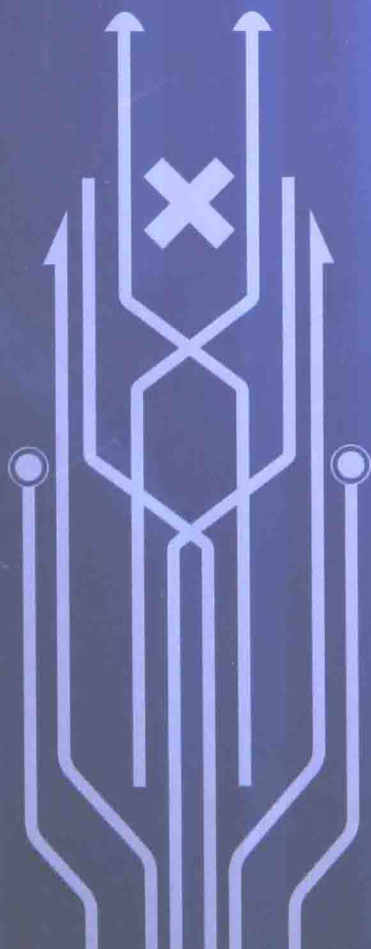


大学物理学习指导 ②

● 主 审 朱善华

● 主 编 柳闻鹃 刘朝晖 向远辉 李玉珍



湘潭大学出版社

大学物理学习指导(下)

主 审 朱善华

主 编 柳闻鹃 刘朝晖 向远辉 李玉珍

湘潭大学 出版社

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学习指导 : 全 2 册 / 柳闻鹃等主编. — 湘潭: 湘潭大学出版社, 2014.8
ISBN 978-7-81128-743-1

I. ①大… II. ①柳… III. ①物理学—高等学校—教学参考资料 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第187888 号

责任编辑: 王亚兰

封面设计: 闪电书装工作室

出版发行: 湘潭大学出版社

社 址: 湖南省湘潭市 湘潭大学出版大楼

电话(传真): 0731-58298966 0731-58298960

邮 编: 411105

网 址: <http://press.xtu.edu.cn/>

印 刷: 湘潭地调彩印厂

经 销: 湖南省新华书店

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 13

字 数: 317 千字

版 次: 2014 年 8 月第 1 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-81128-743-1

定 价: 22.00 元(上下册)

11.00 元(下册)

(版权所有 严禁翻印)

目 录

静电场

静电场学习指导	1
练习一 静电场(一)	4
练习二 静电场(二)	6
练习三 静电场(三)	8
练习四 静电场(四)	10
练习五 静电场(五)	12
自测题一	14

稳恒磁场

稳恒磁场学习指导	17
练习六 稳恒磁场(一)	20
练习七 稳恒磁场(二)	22
练习八 稳恒磁场(三)	24

电磁感应与电磁场

电磁感应与电磁场学习指导	26
练习九 电磁感应(一)	28
练习十 电磁感应(二)	30
练习十一 电磁感应(三)	32
自测题二	34

波动光学

波动光学学习指导	38
练习十二 光的干涉(一)	40
练习十三 光的干涉(二)	42
练习十四 光的衍射(一)	44
练习十五 光的衍射(二)	46
练习十六 光的偏振	48

近代物理基础

近代物理基础学习指导	50
练习十七 狭义相对论(一)	52
练习十八 狭义相对论(二)	54
练习十九 量子物理基础(一)	56
练习二十 量子物理基础(二)	58
自测题三	60

附 录

大学物理(下)自测题	64
大学物理竞赛试题 4	68
大学物理竞赛试题 5	72
大学物理竞赛试题 6	76
部分习题参考答案	81
参考文献	97

静电场学习指导

基本要求

1. 掌握描述静电场的两个物理量——电场强度和电势的概念。
2. 理解高斯定理及静电场的环路定理,它们表明静电场是有源场和保守场。
3. 掌握用叠加原理以及高斯定理求解带电系统电场强度的方法。
4. 掌握用叠加原理以及电势的定义式求解带电系统电势的方法。
5. 了解电偶极子概念,能计算电偶极子在均匀电场中的受力和运动。
6. 掌握静电平衡的条件,掌握导体处于静电平衡时的电荷、电势、电场分布。
7. 了解电介质的极化机理,掌握电位移矢量和电场强度的关系。理解电介质中的高斯定理,并会用它来计算电介质中对称电场的电场强度。
8. 掌握电容器的电容定义,能计算常见电容器的电容。
9. 理解电场能量密度的概念,掌握电场能量的计算方法。

内容提要

1. 库仑定律

真空中两个静止的点电荷之间的作用力 $\mathbf{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1 q_2}{r^2} \mathbf{r}^0$

2. 电场

(1) 电场强度的定义

$$\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q_0}$$

式中, q_0 为检验电荷的电量。

(2) 点电荷 q 在空间产生的电场的电场强度

$$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \mathbf{r}^0$$

(3) 电场强度叠加原理

对于点电荷组成的电荷系 $\mathbf{E} = \sum_i \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_i}{r_i^2} \mathbf{r}_i^0$;

对于静止的连续带电体 $\mathbf{E} = \int \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{dq}{r^2} \mathbf{r}^0$ 。

3. 电通量和高斯定理

(1) 电通量

$$\Phi_e = \int_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S}$$

(2) 高斯定理

$$\oint_S \mathbf{E} \cdot d\mathbf{S} = \frac{\sum q_{\text{内}}}{\epsilon_0}$$

此式说明静电场是有源场。

4. 静电场的场强环路定理和电势

(1) 环路定理

$$\oint_l \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = 0$$

静电场是保守场。

$$(2) \text{ 电势 } U_p = \frac{W_{p \text{ 零电势点}}}{q_0} = \int_p^{\text{零电势点}} \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l};$$

$$\text{电势差 } U_{ab} = \int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l}。$$

(3) 点电荷的电势公式

$$U = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$$

$$(4) \text{ 电势的叠加原理: } U = \sum_i U_i;$$

$$\text{点电荷系的电势 } U = \sum_i \frac{q_i}{4\pi\epsilon_0 r_i};$$

$$\text{电荷连续分布的带电体的电势 } U = \int \frac{dq}{4\pi\epsilon_0 r}。$$

(5) 电场力做功

$$A_{ab} = q \int_a^b \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = q(U_a - U_b)$$

5. 静电场中的导体和电介质

(1) 导体静电平衡的条件

$\mathbf{E}_{\text{内}} = 0$, $\mathbf{E}_{\text{表面}} \perp$ 表面, 或导体为等势体, 表面为等势面。

(2) 介质在电场中的极化

电介质中的电场强度 $\mathbf{E} = \mathbf{E}_0 + \mathbf{E}'$ 。

(3) 电位移矢量

对于各向同性电介质 $\mathbf{D} = \epsilon \mathbf{E} = \epsilon_0 \epsilon_r \mathbf{E}$ 。

(4) 电介质中的高斯定理

$$\oint_S \mathbf{D} \cdot d\mathbf{S} = \sum q$$

(5) 电容器的电容

$$C = \frac{q}{\Delta U}$$

6. 静电场的能量

(1) 电容器中储藏的静电能

$$W = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}CU^2 = \frac{1}{2}QU$$

(2) 电场的能量密度

$$w = \frac{W}{V} = \frac{1}{2} \epsilon E^2 = \frac{1}{2} DE$$

(3) 电场中总的静电能

$$W = \int_V w dV = \int_V \frac{1}{2} \epsilon E^2 dV$$

练习一 静电场(一)

1. []在用试探电荷检测电场时,电场强度的定义为: $E = \frac{F}{q_0}$, 则

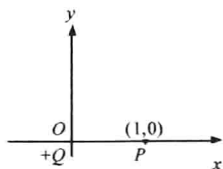
- (A) E 与 q_0 成反比
- (B) 如果没有把试探电荷 q_0 放在这一点上, 则 $E = 0$
- (C) 试探电荷的电量 q_0 应尽可能小, 甚至可以小于电子的电量
- (D) 试探电荷为电量尽可能小的点电荷, 以致可以检测一点的场强

2. []两个点电荷 q_1 和 q_2 固定在同一条直线上, 相距为 d , 把第三个点电荷 q_3 放在 q_1 和 q_2 的延长线上, 与 q_2 相距为 d , 使 q_3 保持静止, 则

- (A) $q_1 = 2q_2$
- (B) $q_1 = -\sqrt{2}q_2$
- (C) $q_1 = -4q_2$
- (D) $q_1 = -2\sqrt{2}q_2$

3. []在坐标原点放一正电荷 Q , 它在 P 点 ($x = +1, y = 0$) 产生的电场强度为 E 。现在, 另外有一个负电荷 $-2Q$, 试问: 应将它放在什么位置, 才能使 P 点的电场强度等于零?

- (A) x 轴上 $x > 1$ 处
- (B) x 轴上 $0 < x < 1$ 处
- (C) x 轴上 $x < 0$ 处
- (D) y 轴上 $y > 0$ 处

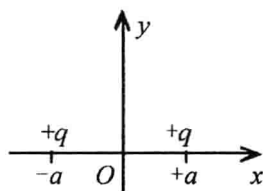


4. 在边长为 a 的正方体中心处放置一电量为 Q 的点电荷, 则正方体顶角处的电场强度的大小为_____。

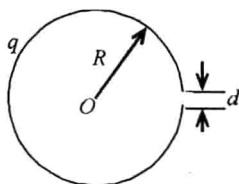
5. 如图所示,图中电荷均为 $+q$ 的两个点电荷分别位于 x 轴上的 $+a$ 和 $-a$ 位置,求:

(1) y 轴上任意一点的电场强度的大小和方向;

(2) y 轴上何处电场强度有极大值?



6. 如图一半径为 R 的带有一缺口的细圆环,缺口长度为 d ($d \ll R$),环上均匀带有正电,电荷为 q ,求圆心 O 处的场强。



练习二 静电场(二)

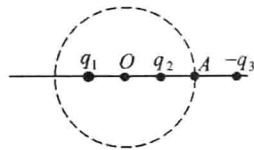
1. []关于电场线以下几种说法正确的是

- (A) 电场线的疏密程度代表场强的大小
- (B) 任意两条电场线可以相交
- (C) 电场线代表电荷在电场中的运动轨迹
- (D) 电场线是闭合曲线

2. []对静电场高斯定理的理解,下列四种说法中正确的是

- (A) 如果通过高斯面的电通量不为零,则高斯面内必有净电荷
- (B) 如果通过高斯面的电通量为零,则高斯面内必无电荷
- (C) 如果高斯面内无电荷,则高斯面上电场强度必处处为零
- (D) 如果高斯面上电场强度处处不为零,则高斯面内必有电荷

3. 三个点电荷 q_1 、 q_2 和 $-q_3$ 在一直线上,相距均为 $2R$,以 q_1 与 q_2 的中心 O 作一半径为 $2R$ 的球面, A 为球面与直线的一个交点,如图所示。则:

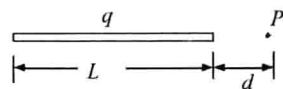


(1) 通过该球面的电通量 $\oiint E \cdot dS =$ _____;

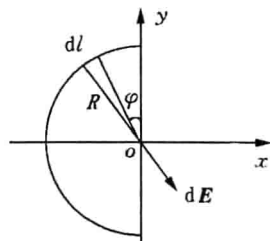
(2) A 点的场强 $E_A =$ _____。

4. 一“无限长”均匀带电的空心圆柱壳,内半径为 a ,外半径为 b ,电荷体密度为 ρ 。若作一半径为 r ($a < r < b$),长度为 L 的同轴圆柱形高斯柱面,则其中包含的电量 $q =$ _____。

5. 如图所示,真空中一长为 L 的均匀带电细直杆,总电荷为 $+q$ 。试求:在直杆延长线上距杆的一端距离为 d 的 P 点的电场强度 E_P 。



6. 一个半径为 R 、均匀带电量为 Q 的半圆环,求其环心处 O 点的电场强度。

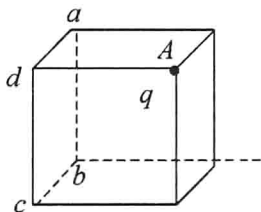


练习三 静电场(三)

1. [] 如图所示, 一个电荷为 q 的点电荷位于立方体的 A 角上, 则通过侧面 $abcd$ 的电场强度通量等于

(A) 0 (B) $\frac{q}{12\epsilon_0}$

(C) $\frac{q}{24\epsilon_0}$ (D) $\frac{q}{48\epsilon_0}$



2. [] 两个同心带电球面, 半径分别为 $R_a, R_b (R_a < R_b)$, 所带电量分别为 Q_a, Q_b 。设某点与球心相距 r , 当 $R_a < r < R_b$ 时, 该点的电场强度的大小为

(A) $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_a + Q_b}{r^2}$ (B) $\frac{1}{4\pi_0} \cdot \frac{Q_a - Q_b}{r^2}$

(C) $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \left(\frac{Q_a}{r^2} + \frac{Q_b}{R_b^2} \right)$ (D) $\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_a}{r^2}$

3. 一半径为 R 的无限长均匀带电圆柱面, 其电荷面密度为 σ , 该柱面内外场强分布为 (r 表示在垂直于圆柱面的平面上, 从轴线引出的矢径)

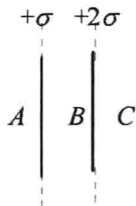
$E(r) = \underline{\hspace{2cm}} (r < R); E(r) = \underline{\hspace{2cm}} (r > R)。$

4. 如图所示, 两个平行的“无限大”均匀带电平面, 其电荷面密度分别为 $+\sigma$ 和 $+2\sigma$, 则 A 、 B 、 C 三个区域的电场强度分别为(设方向向右为正):

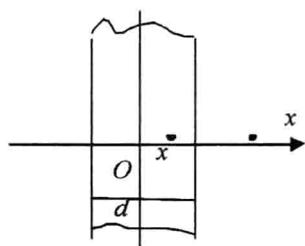
$E_A = \underline{\hspace{2cm}};$

$E_B = \underline{\hspace{2cm}};$

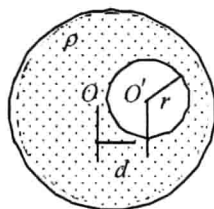
$E_C = \underline{\hspace{2cm}}。$



5. 图示一厚度为 d 的“无限大”均匀带电平板, 电荷体密度为 ρ 。求板内、外的场强分布, 并画出场强随坐标 x 变化的图线, 即 $E-x$ 图线(设原点在带电平板的中央平面上, Ox 轴垂直于平板)。



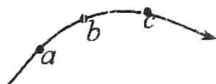
6. 一电荷体密度为 ρ 的均匀带正电球体, 保持电荷分布不变, 在该球体内挖去半径为 r 的一个小球体, 球心为 O' , 两球心间距离 $\overline{OO'} = d$, 如图所示, 求两球心 O 与 O' 点的电场强度。



练习四 静电场(四)

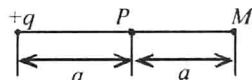
1. [] 如图所示, a, b, c 是电场中某条电场线上的三个点, 由此可知

- (A) $E_a > E_b > E_c$ (B) $E_a < E_b < E_c$
 (C) $U_a > U_b > U_c$ (D) $U_a < U_b < U_c$



2. [] 在点电荷 $+q$ 的电场中, 若取图中 P 点处为电势零点, 则 M 点的电势为

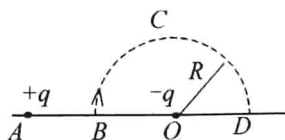
- (A) $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 a}$ (B) $\frac{q}{8\pi\epsilon_0 a}$
 (C) $\frac{-q}{4\pi\epsilon_0 a}$ (D) $\frac{-q}{8\pi\epsilon_0 a}$



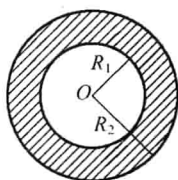
3. [] 真空中两块相互平行的无限大均匀带电平面 A 和 B , A 平面电荷面密度为 2σ , B 平面电荷面密度为 σ , 两板间距离为 a , 当一点电荷 q 从 A 面移到 B 面时, 电场力作的功为

- (A) $\frac{qa\sigma}{\epsilon_0}$ (B) $\frac{q}{2\epsilon_0 a}$
 (C) $\frac{qa\sigma}{2\epsilon_0}$ (D) $\frac{qa\sigma}{4\pi\epsilon_0}$

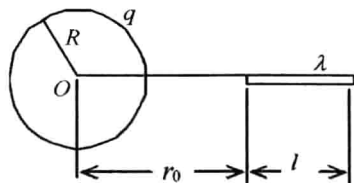
4. 图示 BCD 是以 O 点为圆心, 以 R 为半径的半圆弧, 在 A 点有一电荷为 $+q$ 的点电荷, O 点有一电荷为 $-q$ 的点电荷, 线段 $\overline{BA} = R$, 现将一电子从 B 点沿半圆弧轨道 BCD 移到 D 点, 则电场力所作的功为_____。



5. 图示为一个均匀带电的球壳, 其电荷体密度为 ρ , 球壳内表面半径为 R_1 , 外表面半径为 R_2 。设无穷远处为电势零点, 求空腔内任一点的电势。



6. 如图所示, 半径为 R 的均匀带电球面, 带有电荷 q 。沿某一半径方向上有一均匀带电细线, 电荷线密度为 λ , 长度为 l , 细线左端离球心距离为 r_0 , 设球和线上的电荷分布不受相互作用影响, 试求细线所受球面电荷的电场力和细线在该电场中的电势能 (设无穷远处的电势为零)。



练习五 静电场(五)

1. [] 当一个带电导体达到静电平衡时,

- (A) 表面上电荷密度较大处电势较高
- (B) 表面曲率较大处电势较高
- (C) 导体内部的电势比导体表面的电势高
- (D) 导体内任一点与其表面上任一点的电势差等于零

2. [] 电量为 Q , 半径为 R_A 的金属球 A , 放在内外半径为 R_B 和 R_C 的金属球壳内, 若用导线连接 A 、 B , 设无穷远处 $u_\infty = 0$, 则 A 球的电势为

- (A) $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R_C}$
- (B) $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R_A}$
- (C) $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R_B}$
- (D) $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_B} - \frac{1}{R_C} \right)$

3. [] 如果某带电体的电荷体密度 ρ 增大为原来的 2 倍, 则其电场的能量变为原来的

- (A) 2 倍
- (B) 1/2 倍
- (C) 4 倍
- (D) 1/4 倍

4. 一平行板电容器, 两板间充满各同向性均匀电介质, 已知相对介电常量为 ϵ_r 。若极板上的自由电荷面密度为 σ , 则介质中电位移的大小 $D =$ _____, 电场强度的大小 $E =$ _____。