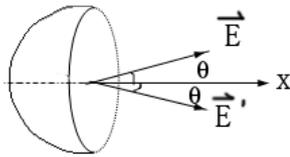


## 第一章 真空中的静电场的基本规律自测题一

1. 1 判断下列说法是否正确，并说明理由。

- (1) 场中某一点在场强的方向就是将电荷放在该点时所受电场力的方向。
- (2) 场强的方向可由  $E = \frac{F}{q}$  定出，其中  $q$  可正可负。
- (3) 在以点电荷为心所作的球面上，由该点电荷所产生的场强处处相等。

1. 2 一半球面上均匀分布着正电荷，根据对称性，如何判断位于球心的场强方向？



1. 3 下列说法是否正确？为什么？

- (1) 闭合曲面上各点场强为零时，面内必没有电荷。
- (2) 闭合曲面内总电量为零时，面上各点场强必为零。
- (3) 闭合曲面的通量为零时，面上各点场强必为零。
- (4) 闭合曲面上的总通量仅是由面内电荷提供的。
- (5) 闭合曲面上各点的场强仅是由面内电荷提供的。
- (6) 应用高斯定理的条件是电场具有对称性。
- (7) 应用高斯定理求得的场强仅是由面内电荷激发的。

1. 4 “均匀带电球面激发的电场与面上所有电量集中在球心时的电场等效”，这个说法是否正确？

1. 5 附图中 A 和 B 为两个均匀带电球，S 为与 A 同心的球面，试问：

- (1) S 面的通量与 B 的电量及位置是否有关？
- (2) S 面上某点的电场强度与 B 的电量及位置是否有关？
- (3) 可否用高斯定理求出 S 面上一点的场强？为什么？

1. 6 半径为 R 的均匀带电内挖去半径为 r 的小球，问附图中 A 与 b 两种情况，能否用高斯定理求场强？

1.7 一球形气球，电荷均匀分布在其表面上，在此气球被吹大的过程中，球内外的场强如何变化？

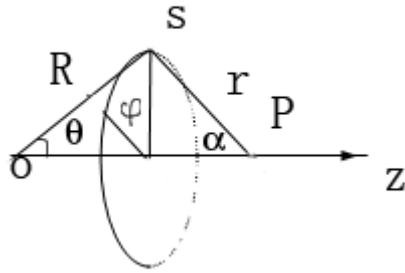


图 1.7

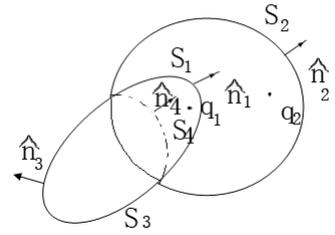
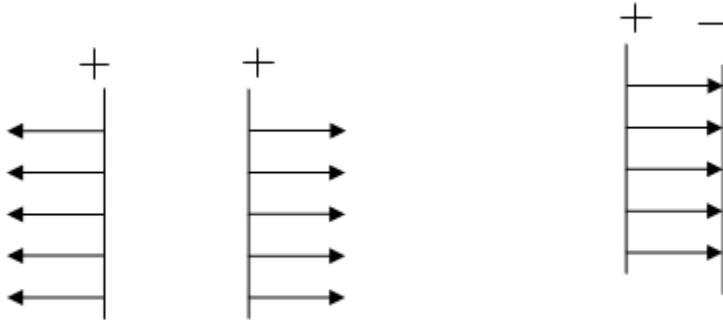


图 1.8

1.8 附图中若已知  $S_1$  面上的通量为  $\Phi_{s_1}$ ，问  $S_2$  面， $S_3$  面及  $S_4$  面上的通量  $\Phi_{s_2}$ ， $\Phi_{s_3}$  及  $\Phi_{s_4}$  各等于多少？（曲面法线取向如图所示）

1.9 试画出等值同号与等值异号的两无限大均匀带电平面间及二面外部的电场线图。



1.10 电力线是不是点电荷在电场中的运动轨迹？（设此点电荷除电场力外不受其他力）。

1.11 下列说法是否正确？如不正确，请举一反例加以论述。

- (1) 场强相等的区域，电位亦处处相等。
- (2) 电位相等处，场强也相等。
- (3) 场强大处，电势一定高。
- (4) 电场为零处，电势一定为零。
- (5) 电势为零处，场强一定等于零。

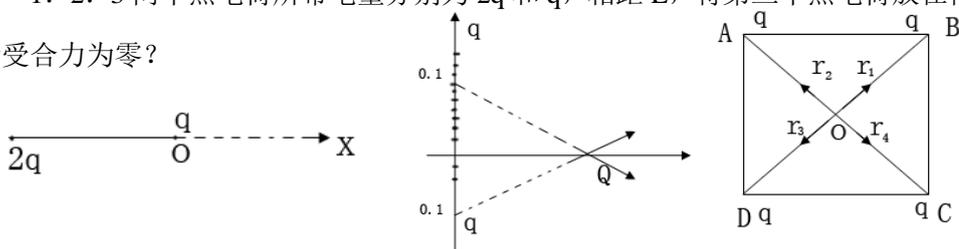
1.12 两个半径分别为  $R_1$  与  $R_2$  的同心均匀带电球面，且  $R_2 = 2R_1$ ，内球带电量  $q_1 > 0$ ，问外球带电量  $q_2$  满足什么条件时，能使内球的电势为正？满足什么条件时，能使内球的电势为零？满足什么条件时，能使内球的电势为负？

## 第一章 真空中的静电场的基本规律自测题二

1. 2. 1 在真空中有两个点电荷, 设其中一个所带电量是另一个的四倍, 它们相距  $5 \times 10^{-2}$  米时, 相互排斥力为 1.6 牛顿。问它们相距 0.1 米时, 排斥力是多少? 两点电荷的电量各为多少?

1. 2. 2 两个同号点电荷所带电量之和为  $Q$ , 问它们带电量各为多少时, 相互作用力最大?

1. 2. 3 两个点电荷所带电量分别为  $2q$  和  $q$ , 相距  $L$ , 将第三个点电荷放在何处时, 它所受合力为零?



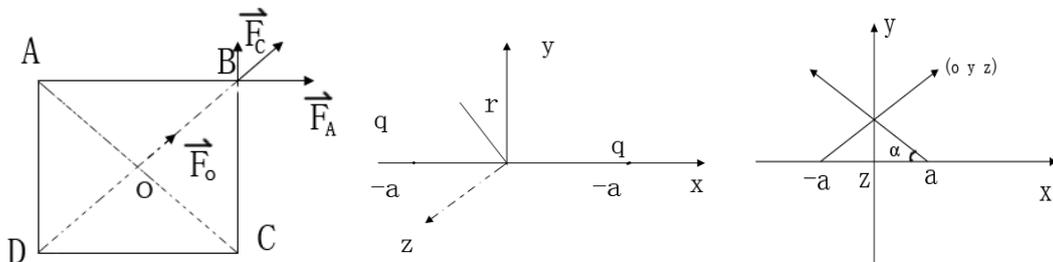
1. 2. 4 在直角坐标系中, 在  $(0, 0.1)$ ,  $(0, -0.1)$  的两个位置上分别放有电量为  $q = 10^{-10}$  (库) 的点电荷, 在  $(0.2, 0)$  的位置上放有一电量为  $Q = 10^{-8}$  (库) 的点电荷, 求  $Q$  所受受力的大小和方向?

1. 2. 5 在正方形的顶点上各放一电量相等的同性点电荷  $q$ 。

(1) 证明放在正方形中心的任意电量的点电荷所受的力为零;

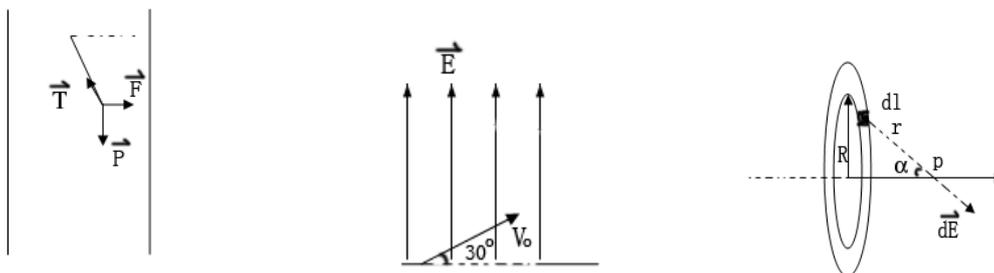
(2) 若在中心放一点电荷  $Q$ , 使顶点上每个电荷受到的合力恰为零, 求  $Q$  与  $q$  的关系。

1. 2. 6 两电量相等的同性点电荷, 在其联线的中垂面上放一点电荷, 根据对称性可知, 该点电荷在中垂面上受力的极大值的轨迹是一个圆, 求该圆的半径。



1. 3. 1 在长为 50 厘米、相距 1 厘米的两个带电平行板间的电场是匀强电场（场强方向垂直向上）。将一速度为  $v_0 = 10^7$ （米/秒）的电子从 M 点（距上下板等距离）水平射入电场（见图），若电子恰在平行板的边缘处离开电场，求该匀强电场的大注。（忽略边缘效应，认为板外场强为零，且略去重力对电子的影响。）

1. 3. 2 用细线悬一质量为 0.2 克的小球，将其置于两个竖直放置的平行板间（见图）。设小球带电量为  $6 \times 10^{-9}$  库仑，欲使悬挂小球的细线与场强夹然成  $60^\circ$  角，求两板间场强？



1. 3. 3 有一电子射入一电场强度是  $5 \times 10^3$  牛顿/库仑的均匀电场，电场的方向是竖直向上，电子的初速度是  $10^7$  米/秒，与水平线所夹的入射角为  $30^\circ$ （见图），不考虑重力对电子的影响。

- (1) 求该电子上升的最大高度；
- (2) 此电子回到其原来高度时的水平射程是多少？

1. 3. 4 电子所带的电量（基本电荷  $-e$ ）最先是由密立根通过油滴实验测出的。密立根设计的实验装置如附图所示，一个很小的带电油滴在电场  $E$  内，调节  $E$ ，使作用在油滴上的电场力与油滴的重量平衡。如果油滴的半径为  $1.64 \times 10^{-4}$  厘米。若平衡时， $E = 1.92 \times 10^5$  牛顿/库仑。求油滴上的电荷（已知油的密度为  $0.851$  克/厘米<sup>3</sup>）。

1. 3. 5 两个电荷， $q_1 = 4.0$ （微库）， $q_2 = 8.0$ （微库），其相距为 10 厘米，求离它们都是 10 厘米处的电场强度  $E$ 。

1. 3. 6 如图，一半径为  $R$  的均匀带电圆环，电荷总量为  $q$ 。

- (1) 求轴线上离环中心  $O$  为  $x$  处的场强  $E$ ；
- (2) 画出  $E-x$  曲线；
- (3) 轴线上什么地方的场强最大？其值是多少？

1. 3. 7 电荷以线密度  $\eta$  均匀分布在长为  $L$  的直线段上。

(1) 求带电线的中垂线上与带电线相距为  $R$  的点的场强；

(2) 证明当  $L \rightarrow \infty$  时，该点的场强  $E = \frac{\eta}{2\pi\epsilon_0 R}$ ；

(3) 试证当  $R \gg L$  时，所得结果与点电荷场强公式一致。

1. 3. 8 线电荷密度为  $\eta$  的无限长均匀带电线，分别弯成附图中 (a)，(b) 两种形状，若圆弧半径为  $R$ ，试求：(a)，(b) 图中  $O$  点的场强。

1. 3. 9 一无限长带电圆柱面，其面电荷密度由下式所决定： $\sigma = \sigma_0 \cos \varphi$ ， $\varphi$  角为与  $x$  轴间夹角，见附图，求圆柱轴线  $z$  上的场强。

1. 4. 1 如图所求，匀强电场的场强  $E$  半径为  $R$  的半球面的轴线平行，试计算通过此半球面的电通量，若以半球面的边线为边，另作一个任意形状的曲面，此面的通量为多少？

1. 4. 2 图中电场强度分别为  $E_x = bx^{\frac{1}{2}}$ ， $E_x = E_z = 0$ ，其中  $b=800$  (牛顿/库仑)。试求：

(1) 通过正立方体的电通量；

(2) 正立方体内的总电荷是多少？设  $a = 10$  (厘米)。

1. 4. 3 求线电荷密度为  $\eta$  的无限长均匀带电直线在空间任一点产生的场强。

1. 4. 4 求面电荷密度为  $\sigma$  的无限长均匀带电圆柱面的场强分布，并画出  $E-r$  曲线。

1. 4. 5 在一厚度为  $d$  的无限大平板层内电荷均匀分布，其体密度为  $\rho$ ，求在平板层内、外的电场强度  $E$  的分布。

1. 4. 6 一半径为  $R$  的带电球，其体密度  $\rho = \rho_0(1 - r/R)$ ， $\rho_0$  为一常量。 $R$  为空间某点至球心的距离。试求：

(1) 球内、外的场强分布；

(2)  $r$  为多大时，场强最大，该点场强  $E_{\max} = ?$

1. 4. 7 如图所示，两条平行无限长均匀带电直线，相距为  $2a$ ，电荷线密度分别为  $\pm\eta$ ，求这两条直线在空间任一点  $P$  的场强。

1. 4. 8 两无限大的平行平面均匀带电，面电荷密度都是  $\sigma$ ，求各处的场强分布。

1. 4. 9 如图所示，两无限大平行的均匀带电平面，相距为  $l$ ，其面电荷密度分别为  $\sigma$  与  $-\sigma$ ，以  $z$  为轴分别在两平面上挖去两个半径为  $R$  的圆，且有  $l \ll R$ ，试求  $z$  轴上一点的场强分布。(  $z$  轴原点在  $\frac{l}{2}$  处。)

1. 4. 10 如图所示，求半径为  $R$ ，电荷体密度为  $\rho$  的均匀带电球体内  $O'$  点放在一点电

荷  $q$ 。试求： $O, P, N, M$  点的场强 ( $O', O, P, N, M$  在一条直线上)。

1. 4. 11 在半径为  $R$ ，电荷体密度为  $\rho$  的均匀带电球体内，挖去一个半径为  $r$  的小球，如图所求。试求： $O, O', P, M$  各点的场强 ( $O', O, P, M$  在一条直线上)。

1. 4. 12 半径为  $R$  的无限长直圆柱体内均匀带电，电荷在体密度  $\rho$ ，求场强分布，并画出  $E-r$  曲线。

1. 4. 13 一对无限长的共轴直圆筒，半径分别为  $R_1$  和  $R_2$ ，筒面上都均匀带电，沿轴线单位长度的电量分别为  $\lambda_1$  和  $\lambda_2$ 。

(1) 求各区域内的场强分布；

(2) 若  $\lambda_1 = -\lambda_2$ ，情况如何？并画出  $E-r$  曲线。

1. 5. 1 设有一个电量  $q = 1.5 \times 10^{-2}$  库的点电荷。试求：

(1) 电位为 30 伏特的等位面的半径有多大？

(2) 电位差为 1.0 伏特的任意两个等位面，其半径之差是否相同？

1. 5. 2 如图所示，两个点电荷的电量分别为  $q$  与  $-3q$ ，其间距为  $d$ ，求：

(1) 在它们连线间  $U=0$  的点和 (2) 连线上  $E=0$  的点在什么位置？

1. 5. 3 如图所示，假如在电场中某一部分的电力的形状是以  $O$  点为中心的同心圆弧。试证明：该部分上每点的电场强度都应与该点离  $O$  点的距离成反比。

1. 5. 4 证明：在静电场中凡是电场线都是平行直线的地方，电场强度的大小必定处处相等；或者换句话说，凡是电场强度的方向处处相同的地方，电场强度的大小必定处处相等。

[提示：利用高斯定理和环路定理，分别证明沿同一电场线和不同电力线上任意两点的场强相等。]

1. 5. 5 如图所示， $AB = 2L$ ， $OCD$  是以  $B$  为中心， $L$  为半径的半圆， $A$  点有正点电荷  $+q$ ， $B$  点有负点电荷  $-q$

(1) 把单位正电荷从  $O$  点沿  $OCD$  移动到  $D$  点，电场力对它作了多少功？

(2) 把单位负电荷从  $D$  点沿  $AD$  的延长线移到无穷远去，电场力对它作了多少功？

1. 5. 6 电荷  $Q$  均匀分布在半径为  $R$  的球体内，证明离球心  $r$  处 ( $r < R$ ) 的电位为：

$$U = \frac{Q(3R^2 - r^2)}{8\pi\epsilon_0 R^3}$$

1. 5. 7 求 1.4.7 题中两条平行的无限长均匀带异号电荷的直线，在空间任一点的电势。选无限远为电位参考点。

1. 5. 8 如图所示，电量  $q$  均匀地分布在长为  $2L$  的细直线上。

(1) 求空间任一点  $P(x, y)$  的电位  $U(0 < y < +\infty, -\infty < x < +\infty)$ ；

(2) 讨论：当  $P$  点在其延长线上，距  $O$  为  $x$  处；当  $P$  点在直线中垂面上离中心  $O$  为  $y$  处的电势。

1. 5. 9 如图所示，两个平行放置的均匀带电圆环，它们的半径为  $R$ ，电量为  $q$  及  $-q$ ，其相距为  $l$ ，并有  $l \ll R$  关系。

(1) 试求以两环的对称中心  $O$  为坐标原点，垂直于环面的  $x$  轴上的电势。

(2) 证明：当  $x \gg R$  时， $U = \frac{ql}{4\pi\epsilon_0 x^2}$ 。

1. 5. 10 求 1.4.9 题中，沿  $z$  轴上的电位分布，选无限远处为电势参考点。

1. 5. 11 如图所示，在半径为  $R_1$  和  $R_2$  的两个同心球面上，分别均匀带电，电量为  $Q_1, Q_2$ ；

(1) 求 I, II, III 区域内的电势分布；

(2) 讨论：当  $Q_1 = -Q_2; Q_2 = -\frac{R_2}{R_1}Q_1$  两种情况下 I、II、III 区域中电势分布，并画出

$U-r$  曲线。

1. 5. 12 在上题中，保持内球上电量  $Q_1$  不变，当外球电量  $Q_2$  变化时，试讨论三个区域内的电势有无变化？两球面之间的电势差有无变化？

1. 5. 13 求 1.4.11 题中  $O, O', P, M$  各点的电势。

1. 5. 14 在 1.4.13 题中分别以无限元和轴线为电势参考点，求无限长共轴圆筒的电位分布和两筒的电势差（设  $\lambda_1 = -\lambda_2 = \lambda$ ）并画出  $U-r$  曲线。

1. 5. 15 半径为  $R$  的无限长直圆柱体内均匀带电，电荷体密度为  $\rho$ ，以轴线为电位参考点，求其电势分布。

## 第一章 真空中的静电场的基本规律自测题三

例 1: 在一个带正电的大导体附近 P 点放置一个试探点电荷  $q_0$  ( $q_0 > 0$ )，实际测得它受力  $F$ 。若考虑到电荷量  $q_0$  不是足够小的，则  $F/q_0$  比 P 点的场强  $E$  大还是小？若大导体球带负电，情况如何？

该题涉及若干知识点，首先应清楚电场强度的定义及与试探电荷的无关性；其次，要弄清楚对试探电荷的要求；第三要了解试探电荷对导体上电荷的影响；第四要知道无论  $q_0$  大小  $F/q_0$  的含义；第五搞清楚大导体带电的正负对  $F/q_0$  与待测场强  $E$  的关系。

例 2、在真空的 A、B 两板，相距为  $d$ ，面积为  $S$ ，各带电  $+q$ ， $-q$ 。求两板间的作用力  $F$ 。

有人说  $F = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$ ；又有人说  $F = qE$ ，其中  $E = \sigma / \epsilon_0$ ， $\sigma = q/S$ 。所以  $F = \frac{q^2}{\epsilon_0 S}$ 。他们说得对不对？为什么？到底  $F$  等于什么？

该题涉及下列知识点：库仑定律使用条件、电场力的计算、无限大带电板模型等。

### 3、讨论题目

(1) 给你两个金属球，装在可以搬动的绝缘支架上，试指出使这两个球带等量异号电荷的方法。你可以用丝绸摩擦过的玻璃棒，但不使它和两球接触，你所用的方法是否要求两球大小相等？

该题涉及下列知识点：静电感应，电荷守恒定律等。

(2) 用手握铜棒与丝绸摩擦，铜棒不能带电。带上橡皮手套，握着铜棒和丝绸摩擦，铜棒就会带电，为什么两种情况有不同的结果？

该题涉及下列知识点：导体与绝缘体，电荷守恒定律等。

(3) 在一个带正电的大导体附近 P 点放置一个试探点电荷  $q_0$  ( $q_0 > 0$ )，实际测得它受力  $F$ 。若考虑到电荷量  $q_0$  不是足够小的，则  $F/q_0$  比 P 点的场强  $E$  大还是小？若大导体球带负电，情况如何？

该题涉及下列知识点：电场强度的定义，试探电荷的定义，静电感应，电荷守恒定律及库仑定律等。

(4) 在真空的 A、B 两板，相距为  $d$ ，面积为  $S$ ，各带电  $+q$ ， $-q$ 。求两板间的作用力  $F$ 。有

人说  $F = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 d^2}$ ；又有人说  $F = qE$ ，其中  $E = \sigma / \epsilon_0$ ， $\sigma = q/S$ 。所以  $F = \frac{q^2}{\epsilon_0 S}$ 。他们

说得对不对？为什么？到底  $F$  等于什么？

该题涉及下列知识点：库仑定律使用条件、电场力的计算、无限大带电板模型等。

(5) ①若将一个带正电的金属小球移近一个绝缘的不带的导体时，小球受到吸引力还是排斥力？

②若小球带负电，情况将如何？

③若当小球在导体近旁（但未接触）时，将导体远端接地，情况如何？

④若将导体近端接地，情况如何？

⑤若导体在未接地前与小球接触一下，将发生什么情况？

⑥若将导体接地，小球与导体接触一下后，将发生什么情况？

该题涉及下列的知识点：库仑定律，静电感应，电荷守恒定律等。

(6) 有一个小球形的橡皮气球，电荷均匀分布在表面上。此气球在被吹大的过程中，下列各处的场强怎样变化？

① 始终在气球内部的点；

② 始终在气球外部的点；

③ 被气球表面掠过的点。

该题涉及下列知识点：电场强度的定义，均匀带电球面在空间的电场分布等。

(7) 两个点电荷相距一定距离，已知在这两点电荷连线中点处场强为  $0$ ，你对这二点电荷的电量和符号可作什么结论？

该题涉及下列知识点：库仑定律的应用，电场强度的定义的理解，电场强度方向的判断及场强叠加原理等。

(8) 一般地说，电场线代表点电荷在电场中的运动轨迹吗？为什么？

该题涉及下列知识点：电场线的定义，点电荷所受电场力的大小与方向判断，力与加速度的关系等。

(9) 设在无限大均匀带电平面附近，有一面积为  $S$  的平面  $B$ ，

①  $B$  怎样放置，才可使通过它的电通量最大？

②  $B$  怎样放置，才可使通过它的电通量为  $0$ ？

③ 开始时  $B$  与  $A$  平行， $B$  怎样运动才可使电通量保持不变？

④  $B$  怎样运动才可使电通量随之改变？

该题涉及下列知识点：无限大带电平板场的特点，电通量的定义及几何意义等。

(10) 一个点电荷  $q$  放在球形高斯面的中心处，试问在下列情况下，穿过这高斯面的电通量

是否改变？

- ① 如果第二个点电荷放在高斯球面附近处。
- ② 如果第二个点电荷放在高斯球面内。
- ③ 如果将原来的点电荷移离了高斯球面的球心，但仍在高斯球面内。

该题涉及下列知识点：电通量的定义及对高斯定理的理解。

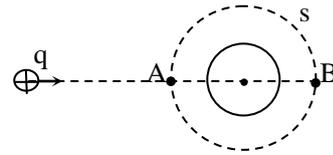
(11) 如果上题中高斯球面被一个体积减小一半的立方体表面所代替，而点电荷在立方体的中心，则穿过该高斯面的电通量如何变化？如果把  $q$  移到立方体表面的一个顶角上，穿过该立方体表面各个平面的电通量都为多少？

该题涉及下列知识点：电通量的定义，对高斯定理的理解及电通量的计算等。

(12) 由高斯定理能否得到库仑定律？若库仑定律中的指数不恰好为 2，高斯定理是否成立？

该题涉及下列知识点：高斯定理，库仑定律，高斯定理及库仑定律二者的关系。

(13) 如图所示在一不带电的绝缘导体球外作一同心的高斯球面  $S$ 。试定性对答：在将正电荷  $q$  移至导体表面的过程中



- ① A 点场强的大小和方向怎样变化？
- ② B 点场强的大小和方向怎样变化？
- ③ 通过 S 面的电通量怎样变化？

该题涉及下列知识点：电场强度的定义，静电感应，高斯定理的应用等。

(14) 应用高斯定理求场强时，高斯面应怎样选取才合适？

该题涉及的知识点：电通量的定义及计算，高斯定理的理解及应用，高斯对称性的电荷的场中的电场分布等。

(15) 由高斯定理知，无限大均匀带电平面各点的  $E$  有相同的数值，这是否合理？也许会这样想：在平面附近，电场应强些，因为这里离电荷要近得多。

该题涉及下列知识点：高斯定理的应用，电场强度的定义，场强叠加原理等。

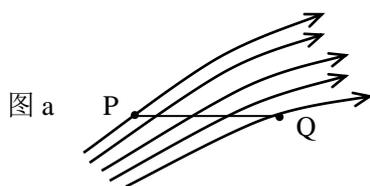


图 a

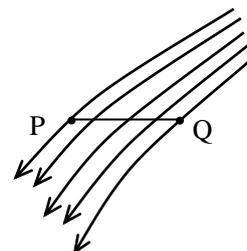


图 b

(16) ①如图 a 所示的情形里, 把一个正电荷

从 P 点移动到 Q, 电场力的功  $A_{PQ}$  是正还是负?

它的电势能是增加还是减少? P、Q 两点的电势哪里高?

②若移动的是负电荷, 情况怎样?

③若电场线的方向如图 b 所示, 情况怎样?

该题涉及的知识点: 电场力作功的定义和求法, 电势能

的定义, 电势力作功是电势能的关系, 电势差、电位的定义等。

(17) ①将初速度为零的电子放在电场中时, 在电场力的作用下, 这电子是向电场中高电势处跑还是向低电势处跑? 为什么?

②说明无论对正、负电荷来说, 仅在电场力作用下移动时, 电荷总是从电势能高的地方移向电势能低的地方去。

该题涉及下列知识点: 电场力作功与电势差的关系; 与电势能差的关系, 电势能与电势差的关系等。

(18) 说明电场中各处的电势永远逆着电场线方向升高。

该题涉及下列知识点: 电场线方向的定义, 电势差的定义, 电场力的功与电势能差、电势差的关系等。

(19) 电势零点的选择是完全任意的吗? 对于无限大均匀带电平面和无限长均匀带电直线, 零点可否选在无穷远处/点电荷的场, 零点可否选在点电荷上?

该题涉及下列知识点: 电位差的概念, 电位的概念, 电位零点选择的基本条件等。

(20) A、B、C 三点同在一直线上, 电位大小的关系是  $U_A > U_B > U_C$ 。

① 现在放一正电荷于 B 点, 在电场力作用下, 此电荷向电势高处走还是向电势低处走?

② 放一负电荷于 B 点又怎样?

③ 试根据能量守恒与转换定律来说明在 B 点无论放正电荷或负电荷, 总是向电势低的地方移动?

该题涉及下列知识点: 电场力作功与电位差的关系, 与电势能差的关系, 电场力作功与机械能守恒的关系及电力线、电场强度与电场力指向等问题。

(21) 从一个等位面上的 A 点把电荷移到另一个等势面上, 然后再移回到原来的等势面上另一点 B, 在此过程中, 电场力作不作功? 为什么?

该题涉及下列知识点：等势面的定义，电场力的功与电势差的关系等。

(22) 为什么在点电荷组相互作用能的公式

$$W_e = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n q_i U_i$$

中有因子  $\frac{1}{2}$ ，而点电荷在外电场中的电势能公式

$$W(p) = qU(p)$$

中没有这个因子？

该题涉及下列知识点：带电体系静电能的定义，相互作用能的定义，上述两定义的关系等。

(23) 在电偶极子的位能公式

$$W = -\mathbf{P} \cdot \mathbf{E}$$

中是否包括偶极子的正负电荷的相互作用能？

该题涉及下列知识点：电位能的定义，相互作用能的定义等。