

普通物理

选择题错解分析

沈仲钧 罗绍凯等 编著

河南大学出版社

高等学校教学参考书

普通物理选择题错解分析

沈仲钧

罗绍凯

王显军

王明泉

张泽全

付景礼

编著

河南大学出版社

内 容 简 介

本书包括普通物理学的力学、热学、电磁学、光学和原子物理学的内容，针对学生中常见的错误精心编写395道选择题，各题中除正确答案之外的其余答案都是学生中常见的错误。每题给出正确的答案的同时，为了便于教师参阅给出考查目的，并着重分析错误的产生原因，给以解题指导。

本书可以作为全国各类高校理、工、医、农各专业普通物理学课程的教学参考书，特别是对于参加函授大学、广播电视大学学习的广大自学青年以及参加中学物理教师《专业合格证书》考试的同志具有较强的实用参考价值，对于中学物理教师和参加高考的学生也有较好的参考价值。

普通物理选择题错解分析

沈仲钧 罗绍凯等编著
责任编辑 姜伟林

河南大学出版社出版
(开封市明伦街85号)
河南省新华书店发行
铁道部三局三处印刷厂印刷

开本：787×1092 毫米 1/32 印张：11.125 字数：236千字

1989年7月第1版 1989年7月第1次印刷

印数 1——2500 本 定价 3.80元

ISBN 7-81018-342-7/O·18

编 者 的 话

在普通物理教学过程中，发现许多学生解答问题时，答对了说不清对的道理，答错了也不知错在哪里。为了解决这一问题，我们在总结教学经验和教训的基础上，针对学生易出现的种种问题，紧密围绕容易误解的概念、各定理定律的适用条件和适用范围、分析问题解决问题的方法、基本公式的综合应用、物理意义的讨论等方面，以选择题错解分析的形式编成此书。全书共395题，每题给出正确答案和考查目的，着重分析错误产生的原因和错误的关键所在。

本书的问题多数来自学生，内容的取舍难易适中、类型全面，特别注重适用于日常教学。它可以帮助所有学习普通物理的学生解答种种疑问，还可使普通物理的任课教师了解到学生中可能出现的错误，从而在教学中作到有的放矢。该书可以作为全国各类大学理、工、医、农各专业普通物理学的教学参考书，对于中学物理教师和广大自学青年也有较强的实用参考价值。

本书由沈仲钧、罗绍凯同志主持组织编写，罗绍凯负责全书统稿，沈仲钧审定稿。本书具体分工为：罗绍凯（物理选择题错解分析引论、力学），付景礼（热学），王显军（电磁学一至五章），张泽全（电磁学六至九章及光学一至四章），王明泉（光学五至八章及原子物理学）。

本书是一次探索和尝试，由于没有同类书籍可以参考，加之水平有限，不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

一九八七年十月

目 录

物理选择题错解分析引论

一、	选择题编写和使用中存在的问题·····	(1)
二、	对选择题进行错解分析的意义·····	(6)
三、	对选择题进行错解分析的方法·····	(7)
四、	选择题错解分析引入教材和日常教学的探讨·····	(8)

第一篇 力 学

第一章	质点运动学·····	(10)
第二章	牛顿运动定律·····	(21)
第三章	动力学普遍定理和守恒定律·····	(31)
第四章	刚体力学·····	(50)
第五章	物体的弹性·····	(64)
第六章	流体力学·····	(67)
第七章	振动·····	(76)
第八章	波动和声·····	(85)
第九章	相对论力学初步·····	(92)

第二篇 热 学

第一章	温度·····	(99)
-----	---------	--------

第二章	气体分子运动论的基本概念·····	(104)
第三章	气体分子热运动速率和能量的统计分布 律·····	(111)
第四章	气体内的输运过程·····	(121)
第五章	热力学第一定律·····	(127)
第六章	热力学第二定律·····	(134)
第七章	固体·····	(142)
第八章	液体·····	(148)
第九章	相变·····	(153)

第三篇 电 磁 学

第一章	静电场的基本规律·····	(158)
第二章	导体周围的静电场·····	(177)
第三章	静电场中的电介质·····	(191)
第四章	稳恒电流和电路·····	(200)
第五章	稳恒电流的磁场·····	(212)
第六章	电磁感应·····	(226)
第七章	磁介质·····	(247)
第八章	交流电路·····	(250)
第九章	电磁场和电磁波·····	(256)

第四篇 光 学

第一章	光的干涉·····	(262)
第二章	光的衍射·····	(270)

第三章	几何光学的基本原理·····	(275)
第四章	光学仪器的基本原理·····	(283)
第五章	光的偏振·····	(288)
第六章	光的速度、吸收、散射和色散·····	(295)
第七章	光的量子性·····	(298)
第八章	现代光学基础·····	(301)

第五篇 原子物理学

第一章	原子的基本状况·····	(304)
第二章	玻尔氢原子理论·····	(307)
第三章	量子力学初步·····	(314)
第四章	碱金属原子和电子自旋·····	(320)
第五章	多电子原子·····	(325)
第六章	在磁场中的原子·····	(327)
第七章	原子的壳层结构·····	(332)
第八章	X射线·····	(334)
第九章	分子结构和分子光谱·····	(337)
第十章	原子核·····	(340)
第十一章	基本粒子初步·····	(346)

物理选择题错解分析引论

一、选择题编写和使用中存在的问题

选择题作为物理测试和习题的一种重要形式,越来越广泛地被应用于日常教学和考试之中。通过选择题的解算可以帮助学生澄清一些似是而非的认识,正确理解、牢固掌握物理学的基本概念和基本规律,熟练运用基本公式,提高分析问题和解决问题的能力,达到全面复习物理学各个部分内容的目的,选择题作为测试题,也可较为真实地反映出学生对物理知识的掌握情况,特别是随着计算机技术的发展,自动阅卷、评分、记分和程序教学的出现,在当前广泛开展的教学质量评估考试中,选择题更受重视,然而,近年来也出现了一些问题:

1. 选择题的编写形式过于复杂,题意费解,不利于学生的正常解答,不能真实地反映学生的实际水平。

例如有人给出这种类型的选择题:供选择的A、B、C、D四个答案中,若A、B、C正确选a;若A、C正确选b;若B、D正确选c;若D正确选d;若都正确选e。

例1 两个物体质量相等,则

- A. 速度相等,动量必相等;
- B. 动量相等,动能必相等;
- C. 速度相等,动能必相等;
- D. 动能相等,动量必相等。

学生解答此题时，不但要根据速度、动量、动能的概念和公式判定A、B、C、D的正误，还必须考虑选择要求判定a、b、c、d、e，而后一步的工作与物理学毫无关系，倒不如把此题的要求改为：选择出正确（或错误）的答案。

又如分前后两句的选择题，要求按下列规则选择：若前后句都正确、且有因果关系，选a；若前后句都正确、但无过因果关系，选b；若前句正确、后句错误，选c；若前句错误、后句正确选d；若前后句都错，选e。

例2 （前句）白光通过棱镜产生色散现象。

（后句）不同频率的光在媒质中传播速度不同，折射率也不同，频率大的紫光传播速度小，折射率大，频率小的红光传播速度大，折射率小。

此题前后句都正确、且有因果关系。解答此题不但要求理解光的色散及其原因，还必须考虑选择规则确定选a、b、c、d、或e，而后一步纯属做无用“功”，倒不如把此类型的题改为判断前后句的正误及是否有联系。

选择题的形式是多样化的，但并非各种形式都符合日常教学和测试的实际，应该认真研究加以比较。单一形式的选择题已具有很高的综合性，已能较好的达到教学和测试目的，不要再搞文字游戏。本书以单一形式的选择题为主，一般给出四至五个供选择的答案。

2. 选择题中的计算偏难、偏多，即便是基本概念、基本理论掌握的比较好，也必须经过大量的数学运算才能得解。

例3 电荷均匀地分布在半径为 a 的球内，其总电量为 Q ，则系统的总静电能为

$$\begin{aligned} & \text{A. } \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 a} ; \quad \text{B. } \frac{3Q^2}{20\pi\epsilon_0 a} ; \quad \text{C. } \frac{Q}{12\pi\epsilon_0 a^2} ; \\ & \text{D. } \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 a^2} ; \quad \text{E. } \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 a^2} . \end{aligned}$$

此题答案是B, 但必须经过如下的计算才能得到。根据高斯定理

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \frac{1}{\epsilon_0} \sum q_i$$

得 $4\pi r^2 E_1 = \frac{1}{\epsilon_0} \rho \left(\frac{4}{3} \pi r^3 \right)$

式中 $\rho = \frac{Q}{V} = \frac{3Q}{4\pi a^3}$, 所以

$$E_1 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Qr}{a^3} \quad (r < a)$$

由能量关系, 得

$$W_1 = \frac{\epsilon_0}{2} \int_0^a \left(\frac{Qr}{4\pi\epsilon_0 a^3} \right) 4\pi r^2 dr = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 a^3} \int_0^a r^2 dr = \frac{Q^2}{40\pi\epsilon_0 a}$$

同理 $E_2 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \quad (r > a)$

$$W_2 = \frac{\epsilon_0}{2} \int_a^\infty \left(\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \right) 4\pi r^2 dr = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0} \int_a^\infty \frac{dr}{r^2} = \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 a}$$

系统的总静电能量为

$$W = W_1 + W_2 = \frac{Q^2}{40\pi\epsilon_0 a} + \frac{Q^2}{8\pi\epsilon_0 a} = \frac{3Q^2}{20\pi\epsilon_0 a} .$$

例4 以初速率 v_0 竖直上抛一质量为 m 的小球, 小球运动时, 除受重力外, 还受一个大小为 kmv^2 的粘滞阻力(k 是常数, v 是小球的速率), 当小球回到出发点时, 它的速率为

$$\begin{aligned} \text{A. } v_0 - \sqrt{\frac{g}{k}}; \quad \text{B. } \sqrt{v_0^2 - \frac{g}{k}}; \quad \text{C. } \frac{v_0 \sqrt{g}}{\sqrt{k v_0^2 + g}}; \\ \text{D. } \frac{v_0 \sqrt{g}}{\sqrt{2 k v_0^2 + g}}; \quad \text{E. } \frac{v_0 \sqrt{g}}{\sqrt{k v_0^2 - g}}. \end{aligned}$$

此题的答案是D,但必须通过如下复杂计算后才能得到。

小球上升的加速度

$$a = \frac{dv}{dt} = g + kv^2$$

上升时, 小球克服阻力的元功

$$dA = f \cdot dh = f v dt = \frac{f v dv}{g + kv^2}$$

所以小球在上升过程中克服阻力的功为

$$A = km \int_{-v_0}^0 \frac{v^3 dv}{g + kv^2} = \frac{gm}{2k} \ln \frac{g + kv_0^2}{g} - \frac{1}{2} m v_0^2$$

小球下降时的加速度 $a' = \frac{dv}{dt} = g - kv^2$, 小球下降过程中克服阻力的功

$$A' = km \int_0^{v_i} \frac{v^3 dv}{g - kv^2} = \frac{gm}{2k} \ln \frac{g}{g - kv_i^2} - \frac{1}{2} m v_i^2$$

整个过程中重力做功为零, 所以

$$\begin{aligned} A + A' &= -\frac{1}{2} m v_0^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 + \frac{gm}{2k} \ln \frac{g + kv_0^2}{g - kv_i^2} \\ &= \frac{1}{2} m v_0^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 \end{aligned}$$

化简得 $v_0^2 = \frac{g}{2k} \ln \frac{g + kv_0^2}{g - kv_i^2}$, 因为

$$\frac{g + kv_0^2}{g - kv_i^2} = \exp\left(\frac{2kv_0^2}{g}\right) = 1 + \frac{2kv_0^2}{g} + \dots$$

当 $2kv_0^2 \ll g$ 时, 可略去右端高次项, 得到

$$g + kv_0^2 = (g - kv_0^2) \left(1 + \frac{2kv_0^2}{g} \right)$$

化简整理后, 得 D.

这种选择题相当于一个复杂的计算题, 可供选择性太差. 选择题的编写应以巩固基本概念基本理论为目标, 即便是综合题也应充分考虑学生的实际, 才能达到预期的效果. 本书选择题的编写紧紧围绕容易误解的概念, 各定理和定律的适用条件和适用范围, 各定律的地位, 分析问题解决问题的方法, 基本公式的综合应用, 物理意义的讨论等; 且取材难易适中、类型全面, 力求布及普通物理各个角落.

3. 编写选择题时没有考虑学生的常见错误, 除正确答案之外的错解是凑成的, 比如

例 5 将波长为 λ 的平行单色光垂直投射于一宽度为 b 的狭缝, 若对应于衍射图样的第一最小值位置的衍射角 θ 为 $\pi/6$, 则缝宽 b 的大小为

A. $\frac{\lambda}{2}$; B. λ ; C. 2λ ; D. 3λ ; E. 6λ .

将 $\theta = \frac{\pi}{6}$ 、 $k=1$ 代入夫琅和费单缝衍射最小值位置的关系式 $b \sin \theta = k\lambda$, 得 C, 其余的答案来路不明.

例 6 在本书题 1-1-4 中供选择的答案若取为

A. 240m; B. 250m; C. 260m; D. 270m; E. 280m.

则 D、E 都是没考虑学生易犯的错误凑成的.

这样的选择题起不到应有的效果, 参考价值略逊一筹. 本书是在总结多年教学经验的基础上充分考虑学生的实际编

写而成的，给出的每一题每一错解都是学生中经常出现的问题。

4. 把选择题用于测试题者多，用于大学物理日常教学者甚少，很少有人专门探索它在大学物理教学中的地位和作用，没有真正发挥它的效用。本书是解决这一问题的一次尝试，特别注重适用于日常教学。

二、对选择题进行错解分析的意义

在教学过程中，我们发现许多同学在解答习题时，只会套题目类型，依葫芦画瓢，答对了说不清对的道理，答错了也不知错在哪里；少数教师在学生作题发生困难时或对学生进行测试后，只给出正确答案，对错解不加分析，这只能解决表面现象，收不到好的效果，直接影响教学质量的提高。为了解决这一问题，我们在本书各题中，除了给出正确答案和考查目的之外，对学生常见错误着重进行错解分析，分析错误产生的原因，指出错误的关键所在，并据需要给以解题指导。实践表明，这样做有如下几点好处：

1. 通过正反两方面的分析，便于澄清一些似是而非的糊涂认识，起到事半功倍的效果。如本书题1-1-1、1-1-2、1-3-4、1-3-6、2-8-4、3-1-15、5-2-3等。

2. 可以从不同角度不同层次讨论物理定理、定律的适用条件和适用范围，使学生加深理解牢固掌握基本理论。如题1-3-12、1-3-19、1-4-6、1-4-12、2-6-8、2-3-2、3-1-3、5-2-7等。

3. 便于进行横向和纵向的比较，全面讨论物理意义，

使学生了解各定理定律在物理学中的地位和作用。如题 1-3-9、1-3-10、1-9-3、1-9-6、2-3-8、3-1-17、3-3-5、5-4-3、5-7-3 等。

4. 通过对错解的分析,使学生掌握分析问题的方法、养成分析问题的习惯,在培养学生分析问题的能力、语言表达能力、逻辑思维能力方面有着重要作用。如题 1-1-4、1-3-13、1-4-10、1-4-15、2-6-6、3-3-6、3-4-10、3-4-11 等。

5. 通过一题多解的错解分析和正反两方面的比较,便于使学生掌握解决各类习题的方法、技巧及应注意的问题,开阔学生的视野,拓宽解题的思路,进一步培养和提高学生灵活运用物理知识解决实际问题的能力。如题 1-3-7、1-3-12、1-4-12、1-4-16、3-1-18、3-4-5、3-8-3、3-8-5、3-8-6 等。

6. 把选择题错解分析引入日常教学,可以提高学生的学习兴趣,活跃课堂气氛,便于形成浓厚的学习风气,这对于学生以后的学习和工作可产生久远的影响。

三、对选择进行错解分析的方法

对选择题进行错解分析时一定要紧密结合教材,紧扣基本概念和基本理论;要着眼于错解、着重于分析二字;要能够准确的分析错误产生的原因、指出错误的键;语言要简洁、精炼。对选择题进行错解分析的方式是多样化的,一般可用如下几种方法:

1. 直接法 据基本概念和理论对题给的错解否定后,指出错在哪里;或直接指出错误的键。如题 1-1-10、

1-3-7、1-4-13、4-1-3、4-1-5、5-2-1、5-2-1、5-8-4等。

2. 比较法 同时给出正确和错误的解法或结果，然后通过二者的比较说明错在哪里。如题1-3-3、1-3-12、1-4-12、3-6-4、3-6-12、3-9-4等。

3. 反证法 利用正确的结论反过来说明错解，然后着重分析错误的产生原因。如题1-1-14、1-2-9、1-7-5、3-5-9、3-6-1、4-1-6等。

4. 反推法 先假定错解正确，结合基本概念和理论推出与题意矛盾的结果或错误方程，指明错在哪里。如题1-1-1A、1-2-8A、1-3-14C、1-4-14D、1-4-16、3-6-8C、3-9-4A和D、3-9-8A、4-2-7、4-1-1等。

5. 特例验证法 举出某种特例说明错解，指明错误的关键所在。如题1-2-11、3-1-8A、3-9-3E、5-2-10E等。

四、选择题错解分析引入教材和日常教学的探讨

选择题的错解分析引入日常教学，是教学方法改革的措施之一，也是必要和可行的，实践表明效果是好的，怎样把选择题错解分析引入日常教学呢？

1. 纳入教材和教学参考书。教材不仅是教学内容的主要依据，而且其编写工作直接影响到教法和学生能力的培养。现行各类教材多是平述直叙，例题、习题的形式单调，基本上是一个模式，不利于学生能力的培养。直接影响教学方法的改革。若把少量例题以选择题错解分析的形式给出，

则可使人耳目一新。如把题 1-3-3 作为例题，既可使学生掌握动量守恒定律的应用，又可表明应用中注意的问题，与内容的联系也更加紧密；题 1-3-13、1-4-14 等也能够起到同样效果。另外，在编写教材时也可把各章的思考题以选择题的形式给出。

2. 引入课堂教学，以选择题的形式提问学生，对学生回答的种种错解进行全面的分析讨论，指出错误的 关键所在。这既可作为一般性的课堂提问，也可配合下课前的小结或上课前的温故，这样做，可以避免小结的简单重复，还可以集中学生的注意力，启迪其思维，活跃课堂气氛。

3. 作为课后讨论或复习题留给学生，老师针对出现的种种错解进行分析。

本书的绝大多数问题是从日常教学中得来的，是从学生中来的，因此，它可以帮助物理教师了解到学生中可能出现的问题，从而在教学中作到知彼知己、有的放矢。也希望各位同行把这些问题引入日常教学实践，并在教学中加以改进、充实、提高。

第一篇 力学

第一章 质点运动学

1-1-1 描述物体运动时选取的参考系可以是

- A. 几何点; B. 质点; C. 任一刚体;
- D. 任一变形体或一组有相对运动的物体;
- E. 任一组无相对运动的物体.

〔答案〕 C、E.

〔考查目的〕 参考系的选取

〔错解分析〕 若以几何点为参考系, 不能反映出物体间机械运动的相对性, 失去了选取参考系的意义; 如果只给定一个参考点, 就不能说明物体位置的方位, 也就不能区分与参考点距离相同但方位不同物体的位置; 再者, 质点是忽略物体转动和各部分的相对运动得到的理想模型, 若以质点为参考系, 就不能真实的反映物体间的相对运动, 可以选平动刚体为参考系, 但不能说选质点为参考系. 有人说质心参考系不就是建立在一个点上的吗? 谈到质心参考系总要加上这句话才有意义: 坐标原点在质心, 而坐标轴与原来选定的惯性参考系的坐标轴保持平行. 这岂不是随质心平动的一个刚体吗! 若选变形体或一组有相对运动的物体为参考系, 参考标准不统一, 也无意义.

1-1-2 位于同一参考系上几个不同坐标系中的观测者, 若观测某一质点的运动, 则