式的形式是这样的：

$$V_t = V_0 \left(1 + \frac{t}{273} \right)$$

而当温度采用热力学温标时就变成了如下那样更便于记忆的

形式了：

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

还有一些物理公式，在不同的单位制中，其中的物理常量不但有着不同的数值，甚至有着完全不同的量纲。例如库仑定律公式

$$F = k \frac{Q_1 Q_2}{r^2}$$

在静电单位制中， $k = 1$ ，它是一个无量纲的纯数值，而在国际单位制中，它却变成了一个具有复杂量纲的比例恒量：

$$k = 9 \times 10^9 \text{ 牛顿} \cdot \text{米}^2 / \text{库仑}^2$$

这种情形在中学物理中虽然遇到的并不多，但也应引起我们的注意。尤其是在利用量纲式来检验物理公式的正误时，不注意这一点就会作出错误的判断（所有电学量在以上两种单位制中的量纲都不相同）。

当然，也有一些物理公式，对其中物理量的单位和采用的单位制要求很松。如玻意耳-马略特定律

$$p_1 V_1 = p_2 V_2$$

就是这样，其中的压强 p 和体积 V 可以分别采用不同单位制的各种单位，如压强可用帕、标准大气压或毫米汞柱等单位，而体积可用米³、厘米³或升等单位。只要其中同类的物理量采用相同的单位就行了。

另外一个特别值得指出的问题是，对于需要求出数值解的物理习题，在运算求解时，应养成先用文字运算，最后才代入数据求值的习惯，避免过早地代入数据。采用这种方法解题有如下一些好处：

1. 便于利用量纲式进行检查

我们都知道：在同一单位制中，每一个物理量都有固定不变的量纲式；在任何一个物理关系式中，互相加减的每一项都必须要有相同的量纲式，等式两边的量纲式也必须相同。如果我们在求解过程中，一直保持着用文字代替物理量进行演算，那末，对于所得的结果以及演算过程的每一步（如果有怀疑的话），我们都可以利用量纲式进行检查验证。例如，当我们求出某物体的动量为 mv^2 时，我们就可以断定这一结果是错误的，因为动量的量纲为 $[LMT^{-1}]$ ，而 mv^2 的量纲为 $[L^2MT^{-2}]$ 。

虽然量纲条件只是检验式子正确性的必要条件而非充分条件，但由于量纲检验法比较快捷易行，因而仍然是人们常用的检验方法。如果能将量纲检验法与其它一些检验法（如特殊值检验法等）配合起来使用的话，那就可以大大地提高检验的可靠性。不过，在使用量纲检验法时，有一点必须要注意的是：如果在演算过程中有些量曾经代入过数值，那怕只有一个物理量代入过数值，就不能再使用此法检验了。

2. 减少数值运算从而减少差错机会

在许多习题中，特别是在一些比较复杂的计算题中，常常需要将某些中途求出的物理量代入一个总的式子中去求另一个物理量。如果这些中途求出的量仍然保留文字形式，那末在最后的总式子中往往还可以进行大量的化简工作从而减少许多不必要的数值运算。有些物理量甚至可以完全消去而不再出现在综合式中。但如果中途求出的物理量是已经代入数据的数值形式，这样就不得不再进行一些逆运算，这不但浪费时间，而且还会扩大误差和增多出错的机会。例如，

我们在求如图 1.6 所示的平板电容器一个极板上的电量时，如果已知电容器的每块极板是半径为 $R = 0.34$ 米的圆盘，极间距离 $d = 4.7$ 厘米，电容器内的电场强度为 $E = 400$ 伏/米。那末按照一般的习惯，先根据 R 求出极板面积：

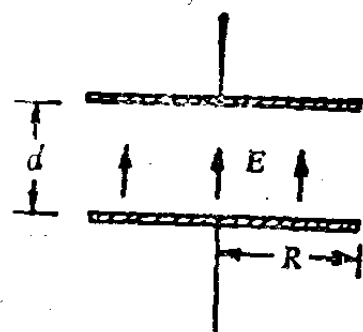


图 1.6

$$S = \pi R^2 = 3.14 \times 0.34^2 \approx 0.363 \text{ (米}^2\text{)}$$

然后根据 S 、 d 求出电容量：

$$C = \frac{S}{4\pi kd} = \frac{0.363}{4 \times 3.14 \times 9 \times 10^9 \times 4.7 \times 10^{-2}} \\ \approx 6.83 \times 10^{-11} \text{ (法拉)}$$

再根据 E 、 d 求出电容器两极板间的电压：

$$U = Ed = 4 \times 10^2 \times 4.7 \times 10^{-2} = 18.8 \text{ (伏)}$$

最后根据 C 、 U 求得每极板上的电量为

$$Q = CU = 6.83 \times 10^{-11} \times 18.8 \\ \approx 1.28 \times 10^{-9} \text{ (库伦)}$$

在以上的计算中，为了求得电量 Q ，我们进行了大量的数值运算，在各步运算中都可能引入误差。如果我们采用以下的办法来求 Q 的值：

$$Q = CU = \frac{S}{4\pi kd} \cdot Ed \\ = \frac{SE}{4\pi k} = \frac{\pi R^2 E}{4\pi k} = \frac{R^2 E}{4k} \\ = \frac{0.34^2 \times 4 \times 10^2}{4 \times 9 \times 10^9} \approx 1.28 \times 10^{-9} \text{ (库伦)}$$

那末由于运算过程中许多物理量被约去了，因而使得所涉及的数值运算简单得多了，而且从最后代入数值前的式子中还可以发现，所要求的电量 Q 实际上与 d 无关，常数 π 的值也不必代入，然而，我们从前面曾经做过的每步都代入数据的运算中却很难发现这一关系。

3. 便于对结果进行分析讨论

由于保留文字形式的结果具有较大的普遍性，这为我们对结果进行分析讨论，联想推广提供了很大的方便，下面我们来看一个解题的例子。

【例1.2】 如图1.7所示，已知一实物 A 距屏幕 P 的距离

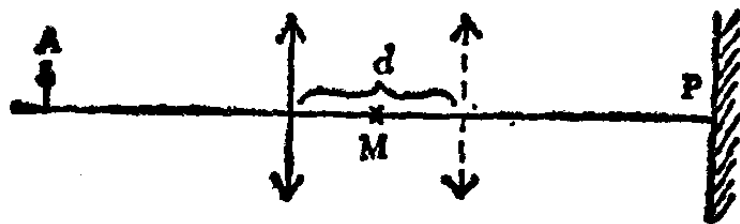


图 1.7

为 $L=4$ 米，将一焦距为 $f=0.8$ 米的凸透镜从靠近物 A 处向屏 P 移动，发现在移动过程中可在屏 P 上得到 A 的清晰像两次，试求在两次成像过程中透镜移动过的距离 d 。

设成像时物距和像距分别为 u 和 v ，则由透镜成像公式得

$$\frac{1}{u} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f} \quad \text{即} \quad \frac{u+v}{uv} = \frac{1}{f}$$

$$\text{又由已知条件得} \quad u+v=L \quad \text{①}$$

$$\text{因而} \quad uv=fL \quad \text{②}$$

$$\text{由①、②两式可知，} u、v \text{ 分别是下列方程的两个根，} \quad \text{③}$$

$$x^2 - Lx + fL = 0$$