

中南工业大学出版社

施延龄 杨修仁 编译 刘乐耕 宋 荣 审校

常考物理典型错误分析

常考 物理典型错误分析

施延龄 杨修仁 编译
刘乐耕 宋 荣 审校

中南工业大学出版社

内 容 提 要

本书以作者与读者对话的形式，对参加考试的青年在物理考试中所犯的许许多多典型错误进行了分析，找出了致错的原因，并提供了力学、分子物理学、热力、电磁学及光学等方面的疑难辨析及大量的习题。

第3版与1975年的第2版相比较，在内容上增加了力学、流体静力学、原子物理学等方面的补充材料，同时增加了读者独立作业的数量。

本书经苏联高等及中等专业教育部审批，准许作为高等院校预备班的教学用书，主要供准备参加考试的青年自学之用，也可以供高中及中专高年级学生及教师参考之用。

常考物理典型错误分析

施廷龄 杨修仁 编译

责任编辑：田荣璋

插图责任编辑：刘楷英

中南工业大学出版社出版发行
湘潭市东平印刷厂印装
湖南省新华书店经销

开本：787×1092 1/32 印张：12.8125 字数：286 千字

1989年8月第1版 1989年8月第1次印刷

印数：0001—5000

ISBN 7-81020-236-7/O·036

定价：4.00元

第 3 版 前 言

根据党和政府关于必须进一步完善青年教育工作，提高青年的知识质量，培养他们对事物的浓厚兴趣，帮助他们确立辩证唯物主义世界观的指示，作者便着手这本书的再版工作。

大量的读者来信使作者在再版工作方面得到很大帮助。广大读者在来信中直述看法并提出意见和要求。另一方面作者不断会晤师生力求搞清楚哪些物理问题属于难题。

在第 3 版中增补了一些新的对话内容，广泛地讨论了运动力学、功、功率、帕斯卡定律、湿度等概念，以及原子与核子物理学的一些问题。对话中还添加了关于阿基米德定律、气体定律及静电学等新的讨论例题。书中提供读者自学的习题数量比原来的增加了一倍。上一版中修辞欠妥的缺点得到纠正。援引了与最新版物理教科书相符合的物理量的表示方法和个别定义。书中还对某些复杂问题作了补充解释，同时校正了印刷错误。

作者向提出宝贵意见，帮助提高本书质量的各界人士表示衷心感谢。

第 1 版 前 言

本书以作者与读者之间的对话形式写成，这种形式对于分析考试青年典型错误，分辨解题方法及讨论各种较难理解的理

论问题无疑是最方便的。

通过对话方式，作者在本书中分析了中学物理课程的很多问题与题目。

分析错误总有裨益。在分辨错误过程中作者特别注意到被讨论问题的各个方面，表现出“细致入微”，进而获得深刻的理解。然而对错误进行分析通常较为困难，因为正确答案只有一个，而错误的回答可以是各种各样的。原则上无法预计这个或那个问题可能会有多少个错误解答，其中有许多由于应试学生苦恼的沉默而使问题仍处于隐讳状态。尽管如此，仍可指出对一些常见的无异议的问题的谬误答案。书中也指出不少照例被做错的具体问题。上述种种便是作为本书基础的内容。

作者希望，这本书能够帮助读者明白一个真理：盲目背人不仅产生厌倦情绪而且很大程度上是徒劳无益的。不管什么程都得学会思考，而决不能靠死记硬背。如果这本书能在某种书度上起到这个作用，那么作者将认为完成了肩负的使命。

目 录

第3版前言

第1版前言

1. 你是否完全掌握运动学的基本概念?	2
2. 你能看懂直线运动的图示运动图吗?	17
3. 你能指出哪些力作用在物体上吗?	26
4. 你能求出摩擦力吗?	35
5. 你对牛顿定律理解得很清楚吗?	41
6. 你怎样解运动学的题目?	52
7. 你怎样解牛顿定律的题目?	65
8. 解考虑摩擦力的题目到底使计算复杂到什么程度?	73
9. 存在离心力吗?	83
10. 你怎样解释物体的失重?	96
11. 你是怎样理解功的?	102
12. 瞬时功率与平均功率有什么区别?	110
13. 你会使用能量守恒定律和动量守恒定律吗?	115
14. 你知道什么是简谐振动吗?	136
15. 单摆在失重状态下是什么样的?	144
16. 你知道什么是波吗?	151
17. 你会利用力的分解吗?	161

18. 你对物体的平衡知道些什么?	166
19. 你怎么找重心位置?	173
20. 你知道帕斯卡定律吗?	183
21. 为什么要懂得阿基米德定律?	189
22. 阿基米德定律在宇宙飞船上也起作用吗?	197
23. 你是否了解物质的分子运动论?	202
24. 怎样解释水的热膨胀特性?	212
25. 你知道什么是理想气体?	213
26. 你知道哪些气体定律?	217
27. 你怎样解答气体定律问题?	228
28. 什么时候才降露水?	240
29. 什么是热力学?	245
30. 什么是卡诺循环?	251
31. 气体的比热是多少?	254
32. 什么是场?	258
33. 怎样描述静电场?	263
34. 导体表面附近的电力线是怎样分布的?	275
35. 你怎样研究带电体在均匀静电场中的运动呢?	280
36. 你会利用库伦定律吗?	289
37. 你知道欧姆定律吗?	298
38. 直流电路上能接电容吗?	307
39. 你会计算分支电路的电阻吗?	314
40. 灯泡为什么会被烧坏?	320
41. 怎样描写电磁场?	327
42. 电流是怎样相互作用的?	333

43. 你是否完全了解法拉第定律和楞次定律?	339
44. 你是否熟悉自感和电感的概念?	344
45. 你知道光线是怎样反射和折射的吗?	349
46. 你怎样在平面镜和透镜上成象?	356
47. 你善于解答平面镜与透镜的问题吗?	368
48. 必须保持谨慎态度.....	374
答 案.....	382

1. 你是否完全掌握运动学的基本概念?

作者: 让我们从力学谈起吧。我想你一定知道运动学的基本概念, 诸如位移、路程、速度、加速度等等。下面就让我们先讨论一下这些概念吧。

读者: 所谓位移, 是指连接物体起始位置与终了位置的定向线段。换句话说, 位移是矢量, 是从物体的起点位置到终点位置所经过的矢量。而路程则是这个矢量的长度。

作者: 你对《位移》这个术语的解释是完全正确的, 而你对路程的定义是不准确的。所谓路程, 是指物体从起始位置到终了位置运动轨迹的长度。轨迹长度可能比起始必终了位置之间的直线距离要大(图1.1)。

读者: 我懂了。路程只有在直线运动条件下才等于位移的模量。

作者: 还得加上一条, 即运动是朝同一个方向发生的。现在让我们举个例子来说明位移与路程的区别吧, 就以两个相邻村庄之间的山路作为例子吧。

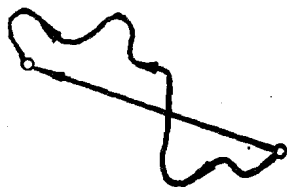


图 1.1

读者: 这例是真的, 两个紧挨着的村庄, 按直线距离本

来很短, 但为了从这个村庄到达另一个村庄却只得坐汽车顺着蜿蜒的山路绕来绕去化很长的时间, 在这种情况下, 虽说位移相对地比较小, 但汽车却跑了很长的路程。

作者: 那么会不会发生这种情况? 位移等于零, 而这时的路程

却不等于零呢？

读者：现在我真正理解了，你说的这种情况常常是能够遇到的，只要我们返回到原来出发点的位置就会发生，也就是说，当物体运动的终止位置与起始位置相重合的时候，便发生你所说的那种情况。

作者：我们假定，有个人连续走了几段路：他先朝北走了3km，又向东走4km，再向北走1km，继而朝西走1km，路程总计为9km。那么，这时怎样求出位移的模量呢？

读者：让我先把这个人的运动轨迹画出来（图1.1a）。图中A表示起始位置，B表示终结位置。用一根直线段连接A、B两点，然后量出这根线段的长度。从图上可看出：两个图形，一个是直角三角形；另一个是梯形。

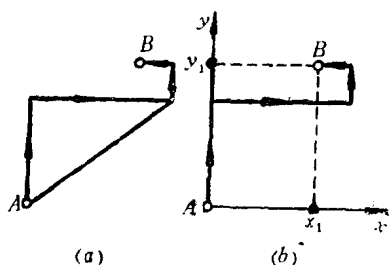


图1.2

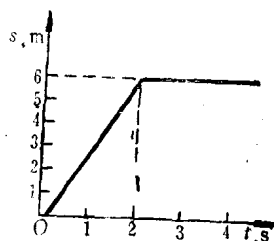


图1.3

作者（插话）：这里不必把它们看成是几何图形。我们只需采用一个带起点A的坐标系，使y轴指向北面，x指向东面（图1.2b）。把B点的坐标表示成 x_1 和 y_1 。可以清楚地看出， $x_1 = 4 - 1 = 3$ ， $y_1 = 3 + 1 = 4$ 。这样一来，
 $|AB| = \sqrt{3^2 + 4^2} \text{ km} = 5 \text{ km}。$

读者：这下子我可全明白了，在计算位移模量之前得先在坐标轴上找出它的轨迹才行。

作者：对，下面我们再来讨论一下平均速度的概念。在图1.3中提出了路程 S 对于时间 t 的相依关系。现在来问一下：最初2秒钟和最初3秒钟的平均速度是多少？

读者：难道这不是同一个值吗？

作者：这里所指的是不同的平均速度。我得提醒一下，平均速度是相对于用来求平均值的时间间隔而确定的，时间间隔 Δt 的平均速度为

$$\langle v \rangle = \Delta S / \Delta t \quad (1.1)$$

式中 ΔS 为 Δt 时间间隔内所经过的路程。

读者：这时，最初2秒钟的平均速度为 3 m/s 最初3秒钟的平均速度则为 2 m/s 。

作者：完全对。关键是要记住一条：在未指明求平均值的时间间隔情况下，平均速度是毫无意义的。这里须强调一下《平均》二字，即通过时间来求平均值。

读者：这下子我可明白了。

作者：现在让我们来解一道简单的题目吧。

设一物体在前一半路程上以匀速 $v_1 = 20\text{ m/s}$ 运动，在后一半路程上以 $v_2 = 30\text{ m/s}$ 的速度运动。试求这个运动时间内的平均速度是多少？

读者：显然是 25 m/s 。

作者：不对。我们设 S 为整个路程。物体在前一半路程中走了 $S/(2v_1)$ 时间，后一半路程走了 $S/(2v_2)$ 时间，而整个运动时间为 $S/(2v_1) + S/(2v_2)$ 。将 S 除以上述时间，便得所求的平均速度为：

$$\langle v \rangle = \frac{S}{S/(2v_1) + S/(2v_2)} = \frac{2v_1v_2}{v_1 + v_2} = 24 \text{ m/s}$$

读者：那么是什么原因，使我确信是25m/s呢？

作者：如果物体运动是20m/s（或说成30m/s都一样），不是一半路程，而是整个运动时间的一半，那你的回答才是正确的。

读者：应当承认，就连平均速度这样一个简单的概念也不乏某些《微妙》寓于其中的。

作者：让我们转到即时速度这个概念上吧。

读者：即时速度，是物体在给定的瞬时时间内的速度，或者说，是物体在运动轨迹给定点上的那个速度。

作者：那么，你怎么表示在给定瞬时内的速度呢？

读者：我认为，若物体作匀速运动的话，物体在不同瞬时的速度就会完全一样；如果物体作非匀速运动，则物体在不同的时间内的速度就会不一样。

作者：难道你就感觉不到，《在给定瞬时内的速度》这个概念并不比《即时速度》这个概念更好理解吗？这有点象俗话所说的《横竖都一样》。总之，想要测定速度必得先测定路程和走完该路程所化的间隔时间。但是，怎样表示给定瞬时内的路程及时间间隔呢？

读者：这可以选定任一很小的时间段 Δt ；即从给定的瞬时 t 到 $t + \Delta t$ 。我们假设在这个时间段内物体走完路程 ΔS ，如果 Δt 选择得非常小，这时 $\Delta S/\Delta t$ 的比值便称为在瞬时 t 内物体的速度。

作者：那么，怎样才是《非常小》的时间段呢？这意味着应当与什么作比较呢？与年、小时，还是与秒呢？

读者：在这种情况下，就难以确定即时速度这个概念了。

作者：必须得出从 t 到 $t + \Delta t$ 时间段内的平均速度值的顺序性概念。为此要选择越来越小的 Δt 值。 Δt 时的顺序性的极限趋于零并且是 t 时间内的速度。如果路程与时间的关系是已知的，即 $S(t)$ ，则 t 瞬时的速度可由下式确定：

$$v(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{S(t + \Delta t) - S(t)}{\Delta t} \quad (1.2)$$

读者：这就是路级对时间的导数吧，写成：

$$v(t) = dS/dt$$

作者：对了。比方说，我们假设： $S(t) = at^2/2$ 。利用(1.2)式可以得出：

$$\begin{aligned} v(t) &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{a(t + \Delta t)^2/2 - at^2/2}{\Delta t} \\ &= \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(at + \frac{a\Delta t}{2} \right) = at. \end{aligned}$$

读者：难道不采用微分方法就不能确定即时速度吗？

作者：严格说来是不行的，因为即时速度是平均速度值的相应序列极限。换一句话说，它是对时间计算路程的导数。这一点，是决不能改变的。

读者：然而，在开始学习力学时我们仍然要回避数学分析的呀！

作者：这是因为你们根据积累的经验 and 直感观念两个方面来使用即时速度的概念。在这种情况下，你们在意念中尽量用《最小的》时间段进行计算。

读者：这样是否完全够用呢？

作者：不可能，事实上是不够用。的因为不懂得微分计算原理就

无法理解连续运动的实质。古希腊人在研究飞箭的奇异现象时,曾这样说过:飞驰的箭在给定的瞬间处于严格被确定的现象部位上的。就是说,飞箭相对该位置是静止着的。这个理解,对于任一瞬间都是正确的,因此飞箭在任一瞬间都是静止的。也就是说,它始终是静止的。这种奇谈怪论,只能表明古希腊人对即时速度的概念缺乏理解。

读者:啊,我记起来了。在给定瞬间内的速度是可以通过与路程图相切的倾角的正切确定出来。

作者:它倒是的。即时速度可以用几何学来确定,即利用路程相对时间的关系图表来确定。然而就在这种情况下,我们也不可避免地会转到平均速度序列的极限上来。

现在让我们来看看图 1.4 上所显示的几幅路程图 $S(t)$ 吧。路程图上符合给定瞬间的是 A 点。我们照瞬间 $t + \Delta t$, 从图上看 B 点符合。那么从 t 到 $t + \Delta t$ 时间间隔的平均速度便是 $[S(t + \Delta t) -$

$S(t)]/\Delta t$, 它等于 $\tan \alpha_1$, 这里的 α_1 是 AB 割线的倾角。为方便起见,我们假设同样长度的线段与 S 轴上的路

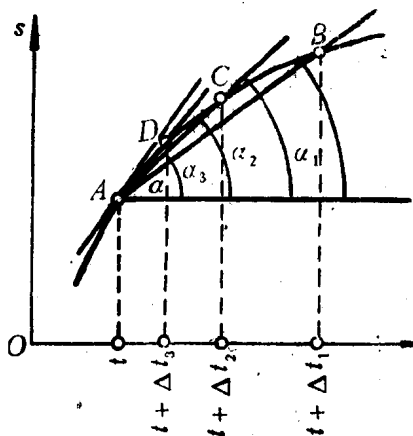


图 1.4

程单位及 t 轴上的时间单位相适应。随后我们取瞬间 $t + \Delta t_2$ ，并且 $\Delta t_2 < \Delta t_1$ ，得出相应的 C 点。

这样从 t 到 $t + \Delta t_2$ 时间间隔的平均速度将等于 $\text{tg} \alpha_2$ ，这里的 α_2 是 AC 割线的倾角。继而取 $t + \Delta t_3$ ($\Delta t_3 < \Delta t_2$) 瞬间，得出相应的 D 点。这时相应的平均速度为 $\text{tg} \alpha_3$ ，这里的 α_3 是 AD 割线的倾角。这样，当我们不断取新的瞬间时（若 $\Delta t \rightarrow 0$ ）我们就得到各平均速度的序列，即 $\text{tg} \alpha_1, \text{tg} \alpha_2, \text{tg} \alpha_3, \dots$ 的序列。容易看出，当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时，该序列具有 $\text{tg} \alpha$ 极限，这里的 α 是与路程图 A 点相切的倾角。这样一来，在瞬间 t 时的速度，可以通过路程图上与 t 瞬间相应的相切的倾角的正切确定出来。

读者：这样来确定即时速度倒是十分直观的。速度越高，路程图形就越陡。

作者：现在让你利用图 1.5a 的路程图形找出那些当即时速度等于整个运动时间的平均速度时的瞬间。

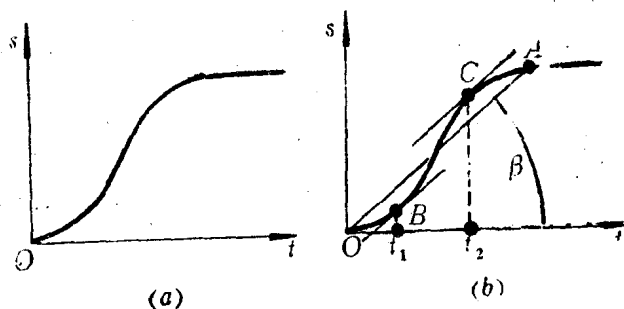


图 1.5

读者：运动在瞬时停止，由图上的 A 点表示。整个运动时间的平均速度是 $\text{tg} \beta$ ，这里 β 是 OA 直线的倾角（见图 1.5b）。

就是这个倾角与B及C点相切，由 t_1 与 t_2 瞬时与其相符，也就是说在这些瞬时即时速度与整个运动时间的平均速度相重合。

作者：你说的完全正确。那我还要问一个问题：即时速度会不会与整个运动时间过程中的平均速度相重合呢？

读者：如果运动是匀速的，就有可能重合，在这种情况下，路程图是条直线。

作者：对。下面让我们转而讨论加速度概念吧。

读者：加速度是物体速度改变的速度。它只是在当运动是非匀速的时候才有可能存在。如若加速度不变，人们便称此为匀变速运动。

作者：虽说你讲的是对的。但是，对加速度的概念应更确切一些。首先得把平均加速度与即时加速度区别开来。 Δt 时间间隔（求平均值的时间间隔）内的平均加速度是

$$\langle a \rangle = \Delta v / \Delta t, \quad (1.3)$$

式中 Δv 是 Δt 时间间隔内的速度的改变。 t 瞬时即时加速度是从 t 到 $t + \Delta t$ 时间间隔平均速度序列的极限，这个极限是 Δt 趋于零：

$$a(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{v(t + \Delta t) - v(t)}{\Delta t} \quad (1.4)$$

读者：把图（1.4）和图（1.2）作一个比较，就可以发现物体的加速度是通过物体的速度增量来表现的，正如速度是通过路程的增量来表现是完全一样的。

作者：是的。所谓速度是指路程对时间的导数，而加速度则是速度对时间的导数。那么，你倒说说看，会不会在某个瞬时物体的速度等于零，而在该瞬时的加速度却不等于零呢？

读者：这个问题，大概不大可能吧。

作者：你这是没有好好考虑，信口回答的。请你想想看，一块垂直上抛的石头，在其上行轨迹最高点时，速度为零但加速度却不为零，它等于自由落体的加速度。

读者：在这一瞬时得到的速度值为零，而速度的改变并不等于零，对吗？

作者：正是这样，我们假定电梯的加速度是向上的，现在问电梯的运动是向上还是向下？

读者：大概是向上的吧。

作者：电梯可以是向上运动，也可以是向下运动。上行时电梯的速度大小增大，向下运动时电梯的速度大小就要逐步减小。

读者：这是不是说，速度和加速度的方向不一致。

作者：是的，在直线运动条件上它们可以不一致。这种情况，在举的电梯例子中已经看得很清楚了，即使是曲线运动，速度与加速度方向实际上也常常是不一致。必须看到，图1.3与图1.4之间的相互关系是与经常遇到的直线运动有关。在一般情况下，都必须考虑到一点，即速度与加速度都是矢量。举例来说，设物体 t_1 瞬时的速度为 v_1 ， t_2 瞬时的速度为 v_2 。（矢量 v_1 与 v_2 之间模量不同，也可以方向不同）。那么在时间间隔 $\Delta t = t_2 - t_1$ 内的平均速度为

$$\langle a \rangle = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (1.5)$$

读者：式(1.5)与式(1.3)很相似。

作者：虽说这样，要证实式(1.5)与式(1.3)在性质上有区别并不难。比方说，如果时间间隔 Δt 内速度的模量不变，