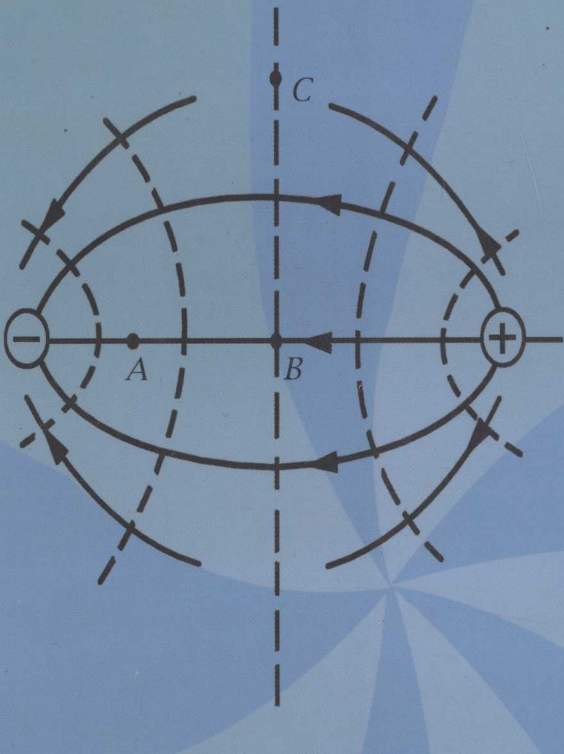
新编中学物理解题指要丛书

张培荣 徐忠英 编著

GAO ZHONG WU LI JIE TI ZHI YAO



（电学、光学部分）

高中物理解题指要 下

東方出版中心

新编中学物理解题指要丛书

高中物理解题指要(下)

(电学、光学部分)

张培荣　徐忠英 编著

东方出版中心

图书在版编目（CIP）数据

高中物理解题指要.下,电学、光学部分/张培荣,徐忠英编著.—上海：东方出版中心,2000.9

（新编中学物理解题指要丛书）

ISBN 7－80627－594－0

Ⅰ.高…　Ⅱ.①张…②徐…　Ⅲ.物理课－高中－教学参考资料　Ⅳ.G634.73

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2000）第 40141 号

高中物理解题指要（下）

出版发行：东方出版中心

地址：上海市仙霞路 335 号

电话：62417400

邮政编码：200336

经销：新华书店上海发行所

印刷：昆山市亭林印刷总厂

开本：787×1092 毫米　1/32

字数：210 千

印张：10

印数：6,000

版次：2000 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

ISBN 7－80627－594－0/G·182

定价：11.00 元

内 容 提 要

本书系“新编中学物理解题指要丛书”之一种。本书根据中学物理课程标准的要求及新教材的具体内容，针对教学上的重点、要点和难点，概要地介绍了高中物理电学、光学解题的基本思路、途径、方法和技巧，将其分门别类地归纳为诸如怎样计算电场强度、怎样分析电路的连接情况、变化情况，怎样进行串、并联电路的计算，怎样分析电流磁场与磁通量，怎样解切割磁感线问题，怎样分析物理光学问题，怎样分析原子物理问题，怎样分析热学、电学实验，怎样分析提高性实验等等。本书可帮助学生灵活掌握高中物理的基本知识，便捷地解决各类物理习题，也可供有关教师参考。

出版说明

物理学是研究自然界物质的最普遍、最基本的运动形式的一门科学，物理学知识广泛地应用到自然科学和技术的各个领域，对人类认识自然和改造自然起着重要的作用。历史上物理学研究的每一次重大突破，都会产生一次科学技术的重大发展，从而引起一次产业革命。中学物理是物理学的基础，是中学的重要课程，学好中学物理既能训练学生的逻辑思维能力，培养学生的分析问题和解决问题的能力，又能学到很多重要的科学方法，有利于学习中学的其他课程。

要学好中学物理，在熟练掌握中学物理的基本概念和基本规律的同时，学会各种科学方法，掌握解题技巧也是很重要的，它能帮助学生深入领会物理概念和规律，帮助学生迅速找到解题思路，简便地作出正确解答。为此，我们出版这套“新编中学物理解题指要丛书”，共分3册，包括《初中物理解题指要》、《高中物理解题指要（上）》（力学、热学部分）、《高中物理解题指要（下）》（电学、光学部分）。本丛书根据课程标准和教材，针对教学上的重点、要点、难点，概要地介绍了中学物理各分支解题的基本思路、途径、方法和技巧等。本丛书可作为普通中学物理教和学的参考书，也可供广大物理爱好者作为学习物理的辅导读物。

本丛书的作者都是长期在中学从事物理教学，具有丰富教学实践经验，对中学物理解题方法颇有研究的中学特级教

师和高级教师。我们希望本丛书的出版,能对广大中学生提高学习物理兴趣,培养创新能力有所裨益,并期待中学广大师生对本丛书提出宝贵意见,以便再版时改进,使本丛书逐步完善。

目　录

一、怎样计算电场强度

描述电场特性的最基本的物理量就是场强和电势，它们是分析电场中一切问题的基础，中学阶段重点要求能计算点电荷、点电荷组及一些特殊带电体的周围各点的电场强度。知道了电场强度就能知道点电荷在电场中的受力情况，从而可以研究点电荷在电场中的运动情况。

（一）三个基本公式的应用

例1 将一带电量为 -2×10^{-5}库的点电荷q放入点电荷Q的电场中的P点，受到的电场力为 $F=1.8\times10^{-2}$牛，方向水平向左，P 点距 Q 为 $r=10$ 厘米，如图1-1 所示。求：(1) P 点的场强；(2) Q 点的电量与电性；(3)若将 q 移去，则 P 点的场强多大？

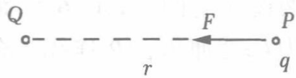


图1－1

分析与解 P 点的场强是由点电荷 Q 产生的，所以公式 $E_P=F/q$ 和 $E_P=kQ/r^2$ 都适用，由此可得

$$E_P = F/q = 1.8\times10^{-2}/2\times10^{-5}\text{牛/米}$$
$$=900\text{ 牛/米。}$$

而场强的方向与负受力电荷所受电场力的方向相反，因此 P 点的场强方向向右。

由 $E_P=KQ/r^2$ 得，

$$Q = E_Pr^2/K = 900\times0.1^2/9\times10^9\text{ 库}$$

$= 10^{-9}$库。

由 P 点的场强方向向右可得 Q 带的是正电。

当 q 移去时,虽然电场力没有了,但产生电场的点电荷 Q 的电量和位置均未变,因此 P 点的场强仍为 900 牛/米。

说明 $E = F/q$ 是定义式,适用于任何电场,它是从测量的角度来研究的。放一 q 在场中某点,测出其所受电场力 F,即可知该点的场强,它不管电场是哪个电荷产生的,而 $E = kQ/r^2$ 只适用于点电荷的电场,它是从电场的产生来研究的,由此式可知场强决定于场源电荷以及研究点在场中的位置。

例 2 如图1-2所示,M、N 为两块带等量异号电荷的平行金属板,带电量为 $Q = 4 \times 10^{-4}$库,M 板带正电,A、B 为两板间的两点,A、B 间距离为 $l = 8$ 厘米,AB 连线与金属板成 30°角,A、B 间电势差为 $U_{AB} = 200$ 伏,A 点离 M 板为 $r = 2$ 厘米,求 A 点的场强。

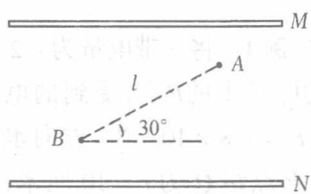


图 1-2

分析与解 M、N 两板间是匀强电场,$E = kQ/r^2$ 不再适用,应该用 $E = U/d$ 来计算,所以

$$E_A = U_{AB}/l\sin30°$$
$$= 200/0.08 \times 0.5 \text{ 伏/米}$$
$$= 5000 \text{ 伏/米。}$$

说明 计算场强的公式有三个:$E = F/q$、$E = kQ/r^2$ 和 $E = U/d$,必须搞清它们的适用条件和物理意义,才能正确应用。

例 3 质量为 m、电量为 q 的质点，在静电力作用下以恒定速率 v 沿圆弧从 A 点运动到 B 点，其速度方向改变的角度为 θ(弧度)，AB 弧长为 s，则 AB 弧中点的电场强度大小为 E = ______

分析与解 质点以恒定速率沿圆弧运动，即为匀速圆周运动，能提供向心力的电场只可能是由点电荷产生的电场，由库仑力提供向心力得

$$F = mv^2/R = mv^2\theta/s,$$

则该处的电场强度大小为

$$E = F/q = mv^2\theta/sq。$$

说明 本题也可先由库仑定律

$$kQq/R^2 = mv^2/R,$$

得 $\quad Q = mv^2R/kq = mv^2s/kq\theta,$

再由点电荷场强公式得

$$E = kQ/R^2 = mv^2Q/sq。$$

(二) 点电荷场强的迭加

例 4 如图1－3所示，真空中有两个点电荷 A 和 B，相距为 $l = 2$ 米，所带电量分别为 Q 和 $-Q/4$，求空间何处电场强度为零?

分析与解 空间各点的场强应为 A、B 两点电荷分别产生的场强迭加，很明显在 A、B 连线以外的各点，A、B 两点电荷分别产生的场强不可能方向相反，故合场强为零的点必在 A、B 连线上，而 A、B 连线上又可分为 A、B 间，B 以右和 A 以左三个区

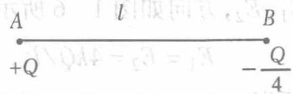


图 1－3

域。在 A、B 间，A 产生的场强向右，B 产生的场强也向右，迭加后合场强也不可能为零，A 以左虽然两点电荷分别产生的场强方向相反，但明显 A 产生的场强比 B 产生的场强大，合场强也不可能为零。故合场强可能为零的点必在 B 以右，设为 C 点，CB 距离为 x，如图 1－4 所示，则点电荷 A 在 C 点产生的场强为

$$E_1 = kQ/(l+x)^2,$$

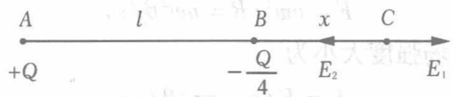


图 1－4

点电荷 B 在 C 点产生的场强为

$$E_2 = kQ/4x^2。$$

要使 C 点合场强为零，只需 $E_1 = E_2$，即

$$kQ/(l+x)^2 = kQ/4x^2,$$

可解得　　$x = l$。

例 5　A、B 两点相距为 l，分别固定有电量为 Q 和 $-Q$ 的两点电荷，M 为 A、B 连线的中点，N 为离 A、B 均为 l 的点，如图 1－5 所示，试求 M、N 两点处的场强。

分析与解　A、B 两处的点电荷在 M 点产生的场强分别为 E_1、E_2，方向如图 1－6 所示，

$$E_1 = E_2 = 4kQ/l^2,$$

所以　$E_M = E_1 + E_2 = 8kQ/l^2$。

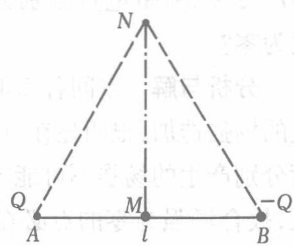


图 1－5

A、B 两处的点电荷在 N 点产生的场强分别为 E_1'、E_2'，方向如图 1－6 所示，

$$E_1' = E_2' = kQ/l^2。$$

因为 E_1' 和 E_2' 的夹角为 120°，所以

$$E_N = E_1' = kQ/l^2。$$

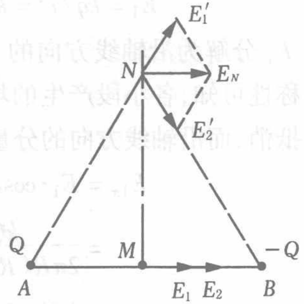


图 1－6

（三）用微元法计算场强

例 6 均匀带电圆环的半径为 R，带电量为 Q，其轴线上离环心 O 为 x 处有一点 P，如图 1－7 所示，试求带电圆环在 P 点处产生的场强。

分析与解 均匀带电圆环不能看成点电荷，所以不能直接用 $E = kQ/r^2$ 来计算。于是，设法把圆环分割成无限多个小段，每个小段的长设为 l，这样每个小段均可看成是点电荷了。先研究图 1－8 所示的一小段，它的电量为 $q = Ql/2\pi R$，它在 P 点产生的场强 E_1 的方向如图 1－8 所示，大小为

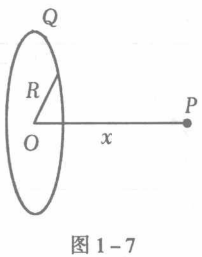


图 1－7

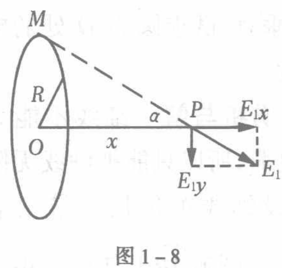


图 1－8

$$E_1 = kq/r^2 = kQl/2\pi R(R^2 + x^2)。$$

将 E_1 分解为沿轴线方向的 E_{1x} 和垂直于轴线方向的 E_{1y}，由对称性可知，各小段产生的场强的垂直于轴线方向的分量互相抵消，而沿轴线方向的分量互相迭加，

$$\begin{aligned} E_{1x} &= E_1 \cdot \cos\alpha \\ &= \frac{kQl}{2\pi R(R^2 + x^2)} \cdot \frac{x}{\sqrt{R^2 + x^2}} \\ &= kQlx/2\pi R(R^2 + x^2)^{3/2}。 \end{aligned}$$

因为共有 $2\pi R/l$ 段，它们的这一分量迭加得

$$\begin{aligned} E &= E_{1x} \cdot 2\pi R/l \\ &= kQx/(R^2 + x^2)^{3/2}。 \end{aligned}$$

说明 由上述结果可见，当 $x \gg R$ 时，上述结果就简化为 $E = kQ/x^2$，也就是说此时可把均匀带电圆环看作点电荷了；同样，也不能由点电荷场强公式 $E = kQ/r^2$，误认为 $r \to O$ 时，$E \to \infty$，因为 r 少到一定程度，带电体就不能看成点电荷了，$E = kQ/r^2$ 一式不再适用。由本例结果可知，本例中如果 $x = 0$ 时，$E = 0$。

例 7 一无限长均匀带电细线弯成如图1－9所示的平面图形，其中 $\overset{\frown}{AB}$ 是半径为 r 的半圆弧，AA' 平行于 BB'，且与直径 AB 垂直，试求圆心 O 处的电场强度。

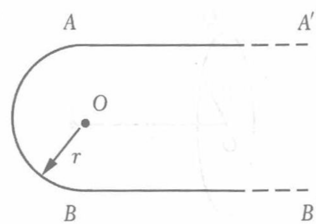


图 1－9

分析与解 细线不能看作点电荷，所以只能把细线无限分小，设细线单位长度带正电荷 λ，在半圆弧 $\overset{\frown}{AB}$ 上任取一小段弧

$\overset{\frown}{ab} = r\Delta\theta$,可看作点电荷,它在圆心 O 点处产生的电场强度的大小是

$$\Delta E = k\frac{\lambda r\Delta\theta}{r^2} = k\frac{\lambda\Delta\theta}{r},$$

方向如图 1-10 所示。延长 aO、bO,分别交细线的直线部分于a'、b',把$a'b'$也看作点电荷,带电为 $\lambda a'b'$,距圆心 O 的距离用R 表示,作 $a'a''$垂直于 Ob',则 $\angle a''a'b' = \angle b'OB = \theta$。因而 $a'b' = a'a''/\cos\theta = a'a''R/r$,但 $a'a'' = R\cdot\Delta\theta$,故 $a'b' = R^2\Delta\theta/r$。

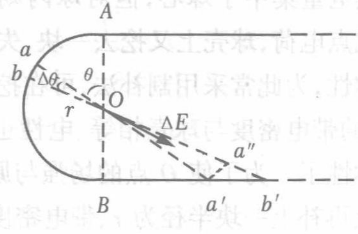


图 1-10

点电荷 $a'b'$在O 点产生的电场强度的大小是

$$\Delta E' = k\frac{\lambda a'b'}{R^2} = k\frac{\lambda\Delta\theta}{r} = \Delta E,$$

方向与 ΔE 相反,因此$\overset{\frown}{ab}$与 $a'b'$在O 点产生的场强之和为零。根据同样的分析可知,$\overset{\frown}{AB}$上各小段电荷与细线直线部分各小段电荷一一对应地在O 点产生的场强相消,故细线电荷在 O 点的电场强度为零。

说明 本例中所用的方法是利用带电体的对称性证明某点场强为零的常用方法,读者不妨试着用这种方法证明均匀带电球壳在壳内任意点产生的场强都为零。

(四)用割补法计算电场强度

例 8 一均匀带电球壳半径为 R、带电量为 Q,在球壳上

挖一半径为$r(r \ll R)$的圆孔，如图1－11所示，求剩余部分电荷在球心 O 的电场强度。

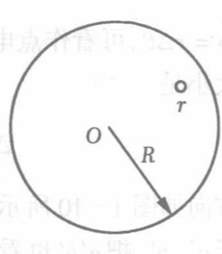


图 1－11

分析与解　均匀带电球壳对球外产生的场强可以把球壳看成一个点电荷，其电量集中于球心，但对球内则不能看成点电荷，球壳上又挖去一块，失去了对称性，为此常采用割补法，可在挖出的孔上先补上一块半径为r的带电密度与球壳相等、电性也相等的圆板，这样就具有对称性了。为了使 O 点的场强与原带电体产生的相同，可在孔上再补上一块半径为 r、带电密度与球壳相等、电性相反的圆板，这样球心 O 处的场强为

$$E = E_1 + E_2 + E_3。$$

式中 E_1 为原带电体的场强，E_2 为同性圆板的场强，E_3 为异性圆板的场强，很明显 E_2 和 E_3 可互相抵消，所以 E 就等于 E_1。为了求出 E，可把 E_1 和 E_2 先合成，这就是均匀带电球壳，由对称性可知应为零，于是只需计算 E_3 了，而带电圆板可以看作是点电荷，所以

$$E = E_3 = k\frac{Q \cdot \pi r^2}{4\pi R^2 \cdot R^2} = \frac{kQr^2}{4R^4}。$$

E 的方向：若球带 $+Q$，则由 O 指向圆孔。

若球带$(-Q)$，则由 O 指向圆孔的相反方向。

例 9　一均匀带电球体半径为 R、带电量为 Q，沿其直径开一条很细的槽，如图 1－12 所示，在槽中离球心 O 距离为 r 处有一点 P，试求 P 点处的电场强度。

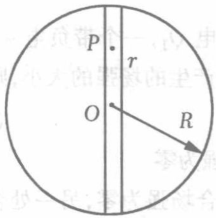


图 1－12

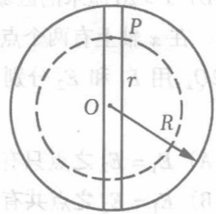


图 1－13

分析与解　均匀带电球体求其球内某点的场强时不能看成点电荷，但如直接把球体分成无限多个小块，求出每小块在 P 点产生的场强再迭加又无法计算，于是可以把球体分成两部分，内部是一个半径为 r 的均匀带电小球体，外部是一个内、外半径分别为 r 和 R 的厚带电球壳，如图 1－13 所示，然后利用现成的结论来解。对球壳来说，P 点位于壳内，均匀带电球壳对壳内任意点产生的场强均为零，而对小球体来说，P 点在球外，所以可以把小球体的电量全部集中在球心，于是 P 点的场强为

$$E = k\frac{Q_{小球}}{r^2} = k\frac{Qr^3}{R^3}\cdot\frac{1}{r^2} = \frac{kQr}{R^3}。$$

习　　题

1. 在 x 轴上 $x=0$ 处放有一电量 $q_1=4Q$ 的点电荷，$x=10$ 厘米处放有一电量 $q_2=-Q$ 的点电荷，则在 x 轴上合场强的方向沿负方向的区域是　　　　(　　)

(A) $x<0$ 的区域

(B) 10 厘米 $>x>0$ 的区域

(C) 20 厘米 $>x>$ 10 厘米的区域

（D） $x>20$ 厘米的区域

2. 在 x 轴上有两个点电荷，一个带正电 Q_1，一个带负电 $-Q_2$，且 $Q_1=2Q_2$，用 E_1 和 E_2 分别表示两个电荷所产生的场强的大小，则 x 轴上 （　）

（A） $E_1=E_2$ 之点只有一处，该处合场强为零

（B） $E_1=E_2$ 之点共有两处，其中一处合场强为零，另一处合场强为 $2E_1$

（C） $E_1=E_2$ 之点共有三处，其中两处合场强为零，另一处合场强为 $2E_1$

（D） $E_1=E_2$ 之点共有三处，其中一处合场强为零，另两处合场强为 $2E_1$

3. 如图 1－14 所示，半径为 R 的硬橡胶圆环，其上带有均匀分布的正电荷，单位长度上的电量为 q。现将圆环顶部截去一小段 $\overset{\frown}{AB}$，使 $\overset{\frown}{AB}=l(l\ll R)$，则剩余部分在圆心 O 处产生的场强应为 （　）

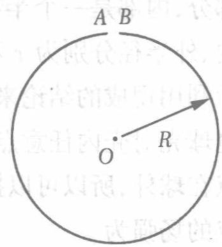


图 1－14

（A） O 处场强方向指向 $\overset{\frown}{AB}$ 处，

（B） O 处场强方向指向背离 $\overset{\frown}{AB}$ 方向，

（C） O 处场强大小为 kLq/R^2，

（D） O 处场强大小为 $2\pi kq/R$。

4. 在同一直线上依次有 a、b、c 三点，且 $bc=3ab$，在 a 点固定一个带正电的小球，在 b 点引入电量为 2.0×10^{-8} 库仑的检验电荷，其所受电场力为 2.0×10^{-6} 牛，将该检验电荷移去后，b 点的场强大小为________，c 点的场强大小为________。如果要使 b 点的场强为零，可在 c 点放一个电量是 a 点处带电小球的电量的________倍的________电荷。

5. 如图 1－15 所示，半径为 R 的金属球带正电 q，电荷均匀分布在