

普通物理 典型试题 分析

湖南科学技术出版社

普通物理 典型试题分析

刘永安 骆宏悌 王楚云编著

湖南科学技术出版社

普通物理典型试题分析

刘永安 骆宏梯 王楚云编著

责任编辑：曾平安

*

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路3号)

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1987年4月第1版第1次印刷

开本：787×1092毫米 1/32 印张：14.25 字数：326,000

印数：1—7,500

ISBN 7-5357-0108-6/O·14

统一书号：13204·158 定价：3.00元

湘目86-20

前 言

近几年来，国内曾出版了不少招考研究生物理试题选解的图书，引起了广大读者的热情关注。然而，由于试题逐年累积，若每题必躬，则不仅疲于应付，且有茫无头绪之感。为了帮助读者熟悉这些试题所涉及的知识范围，掌握基本的解题类型，从中学习系统的解题方法，并能触类旁通，特编辑这本“典型试题分析”，以飨读者。

我们认为，从正面示范性地指导试题的解答，故属必要，它无疑能提高读者的解题能力，给读者以学习的楷模和启迪。然而，在历届研究生招考试题答卷中，各种错误解答屡见不鲜，研究这些错误产生的原因、性质，对提高辨别能力将很有裨益。为此，我们本着有比较才能有鉴别，正确的认识总是在识别谬误后得到发展的指导思想，让“前车之鉴”作为“后事之师”。按照学科的理论体系，精选了各类典型试题汇编成册。根据对考生解题中常见错误的收集、整理，首先列出了容易产生的[错误解答]；然后对这些错误的性质和引起的原因，进行系统的[分析]；最后作出示范性的[正确解答]。

在[错误解答]中，初看起来似乎规律有依，方法有据，思路有序，推算有理，颇有迷惑之力。但稍一思索，又觉似是而非，如何系统地辨别这些错误，就需进一步探索。

接着在[分析]中，对错误的性质、引起的原因等进行了深入讨论。有的是解答中物理概念不清，思路紊乱，使解答误

入歧途；有的是物理过程不理解，物理规律运用条件不当，生搬硬套，胡乱拼凑；有的是解题技巧和方法未掌握，束手无策；有的是审题不慎，数学运用不熟练等。通过这种系统的、分门别类的具体分析，可帮助读者了解谬误症结所在，引以为戒，以绝后患。

在[正确解答]中，着重于基本物理概念、基本物理规律和基本解题方法的分析与训练。这样，读者可以从典型试题解答正、反两方面的鲜明对比分析中，自觉警惕类似错误的发生，熟悉并掌握各种类型题目的物理思路和解题技能，提高活化运用物理理论解决实际问题的能力。由于篇幅和某些内容独有的特点所限，有部分试题，只作出[分析]，指明思路，然后进行示范[解答]。

全书选自全国八十余所高等院校和科研单位近年来招考研究生的普通物理试题，分为力学、分子物理学和热力学、电磁学、光学和近代物理学等五个部分。所选试题力求具有典型性、概括性和启发性，能较全面地反映课程各部分内容。也就是说，试题的类型，运用的物理方法，使用的解题技巧都具有一定的示范作用。同时，试题的解答思路具有多层次结构，需要概括运用若干物理概念和物理规律，且某些试题的构思新颖奇巧，在一定程度上能开拓知识的广度和深度。

在各部分试题之前，分别简述了有关的主要物理概念和基本物理规律，给出了主要物理量的定义式和物理规律的数学表达式以及适用条件；总结了解题的基本类型和基本方法。有助于读者进一步掌握解答这些试题所需要的知识。

本书可使读者对目前国内招考研究生的普通物理试题水平，有一个较全面的认识。可供报考研究生的人员复习普通物理时参考，也可供高等院校理工科各专业、电视大学、职工大

学、夜大学、函授大学的师生,中学物理教师和自学人员参考。

由于编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,祈请读者批评指正。

编 者

1985年8月于长沙

目 录

绪论：怎样解答普通物理试题·····	(1)
一、力学·····	(13)
二、分子物理学和热力学·····	(143)
三、电磁学·····	(242)
四、光学·····	(367)
五、近代物理学·····	(420)

绪论：怎样解答普通物理试题

究其普通物理试题的形式，主要可分为选择题、填空题和计算题等三种。对于各种形式的试题，都是为了考查考生对基本物理概念、物理规律和物理方法的理解与掌握的程度；以及检验考生灵活运用物理知识，分析和解决物理问题的能力。但不同形式的试题，在理论体系和方法论的广度和深度上各有不同的侧重，在解题思路和解答程序上也有所区别。

〔选择题〕它的基本结构是，在题目的后面给出了几个可供选择的答案，要求考生按照题目的要求选择一个或几个正确答案。它不需要考生给出解题过程，而只需要对几个答案作出正确判断。

选择题的特点是题目多、概念性强、对基本理论的覆盖率高；其次是各试题的综合程度较低，数学运算较简。它可在较大的范围内考查考生是否具有清晰的物理图象和运用知识作出科学判断的能力。它要求考生思路敏捷，反应迅速，能在较短的时间内进行分析和判断。

选择题便于运用计算机存储、汇编、评卷和记分，这不仅解除了教师编写试题和评卷等的重复性劳动，而且还使评卷迅速合理，准确无误。目前在各高校（研究所）招考研究生的综合考试中，选择题是主要形式之一。无疑，在未来的考试中，随着计算机的普及，在各种类型的试题里，选择题将占相当大的比重。

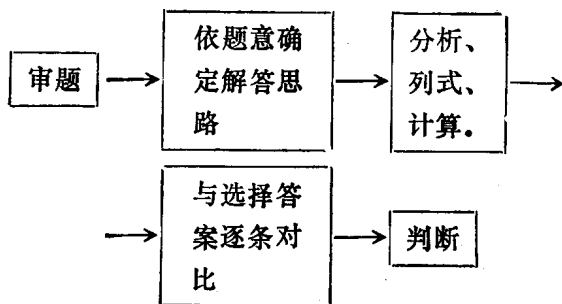
选择题的解答方法，通常有常规法和筛选法两种。

常规法的解答程序是，根据题意列出解答所需的物理公式或函数图象，然后进行理论分析或简单的量值计算，将所得结果和选择答案逐条对比，从中选择出正确答案。

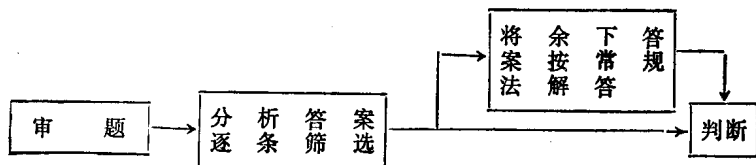
筛选法的解答程序是，针对提供选择的答案，运用基本的物理图象、量纲、单位、基本常数，某些物理量的数量级等基础知识进行分析，逐条筛选，找出正确答案；有些试题只能排除部分答案，余下的答案应按常规法作出正确判断。

为了便于掌握和比较上述两种方法的解答程序，可以参看下列选择题解答程序方框图。

1. 常规法:



2. 筛选法:



上述两种方法优劣如何？这要根据试题的具体内容作具体分析。对于那些必须通过计算才能得到解答的试题，多采用常规法选择；对于那些可以借助物理图象等手段进行分析判断的

试题, 采用筛选法解答, 能帮助应考者迅速确定答案, 缩短解答时间。因此, 在平时训练中, 自觉地采用筛选法求解, 是很重要的。

下面分别用实例来说明两种方法的具体应用。

【例1】 在相对介电常数为 ϵ_r 的介质中挖去一个扁平的圆柱体空腔, 直径为 d , 高为 b , ($d \gg b$)。外电场 E 垂直穿过圆柱体底面(如图1a), 则在空腔中的电场强度为

$$(1) \quad \epsilon_r E; \quad (2) \quad (\epsilon_r - 1)E; \quad (3) \quad \frac{E}{\epsilon_r - 1};$$

$$(4) \quad \frac{E}{\epsilon_r}; \quad (5) \quad \frac{b}{d} \epsilon_r E.$$

(1981年, 中国科学院上海技术物理研究所)

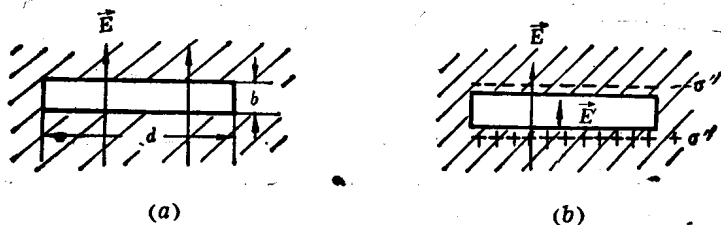


图1

【解答】 (常规法求解) 空腔中的电场强度 $\vec{E}_0$, 应是外电场 $\vec{E}$ 与空腔和介质分界面上的束缚电荷 σ' 所产生电场 $\vec{E}'$ 的迭加(图1(b))。由于 $\vec{E}'$ 和 $\vec{E}$ 同向, 所以 $E_0 = E + E'$ 。根据题意 $d \gg b$, 故空腔表面的束缚电荷 $\pm \sigma'$ 所产生的电场, 可作平行板电容器处理, 即

$$E' = \frac{\sigma'}{\epsilon_0}. \quad (1)$$

又按介质极化理论知

$$\sigma' = p = D - \epsilon_0 E = \epsilon_0 (\epsilon_r - 1) E. \quad (2)$$

将(2)式代入(1)式得

$$E' = (\epsilon_r - 1)E.$$

于是 $E_0 = E + E' = \epsilon_r E$, 答案(1)正确.

【例2】如图2所示的装置, 绳子不可伸长, 且质量可忽略不计, 滑轮质量为 M . 如开始时 M_1 的速度 $\vec{V}$ 和加速度 $\vec{a}$ 的方向分别向下和向上, 如图所示. 运动过程中, 绳和滑轮接触处无相对滑动, 问在运动过程中, 滑轮两边绳子的张力 T_1 、 T_2 有下列何种关系:

- (1) $T_1 = T_2$; (2) $T_1 > T_2$;
 (3) $T_1 < T_2$;
 (4) 先 $T_1 > T_2$, 后变为 $T_1 < T_2$.

(1984年, 中国科技大学)

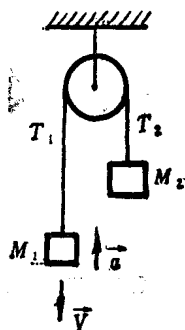


图2

【解答】(筛选法求解)分析物体运动和受力情况, 就能作出正确判断. 由于 M_1 作加速运动, 则滑轮必作角加速转动, 不存在 $T_1 = T_2$, 排除答案(1); M_1 的加速度向上, 滑轮的角加速度与角速度的方向相反, 不存在 $T_1 > T_2$, 因此排除答案(2)、(4); 余下的只有答案(3), 因所给选择题的诸答案中必有一个正确, 从而可判断本题解答为答案(3).

本题也可作进一步分析, 开始时, 滑轮虽然沿反时针方向转动, 但由于 M_1 的加速度向上, 滑轮必作减速转动, 由 $(T_2 - T_1)R = I\beta = I\frac{a}{R} > 0$, 可得 $T_2 > T_1$; 经过一段时间后, M_1 的速度变为零, 继而速度变为向上, 相应地滑轮的角速度也变为零, 继而沿顺时针方向转动, 因此整个过程都是 $T_1 < T_2$.

【例3】图3表示光电效应中发射出的光电子动能随入射光频率 ν 的变化关系, 下列四个量中, 哪一个表示普朗克常数?

(A) OQ ; (B) OP ;

(C) $\frac{OP}{OQ}$; (D) $\frac{QS}{RS}$.

(1984年, 武汉大学)

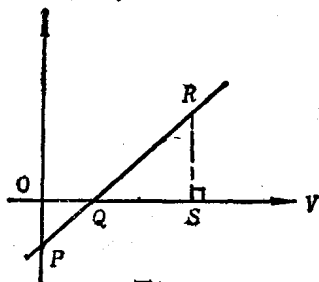


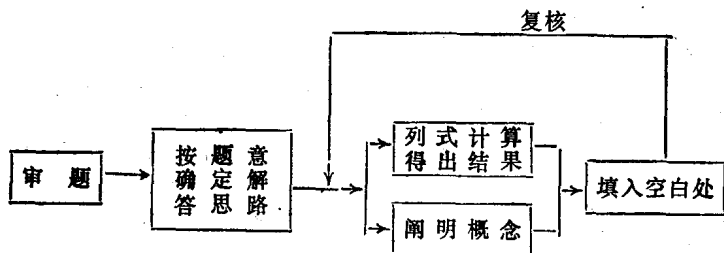
图3

【解答】(筛选法求解)普朗克恒量 h 的单位是 $(J \cdot S)$ 。而答案(A)中 OQ 的单位为 (S^{-1}) ；答案(B)中 OP 的单位是 (J) ；答案(C) $\frac{OP}{OQ}$ 的单位是 $\frac{J}{S^{-1}} = J \cdot S$ ；答案(D) $\frac{QS}{RS}$ 的单位是 $\frac{S^{-1}}{J} = (JS)^{-1}$ ，由此可以筛选出答案(C)正确。

〔填空题〕它的基本结构是，在题目横线上(或括号内)的空白处填写答案，不要求写出演算过程。

填空题的特点是，要求在空白处填写的内容叙述严谨，文字精炼、明确，物理量的计算结果和单位均准确无误。它可在较广的范围内考查考生对物理理论的表述能力和物理计算能力。

填空题解答程序方框图如下：



由于填空题只根据填入的答案评分，因此对于填入空白处的内容应作仔细复核。如：概念叙述是否严谨，物理量的计算是否准确，有效数字、单位、矢量的方向是否正确等。对于答

案中出现的某些错误，可在复核中逐一更正。否则，由于一时的疏忽，而招致功亏一篑。

【例4】 图4(a)、(b)所示是理想气体的六个过程。将每一过程中气体内能增量 ΔE 、温度增量 ΔT 、所作外功 A 及所吸热量 Q 的正负号填入下表：（图中1a2为等温过程，3d4为绝热过程）

过 程	ΔE	ΔT	A	Q
1a2	0	0	+	+
1b2	0	0	-	+
2c1	0	0	-	-

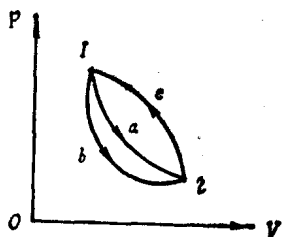


图4 (a)

过 程	ΔE	ΔT	A	Q
3d4	-	-	+	0
3e4				
4f3				

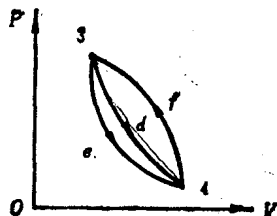


图4 (b)

(1984年，上海交通大学)

【解答】 按题设1a2为等温膨胀过程，温度增量 $\Delta T = 0$ ；而理想气体的内能是温度的单值函数，故 $\Delta E = 0$ ；气体对外作正功，A 为+；根据热力学第一定律 $Q = \Delta E + A$ 可知，气体吸收热量，Q 为+。

1b2为膨胀过程，由于始末状态在等温线上，故 $\Delta T = 0$ ， $\Delta E = 0$ ；气体对外作正功，A 为+；吸收热量，Q 为+。

2c1为压缩过程，同样由于始末状态在等温线上， $\Delta T = 0$ ，

$\Delta E = 0$; 气体对外作负功, A 为 $-$; 放出热量, Q 为 $-$ 。

由于 $3d4$ 为绝热膨胀过程, 系统不吸收热量, Q 为 0 , 对外作正功, A 为 $+$, 内能必然减少, 温度降低, ΔE 、 ΔT 均为 $-$ 。

$3e4$ 为膨胀过程, 系统的始末状态在 $3d4$ 的绝热线上, ΔT 、 ΔE 与该过程相同, 均为 $-$; 对外作正功, A 为 $+$; 由于做功的大小可用 PV 图上曲线下的面积表示, 故 $A_{3e4} < A_{3d4}$, 而 $3d4$ 过程的 Q 为 0 , 故 $3e4$ 过程的 Q 必为 $-$ 。

$3fe$ 过程为压缩过程, 系统对外作负功, A 为 $-$; 温度升高, 内能增大, ΔE 、 ΔT 与上两过程的绝对值相同, 但为 $+$; $|A_{4fs}| > A_{3d4}$, 故 Q 为 $-$ 。

将上面分析的结论填入表中。

过 程	ΔE	ΔT	A	Q
1a2	0	0	+	+
1b2	0	0	+	+
2c1	0	0	-	-

过 程	ΔE	ΔT	A	Q
3d4	-	-	+	0
3e4	-	-	+	-
4f3	+	+	-	-

【例5】光源强度 I_0 , 通过偏振化方向互成 45° 角的起偏振器与检偏振器, 光强变为_____。若以 $\frac{\lambda}{2}$ 晶片代替检偏振器, 则线偏振光通过晶片后, 振动面_____; 若以 $\frac{\lambda}{4}$ 晶片代替检偏振器, 则线偏振光通过晶片后_____。

(1983年, 哈尔滨工业大学)

【解答】强度为 I_0 的自然光, 通过起偏振器后 (不考虑吸收), 变为强度为 $\frac{I_0}{2}$ 的线偏振光; 再通过偏振化方向与起偏振器成 45° 角的检偏振器, 按马吕斯定律 $I = I_0' \cos^2 \alpha$, 光强度为

$$I = \frac{I_0}{2} \cos^2 45^\circ = \frac{I_0}{4}.$$

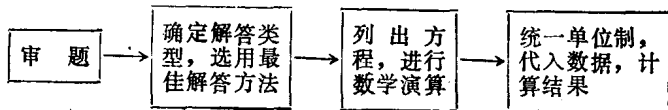
若以晶片代替检偏振器，则线偏振光在晶片内分解成不同振幅矢量的寻常光和非常光。当晶片的厚度为 $\frac{\lambda}{2}$ 时，寻常光和非常光的光程差为 $\frac{\lambda}{2}$ ，与之相应的周相差为 π ，在晶片的光轴方向与线偏振光的振动方向之间的夹角 $\alpha = \frac{\pi}{4}$ 时，则线偏振光的振动面旋转 $\frac{\pi}{2}$ 。当晶片的厚度为 $\frac{\lambda}{4}$ 时，透过晶片后的寻常光和非常光周相差为 $\frac{\pi}{2}$ ，这两束光迭加形成椭圆偏振光。只有线偏振光的振动方向，与晶片 C 的光晶方向之间的夹角为 45° ，则分解为寻常光和非常光的振幅相等，才能形成圆偏振光。

最后将 $\frac{I_0}{4}$ ，旋转 $\frac{\pi}{2}$ ，形成椭圆偏振光分别填入本题的三个空白处。

〔计算题〕 它的基本结构是，在题设的物理过程中，给定若干已知量，要求计算若干未知量。

计算题的特点是对基本物理概念和规律的综合运用程度较高，要求对物理过程进行全面分析确定解答类型，列出文字方程和进行数学演算。各类试题还包含有不同的解题方法和技巧。因此，计算题侧重考查考生对物理理论综合运用能力，以及应用数学工具分析和解决物理问题的能力。

计算题的解题程序如下：



确定试题解答类型，选用最佳解答方法，是解答计算题的关键。熟悉试题类型有助于迅速确定解题思路：各种类型的试题，往往有若干种解答方法，选错了解法，无法求解，前功尽弃。能解的方法也有繁简之别，考试时应惜时如金，选择最佳解法也是优化试题解答的重要保证。

【例6】 一个长圆柱体，质量为 m ，半径为 R ，带有单位体积为 ρ 的均匀正电荷。一个外加的力矩使圆柱体以恒定的角加速度 β 旋转(图5(a))，即 $\omega(t) = \beta t$ ，试求电磁场的阻力矩 M 。

(1984年，北京钢铁学院)

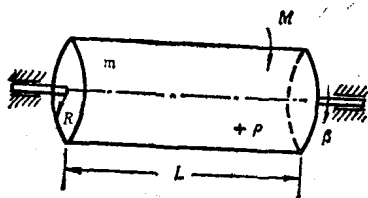


图 5 (a)

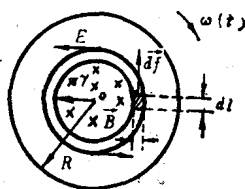


图5(b)

【分析】 这是一道力学和电磁学的综合试题。要求运用力学和电磁学的概念、规律和方法进行综合分析和求解。

从力学的角度分析，本题要求解力矩 M 。通常采用“力法”或“能法”进行解答。

“力法”求力矩的基本方法是，先作受力分析，然后按定义式计算，即

$$\vec{M} = \int \vec{r} \times d\vec{j}. \quad (1)$$

“能法”求力矩的基本方法是，先计算系统某一状态的能量 W ，然后利用功能原理得

$$M = \frac{dW}{d\theta} \quad (2)$$

从电磁学的角度分析, (1) 式中的 $d\vec{f}$ 应为电磁阻力, (2) 式中的 W 应为电磁场的能量。

【解答】 方法一 用“力法”计算力矩

带电圆柱体旋转时, 在体内形成涡流, 涡流在圆柱体内的空间产生磁场, 磁感应强度 $\vec{B}(r)$ 的方向标明在圆柱体的断面上(图5b)垂直纸面向里。由于圆柱体加速旋转, $\vec{B}(r)$ 随时间 t 的增长而增大, 故必感生涡旋电场 $\vec{E}(r)$, $\vec{E}(r)$ 的方向也在图中标明。在圆柱体中, 取电荷元 $dq = \rho dV = \rho L dr dl$, 此电荷元受到的涡旋电场力为

$$d\vec{f} = E d\vec{q} = E \rho L dr dl. \quad (3)$$

为此必须计算涡旋电场的分布 $\vec{E}(r)$ 。

由法拉第电磁感应定律知

$$\oint_l \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \int \frac{d\vec{B}}{dt} \cdot d\vec{s}, \quad (4)$$

(4) 式中的 $\vec{B}(r)$ 等效为半径由 r 到 R 连续变化的密绕螺线管的磁场的迭加, 即

$$\begin{aligned} B(r) &= \int dB = \int \mu_0 dI = \int_r^R \mu_0 (2\pi r dr \rho \cdot \frac{\omega}{2\pi}) \\ &= \frac{1}{2} \mu_0 \rho \omega (R^2 - r^2) = \frac{1}{2} \mu_0 \rho (R^2 - r^2) \beta t. \end{aligned} \quad (5)$$

将(5)式代入(4)式得,

$$\begin{aligned} \oint_l E dl &= \int_0^r \frac{1}{2} \mu_0 \rho (R^2 - r^2) \beta \cdot 2\pi r dr, \\ 2\pi r E &= \mu_0 \pi \rho \beta (R^2 \cdot \frac{r^2}{2} - \frac{r^4}{4}) \end{aligned}$$

$$\text{所以} \quad E(r) = \frac{1}{8} \mu_0 \rho \beta (2R^2 r - r^3). \quad (6)$$

电磁场的阻力矩为