



“红师行动”——2018 军队文职备考计划

数学 2+物理专业科目练习题

物理部分 第三篇 电磁学



课程报名电话：400-848-8001

红师教育军队文职教研中心

2018 年 8 月



第一章 静电场

第一节 电荷 库仑定律

1. 库仑定律的适用范围是 ()
 - A. 真空中两个带电球体间的相互作用
 - B. 真空中任意带电体间的相互作用
 - C. 真空中两个正点电荷间的相互作用
 - D. 真空中两个带电体的大小远小于它们之间的距离。
2. 下列哪些带电体一定可看成点电荷? ()
 - A. 体积很小的带电体
 - B. 带电量很少的带电体
 - C. 球形带电体
 - D. 形状和大小的影响可以忽略不计的带电体
3. 电荷之比为1:3:5的三个带同号电荷的小球A、B、C, 保持在一条直线上, 相互间距离比小球直径大得多。若固定A、C不动, 改变B的位置使B所受电场力为零时, \overline{AB} 与 \overline{BC} 的比值为
 - A. 5
 - B. $\frac{1}{5}$
 - C. $\sqrt{5}$
 - D. $1/\sqrt{5}$
4. (多选) 下面说法中正确的是 ()
 - A. 物体带电是由于物体缺少或有多余电子的结果
 - B. 若物体不带电, 则无体内没有电荷
 - C. 正负电荷中和是两种电荷都消失了
 - D. 物体中总有电荷, 它呈中性是因为它所带的正电荷和负电荷的数量相等
5. (多选) 关于点电荷说法正确的是 ()
 - A. 体积较大的点电荷不能看作点电荷
 - B. 足够小的电荷一定可以看作点电荷
 - C. 点电荷是一种理想化模型
 - D. 一个点电荷能否看作点电荷, 不是看它尺寸的绝对值, 而是看它的形状和大小对相互作用力的影响是否能忽略不计

6. (多选) 两个相同的金属小球, 带电量之比为 1:7, 相距为 r , 两者相互接触后再放回原来的位置, 则它们的库仑力为原来的 ()

- A. $4/7$ B. $3/7$ C. $9/7$ D. $16/7$

7. (多选) 关于元电荷和点电荷说法正确的是 ()

- A. 电子就是元电荷
 B. 电子所带的电量就是元电荷
 C. 电子一定是点电荷
 D. 带点小球也可能是点电荷

8. 真空中两个点电荷 Q_1 、 Q_2 相距为 R , 当电荷电量和距离变为 $3Q_1$ 、 $3Q_2$ 、 $3R$, 则其库仑力变为原来的 ()

- A. 1 倍 B. 3 倍 C. 6 倍 D. 9 倍

9. 两个带正电小球 (可视为点电荷), 置于光滑的绝缘水平面上, 保持一定距离同时释放, 它们的加速度之比将 ()

- A. 保持不变 B. 先增大后减小 C. 增大 D. 减小

10. 真空中两个点电荷 Q_1 、 Q_2 相距为 R , 当电荷电量和距离变为 $3Q_1$ 、 $3Q_2$ 、 $R/3$, 则其库仑力变为 ()

- A. $F/3$ B. F C. $81F$ D. $9F$

习题解析

1. 【答案】D。解析: 库仑定理描述了真空中两个点电荷之间的相互作用力。故选 D。

2. 【答案】D。解析: 由点电荷的定义可知形状和大小的影响可以忽略不计的带电体可看做点电荷。故选 D。

3. 【答案】D。解析: 根据电荷之间的相同作用力, 结合平衡条件可知, 小球 B 在小球 A、C 之间, 由库仑定律可得: $\frac{q \cdot 3q}{4\pi\epsilon_0 r_{AB}^2} = \frac{3q \cdot 5q}{4\pi\epsilon_0 r_{BC}^2}$ 即 $r_{AB} : r_{BC} = 1 : \sqrt{5}$ 故选 D。

4. 【答案】AD。解析: 当物体得到或失去电子时, 物体带电, 所以 A 正确, 若物体不带电, 说明物体的正负电荷数量相等, 对外呈电中性, B 错, D 正确, 根据电荷守恒定律, 电荷不会凭空消失, 故 C 错。本题答案为 AD。

5. 【答案】CD。解析: 一个点电荷能否看作点电荷, 不是看它尺寸的绝对值, 而是看它的形状和大小对相互作用力的影响是否能忽略不计, 但不能认为体积较大的点电荷就不能看作

点电荷，而体积足够小的电荷一定就可以看作点电荷。故选 CD。

6. 【答案】CD。解析：当两球带同种电荷，库仑力为 $F_1 = \frac{7Q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ ，相互接触后电荷平分，

其库仑力为 $F_2 = \frac{16Q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{16}{7}F_1$ ，当两球带异种电荷，库仑力为 $F_3 = \frac{7Q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ ，相互接触后电荷均

为 $3Q$ ，其库仑力为 $F_4 = \frac{9Q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{9}{7}F_3$ 。故选 CD。

7. 【答案】BD。解析：电子所带的电荷量称为元电荷，而不是电子本身，A 错，B 对。一个电荷能否看成点电荷，不是依据其尺度大小，而是看它的形状和大小对相互作用力的影响是否能忽略不计，C 错，D 对。所以本题答案为 BD。

8. 【答案】A。解析：根据库仑定律，变化后 $F_2 = \frac{9Q_1^2 Q_2^2}{36\pi\epsilon_0 R^2} = \frac{Q_1^2 Q_2^2}{4\pi\epsilon_0 R^2} = F_1$ 。故选 A。

9. 【答案】A。解析：由库仑定律可知两球的相互作用力时刻保持大小相等、方向相反，根据牛顿第二定律得 $a_1 : a_2 = m_2 : m_1$ ，所以本题答案为 A。

10. 【答案】C。解析：根据库仑定律得： $F_2 = \frac{81Q_1^2 Q_2^2}{4\pi\epsilon_0 R^2} = 81F_1$ 。故选 C。

第二节 电场和电场强度

1. 如图 20-1 所示，真空中，点电荷 q 在场点 P 处的电场强度可表示为 $\vec{E} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r$ ，其中 r 是 q 与 P 之间的距离， \vec{e}_r 是单位矢量。

\vec{e}_r 的方向是 ()

A. 总是由 P 指向 q

B. 总是由 q 指向 P

C. q 是正电荷时，由 q 指向 P

D. q 是负电荷时，由 q 指向 P

向 P

2. 根据场强定义式 $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$ ，下列说法中正确的是：

A. 电场中某点处的电场强度就是该处单位正电荷所受的力

B. 从定义式中明显看出，场强反比于单位正电荷

C. 做定义式时 q_0 必须是正电荷

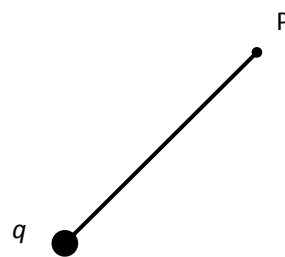


图 20-1

D. \vec{E} 的方向可能与 \vec{F} 的方向相反

3. 空间某处附近的正电荷越多, 那么有:

A. 位于该处的点电荷所受的力越大 B. 该处的电场强度越大

C. 该处的电场强度不可能为零 D. 以上说法都不正确

4. 如图 20-2 所示, 一沿 x 轴放置的“无限长”分段均匀带电直线, 电荷线密度分别为 $+\lambda$ ($x < 0$ 处) 和 $-\lambda$ ($x > 0$ 处), 则 xOy 平面上 P 点 ($0, a$) 处的电场强度为 ()

A. $\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 a} \vec{i}$

B. $\frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 a} \vec{i}$

C. $\frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 a} (\vec{i} + \vec{j})$

D. 0

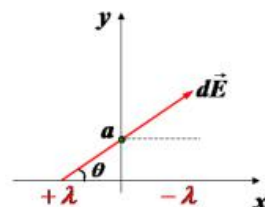


图 20-2

5. 如图 20-3 所示, 两个同心均匀带电球面, 内球面半径为 R_1 、带电量 Q_1 , 外球面半径为 R_2 , 带电量 Q_2 , 则在外球面外面、距离球心为 ()

A. $\frac{Q_1 + Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

B. $\frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 R_1^2}$

C. $\frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$

D. $\frac{Q_1 + Q_2}{4\pi\epsilon_0 (R_1 - R_2)^2}$

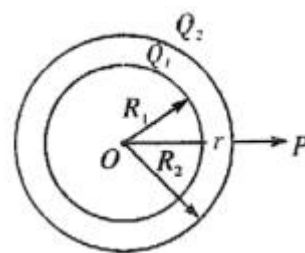
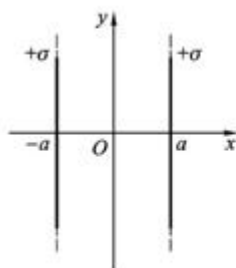
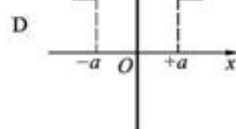
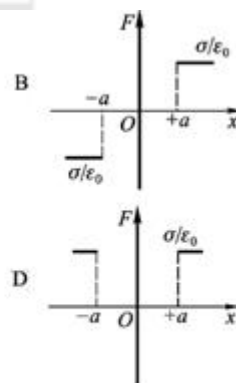
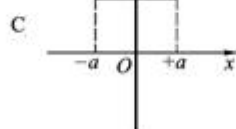
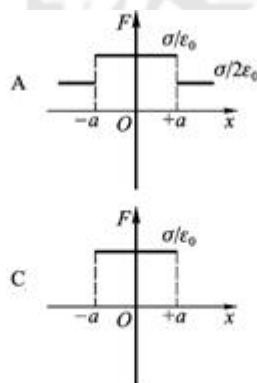


图 20-3

6. 如图 20-4 所示电荷面密度均为 $+\sigma$ 的两块“无限大”均匀带电的平行平板如图(a)放置, 其周围空间各点电场强度 E (设电场强度方向向右为正、向左为负) 随位置坐标 x 变化的关系曲线为图(b)中的 ()



(a)



(b)

图 20-4

7. 带电粒子在电场中运动时 ()

A. 速度总沿着电场线的切线, 加速度不一定沿电场线切线

B. 加速度总沿着电场线的切线, 速度不一定沿电场线切线

- C. 速度和加速度都沿着电场线的切线
D. 速度和加速度都不一定沿着电场线的切线

8. 一带正电的质点, 在电场力的作用下从A点出发, 经C点运动到B, 运动轨迹如图 20-5。已知质点的运动速率是递减的, 下面关于C点场强方向的四个图中有可能的情况是()

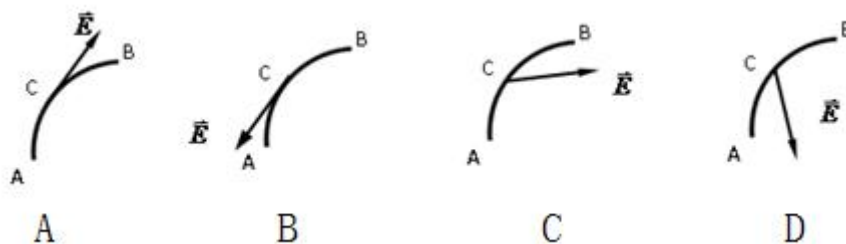


图 20-5

9. 正方形的两对角上, 各置电荷 Q , 在其余两对角上各置电荷 q , 若 Q 所受合力为零, 则 Q 与 q 的大小关系为 ()

- A. $Q = -2\sqrt{2}q$ B. $Q = -\sqrt{2}q$ C. $Q = -4q$ D. $Q = -2q$

10. 四种电场的电场线如图 20-6 所示。一正电荷 q 仅在电场力作用下由M点向N点作加速运动, 且加速度越来越大。则该电荷所在的电场是图中的 ()

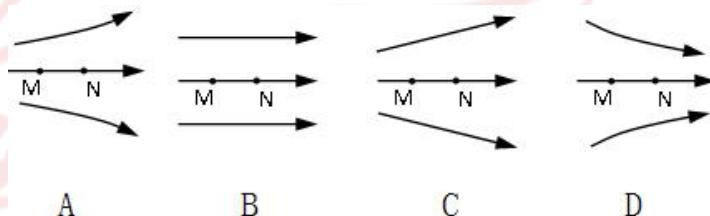


图 20-6

习题解析

1. 【答案】B。解析: \vec{e}_r 是由场源电荷指向场点的单位矢量, 与场源电荷的正负无关。故选 B。

2. 【答案】A。解析: 电场中某点的场强由电场本身所决定, 与是否引入电荷及其引入电荷所受的电场力无关。故选 A。

3. 【答案】D。解析: 电场中某点的点电荷所受的电场力由该点的电场强度和点电荷本身的电荷量共同决定, 故 A 错。电场中某点的电场强度是由空间所有电荷共同激发, 故 B、C 错。故选 D。

4. 【答案】A。解析: 由电荷分布的反对称知, 在 $(0, a)$ 处产生的合场强沿 x 轴正向, 因此我们求出正电荷在 $(0, a)$ 处产生场强的 x 分量, 其二倍就是实际场强:

$$E_x = \int_{-\infty}^0 \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\lambda dx}{r^2} \cos\theta \quad (x = -a \cot\theta, dx = \frac{a}{\sin^2\theta} d\theta)$$

$$= \int_0^{\pi/2} \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0} \frac{a/\sin^2\theta}{(a/\sin\theta)^2} d\theta \cos\theta = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 a} \int_0^{\pi/2} \cos\theta d\theta = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 a}$$

$$\vec{E} = 2E_x \vec{i} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 a} \vec{i}$$

故选 A。

5. 【答案】A。解析：此题是对高斯定理的直接应用，由电荷分布的球对称性可直接得到

结论： $\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = E \cdot 4\pi r^2 = \frac{1}{\epsilon_0} (Q_1 + Q_2)$ 。故选 A。

6. 【答案】B。解析：“无限大”均匀带电平板激发的电场强度为 $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$ ，方向沿带电平板法

向向外，依照电场叠加原理可以求得各区域电场强度的大小和方向。因而正确答案为 B。

7. 【答案】B。解析：由 $\vec{F} = q\vec{E}$ ，可知带电粒子在电场中所受的电场力的方向一定沿电场线的切线，但加速度方向可能与速度方向成一定角度。所以本题答案为 B。

8. 【答案】D。解析：质点作曲线运动，电场力方向与速度方向不在同一条直线上，应指向轨迹弯曲的内侧，故场强不可能沿轨迹的切线方向，A、B 错。正电荷所受的电场力方向与场强方向相同，电场强度方向与速度方向成锐角，电场作正功，电荷速率增大，C 错。故选 D。

9. 【答案】A。解析：由题意可知电荷 Q 受力为零说明其余三个电荷在该处的合场强为零。有 $Q = -2\sqrt{2}q$ 。故选 A。

10. 【答案】D。解析：由于电荷从 M 点向 N 点作加速运动，且加速度越来越大，所以电场线由 M 指向 N，且电场线越来越密。故选 D。

第三节 静电场的通量、高斯定理

1. 真空中静电场的高斯定理说明 ()

- A. 高斯面内不包围自由电荷，则面上各点的 \vec{E} 的量值处处为零
- B. 高斯面上各点的 \vec{E} 与面内自由电荷有关，与面外的电荷无关
- C. 穿过高斯面的 \vec{E} 通量，仅与面内自由电荷有关
- D. 穿过高斯面的 \vec{E} 通量为零，则面上各点的 \vec{E} 必为零

2. 两根无限长的均匀带电直线相互平行，相距为 $2a$ ，线电荷密度分别为 $+\lambda$ 和 $-\lambda$ ，则每单位长度的带电直线所受的作用力的大小为 ()

- A. 0 B. $\frac{q}{6\epsilon_0}$ C. $\frac{q}{8\epsilon_0}$ D. $\frac{q}{4\epsilon_0}$

3. 下列说法正确的是()

- A. 闭合曲面上各点电场强度都为零时, 曲面内一定没有电荷
B. 闭合曲面上各点电场强度都为零时, 曲面内电荷的代数和必定为零
C. 闭合曲面的电通量为零时, 曲面上各点的电场强度必定为零
D. 闭合曲面的电通量不为零时, 曲面上任意一点的电场强度都不可能为零

4. 如图 20-7 所示, 一电场强度为 \vec{E} 的均匀电场, \vec{E} 的方向沿 x 轴正向, 则通过图中半径为 R 的半球面的电场强度通量为 ()

- A. $\pi R^2 E$ B. $\pi R^2 E/2$ C. $2\pi R^2 E$ D. 0。

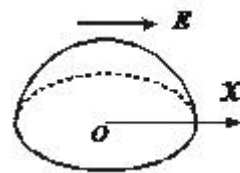


图 20-7

5. 如图 20-8 所示, 半径为 R 的“无限长”均匀带电圆柱面的静电场中各点的电场强度的大小 E 与距轴线距离 r 的关系曲线为 ()

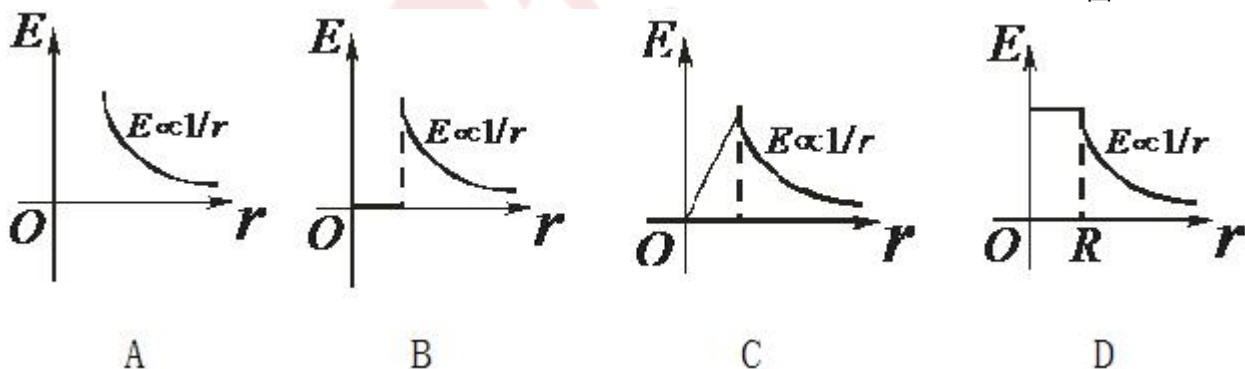


图 20-8

6. 半径为 R 的均匀带电球体的静电场中各点的电场强度的大小 E 与距球心距离 r 的关系曲线为图 20-9 的 ()

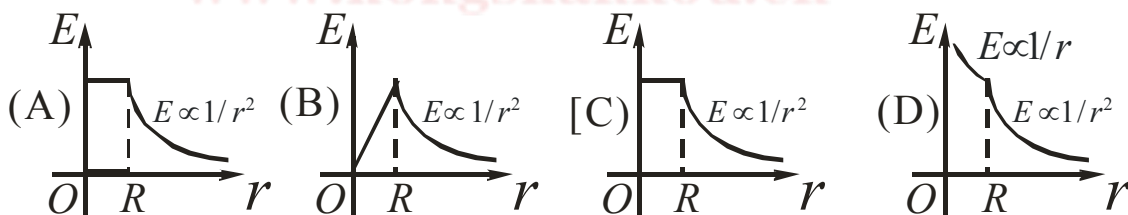
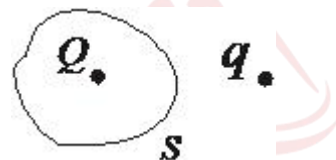


图 20-9

7. 点电荷 Q 被曲面 S 所包围, 从无限远处引入另一点电荷 q 至曲面外一点, 如图 20-10 所示, 则引入前后 ()

- A. 曲面 S 的电场强度通量不变, 曲面上个点的场强不变
B. 曲面 S 的电场强度通量变化, 曲面上个点的场强不变



- C. 曲面 S 的电场强度通量变化, 曲面上个点的场强变化
D. 曲面 S 的电场强度通量不变, 曲面上个点的场强变化

8. 关于高斯定理 $\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \int_V \rho dV / \epsilon_0$ 说法正确的是 ()

- A. 适用于任何静电场
B. 只适用于真空中的静电场
C. 只适用于具有球对称、轴对称和面对称的静电场
D. 只适用于虽然不具有 C 中所描述的对称性、但可以找到合适的高斯面的静电场

9. 根据高斯定理的数学表达式 $\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{S} = \Sigma q / \epsilon_0$ 可知下述各种说法中, 正确的是 ()

- A. 闭合面内的电荷代数和为零时, 闭合面上各点的场强一定为零
B. 闭合面内的电荷代数和不为零时, 闭合面上各点的场强一定处处不为零
C. 闭合面内的电荷代数和为零时, 闭合面上各点的场强不一定处处为零
D. 闭合面内的电荷代数和为零时, 闭合面内一定处处无电荷

10. 如图所示, 两个“无限长”的、半径分别为 R_1 和 R_2 的共轴圆柱面均匀带电, 沿轴线方向单位长度上所带电荷分别为 λ_1 和 λ_2 , 则在内圆柱面里面、距离轴线为 r 处的 P 点的电场强度大小 E 为 ()

- A. $\frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2\pi\epsilon_0 r}$ B. $\frac{\lambda_1}{2\pi\epsilon_0 R_1} + \frac{\lambda_2}{2\pi\epsilon_0 R_2}$ C. $\frac{\lambda_1}{2\pi\epsilon_0 R_1}$ D. 0

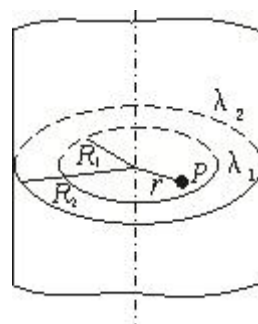


图 20-11

习题解析

1. 【答案】C. 解析: 此题的关键是对高斯定理的理解, 通过高斯面的电场强度通量由面内电荷量决定, 但某点的电场强度并非只由面内电荷量决定。因此本题答案为 C。

2. 【答案】B. 解析: 对此立方体应用高斯定理, 点电荷 q 所形成的电场线按立体角均匀分布, 侧面 $abcd$ 对 A 成的立体角为 4π 的 $1/6$ 。因此本题答案为 B。

3. 【答案】B. 解析: 根据静电场中的高斯定理, 闭合曲面上各点电场强度都为零时, 曲面内电荷的代数和必定为零, 但不能肯定曲面内一定没有电荷; 闭合曲面的电通量为零时, 表示穿入闭合曲面的电场线条数等于穿出闭合曲面的电场线条数或没有电场线穿过闭合曲面, 不能确定曲面上各点的电场强度必定为零; 同理闭合曲面的电通量不为零, 也不能推断曲面上任意一点的电场强度都不可能为零, 所以正确答案为 B。

4. 【答案】D. 解析: 由于 \vec{E} 与 x 轴平行, 穿入半球面的电场线条数等于穿出半球面的电

场线条数。故选 D。

5. 【答案】B。解析：本题利用高斯定理很容易求得均匀带电圆柱面内的场强为零，圆柱面外的场强的大小 E 与距轴线距离 r 成反比关系。故选 B。

6. 【答案】B。解析：由于带点球体的电荷分布和电场分布具有球对称性，可利用高斯定理求得：当 $r < R$ $E \cdot 4\pi r^2 = \frac{qr^3}{\epsilon_0 R^3}$ 得 $E = \frac{qr}{4\pi\epsilon_0 R^3}$ 当 $r > R$ $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ 所以本题答案为 B。

7. 【答案】D。解析：高斯定理说明，场强的通量只与高斯面内部的电荷有关，高斯面上各点的场强则与空间所有电荷有关。故选 D。

8. 【答案】A。解析：由高斯定理的表述可知，该定理适用于任何静电场。故选 A。

9. 【答案】C。解析：闭合面内的电荷代数和为零时，通过高斯面的电通量为零，高斯面上的场强由空间所有电荷所激发，所以 A、B、D 错。故选 C。

10. 【答案】C。解析：在内圆柱面里面取半径为 r 的同轴圆柱面作为高斯面，由高斯定理可知 $E \cdot 2\pi r l = 0$ 。所以本题答案为 C。

第四节 静电场的环路定理、电势

1. 下列说法正确的是()

- A. 电场强度为零的点，电势也一定为零
- B. 电场强度不为零的点，电势也一定不为零
- C. 电势为零的点，电场强度也一定为零
- D. 电势在某一区域内为常量，则电场强度在该区域内必定为零

2. 下列关于场强和电势的关系的说法中，正确的是()

- A. 已知某点的场强 E ，就可以确定该点电势 U
- B. 已知某点的电势 U ，就可以确定该点场强 E
- C. 在某空间内的场强不变，则 U 也一定不变
- D. 在等势面上，场强 E 不一定处处相等

3. 关于电势差和电场力做功的说法中正确的是()

- A. 电势差的大小由电场力在两点间移动电荷作的功和电荷量决定
- B. 电场力在两电荷间移动电荷做功的多少由两电荷间的电势差和该电荷的电荷量决定

C. 电势差是矢量，电场力作的功是标量

D. 电场中两点间的电势差等于电场力作的功，电荷的电势能减小

4. 点电荷 $-q$ 位于圆心 O 处， A 、 B 、 C 、 D 为同一圆周上的四个点，如图 20-12 所示。现将一试验电荷从 A 点分别移动到 B 、 C 、 D 各点，则()

A. 从 A 到 B ，电场力做功最大 B. 从 A 到 C ，电场力做功最大

C. 从 A 到 D ，电场力做功最大 D. 从 A 到各点，电场力做功相等

5. 静电场中某点电势的数值等于()

A. 试验电荷 q_0 置于该点时具有的电势能

B. 单位试验电荷置于该点时具有的电势能

C. 单位正电荷试验电荷置于该点时具有的电势能

D. 把单位正电荷从该点移动到电势零点外力所做的功

6. 在下列关于静电场的表述中，正确的是()

A. 初速度为零的点电荷置于静电场中，将一定沿一条电场线运动

B. 带负电的点电荷，在电场中从 a 点移到 b 点，若电场力作正功，则 a 、 b 两点电势关系为 $V_a > V_b$.

C. 由点电荷电势公式 $V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$ 可知，当 $r \rightarrow 0$ 时， $V \rightarrow \infty$

D. 点电荷的电场中，离场源电荷越远的点，电场强度的量值就越小

7. 一空心导体球壳，其内、外半径分别为 R_1 和 R_2 ，带电荷 q ，如图 20-13 所示。当球壳中心处再放一电荷为 q 的点电荷时，则导体球壳的电势(设无穷远处为电势零点)为()

A. $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_1}$

B. $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 R_2}$

C. $\frac{q}{2\pi\epsilon_0 R_1}$

D. $\frac{q}{2\pi\epsilon_0 R_2}$

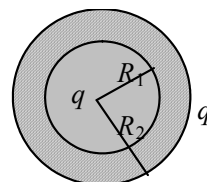


图 20-13

8. 一长直导线横截面半径为 a ，导线外同轴地套一半径为 b 的薄圆筒，两者互相绝缘，并且外筒接地，如图所示。设导线单位长度的电荷为 $+l$ ，并设地的电势为零，则两导体之间的 P 点($OP=r$)的场强大小和电势分别为()

A. $E = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 r^2}, V = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{b}{a}$

B. $E = \frac{\lambda}{4\pi\epsilon_0 r^2}, V = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{b}{r}$

C. $E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}, V = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{a}{r}$

D. $E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}, V = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{b}{r}$

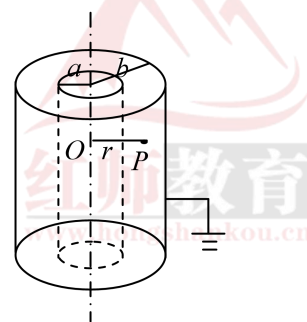


图 20-14

9. 两只电容器, $C_1 = 8\mu F$ 、 $C_2 = 2\mu F$ 分别把它们充电到 1000V,

然后将它们反接, 此时两极板间的电势差为 ()

A. 0 V B. 200 V C. 600 V D. 1000 V

10. 如图20-15所示, 将一个电量为 q 的点电荷放在一个半径为 R 的不带电的导体球附近, 点电荷距导体球球心为 d , 如图所示。设无穷远处为零电势, 则在导体球球心 O 点有 ()

A. $E = 0, V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 d}$ B. $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 d^2}, V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 d}$

C. $E = 0, V = 0$ D. $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 d^2}, V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$

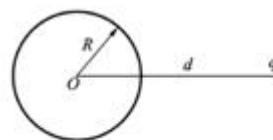


图 20-15

习题解析

1. 【答案】D。解析：电场强度与电势是描述电场的两个不同物理量，电场强度为零表示试验电荷在该点受到的电场力为零，电势为零表示将试验电荷从该点移到参考零电势点时，电场力做功为零。电场中一点的电势等于单位正电荷从该点沿任意路径到参考零电势点电场力所作的功；电场强度等于负电势梯度。因而正确答案为D。

2. 【答案】D。解析：场强与电势没有直接关系，且在匀强电场中沿着电场线方向电势逐渐降低。故选 D。

3. 【答案】B。解析：电势差等于单位电荷从一点移动到另一点电场力所作的功，其大小由电场本身决定，与移动电荷的电量及移动电荷做功无关，电势差为标量。故选 B。

4. 【答案】D。解析：由于点电荷 $-q$ 激发的电场中 A 、 B 、 C 、 D 各点的电势相等，所以一试验电荷从 A 点分别移动到 B 、 C 、 D 各点时电场力不做功。本题答案为 D。

5. 【答案】C。解析：根据电势的定义式可知，电场中某点的电势在数值上等于单位正电荷试验电荷置于该点时具有的电势能。故选 C

6. 【答案】D。解析：初速度为零的点电荷置于静电场中,将一定沿一条电场线的切线方向



运动, A. 错。因为 $W = q(V_a - V_b) > 0$, $V_a < V_b$ B 错。公式 $V = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r}$ 只适用于点电荷情形, 当

$r \rightarrow 0$ 时不再适用, C 错。故选 D。

7. 【答案】D。解析: 平衡后电荷分布为: 中心为点电荷 q , 内侧表面为 $-q$, 外侧表面为 $2q$, 中心点电荷与内侧 $-q$ 的电势之和为零, 总电势为外侧 $2q$ 的电势 $V = \frac{q}{2\pi\epsilon_0 R_2}$

8. 【答案】D。解析: 由高斯定理可得: $E 2\pi r^2 = \frac{\lambda r}{\epsilon_0}$, $E = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0 r}$, 根据电势定义可知:

$$V = \int_r^b \vec{E} \cdot d\vec{l} = \frac{\lambda}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{b}{r}。 故选 D。$$

9. 【答案】C。解析: $q_1 = U_1 C_1 = 8 \times 10^{-3} \text{ C}$, $q_2 = U_2 C_2 = 2 \times 10^{-3} \text{ C}$,

$$C = C_1 + C_2 = 10 \mu\text{F} \quad U = \frac{q}{C} = \frac{6 \times 10^{-3}}{10 \times 10^{-6}} = 600 \text{ V}。 故选 C。$$

10. 【答案】A。解析: 由静电平衡的条件可知: 导体内各点场强为零。点电荷 q 在导体球表面感应等量异号的感应电荷 $\pm q'$, 导体球表面的感应电荷 $\pm q'$ 在球心 O 点激发的电势为零, O 点的电势等于点电荷 q 在该处激发的电势。因而正确答案为 A。

第五节 等势面、电势梯度

1. 下列关于静电场的说法中, 正确的是 ()

- A. 电势高的地方场强就大 B. 带正电的物体电势一定是正的
C. 场强为零的地方电势一定为零 D. 电场线与等势面一定处处正交

2. 关于等势面, 下列的说法中错误的有 ()

- A. 等势面上各点的场强的方向一定与等势面垂直
B. 在同一等势面上移动电荷, 电场力一定不做功
C. 等量异号点电荷连线的中垂线一定是等势线
D. 在复杂的电场中, 不同电势的等势面可以在空间相交

3. 关于等势面正确的说法是 ()

- A. 电荷在等势面上移动时不受电场力作用, 所以不做功
B. 等势面上各点的场强大小相等

C. 等势面的方向指示电场强度的减小

D. 两等势面不能相交

4. 静电场中, 电场线为平行直线的区域内()

A. 场强 E 处处相同, 电势 U 可以存在不同

B. 场强 E 可以处处不同, 电势 U 可以处处相同

C. 场强 E 可以处处不同, 电势 U 可以处处不同

D. 场强 E 处处相同, 电势 U 也处处相同

5. 关于静电场的保守性的叙述可以表述为()

A. 静电场场强沿任一曲线积分时, 只要积分路径是某环路的一部分, 积分结果就一定为零

B. 静电场场强沿任意路径的积分与起点和终点的位置有关, 也要考虑所经历的路径

C. 当点电荷 q 在任意静电场中运动时, 电场力所做的功只取决于运动的始末位置而与路径无关

D. 静电场场强沿某一长度不为零的路径做积分, 若积分结果为零, 则路径一定闭合

6. 一个电场等势面与纸面的交线称等势线。若某电场的等势线如图 20-16, 已知 $V_1 > V_2 > V_3$, 在 V_2 上有点 M、N, 则关于 M、N 两点的电势 V_M 、 V_N 及电场强度 E_M 、 E_N 的关系, 下列的说法中正确的有()

A. $\varphi_M = \varphi_N$, E_M 一定小于 E_N

B. $\varphi_M = \varphi_N$, E_M 一定大于 E_N

C. $\varphi_M = \varphi_N$, E_M 等于 E_N

D. $\varphi_M = \varphi_N$, E_M 和 E_N 哪个大不能确定

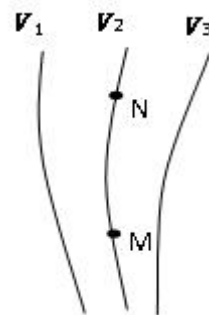


图 20-16

7. 在均匀电场中各点, 下列诸物理量中: (1) 电场强度、(2) 电势、(3) 电势梯度, 哪些是大小相等的?()

A. (1)、(2)、(3) 都相等

B. (1)、(2) 相等

C. (1)、(3) 相等

D. (2)、(3) 相等

习题解析

1. 【答案】D. 解析: 电场强度与电势没有直接关系, 电势场强不一定大; 电势的正负取决于电势零点的选取; 电场线与等势面若不处处正交, 则在等势面上移动电荷电场力作功。故选 D。

2. 【答案】D。解析：不同电势的等势面可以在空间相交的话，过相交点就可以作两条电场线，这和电场中过一点只有一条电场线相矛盾。故选 D。

3. 【答案】D。解析：根据等势面的定义可知 ABC 错误。故选 D。

4. 【答案】A。解析：静电场中，电场线为平行直线的区域必为匀强电场，但沿着电场线的方向电势逐渐降低。故选 A。

5. 【答案】C。解析：根据静电场的环路定理可知，当点电荷 q 在任意静电场中运动时，电场力所做的功只取决于运动的始末位置而与路径无关，在匀强电场中，电场强度沿垂直于电场线的某段路径积分时，积分结果为零。所以本题答案为 C。

6. 【答案】B。解析：由于 M、N 两点在同一等势面上，且等势面越密的地方电场强度越大。所以本题答案为 B。

7. 【答案】C。解析：在均匀电场中电场强度必然相等，有根据场强与电势梯度关系可知，本题答案为 C。

本章练习题

1. 在空间有一非均匀电场，其电场线的分布如图 20-17 所示。在电场中作一半径为 R 的闭合球面，已知通过球面上某一面元 ΔS 的电场强度通量为 $\Delta\phi_e$ ，则通过该球面其余部分的电场强度通量为（ ）

- A. $-\Delta\phi_e$ B. $\frac{4\pi R^2}{\Delta S} \Delta\phi_e$ C. $\frac{4\pi R^2 - \Delta S}{\Delta S} \Delta\phi_e$ D. 0

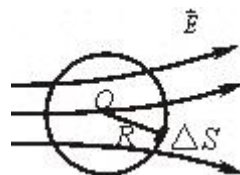


图 20-17

2. A 和 B 为两个均匀带电的球体， A 带电荷 $+q$ ， B 带电荷 $-q$ ，作一与 A 同心的球面 S 为高斯面，如图 20-18 所示。则（ ）

- A. 通过 S 面的电场强度通量为， S 面上各点的场强为零
B. 通过 S 面的电场强度通量为 q/ϵ_0 ， S 面上各点的场强为

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

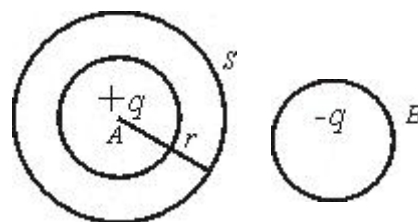


图 20-18

C. 通过 S 面的电场强度通量为 $-q/\epsilon_0$ ， S 面上各点的场强为

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

D. 通过 S 面的电场强度通量为 q/ϵ_0 ，但 S 面上各点的场强不能直接由高斯定理求出

3. 若匀强电场的场强为 \vec{E} ，其方向平行于半径为 R 的半球面的轴，如图 20-19 所示。则



通过此半球面的电场强度通量 ϕ_r 为 ()

- A. $\pi R^2 E$ B. $2\pi R^2 E$
C. $\frac{1}{2}\pi R^2 E$ D. $\sqrt{2}\pi R^2 E$ E. $\pi R^2 E / \sqrt{2}$



图 20-19

4. 如图 20-20 所示为轴对称性静电场的 $E \sim r$ 曲线, 请指出该电场是由下列哪一种带电体产生的 (E 表示电场强度的大小, r 表示离对称轴的距离) ()

- A. “无限长”均匀带电直线
B. “无限长”均匀带电圆柱体 (半径为 R)
C. “无限长”均匀带电圆柱面 (半径为 R)
D. 有限长均匀带电圆柱面 (半径为 R)

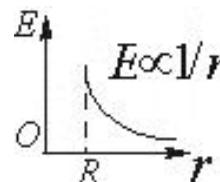


图 20-20

5. 在以下公式中, \vec{E} 是电场强度, 可以说明静电场保守性的是

- A. $\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = \frac{q_{\text{int}}}{\epsilon_0}$ B. $\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$ C. $\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{S} = 0$ D. $\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q_{\text{int}}}{\epsilon_0}$

6. 以下说法错误的是 ()

- A. 电荷电量小, 受的电场力可能小
B. 电荷电量小, 受的电场力可能大
C. 电场为零的点, 任何点电荷在此受的电场力为零
D. 电荷在某点受的电场力与该点电场方向一致

7. 试验电荷 q_0 在电场中受力为 F , 得电场强度的大小为 $E = \frac{F}{q_0}$, 则以下说法正确的是 ()

- A. E 正比于 F
B. E 反比于 q_0
C. E 正比于 F 反比于 q_0
D. 电场强度 E 是由产生电场的电荷所决定, 与试验电荷 q_0 的大小及其受力 F 无关

8. 关于高斯定理, 以下说法正确的是 ()

- A. 高斯定理是普遍适用的, 但用它计算电场强度时要求电荷分布具有某种对称性
B. 高斯定理对非对称性的电场是不正确的
C. 高斯定理一定可以用于计算电荷分布具有对称性的电场的电场强度
D. 高斯定理一定不可以用于计算非对称性电荷分布的电场的电场强度

9. 如图 20-21 所示, 半径为 R 的均匀带电球面, 总电量为 Q , 设无穷远处的电势为零, 则球内距离球心为 r 的 P 点处的电场强度的大小和电势为 ()

A. $E=0, U=\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$

B. $E=0, U=\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$

C. $E=\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}, U=\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r}$

D. $E=\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2}, U=\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$

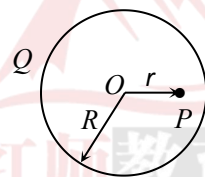


图 20-21

10. 如图 20-22 所示, 两个同心的均匀带电球面, 内球面半径为 R_1 , 带电量为 Q_1 , 外球面半径为 R_2 , 带电量为 Q_2 . 设无穷远处为电势零点, 则在两个球面之间, 距中心为 r 处的 P 点的电势为 ()

A. $\frac{Q_1 + Q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$

B. $\frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 R_1} + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 R_2}$

C. $\frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 R_2}$

D. $\frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 R_1} + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$

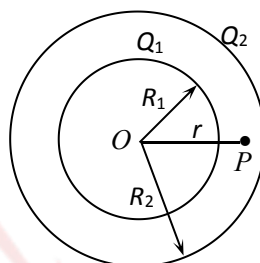


图 20-22

11. 如图 20-23 所示, 在点电荷 $+q$ 的电场中, 若取图中 M 点为电势零点, 则 P 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. $\frac{-q}{8\pi\epsilon_0 a}$

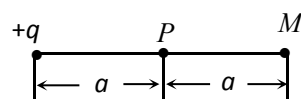


图 20-23

12. 在如图 20-24 所示的圆周上, 有 N 个电量均为 q 的点电荷, 以两种方式分布, 一种是无规则地分布, 另一种是均匀分布, 比较这两种情况下过圆心 O 并垂直于圆平面的 z 轴上一点的场强与电势, 则有 ()

A. 场强相等, 电势相等

B. 场强不等, 电势不等

C. 场强分量 E_z 相等, 电势相等

D. 场强分量 E_z 相等, 电势不等

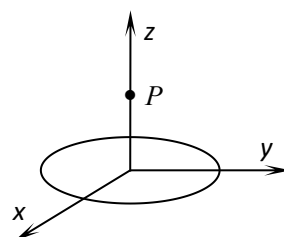


图 20-24

13. 一个带有负电荷的均匀带电球体外, 放置一电偶极子, 其电矩的方向如图 20-25 所示。当电偶极子被释放后, 该电偶极子将 ()

A. 沿逆时针方向旋转至电矩 \vec{p} 指向球面而停止

B. 沿逆时针方向旋转至 \vec{p} 指向球面, 同时沿电力线方向向着球面

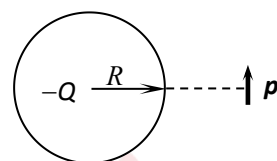


图 20-25

移动

- C. 沿逆时针方向旋转至 \vec{p} 指向球面, 同时逆电力线方向远离球面移动
D. 沿顺时针方向旋转至 \vec{p} 沿径向朝外, 同时沿电力线方向向着球面移动

习题解析

1. 【答案】A。解析: 依据高斯定理可知, 当闭合曲面内电荷代数和为零, 则穿过该曲面的电通量为零, 通过球面上某一面元 ΔS 的电场强度通量为 $\Delta\phi_e$, 那么穿过该球面其余部分的电场强度通量为 $-\Delta\phi_e$, 本题答案为 A。

2. 【答案】D。解析: 由高斯定理可知, 通过曲面 S 的电通量为 q/ϵ_0 , 而曲面上任意一点的场强则是由空间电荷共同激发, 电荷及电场分布不具有对称性, 不能用高斯定理求得。故选 D。

3. 【答案】A。解析: 由电通量的定义可知, 通过半球面的电通量与通过半径为 R 的圆平面的电通量相等。本题答案为 A。

4. 【答案】C。解析: 由于题中所给条件可知, 本题可用高斯定理求解, 只有“无限长”均匀带电圆柱面 (半径为 R) 的 $E \sim r$ 曲线正确。故本题答案为 C。

5. 【答案】B。解析: 若某矢量沿任意闭合回路的积分为零, 则该矢量场为保守场。所以本题答案为 B。

6. 【答案】D。解析: 由公式 $\vec{F} = q\vec{E}$ 可知, 电荷在某点受的电场力与该点电场及电荷的电量有关, 且电场力的方向与电荷的正负有关。故选 D。

7. 【答案】D。解析: 由 $E = \frac{F}{q_0}$ 可知, 场强由场源电荷决定, 与试验电荷及其在电场中受力情况无关。故选 D。

8. 【答案】A。解析: 高斯定理作为静电场的基本定理之一具有普适性, 但要计算电场强度时要求电荷分布具有某种对称性, 而对于带电圆盘这样的电荷分布具有对称的带电体不能求解, 同时对称性电荷分布的电场可用该定理和补偿法进行求解。故选 A。

9. 【答案】A。解析: 由于电荷、电场分布具有球对称性, 可根据高斯定理求得球内距离球心为 r 的 P 点处的电场强度的大小为 0, 进一步由电势的定义式可得该点的电势为 $U = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$ 。故选 A。

10. 【答案】C。解析: 依据高斯定理求得两带电球面在 P 点的场强, 再根据电势的定义式及叠加原理可得场点 P 的电势为: $V_P = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 R_2}$ 。故选 C。

11. 【答案】B。解析: 根据电势的定义 $V_P = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} \right) = \frac{q}{8\pi\epsilon_0 a}$, 本题答案为 B。

12. 【答案】C。解析：不论电荷如何分布，各点电荷在点P的电势相等、场强在z轴的分量均相等，所以答案为C。

13. 【答案】B。解析：由电偶极子与电场的相互作用可知，正电荷一定靠近带电体，负电荷远离带电体，同时由于电偶极子中正电荷所受的力大于负电荷所受的受力，所以在旋转的同时沿电力线方向向着球面移动，故选B。

第二章 有导体、电介质存在时的静电场

第一节 静电场中的导体

1. 在一个孤立的导体球壳内，若在偏离球中心处放一个点电荷，则在球壳内、外表面上将出现感应电荷，其分布将是（ ）

- A. 内表面均匀，外表面也均匀 B. 内表面不均匀，外表面均匀
C. 内表面均匀，外表面不均匀 D. 内表面不均匀，外表也不均匀

2. A 、 B 为两导体大平板，面积为 S ，平行放置，如图 21-1 所示。 A 板带电荷 $+Q_1$ ， B 板带电荷 $+Q_2$ ，如果使 B 板接地，则 AB 间电场强度的大小 E 为（ ）

- A. $\frac{Q_1}{2\epsilon_0 S}$ B. $\frac{Q_1 - Q_2}{2\epsilon_0 S}$ C. $\frac{Q_1}{\epsilon_0 S}$ D. $\frac{Q_1 + Q_2}{2\epsilon_0 S}$

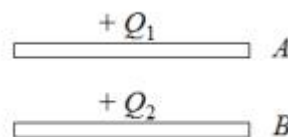


图 21-1

3. (多选) 如图 21-2 所示，有两个金属球，大球带电 $+Q$ ，半径为 R ，小球不带电。下列说法中正确的是（ ）

A. 小球左端有感应电荷 $-Q'$ ，右端有 $+Q'$ 。因此，右端的电势高于左端

B. 小球为等势体，且电势大于零

C. 大球的电荷均匀分布在其表面，大球外任一点的电场强度

$$\vec{E} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \vec{e}_r$$

D. 若将小球接地，则小球必带负电荷

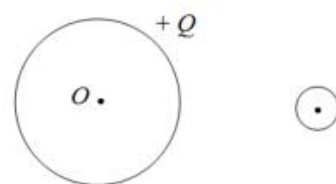
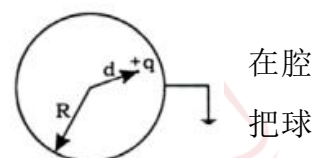


图 21-2

4. 如图 21-3 所示，一个不带电的空腔导体球壳，内半径为 R ，内离球心的距离为 d 处 ($d < R$)，固定一电量为 $+q$ 的点电荷，用导线



壳接地后，

再把地线撤去，选无穷远处为电势零点，则球心 O 处的电势为 ()

- A. $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 d}$ B. $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$ C. 0 D. $\frac{q}{4\pi\epsilon_0}(\frac{1}{d} - \frac{1}{R})$

图 21-3

5. 有一带正电荷的大导体，欲测其附近 P 点处的场强，将一电荷量为 q_0 ($q_0 > 0$) 的点电荷放在 P 点，如图 21-4 所示，测得它所受的电场力为 F 。若电荷量 q_0 不是足够小，则 ()

- A. F/q_0 比 P 点处场强的数值大
B. F/q_0 比 P 点处场强的数值小
C. F/q_0 与 P 点处场强的数值相等
D. F/q_0 与 P 点处场强的数值哪个大无法确定

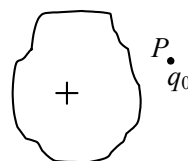


图 21-4

习题解析

1. 【答案】B。解析：当导体处于静电平衡状态时，导体内部任何一点处的电场强度为零，内表面由于静电感应出来的电荷被吸引到离点电荷较近的地方密度大，分布不均匀。导体表面为一等势体，外表面感应电荷分布均匀。故选 B。

2. 【答案】C。解析：当 B 板接地时电势为零，即有 B 板与地球间无电场，且 B 板内电场强度为 0，维持静电平衡状态， B 板所带电量必为 $-Q_1$ 。所以答案为 C。

3. 【答案】B、D。解析：小球处于静电平衡状态，表面为等势体；大球表面的电荷分布不均匀，如果小球接地，必带负电荷。答案为 B、D。

4. 【答案】D。解析：用导线把球壳接地后，再把地线撤去，球壳带 $-q$ 的电量。球心处的电势为点电荷和球壳在该点电势的叠加。所以答案为 D。

5. 【答案】B。解析：由于点电荷与大导体带有同号电荷，且点电荷的电荷量 q_0 不是足够小，使得带正电荷的大导体上的电荷向远离点电荷一侧移动，所以导体上电荷在场点 P 的电场减小。故选 B。

第二节 电介质及其极化

1. 极化强度是量度介质极化程度的物理量，有一关系式 $\vec{P} = \epsilon_0(\epsilon_r - 1)\vec{E}$ ，电位移矢量公式为 $\vec{D} = \epsilon_0\vec{E} + \vec{P}$ ，则 ()

- A. 两公式适用于任何介质

- B. 两公式只适用于各向相同性的电介质
 C. 两公式只适用于各向同性且均匀的电介质
 D. 前者适用于各向相同性的电介质，后者适用于任何介质

2. 关于极化强度 \vec{P} 的说法正确的是 ()

- A. 只与外电场有关
 B. 只与极化电荷产生的电场有关
 C. 与外电场和极化电荷产生的电场都有关系
 D. 只与介质本身的性质有关，与电场无关

3. 就有极分子电介质和无极分子电介质而言 ()

- A. 两类电介质极化的微观过程不同，宏观结果也不同
 B. 两类电介质极化的微观过程相同，宏观结果也相同
 C. 两类电介质极化的微观过程相同，宏观过程不同
 D. 两类电介质极化的微观过程不同，宏观过程相同

4. 如果电容器两极板间的电势差保持不变，这个电容器在电介质存在时所储存的自由电荷与没有电介质存在时所储存的自由电荷相比 ()

- A. 增多 B. 减少 C. 相同 D. 不能比较

5. 一平行板电容器充满相对介电常数为 ϵ_r 的各向同性均匀电介质，已知介质表面极化电荷面密度为 $\pm\sigma'$ 。则极化电荷在电容器中产生的电场强度的大小为 ()

- A. $\frac{\sigma'}{\epsilon_0}$ B. $\frac{\sigma'}{\epsilon_0\epsilon_r}$ C. $\frac{\sigma'}{2\epsilon_0}$ D. $\frac{\sigma'}{\epsilon_r}$

习题解析

1. 【答案】D。解析： $\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$ 是由一些特例得到的，对任何介质都适用； $\vec{P} = \epsilon_0(\epsilon_r - 1)\vec{E}$ 仅适用于各向相同性的电介质。故选 D。

2. 【答案】C。解析：决定极化强度 \vec{P} 不是外电场，而是截至内的实际电场。故选 C。

3. 【答案】C。解析：根据有极分子电介质和无极分子电介质极化机理可知，两类电介质极化的微观过程不同，宏观过程相同。故选 C。

4. 【答案】A。解析：根据平行板电容器的公式 $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d}$ 可知，电容器在电介质存在时

$C' = \epsilon_r C_0$ ，又由 $q = CU$ 自由点和电荷 $q' = \epsilon_r q_0$ 。故选 A。

5. 【答案】A。解析：介质表面的极化电荷可以看成两个电荷面密度为 $\pm\sigma'$ 的无限大平行

平面，由叠加原理，它们在电容器中产生的电场强度大小为 $E' = \frac{\sigma'}{2\epsilon_0} + \frac{\sigma'}{2\epsilon_0} = \frac{\sigma'}{\epsilon_0}$ 。故选 A。

第三节 电位移矢量、有介质存在时的高斯定理

1. (多选) 关于有介质时的高斯定理，下列说法中正确的是 ()

A. 若高斯面内不包围自由电荷，则穿过高斯面的 \vec{D} 通量与 \vec{E} 通量均为零

B. 若高斯 \vec{D} 处处为零，则面内自由电荷的代数和必为零

C. 高斯面上各点 \vec{D} 处由面内自由电荷决定

D. 穿过高斯面的 \vec{D} 通量与面内自由电荷有关，而穿过高斯面的 \vec{E} 通量与高斯面内的自由电荷和束缚电荷均有关

2. 一带电量为 q 、半径为 R 的薄金属球壳，内部充满相对电容率为 ϵ_r 的各向同性均匀电介质，壳外是真空，则此球壳的电势为 ()

A. $4\pi\epsilon_0 R$ B. $\frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}$ C. $4\pi\epsilon_0 r$ D. $\frac{q}{2\pi\epsilon_0 R}$

3. 根据电介质中的高斯定理，在电介质中电位移矢量沿任意一个闭合曲面的积分等于这个曲面所包围自由电荷的代数和。下列推论正确的是 ()

A. 若电位移矢量沿任意一个闭合曲面的积分等于零，曲面内一定没有自由电荷

B. 若电位移矢量沿任意一个闭合曲面的积分等于零，曲面内电荷的代数和一定等于零

C. 若电位移矢量沿任意一个闭合曲面的积分不等于零，曲面内一定有极化电荷

D. 介质中的高斯定律表明电位移矢量仅仅与自由电荷的分布有关

E. 介质中的电位移矢量与自由电荷和极化电荷的分布有关

4. 一空气平行板电容器始终与一端电压一定的电源相连，当电容器两极板间为真空时，电场强度为 \vec{E}_0 ，电位移为 \vec{D}_0 ，然后在两极板之间充满相对介电常数为 ϵ_r 的各向同性的均匀电介质时，电场强度为 \vec{E} ，电位移为 \vec{D} ，则有 ()

A. $\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{\epsilon_r}, \vec{D} = \epsilon_r \vec{D}_0$ B. $\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{\epsilon_0}, \vec{D} = \epsilon_r \vec{D}_0$

C. $\vec{E} = \frac{\vec{E}_0}{\epsilon_r}, \vec{D} = \frac{\vec{D}_0}{\epsilon_r}$ D. $\vec{E} = \vec{E}_0, \vec{D} = \epsilon_r \vec{D}_0$

5. 在静电场中，作闭合曲面 S ，若有 $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = 0$ (式中 \vec{D} 为电位移矢量)，则 S 面内必定

A. 既无自由电荷，也无束缚电荷

- B. 没有自由电荷
C. 自由电荷和束缚电荷的代数和为零
D. 自由电荷的代数和为零

习题解析

1. 【答案】B、D。解析：根据有介质时的高斯定理，本题答案为 B、D。

2. 【答案】B。解析：有高斯定理 $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = D4\pi r^2 = \sum q_0$ ，可知 $D4\pi r^2 = q$ ，

$$E = \frac{D}{\epsilon_0} = \frac{q}{4\pi r^2}, U = \int_R^\infty \vec{E} \cdot d\vec{r} = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 R}。故选项 B。$$

3. 【答案】E。解析：电位移矢量沿任意一个闭合曲面的通量积分等于零，表明曲面内自由电荷的代数和等于零；由于电介质会改变自由电荷的空间分布，介质中的电位移矢量与自由电荷与位移电荷的分布有关。因而正确答案为 E。

4. 【答案】D。解析：由于两极板始终与电压一定的电源相连，说明两极板间的电势差 U 始终不变，由于介质的影响，电容改变，极板上的电量改变。由于两板间距 d 不变，则两板间在真空时的电场 \vec{E}_0 和有介质时的电场 \vec{E} 相同，即 $\vec{E} = \vec{E}_0$ 。由于真空时 $\vec{D}_0 = \epsilon_0 \vec{E}_0$ ，有介质时 $\vec{D} = \epsilon_r \epsilon_0 \vec{E}$ 。故选 D。

5. 【答案】D。解析：根据介质中的高斯定理 $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum_{S内} q_0$ ，可知 \vec{D} 对闭合曲面的积分只有曲面内的自由电荷的代数和有关。故选 D。

第四节 电容器和电容

1. 平行板电容器两极板（看作很大的平板）间的相互作用力 F 与两极板间的电压 U 的关系是（ ）

- A. $F \propto U$ B. $F \propto \frac{1}{U}$ C. $F \propto \frac{1}{U^2}$ D. $F \propto U^2$

2. C_1 和 C_2 两空气电容器串联起来接上电源充电。然后将电源断开，再把一电介质板插入 C_1 中，如图 21-5 所示。则（ ）

- A. C_1 上电势差减小， C_2 上电势差增大
B. C_1 上电势差减小， C_2 上电势差不变
C. C_1 上电势差增大， C_2 上电势差减小
D. C_1 上电势差增大， C_2 上电势差不变

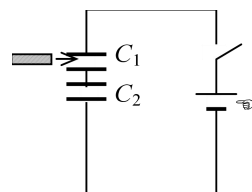


图 21-5

3. 如图 21-6 所示 C_1 和 C_2 两空气电容器串联后接电源充电，在电源保持联接的情况下，

在 C_2 中插入一电介质板，则 ()

- A. C_1 极板上电荷增加， C_2 极板上电荷增加
- B. C_1 极板上电荷减少， C_2 极板上电荷增加
- C. C_1 极板上电荷增加， C_2 极板上电荷减少
- D. C_1 极板上电荷减少， C_2 极板上电荷减少

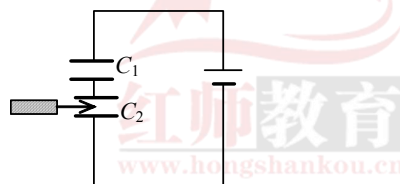


图 21-6

4. 如图 21-7 所示，使 K 闭合，增大电容器两板间的距离，并假定电容器处于干燥的空气中则 ()

- A. 电容器上的电量减小
- B. 电容器两板间的电压减小
- C. 电容器两板间的场强变大
- D. 以上说法均不正确

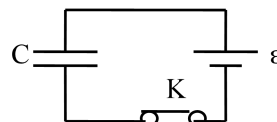


图 21-7

5. 空气中有一半径为 R 的孤立导体球，设无穷远为电势零点。

则导体球的电容为 ()

- A. $4\pi\epsilon_0 R$
- B. $4\pi\epsilon_0 R^2$
- C. $\epsilon_0 R$
- D. $4\pi\epsilon_0 r$

习题解析

1. 【答案】D。解析：由于电容器的电容不变 $Q = CU$ ，可类比于两点电荷间的作用力

$$F = \frac{Q^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \text{ 有 } F \propto U^2. \text{ 故选 D.}$$

2. 【答案】B。解析：电源接通时，给两个串联电容器充电，二者电量相同，有 $U_1 = \frac{Q}{C_1}$

和 $U_2 = \frac{Q}{C_2}$ ，断开电源后两电容器的电量不变，由于 C_1 插入介质，电容值变大电势差减小，而

C_2 不变，电势差不变。故选 B。

3. 【答案】A。解析： C_2 中插入一电介质板后， C_2 变大，其极板电量增大，与之串联的 C_1 上的电量也同时增大。故选 A。

4. 【答案】A。解析：电容器两板间的距离增大，其电容减小，电容两端的电压不变（等于电源电动势），电容器上的电量减小。故选 A。

5. 【答案】A。解析：设无穷远为电势零点，则孤立导体球的电势为 $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$ ，根据电容

的定义 $C = \frac{Q}{U}$ ，得 $C = 4\pi\epsilon_0 R$ 。故选 A。

第五节 静电场的能量

1. 如图 21-8 所示, 两个完全相同的电容器 C_1 和 C_2 , 串联后与电源连接。现将一各向同性均匀电介质板插入 C_1 中, 则 ()

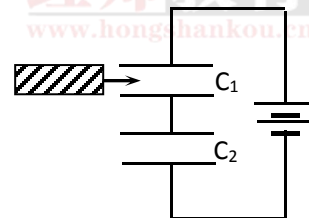


图 21-8

- A. 电容器组总电容减小
- B. C_1 上的电量大于 C_2 上的电量
- C. C_1 上的电压高于 C_2 上的电压
- D. 电容器组贮存的总能量增大

2. 一空气平行板电容器, 接电源充电后电容器中储存的能量为 W_0 , 在保持电源接通的条件下, 在两极间充满相对电容率为 ϵ_r 的各向同性均匀电介质, 则该电容器中储存的能量 W 为

- A. $W=W_0/\epsilon_r$
- B. $W=\epsilon_r W_0$
- C. $W=(1+\epsilon_r)W_0$
- D. $W=W_0$

3. 如果某带电体电荷分布的体密度增大为原来的 2 倍, 则其电场的能量变为原来的 ()

- A. 2 倍
- B. 4 倍
- C. 1/2 倍
- D. 1/4 倍

4. 在真空中, 若一均匀电场中的电场能量密度 w_e 与一磁感应强度为大小为 B 的均匀磁场中的磁场能量密度 w_m 相等, 该电场的电场强度为 ()

- A. $\frac{B^2}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$
- B. $\frac{B}{\epsilon_0 \mu_0^2}$
- C. $\frac{B}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$
- D. $\frac{B}{\epsilon_0 \mu_0}$

5. 真空中有“孤立的”均匀带电球体和一均匀带电球面, 如果它们的半径和所带的电荷都相等。则它们的静电能之间的关系是 ()

- A. 球体的静电能等于球面的静电能
- B. 球体的静电能大于球面的静电能
- C. 球体的静电能小于球面的静电能
- D. 球体内的静电能大于球面内的静电能, 球体外的静电能小于球面外的静电能

习题解析

1. 【答案】D。解析：串联时 $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$ ，故 C_1 增大， C_2 不变，则 C 增大，且总电压不变，总能量 $W_e = \frac{1}{2}CU^2$ 。故选 D。

2. 【答案】B。解析：插入电介质后，其电容变为原来的 ϵ_r 倍，电容的电量不变，根据电容器储能公式得 $W'_e = \frac{1}{2C}Q^2 = \frac{W_e}{\epsilon_r}$ ，故选 B。

3. 【答案】B。解析：根据有电介质时电场空间能量密度计算的一般公式和电场的能量公式可以计算电场的能量变为原来的 4 倍。故选 B。

4. 【答案】C。解析： $w_e = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2$ ， $w_m = \frac{B^2}{2\mu_0}$ ，当 $w_e = w_m$ 时，有 $\frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 = \frac{B^2}{2\mu_0}$ ，则 $E = \frac{B}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}}$ 。

所以本题答案为 C。

5. 【答案】B。解析：球体与球面所带的电荷相等且均匀分布，二者在球面外的场强分布相同，故外面的静电能相同，但由于球体内部也有电荷分布，其静电能大于球面的静电能。故选 B。

本章练习题

1. 当平行板电容器充电后，去掉电源，在两极板间充满电介质，其结果正确的是（ ）

- A. 极板上自由电荷减少
- B. 两极板间电势差变大
- C. 两极板间电场强度变小
- D. 两极板间电场强度不变

2. 当一个导体带电时，下列说法正确的是（ ）

- A. 表面上电荷密度较大处电势较高
- B. 表面上曲率较大处电势较高
- C. 表导体是一个等势体
- D. 导体内有电场线穿过

3. 关于带电导体球中场强和电势，下列说法正确的是（ ）

- A. 导体球中场强和电势均为零

B. 导体球中场强为零, 电势不为零

C. 导体内和导体表面电势相等

D. 导体内的场强大小和电势均是不为零的常数

4. 一点电荷放在无限大的导体平面附近, 相距 d , 若无限大导体平面与地相连, 则导体平面上的总电量 ()

A. $\frac{q}{2}$ B. $-\frac{q}{2}$ C. q D. $-q$

5. 一空气平行板电容器, 极板间距为 d , 电容为 C 。在两板中间平行地插入一块厚度为 $d/3$ 的金属板, 则其电容值变为 ()

A. C B. $\frac{2C}{3}$ C. $\frac{3C}{2}$ D. $2C$

6. 一带正电荷的物体 M , 靠近一原不带电的金属导体 N , N 的左端感生出负电荷, 右端感生出正电荷。若将 N 的左端接地, 如图 21-9 所示, 则 ()

A. N 上的负电荷入地

B. N 上的正电荷入地

C. N 上的电荷不动

D. N 上所有电荷都入地

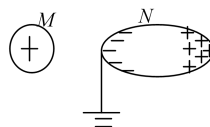


图 21-9

7. A 、 B 是两块不带电的导体, 放在一带正电导体的电场中, 如图 21-10 所示。设无限远处为电势零点, A 的电势为 V_A , B 的电势为 V_B , 则 ()

A. $V_B > V_A \neq 0$ B. $V_B < V_A = 0$ C. $V_B = V_A$ D. $V_B < V_A$

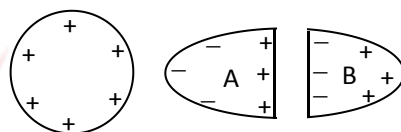


图 21-10

8. 半径分别为 R 和 r 的两个金属球, 相距很远。用一根长导线将两球连接, 并使它们带电。在忽略导线影响的情况下, 两球表面的电荷面密度之比 σ_R/σ_r 为 ()

A. R/r B. R^2/r^2 C. r^2/R^2 D. r/R

9. 一“无限大”均匀带电平面 A , 其附近放一与它平行的有一定厚度的“无限大”平面导体板 B , 如图 21-11 所示。已知 A 上的电荷面密度为 σ , 则在导体板 B 的两个表面 1 和 2 上的感应电荷面密度为 ()

A. $\sigma_1 = -\sigma$, $\sigma_2 = +\sigma$

B. $\sigma_1 = -\sigma/2$, $\sigma_2 = +\sigma/2$

C. $\sigma_1 = -\sigma$, $\sigma_2 = 0$

D. $\sigma_1 = -\sigma/2$, $\sigma_2 = -\sigma/2$

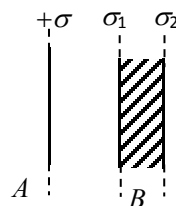


图 21-11

10. 三块互相平行的导体板, 相互之间的距离 d_1 和 d_2 比板面积线度小得多, 外面两板用



导线连接。中间板上带电，设左、右两面上电荷面密度分别为 σ_1 和 σ_2 ，如图 21-12 所示。则比值 σ_1/σ_2 为（ ）

- A. d_1/d_2 B. 1 C. d_2/d_1 D. d_2^2/d_1^2

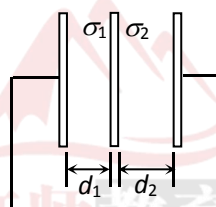


图 21-12

11. 一孤立金属球，带有电量 $1.2 \times 10^{-8} \text{C}$ ，当电场强度的大小为 $3 \times 10^6 \text{V/m}$ 时，空气将被击穿。若要空气不被击穿，则金属球的半径至少大于（ ）

- A. $3.6 \times 10^{-2} \text{m}$ B. $6.0 \times 10^{-6} \text{m}$ C. $3.6 \times 10^{-5} \text{m}$ D. $6.0 \times 10^{-3} \text{m}$

12. 关于静电场中的电位移线，下列说法中，哪一种是正确的（ ）

- A. 起自正电荷，止于负电荷，不形成闭合线，不中断
B. 任何两条电位移线互相平行
C. 起自正自由电荷，止于负自由电荷，任何两条电位移线在无自由电荷的空间不相交
D. 电位移线只出现在有电介质的空间

13. 两个半径相同的金属球，一为空心，一为实心，把两者各自孤立时的电容值加以比较，则（ ）

- A. 空心球电容值大 B. 实心球电容值大
C. 两球电容值相等 D. 大小关系无法确定

14. 半径为 R 的金属球与地连接，在与球心 O 相距 $d = 2R$ 处有一电荷为 q 的点电荷，设地的电势为零，则球上的感生电荷 q' 为（ ）

- A. 0 B. $\frac{q}{2}$ C. $-\frac{q}{2}$ D. q

15. 如图 21-13 所示，一球形导体，带有电荷 q ，置于一任意形状的空腔导体中。当用导线将两者连接后，则与未连接前相比系统静电场能量将（ ）

- A. 增大 B. 减小 C. 不变 D. 如何变化无法确定

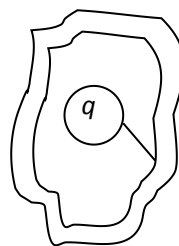


图 21-13

16. 如果在空气平行板电容器的两极板间平行地插入一块与极板面积相同的各向同性均匀电介质板，由于该电介质板的插入和它在两极板间的位置不同，对电容器电容的影响为（ ）

- A. 使电容减小，但与介质板相对极板的位置无关
B. 使电容减小，且与介质板相对极板的位置有关
C. 使电容增大，但与介质板相对极板的位置无关
D. 使电容增大，且与介质板相对极板的位置有关

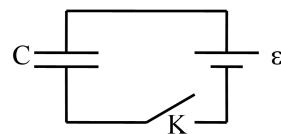


图 21-14

17. 如图 21-14 所示，先接通开关 K ，使电容器充电，然后断开 K ；当电容器板间的距离



增大时, 假定电容器处于干燥的空气中, 则 ()

- A. 电容器上的电量减小
- B. 电容器两板间的场强减小
- C. 电容器两板间的电压变小
- D. 以上说法均不正确

18. 用力 F 把电容器中的电介质板拉出, 在图 21-15 所示的(a)和(b)的两种情况下, 电容器中储存的静电能量将 ()

- A. 都增加
- B. 都减少
- C. (a)增加, (b)减少
- D. (a)减少, (b)增加

19. 一平行板电容器, 两板间距离为 d , 若插入一面积与极板面积相同而厚度为 $d/2$ 的、相对介电常量为 ϵ_r 的各向同性均匀电介质板(如图 21-16 所示), 则插入介质后的电容值与原来的电容值之比 C/C_0 为

- A. $\frac{1}{\epsilon_r + 1}$
- B. $\frac{\epsilon_r}{\epsilon_r + 1}$
- C. $\frac{2\epsilon_r}{\epsilon_r + 1}$
- D. $\frac{2}{\epsilon_r + 1}$

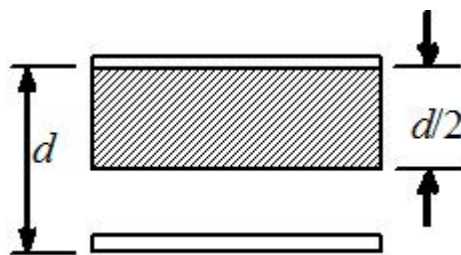


图 21-16

20. 图 21-17 中所示为一带电导体球 A , 其上包着一层各向同性的均匀电介质球壳 B . 若在介质球壳层中取一闭合面 S_1 , 在介质球壳外取一闭合面 S_2 , 则通过 S_1 和 S_2 的电场强度通量 Φ_1 和 Φ_2 及电位移通量 Ψ_1 和 Ψ_2 之间的关系为 ()

- A. $\Phi_1 = \Phi_2, \Psi_1 = \Psi_2$
- B. $\Phi_1 = \Phi_2, \Psi_1 \neq \Psi_2$
- C. $\Phi_1 \neq \Phi_2, \Psi_1 \neq \Psi_2$
- D. $\Phi_1 \neq \Phi_2, \Psi_1 = \Psi_2$

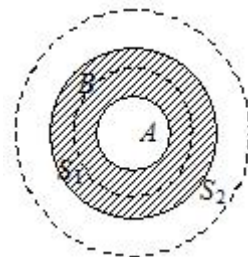


图 21-17

习题解析

1. 【答案】C. 解析: $C = \frac{Q}{U}$, $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d}$, $E = \frac{Q}{\epsilon_0 \epsilon_r S}$, $U = Ed = \frac{Qd}{\epsilon_0 \epsilon_r S}$. 故本题答案选 C.

2. 【答案】C. 解析: 由静电平衡的性质可知, 本题的答案为 C.

3. 【答案】C. 解析: 当导体处于静电平衡时, 导体为一等势体, 故导体内和导体表面

电势相等，答案为 C。

4. 【答案】D。解析：利用镜像法可求得导体平面上的总电量为 $-q$ 。故选 D。

5. 【答案】C。解析：插入金属板后，可视为上下两个电容器的串联。根据平行板电容的计算公式 $C = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d}$ ，上下两个电容器的电容为 $3C$ 。故选 C。

6. 【答案】B。解析：根据静电感应现象，当 N 的左端接地时，上面的正电荷入地。故选 B。

7. 【答案】D。解析：可根据电场线的分布来判断电势的高低。

8. 【答案】D。解析：两球电势相等： $\frac{q_1}{4\pi\epsilon_0 R} = \frac{q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$ ，面积之比： $\frac{4\pi\epsilon_0 R^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = \frac{R^2}{r^2}$ ，面密度

值比为： $\frac{\sigma_R}{\sigma_r} = \frac{q_1/S_R}{q_2/S_r} = \frac{r}{R}$ 本题答案为 D。

9. 【答案】B。解析：由高斯定理可得，无限大均匀带电平面的场强为 $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ ，“无限大”

平面导体板 B 置于此电场中处于静电平衡状态，使得 B 导体内部场强为零，必然有 $\sigma_1 = -\sigma/2$ ， $\sigma_2 = +\sigma/2$ ，所以答案为 B。

10. 【答案】C。解析：根据电通量的定义有： $EdS = \frac{\sigma dS}{\epsilon_0}$ ， $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$ ， $U = Ed$ ，外面两板

相连时维等势体： $\frac{\sigma_1 d_1}{\epsilon_0} = \frac{\sigma_2 d_2}{\epsilon_0}$ 。本题答案为 C。

11. 【答案】D。解析：金属球外各点的场强可将其视为点电荷来计算。根据 $E = \frac{q}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ 可

得： $R = 6.0 \times 10^{-3} \text{m}$ ，所以答案为 D。

12. 【答案】C。解析：类比于静电场的电场线，由电位移线的定义可知本题答案为 C。

13. 【答案】C。解析：无论是实心还是空心，电荷均匀分布于表面，其电势相等，由电容的定义可知两球电容值相等。故选 C。

14. 【答案】C。解析：由于金属球接地，电势为零，球心电势为零，感生电荷在 Oq 连线上 O 处的电势为 $\frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R}$ ，点电荷 q 在 O 点的电势 $\frac{q}{8\pi\epsilon_0 R}$ ，二者之和为零，即 $Q = -\frac{q}{2}$ 。故选 C。

15. 【答案】B。解析：导线将二者连接后，空腔导体内表面的感应电荷 $-Q$ 与球形导体

所带的电荷 Q 中和，会消耗能量，系统的静电能减少。故选 B。

16. 【答案】C。解析：极板间插入介质后，电容器的电容变为 $\epsilon_r C$ ，由于 $\epsilon_r > 1$ ，电容增大，但与介质板相对极板的位置无关。故选 C。

17. 【答案】D。解析：当电容器充电后，断开 K，电量不变；当电容器板间的距离增大时，电容减小，则电容器两极板的电势差增大，极板间的场强不变。故选 D。

18. 【答案】D。解析：电容器的静电能 $W_e = \frac{1}{2} CU^2 = \frac{1}{2} QU$ ，拉出电介质后电容减小，对于 (a) 而言， U 不变， C 减少， W_e 减少；对于 (b) 而言，电源断开， Q 不变， C 减少， U 增大， W_e 增大。故选 D。

19. 【答案】C。解析：插入介质后可看成两个电容器的串联，没介质部分的电容为 $C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d/2}$

有介质部分电容为 $C_2 = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{d/2}$ ， $C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} = \frac{2\epsilon_0 \epsilon_r S}{(1 + \epsilon_r)d}$ 。故选 C。

20. 【答案】D。解析：由高斯定理可知，电位移通量仅与曲面内部的自由电荷有关，而电场强度通量则与束缚电荷和自由电荷均有关系。故选 D。

第三章 稳恒电场

第一节 稳恒电流

1. 如图 22-1 所示，有两个同轴导体圆柱面，它们的长度均为 l ，内圆柱面的半径为 R_1 ，外圆柱面的半径为 R_2 ，若两圆柱面之间有 I 电流沿径向流过，通过半径为 r 的圆柱面上的电流密度为 ()

- A. $j = I / 2\pi r l$ B. $j = I / 2\pi(R_2 - R_1)l$
C. $j = I / 2\pi R_1 l$ D. $j = I / 2\pi R_2 l$

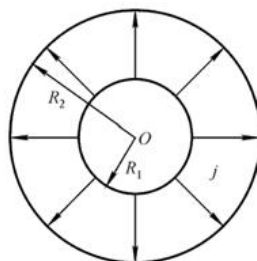


图 22-1

2. 内、外半径分别为 r_1 和 r_2 的两个同心球壳构成一

电阻元件，

当两球壳间填满电阻率为 ρ 的材后,该电阻器的电阻值为 ()

- A. $\frac{\rho}{4\pi}(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1})$ B. $\frac{\rho}{4\pi}(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2})$ C. $\frac{\rho}{4\pi}(r_2 - r_1)$ D. $\frac{\rho}{2\pi}(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2})$

3. 一电源的电动势为 E , 内电阻为 R_i , 若与可变的外电阻 R 连接, 则电源供给的电流 I 将随 R 而改变。电源端电压与外电阻 R 的关系为 ()

- A. $U = \frac{E}{R_i + R}$ B. $U = E$ C. $U = \frac{ER}{R_i + R}$ D. $U = \frac{E}{R}$

习题解析

1. 【答案】A。解析: 因为电流密度 j 对中心轴对称分布。根据恒定电流的连续性, 在两个同轴导体之间的任意一个半径为 r 的同轴圆柱面上流过的电流 I 都相等, 因此可得 $j = I / 2\pi r l$ 。故选A。

2. 【答案】B。解析: 设在此电阻内, 电流沿半径方向。在电阻内取半径为 r 、厚为 dr 的一层同心球壳 (如图22-2所示), 此球壳的电阻 $dR = \rho \frac{dr}{S} = \rho \frac{dr}{4\pi r^2}$, 整个电阻器的电阻即为

$$R = \int_{r_1}^{r_2} \rho \frac{dr}{4\pi r^2} = \frac{\rho}{4\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)。$$
 故选B。

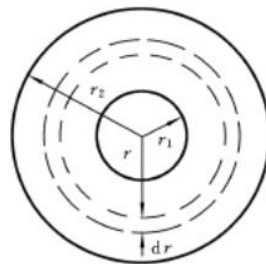


图 22-2

3. 【答案】C。解析: 根据闭合电路的欧姆定律 $I = \frac{E}{R_i + R}$, 可

得端电压与外电阻 R 的关系为 $U = IR = \frac{ER}{R_i + R}$ 。故选C。

第二节 电源、电动势

1. 关于电源电动势, 下列说法正确的是 ()

- A. 同一电源接入不同电路电动势会发生改变
B. 电源电动势就是接入电源两极间电压表测量的电压值
C. 电源电动势是表征电源把其他形式的能转化为电能本领的物理量, 与外接电路无关
D. 电源电动势与电势差是一回事

2. (多选) 对于不同型号的干电池, 下列说法正确的是 ()

- A. 1 号干电池的电动势大于 5 号干电池的电动势

- B. 1 号干电池的容量大于 5 号干电池的容量
C. 1 号干电池的内阻比 5 号干电池的内阻大
D. 把 1 号干电池和 5 号干电池分别连入电路中，它们作功的快慢相同

3. (多选) 下列 4 种表述哪一个是正确的? ()

- A. 沿电流线的方向电位必降低
B. 不含源支路中电流必从高电位到低电位
C. 含源支路中电流必从低电位到高电位
D. 支路两端电压为零时，支路电流必为零

习题解析

1. 【答案】C。解析：电源电动势反映了电源非静电力作功的本领大小，电动势反映了电源本身的性质，与外电路无关，电压表测量的是电路中两点之间的电势差；电压与电动势没有本质的联系。故选 C。

2. 【答案】B、D。解析：1 号干电池与 5 号干电池的电动势相同，但 1 号干电池的体积大，其容量大。故选 B、D。

3. 【答案】B、D。

本章练习题

1. 关于电动势，下列说法正确的是 ()
A. 电源是通过静电力把其他形式的能转化为电能的装置
B. 在电源内部负电荷从低电势处向高电势处移动
C. 电源电动势反映了电源内部非静电力作功的本领
D. 把同一电源接在不同的电路中，电源电动势也将变化

2. 两个截面积不同、长度相同的铜棒串联在一起，两端加有一定的电压 V ，下列说法正确的是：()

- A. 两铜棒中电流密度相同 B. 两铜棒上的端电压相同
C. 两铜棒中电场强度大小相同 D. 通过两铜棒截面上的电流强度相同

3. 关于电压和电动势的说法正确的是 ()

- A. 电压与电动势的单位都是伏特，所以电压与电动势是同一物理量的不同叫法
B. 电动势是反映电源把其他形式的能转化为电能本领强弱的物理量
C. 电动势就是两极之间的电压

D. 电动势公式 $\varepsilon = \frac{W}{q}$ 中的 W 与电压 $U = \frac{W}{q}$ 中的 W 是一样的，都是电场力作的功

4. 两根截面大小相同的制铁丝和直铜丝串联后接入一直流电路，铁丝和铜丝的电流密度和电场强度大小分别为 j_1 、 E_1 和 j_2 、 E_2 ，则 ()

- A. $j_1 = j_2$, $E_1 = E_2$ B. $j_1 > j_2$, $E_1 = E_2$
C. $j_1 = j_2$, $E_1 < E_2$ D. $j_1 = j_2$, $E_1 > E_2$

5. 已知摩尔质量为 M ，密度为 ρ ，在铜导体线里，假设每个铜原子贡献出一个自由电子，为技术上的安全，铜线内最大电流密度 j_m ，此时铜线内电子的漂移速率 v_d ()

- A. $\frac{j_m \cdot M}{\rho e N_A}$ B. $\frac{j_m \cdot M}{\rho e}$ C. $\frac{M}{\rho e N_A}$ D. $\frac{j_m \cdot M}{\rho N_A}$

6. 有两个半径分别为 R_1 和 R_2 同心球壳，其间充满了电导率为 ν (ν 为常数) 的介质，若在两球壳间维持恒定的电势差 U 。两球壳间的电流 ()

- A. $\frac{4\pi\nu R_1 R_2 \cdot U}{R_2 + R_1}$ B. $\frac{U}{R_2 - R_1}$ C. $\frac{2\pi\nu R_1 R_2 \cdot U}{R_2 - R_1}$ D. $\frac{4\pi\nu R_1 R_2 \cdot U}{R_2 - R_1}$

7. 把大地看作电阻率为 ρ 的均匀电解质。如图 22-3 所示，用一半径为 a 的球形电极与大地表面相接，半个球体埋在地下，电极本身的电阻可忽略不计，则此电极的接地电阻为 ()

- A. $\frac{\rho}{\pi a}$ B. $\frac{\rho}{2\pi a}$ C. $\frac{\rho}{4\pi a}$ D. $\frac{\rho}{2a}$

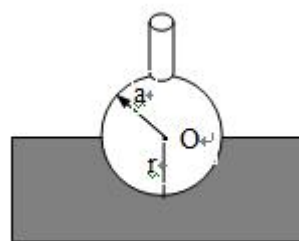


图 22-3

8. 关于电动势的概念，下列说法正确的是 ()

- A. 电源两端的电势差
B. 将单位正电荷从电源内部的正极移动到负极时静电力做的功
C. 将单位正电荷绕闭合回路移动一周时非静电力做的功
D. 以上说法都不对

9. 在如图 22-4 所示的电路中，两电源的电动势分别为 ε_1 、 ε_2 ，内阻分别为 r_1 、 r_2 ，三个负载电阻阻值分别为 R_1 、 R_2 、 R_3 ，电流分别为 I_1 、 I_2 、 I_3 ，方向如图，则 A、B 间的电势差 U_{AB} 为 ()

- A. $\varepsilon_2 - \varepsilon_1 - I_1 R_1 + I_2 R_2 - I_3 R_3$
B. $\varepsilon_2 - \varepsilon_1 - I_1 (R_1 + r_1) + I_2 (R_2 + r_2) - I_3 R_3$

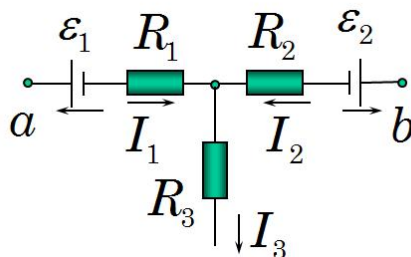


图 22-4

C. $\varepsilon_2 - \varepsilon_1 - I_1(R_1 + r_1) + I_2(R_2 + r_2)$

D. $\varepsilon_2 - \varepsilon_1 - I_1(R_1 - r_1) + I_2(R_2 - r_2)$

10. 有一内半径为 a 、外半径为 b 的金属圆柱体，其长度为 d ，电阻率为 ρ 。若圆柱体内缘的电势高于外缘的电势，且其电势差为 U ，圆柱体中沿径向的电流为 ()

A. $\frac{U}{\frac{\rho}{2\pi d}}$

B. $\frac{U}{\frac{\rho}{2\pi d}} \ln \frac{b}{a}$

C. $\frac{U}{\frac{\rho}{2\pi d} \ln \frac{b}{a}}$

D. $\frac{U}{\ln \frac{b}{a}}$

习题解析

1. 【答案】C。解析：电源是把其他形式的能转化为电能的装置，电源是把负电荷从高电势处向低电势处移动，电源电动势反映了电源非静电力做功的本领大小，电动势反映了电源本身的性质，与外电路无关。故选 C。

2. 【答案】D。解析：两棒串联有 $I_1 = I_2$ ，又因 $U = IR$ ， $R_2 < R_1$ ，所以 $U_2 < U_1$ 。又 $E = \frac{U}{d} = \frac{\rho I}{S}$ ，所以 $E_2 < E_1$ ，又 $I = jS$ ， $S_1 < S_2$ ，所以 $j_2 < j_1$ 。故选 D。

3. 【答案】B。解析：由电动势的定义可知，电动势是反映电源把其他形式的能转化为电能本领强弱的物理量。电动势与电压没有本质的联系，二者是不同的物理量， $\varepsilon = \frac{W}{q}$ 中 W 表示非静电力做功， $U = \frac{W}{q}$ 中的 W 表示电场力做功。故选 B。

4. 【答案】D。解析：铁丝和直铜丝串联，所以 $I_1 = I_2$ ，二者截面积相等，由 $I = jS$ 可知， $j_1 = j_2$ 。又因为 $j = \gamma E$ ， $\gamma_1 < \gamma_2$ ，所以 $E_1 > E_2$ 。故选 D。

5. 【答案】A。解析：一个铜原子质量 $m = \frac{M}{N_A}$ ，铜原子的密度 $n = \rho / m = \frac{\rho N_A}{M}$

铜线内电子的漂移速率为 $v_d = \frac{j_m}{ne} = \frac{j_m \cdot M}{\rho e N_A}$ 。故选 A。

6. 【答案】D。解析：球壳间的等效电阻为： $R = \int \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{dr}{4\pi r^2} = \frac{R_2 - R_1}{4\pi \gamma R_1 R_2}$ ，球壳间的电流强度为：

$$I = \frac{U}{R} = \frac{4\pi n R_1 R_2 \cdot U}{R_2 - R_1}。故迭 D。$$

7. 【答案】B。解析：在球体电极外侧的大地内，取一半径为 dr 的同心半球壳，其电阻为： $dR = \rho \frac{dr}{2\pi r^2} (r \gg a)$ ，则电极的接地电阻为： $R = \int_a^\infty dR = \int_a^\infty \rho \frac{dr}{2\pi r^2} = \frac{\rho}{2\pi a}$ 。故迭 B。

8. 【答案】C。解析：电源电动势是描述电源中非静电力做功的本领（反映电源将其它形式的能转变成电能的本领，而电压是描述电路中两点之间的电势差，由电路的结构所决定。故迭 C。

9. 【答案】C。解析：依据规定方向和一端含源电路欧姆定律

$$U = \sum \varepsilon + \sum IR + \sum Ir$$

可得 $U_{AB} = \varepsilon_2 - \varepsilon_1 - I_1(R_1 + r_1) + I_2(R_2 + r_2)$ 。故迭 C

10. 【答案】C。解析：以半径 r 和 $r+dr$ 作两个圆柱面，圆柱面的面积为 $S = 2\pi r d$ 。由电阻的定义，可知两圆柱面间的电阻为 $dR = \rho \frac{dr}{S} = \rho \frac{dr}{2\pi r d}$

于是，圆柱体的径向总电阻为 $R = \int_a^b \rho \frac{dr}{2\pi r d} = \frac{\rho}{2\pi d} \ln \frac{b}{a}$

因而圆柱体的径向电流为 $I = \frac{U}{R} = \frac{U}{\frac{\rho}{2\pi d} \ln \frac{b}{a}}$

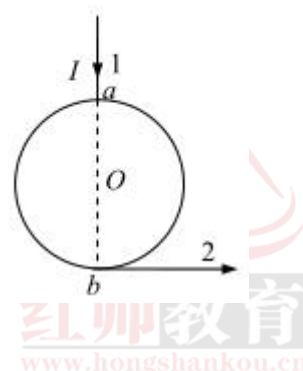
故迭 C。

第四章 真空中的稳恒磁场

第一节 磁感应强度矢量与毕奥—萨伐尔定律

1. 如图 23-1 所示，电流由长直导线 1 沿半径方向经 a 点流入一电阻均匀分布的圆环，再由 b 点沿切向从圆环流出，经长导线 2 返回电源。已知直导线上电流强度为 I ，圆环的半径为 R ，且 a, b 与圆心 O 三点在同一直线上，设直线电流 1, 2 及圆环电流分别在 O 点产生的磁感应强度为 \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 和 \vec{B}_3 ，则 O 点处的磁感应强度 \vec{B} 的大小为（ ）

- A. $B = 0$ ，因为 $B_1 = B_2 = B_3 = 0$
- B. $B = 0$ ，因为 $\vec{B}_1 + \vec{B}_2 = 0$ ， $B_3 = 0$
- C. $B \neq 0$ ，因为虽然 $B_1 + B_3 = 0$ ，但 $B_2 \neq 0$



D. $B \neq 0$, 因为虽然 $B_1 = B_2 = 0$, $B_3 \neq 0$

图 23-1

2. 如图 23-2 所示, 两个半径为 R 的相同金属圆环, 相互垂直放置, 圆心重合于 O 点, 并在 a 、 b 两点相接触。电流 I 沿直导线由 a 点流入两金属环, 并从 b 点流出, 则环心 O 点的磁感强度 B 的大小为 ()

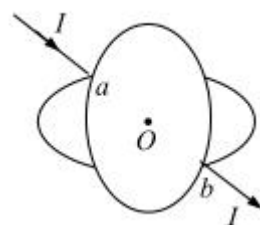


图 23-2

- A. $\frac{\mu_0 I}{R}$ B. $\frac{\sqrt{2}\mu_0 I}{2R}$ C. 0 D. $\frac{2\sqrt{2}\mu_0 I}{R}$

3. 空间某点的磁感应强度 \vec{B} 的方向, 一般可以用下列几种办法来判断, 下面说法错误的是 ()

- A. 小磁针北 (N) 极在该点的指向
B. 运动正电荷在该点所受最大的力与其速度的矢积的方向
C. 电流元在该点不受力的方向
D. 载流线圈稳定平衡时, 磁矩在该点的指向

4. 如图 23-3 所示, 在无限长载流直导线附近作一球形闭合曲面 S , 当曲面 S 向长直导线靠近时, 穿过曲面 S 的磁通量 Φ_m 和面上各点的磁感应强度大小 B 将如何变化 ()

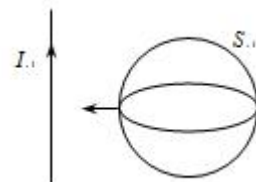


图 23-3

- A. Φ_m 增大, B 也增大
B. Φ_m 不变, B 也不变
C. Φ_m 增大, B 不变
D. Φ_m 不变, B 增大

5. 如图 23-4 所示, 两个载有相等电流 I 的半径为 R 的圆线圈一个处于水平位置, 一个处于竖直位置, 两个线圈的圆心重合, 则在圆心 O 处的磁感应强度大小为 ()

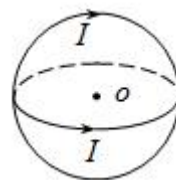
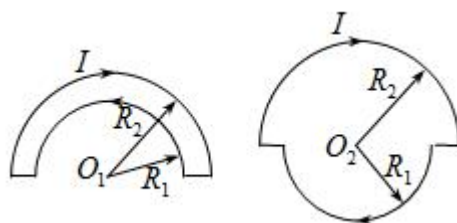


图 23-4

- A. 0 B. $\mu_0 I / 2R$ C. $\sqrt{2}\mu_0 I / 2R$ D. $\mu_0 I / R$

6. 如图 23-5 所示, 两种形状的载流线圈中电流强度相同, 则 O_1 、 O_2 处的磁感应强度大小关系是 ()



的系

- A. $B_{O_1} < B_{O_2}$

B. $B_{O_1} = B_{O_2}$

C. $B_{O_1} > B_{O_2}$

D. 无法判断

图 23-5

习题解析

1. 【答案】C。解析：因为直线电流 1 与圆心在同一直线上，故 $B_1 = 0$ ，直线电流 2 在圆心处产生磁感应强度 $B_2 = \frac{\mu_0 I}{4\pi R}$ ，圆环电流左半部分与右半部分在圆心处产生的磁感应强度大小相等，方向相反，因此 $B_3 = 0$ 。故选 C。

2. 【答案】C。解析：对于竖直放置的金属圆环，上半部分与下半部分在圆心处产生的磁感应强度大小相等，方向相反，总磁场为零；同理水平放置的圆环合磁场也为零。所以答案为 C。

3. 【答案】C。解析：根据安培定律可知空间某一点的磁感强度的方向与安培力的方向无关。故选 C。

4. 【答案】D。解析：由高斯定理可知，穿过闭合曲面的磁通量始终为零，但闭合曲面靠近导线的过程中，磁感应强度变大。故选 D。

5. 【答案】C。解析：两个圆线圈在圆心处产生的磁感应强度大小为 $\mu_0 I / 2R$ ，且方向垂直，叠加后的总磁感应强度为 $\sqrt{2}\mu_0 I / 2R$ 。所以答案为 C。

6. 【答案】A。解析：由于左图中半径为 R_1 和 R_2 的两段通电导线在 O_1 处产生磁场方向相反，右图中半径为 R_1 和 R_2 的两段通电导线在 O_2 处产生磁场方向相同，叠加后必然有 $B_{O_1} < B_{O_2}$ 。故选 A。

第二节 磁场的高斯定理和安培环路定理

1. 取一闭合积分回路 L ，使三根载流导线穿过它所围成的面。现改变三根导线之间的相互间隔，但不越出积分回路，则（ ）

A. 回路 L 内的 $\sum I$ 不变， L 上各点的 \vec{B} 不变

B. 回路 L 内的 $\sum I$ 不变， L 上各点的 \vec{B} 改变

C. 回路 L 内的 $\sum I$ 改变， L 上各点的 \vec{B} 不变

D. 回路 L 内的 $\sum I$ 改变, L 上各点的 \vec{B} 改变

2. 下列关于磁感应线的描述, 正确的是 ()

A. 条形磁铁的磁感应线是从 N 极到 S 极的

B. 条形磁铁的磁感应线是从 S 极到 N 极的

C. 磁感应线是从 N 极出发终止于 S 极的曲线

D. 磁感应线是无头无尾的闭合曲线

3. (多选) 关于磁场的高斯定理 $\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$, 下面的叙述正确的是 ()

A. 穿入闭合曲面的磁感应线条数必然等于穿出的磁感应线条数

B. 穿入闭合曲面的磁感应线条数不等于穿出的磁感应线条数

C. 一根磁感应线可以终止在闭合曲面内

D. 一根磁感应线可以完全处于闭合曲面内

4. 若一质量为 m 、电量为 q 的粒子, 以速度 \vec{v} 垂直射入均匀磁场 \vec{B} 中, 则粒子运动轨道所包围范围的磁通量与磁场磁感应强度 B 大小的关系曲线是图 23-6 中的 ()

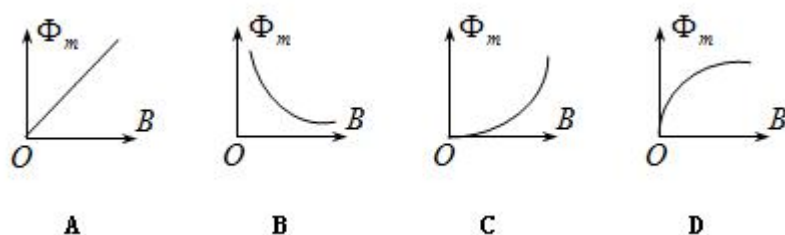


图 23-6

5. 一根由两个同轴的圆柱面导体组成很长的电缆线, 若这两个圆柱面的半径分别为 R_1 和 R_2 ($R_1 < R_2$), 通有等值反向电流, 那么图 23-7 中正确反映电流产生的磁感应强度随径向距离的变化关系是 ()

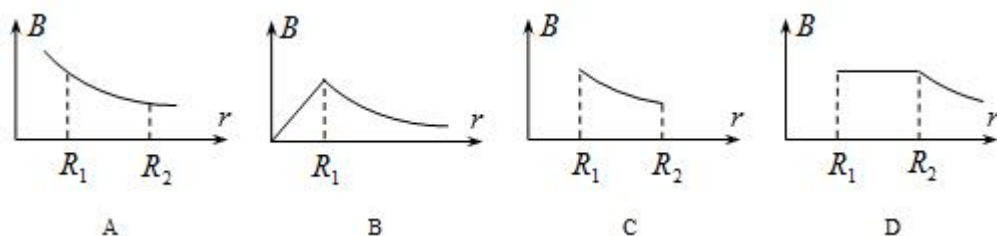


图 23-7

6. 磁场

的高斯定理说明了稳恒磁场是 ()

A. 磁感线是不闭合曲线

B. 磁感强度与面积的乘积为零

C. 磁场是无源场

D. 磁场是有源场

习题解析

1. 【答案】B。解析：由于环路内所包围的各电流的大小和方向均不变，所以磁场的环流不变，所以 $\sum I$ 不变，但电流的位置变化引起环路 L 上各点的 \vec{B} 变化。故选 B。

2. 【答案】D。解析：有磁感应线的特点可知磁感应线是无头无尾的闭合曲线。故选 D。

3. 【答案】AD。解析：由于磁感应线是无头无尾的闭合曲线，所以穿入闭合曲面的磁感应线条数必然等于穿出的磁感应线条数，只要合理选择闭合曲面，总可以将某一条磁感应线包围与闭合曲面内。故选 AD。

4. 【答案】B。解析：当质量为 m 、电量为 q 的粒子，以速度 \vec{v} 垂直射入均匀磁场 \vec{B} 中时，其轨道半径为 $R = \frac{mv}{qB}$ ，结合磁通量的定义式有 $\Phi_m = \frac{\pi m^2 v^2}{q^2 B}$ 。故选 B。

5. 【答案】C。解析：由磁场的环路定理可知当 $R < R_1$ 和 $R < R_2$ 时，磁感应强度均为 0。故选 C。

6. 【答案】C。解析：根据磁场的性质可知磁感线是闭合曲线，A 错；磁感强度与面积的乘积不一定为零，B 错；高斯定理说明磁场是无源场。故选 C。

第三节 洛伦兹力公式

1. 一电子以速率 v 进入某一区域，如果观测到该电子做匀速直线运动，那么该区域（ ）

A. 一定没有电场，但不一定没有磁场

B. 一定没有电场，也一定没有磁场

C. 一定有电场，但不一定有磁场

D. 既可能有电场，也可能有磁场

2. 一带电量为 q 的粒子，以速度 v 进入电场和磁场分布的区域，若保持速度的大小和方向都不变，则 E 和 B 可能为（ ）

A. $E \neq 0$ $B = 0$

B. $E = 0$ $B \neq 0$

C. E 与 B 平行

D. E 与 B 反平行

3. 两个带电粒子，以相同的速度垂直磁力线飞入匀强磁场，它们的质量之比是 1:4，电量之比是 1:2，它们所受的磁场力之比是()

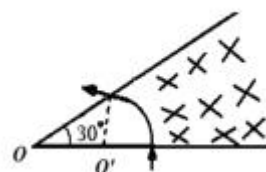
A. 1:2 B. 2:1 C. 1:4 D. 1:1

4. 两个带电粒子，以相同的速度垂直磁力线飞入匀强磁场，它们的质量之比是 1:4，电量之比是 1:2，运动轨迹半径之比是()

A. 1:4 B. 2:1 C. 1:2 D. 1:1

5. 如图 23-8 所示，一个顶角为 30° 的扇形区域内有垂直纸面向内的均匀磁场 \vec{B} ，有一质量为 m ，电量为 q ($q > 0$) 的粒子，从一个边界上的距顶点为 l 的地方以速率 $V = \frac{lqB}{2m}$ 垂直于边界射入磁场，则粒子从另一边界上的射出的点与顶点的距离为()

A. $\frac{\sqrt{3}}{3}l$ B. l C. $\frac{1}{2}l$ D. $\frac{\sqrt{3}}{2}l$



图,23-8

6. 一根长为 L 的直导线 a 和一半径 $R=L/2$ 的半圆形导线 b ，他们均通有电流 I ，并处于磁感强度为 B 的均匀磁场中，位置如图 23-9 所示。则他们所受安培力的大小和方向的关系为()

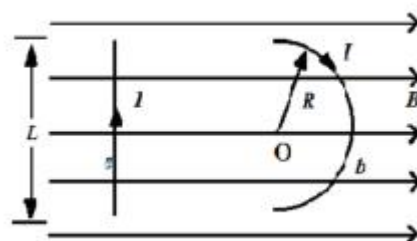


图 23-9

A. 大小均为 BIL ，导线 a 受力方向为垂直于纸面向里，导线 b 受力方向为垂直于纸面向外

B. 大小均为 BIL ，导线 a 和导线 b 受力方向均为垂直于纸面向外

C. 大小均为 $2BIL$ ，导线 a 和导线 b 受力方向均为垂直于纸面向外

D. 大小均为 BIL ，导线 a 和导线 b 受力方向均为垂直于纸面向里

7. 两无限长平行直导线的距离为 d ，各自通有电流为 I_1 和 I_2 ，且电流流向相同，则()

A. 两导线上每单位长度所受的相互排斥力为 $\frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{d}$

B. 两导线上每单位长度所受的相互吸引力为 $\frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{d}$

C. 两导线上每单位长度所受的相互吸引力为 $\frac{\mu_0 I_1 I_2}{4\pi d}$

D. 两导线上没有相互作用力

8. 如图 23-10 所示, 六根无限长导线互相绝缘, 通过电流均为 I , 区域 I、II、III、IV 均为相等的正方形, 那一个区域指向纸内的磁通量最大? ()

A. I 区域

B. II 区域

C. III 区域

D. IV 区域

9. 在真空磁场中, 安培环路定理的数学表达式为 ()

A. $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \sum_{(L内)} I_i$

B. $\oint_L \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 \sum_{(L内)} I_i$

C. $\oint_L B \cdot dl = \mu_0 \sum_{(L内)} I_i$

D. $\oint_L B \cdot dl = \mu_0 \sum_{(L内)} I_i$

10. 如图 23-11 所示, 一宽为 b 的无限长金属薄板, 通以电流 I , 则在薄板平面上, 距板的一边为 r 的点 P 的磁感强度的大小及方向为 ()

A. 方向垂直纸面向外, 大小为 $\frac{\mu_0 I}{2\pi b} \ln \frac{r+b}{r}$

B. 方向垂直纸面向上, 大小为 $\frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{r+b}{r}$

C. 方向垂直纸面向里, 大小为 $\frac{\mu_0 I}{2\pi b} \ln \frac{r+b}{r}$

D. 方向垂直纸面向下, 大小为 $\frac{\mu_0 I}{2\pi} \ln \frac{r+b}{r}$

11. 两条无限长载流导线, 间距 0.5 厘米, 电流 10A, 电流方向相同, 在两导线间距中点处磁场强度大小为 ()

A. 0

B. $2000 \frac{\mu_0}{\pi}$

C. $4000 \frac{\mu_0}{\pi}$

D. $400 \frac{\mu_0}{\pi}$

12. 通有电流 I 的无限长直导线弯成如图 23-12 所示的 3 种形状, 则 P 、 Q 、 O 各点磁感应强度的大小关系为 ()

A. $B_P > B_Q > B_O$

B. $B_Q > B_P > B_O$



图 23-10

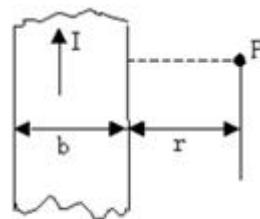


图 23-11

C. $B_Q > B_O > B_P$

D. $B_O > B_Q > B_P$

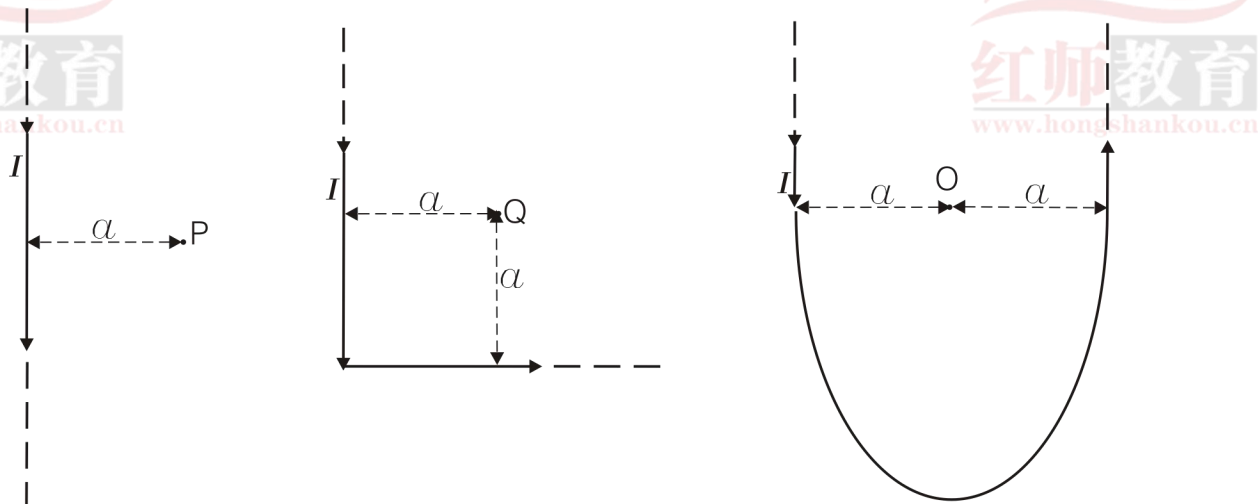


图 23-12

13. 在一个平面内, 有两条垂直交叉但相互绝缘的导线, 流过每条导线的电流相等, 方向如图 23-13 所示。问那个区域中有些点的磁感应强度可能为零 ()

- A. 仅在象限 1 B. 仅在象限 2
C. 仅在象限 1、3 D. 仅在象限 2、4

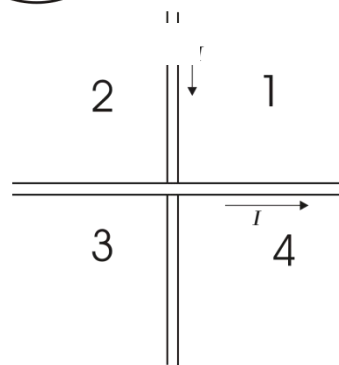


图 23-13

14. 均匀磁场的磁感应强度 \vec{B} 垂直于半径为 R 的圆面, 今以圆周边为边线, 作一半球面 S , 则通过 S 面的磁通量的大小为 ()

- A. $2\pi R^2 B$ B. $\pi R^2 B$ C. 0 D. 无法确定

15. 若空间存在两根无限长直载流导线, 空间的磁场分布就不具有简单的对称性, 则该磁场分布 ()

- A. 不能用安培环路定理来计算
B. 可以直接用安培环路定理求出
C. 只能用毕奥-萨伐尔定律求出
D. 可以用安培环路定理和磁感应强度的叠加原理求出

16. 在图 23-14 的(a)和(b)中各有一半半径相同的圆形回路 L_1 和 L_2 , 圆周内有电流 I_1 和 I_2 , 其分布相同, 且均在真空中, 但在(b)图中 L_2 回路外有电流 I_3 , P_2 、 P_1 为两圆形回路上的对应点, 则 ()

- A. $\oint_{L_1} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint_{L_2} \vec{B} \cdot d\vec{l}, B_{P_1} = B_{P_2}$ B. $\oint_{L_1} \vec{B} \cdot d\vec{l} \neq \oint_{L_2} \vec{B} \cdot d\vec{l}, B_{P_1} \neq B_{P_2}$
C. $\oint_{L_1} \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint_{L_2} \vec{B} \cdot d\vec{l}, B_{P_1} \neq B_{P_2}$ D. $\oint_{L_1} \vec{B} \cdot d\vec{l} \neq \oint_{L_2} \vec{B} \cdot d\vec{l}, B_{P_1} = B_{P_2}$

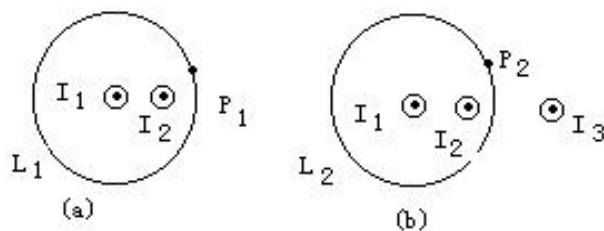


图 23-14

17. 如图 23-15 所示, 两根直导线 ab 和 cd 沿半径方向被接到一个截面处处相等的铁环上, 稳恒电流 I 从 a 端流入而从 d 端流出, 则磁感强度 \vec{B} 沿图中闭合路

径 L 的积分 $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l}$ 等于 ()

- A. $\mu_0 I$ B. $\mu_0 I/3$ C. $\mu_0 I/4$ D. $2\mu_0 I/3$

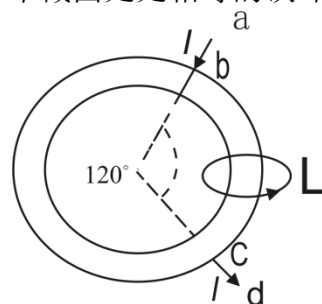


图 23-15

18. 将空心螺线管通以正弦交流电, 从其空心螺线管的一端沿轴线射入一束电子流。则电子束在螺线管内的运动情况是 ()

- A. 简谐运动 B. 匀速直线运动
C. 匀加速直线运动 D. 匀减速直线运动

19. 按玻尔的氢原子理论, 电子在以质子为中心、半径为 r 的圆形轨道上运动。如果把这样一个原子放在均匀的外磁场中, 使电子轨道平面与 \vec{B} 垂直, 如图所示, 则在 r 不变的情况下, 电子轨道运动的角速度将 ()

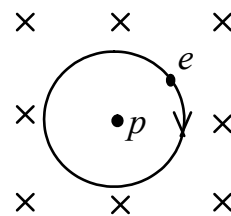


图 23-16

- A. 增加 B. 减小 C. 不变 D. 改变方向

20. 如图所示, 电流从 a 点分两路通过对称的圆环形分路, 汇合于 b 点。若 ca 、 bd 都沿环的径向, 则在环形分路的环心处的磁感强度 ()

- A. 方向垂直环形分路所在平面且指向纸内
B. 方向垂直环形分路所在平面且指向纸外
C. 方向在环形分路所在平面, 且指向 b
D. 方向在环形分路所在平面内, 且指向 a
E. 为零

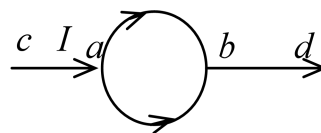


图 23-17

习题解析

1. 【答案】D。解析：电子在该区域作匀速直线运动，说明电子在重力、洛伦兹力和电场力作用下处于平衡状态，既可能有电场，也可能有磁场。故选 D。

2. 【答案】B。解析：带电粒子在 A、C、D 三种情况下，不可能做匀速直线运动。故选 B。

3. 【答案】B。解析：根据题意，洛伦兹力大小 $F = qvB$ ，可得 $\frac{F_1}{F_2} = \frac{1}{2}$ ，

故选 A。

4. 【答案】C。解析：由 $R = \frac{mv}{qB}$ ，得 $\frac{R_1}{R_2} = \frac{m_1 v}{q_1 B} \cdot \frac{q_2 B}{m_2 v} = \frac{1}{2}$ 。所以答案为 C。

5. 【答案】D。解析：粒子运动半径 $r = \frac{mv}{qB} = \frac{m}{qB} \cdot \frac{lqB}{2m}$ ，由图可算出：出射点距顶点距离为 $\frac{\sqrt{3}}{2}l$ 。故选 D。

6. 【答案】A。解析：对于直导线 a，由安培定律可得；对于半圆形导线 b，由于处于均匀磁场中，所受到的安培力等效于从起点指向终点的直导线所受的安培力。

7. 【答案】B。解析：根据安培定律可知两直导线之间的相互作用力为引力，AD 错；又 $\frac{dF_{21}}{dl_2} = \frac{\mu_0}{2\pi} \frac{I_1 I_2}{d}$ ，故选 B。

8. 【答案】B。解析：根据无限长直导线的磁场分布特点，结合题中所给的条件可知，本题答案为 B。

9. 【答案】A。解析：由真空中安培环路定理的表述可知，磁感强度的环流等于回路内部所包围电流的代数和的 μ_0 倍。故选 A。

10. 【答案】C。解析：金属薄板在点 P 激发的磁场可以看成无穷多直导线在该处激发磁场的叠加，通过积分可知点 P 的磁感强度大小为 $\frac{\mu_0 I}{2\pi b} \ln \frac{r+b}{r}$ ，方向垂直纸面向里。故选 C。

11. 【答案】A。解析：当两导线通有方向相同的电流时，各自在两导线间距中点处磁场强度的大小相等、方向相反，总的磁感强度为零。故选 A。

12. 【答案】D。解析：根据毕奥—萨伐尔定律和磁场的叠加原理可知， P 、 Q 、 O 三点的磁感强度关系为 $B_O > B_Q > B_P$ 。故选 D。

13. 【答案】D。解析：由右手定则可知，在 2、4 象限两直导线在任何一点激发的磁场的磁感强度总是大小相等、方向相反，总磁场为零。故选 D。

14. 【答案】B。解析：根据磁场的高斯定理，通过曲面的次通量为零，因此，通过半球面 S 的磁通量等于通过圆平面的磁通量。故选 B。

15. 【答案】D。解析：尽管磁场不具有对称性，但每根导线的磁场可用环路定理来求，然后根据磁场的叠加原理求的总磁场。故选 D。

16. 【答案】C。解析：由于两回路内部所包围的电流相同，所以两回路的磁感强度的环流相等，但回路上对应点的磁感强度是所有电流的磁场的叠加，故不等。因此本题答案为 C。

17. 【答案】D。解析：根据组成电路导线的电阻可得电流的分配关系，再由稳恒磁场的环路定理可知：磁感强度 \vec{B} 沿图中闭合路径 L 的积分 $\oint_L \vec{B} \cdot d\vec{l}$ 等于 $2\mu_0 I/3$ 。故选 D。

18. 【答案】B。解析：忽略重力作用，螺线管内的磁场沿轴线方向，电子流的运动方向与其一致，不受磁场力作用。故选 B。

19. 【答案】A。解析：当原子至于外磁场时，要受到库仑力和洛伦兹力的作用，且电子运动的半径不变，其角速度必然增加。故选 A。

20. 【答案】E。解析：由于圆心在导线 ca 、 bd 的延长线上，两段通电导线在该点激发的磁场为零，同时圆环上下部分流过的电流大小和方向相同，在圆心的合磁场为零。故选 E。

第五章 有磁介质存在时的磁场

第一节 磁介质与磁化

1. 在均匀介质内部，有传导电流处，一定有磁化电流，二者的关系为 ()

A. $\vec{j}' = (\mu_r - 1)\vec{j}$

B. $\vec{j}' = \mu_r \vec{j}$

C. $\vec{j}' = \vec{j}$

D. $\vec{j}' = \frac{\mu_r - 1}{\mu_r} \vec{j}$

2. 半径为 R 的圆柱形无限长载流直导体置于均匀无限大磁介质之中，若导体中流过的恒定电流为 I ，磁介质的相对磁导率为 μ_r ($\mu_r < 1$)，则磁介质内的磁化强度为 ()

A. $-(\mu_r - 1)I/2\pi r$

B. $(\mu_r - 1)I/2\pi r$

C. $-\mu_r I/2\pi r$

D. $I/2\pi \mu_r r$

3. 将一有限长圆柱形的均匀抗磁质放在一无限长直螺线管内，其螺线管线圈的电流方向如图 24-1 所示。在 a 、 b 、 c 三点的磁感应强度与未放入抗磁质前相比较其增减情况是 ()

A. a 点增加， b 点减小， c 点不变

B. a 点增加， b 点增加， c 点增加

C. a 点减小， b 点减小， c 点增加

D. a 点减小， b 点增加， c 点减小

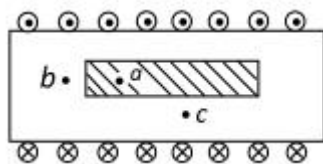


图 24-1

习题解析

1. 【答案】A。解析：由公式 $\vec{j}' = (\mu_r - 1)\vec{H}$ 可得， $\vec{j}' = (\mu_r - 1)\frac{I}{2\pi r}\vec{n} = (\mu_r - 1)\vec{j}$ 。故选

A。

2. 【答案】B。解析：利用安培环路定理可先求出磁介质中的磁场强度，再由 $\vec{M} = (\mu_r - 1)\vec{H}$ 求得磁介质内的磁化强度，正确答案为 B。

3. 【答案】C。解析：抗磁质放在一无限长直螺线管内，相当于把它放在均匀的外磁场中。现已知外场 \vec{B}_0 方向向右。对磁介质中的 a 点来说，其本身磁化电流产生的附加磁场 \vec{B}' 的方向与外场方向相反，叠加的结果使 a 点的场减小；对介质外的 b 点来说，外场 \vec{B}_0 方向仍旧向右，这时的抗磁质相当于 N 极在左、 S 极在右的磁铁，其附加磁场 \vec{B}' 的方向在 b 点向左，因此， b 点的场也减小；对介质外侧的 c 点来说，外场 \vec{B}_0 方向仍旧向右，但是在该处的 \vec{B}' 方向也向右，与外场同向，故 c 点的场是增加的。故选 C。

第二节 磁介质中的磁场

1. 如图 24-2 所示, 一无限长同轴电缆, 由半径分别为 a 和 b 的两圆柱导体所组成, 中央导体载有电流 I , 外层为薄圆筒, 也载有电流 I , 但电流方向相反, 两导体间充满相对磁导率为 μ_r 的均匀磁介质, 则距中心轴线为 $r(a < r < b)$ 处的磁场强度和磁感应强度大小为 ()

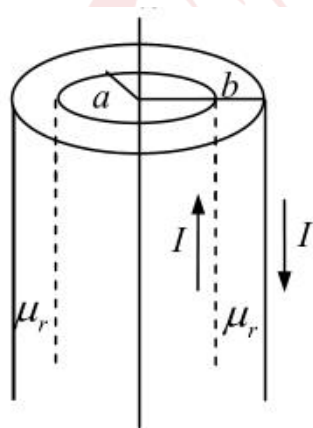


图 24-2

- A. 磁场强度大小为 $\frac{I}{2\pi r}$, 磁感应强度大小为 $\mu_0 \mu_r \frac{I}{2\pi r}$
 B. 磁场强度大小为 $\frac{I}{4\pi r}$, 磁感应强度大小为 $\mu_0 \mu_r \frac{I}{4\pi r}$
 C. 磁场强度大小为 $\frac{2I}{\pi r}$, 磁感应强度大小为 $\mu_0 \mu_r \frac{I}{2\pi r}$
 D. 磁场强度大小为 $\frac{I}{2\pi r}$, 磁感应强度大小为 $\mu_0 \mu_r \frac{2I}{\pi r}$

2. 关于环路 l 上的 \vec{H} 及对环路 l 的积分 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l}$, 以下说法正确的是 ()

A. \vec{H} 与整个磁场空间的所有传导电流, 磁化电流有关, 而 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l}$ 只与环路 l 内的传导电流有关

B. \vec{H} 与 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l}$ 都只与环路内的传导电流有关

C. \vec{H} 与 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l}$ 都与整个磁场空间内的所有传导电流有关

D. \vec{H} 与 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l}$ 都与空间内的传导电流和磁化电流有关

3. (多选) 下列说法正确的是 ()

A. 磁介质放在磁场中会受到磁场的作用产生附加磁场

B. 磁介质在磁场中总磁场为 $\vec{B} = \vec{B}_0 + \vec{B}'$

C. 在磁场中的磁介质内部磁感线可以中断

D. 以上说法均不对

习题解析

1. 【答案】A. 解析: 当 $a < r < b$ 时, $\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = 2\pi r H = I$, 即 $H = \frac{I}{2\pi r}$, 由于 $\vec{B} = \mu_0 \mu_r \vec{H}$, 所以 $\vec{B} = \mu_0 \mu_r \frac{I}{2\pi r}$. 故选 A.

2. 【答案】A. 解析: 根据磁介质中的安培环路定理, \vec{H} 的环流仅仅与环路 l 内的传导

电流有关；而 \bar{H} 与整个磁场空间的所有传导电流，磁化电流均有关。故选 A。

3. 【答案】A、B。解析：不论在真空中还是在磁介质中磁感线均为闭合曲线，磁介质放在磁场中会受到磁场的作用产生附加磁场，总磁场为 $\bar{B} = \bar{B}_0 + \bar{B}'$ 。故选 A、B。

第三节 铁磁介质

1. 下列说法正确的是（ ）

- A. 铁钉没有磁化时不是铁磁质
- B. 顺磁质没有抗磁性
- C. 抗磁质和铁磁性材料磁化过程都有磁滞回线
- D. 顺磁质、抗磁质都有抗磁性

2. 两个大小相同的螺线管，甲中插有铁芯，乙中无铁心，若要使二者的磁感强度相等，则所通的电流（ ）

- A. 甲比乙大
- B. 乙比甲大
- C. 二者相等
- D. 与电流无关

3. 关于软磁性材料的描述正确的是（ ）

- A. 矫顽力小，磁滞回线瘦，磁滞损耗小
- B. 有的 B_R 小，通电后立即磁化获得强磁场，断电后立即退磁，适用于弱电
- C. 有的起始磁导率大，适用于强电
- D. 以上说法都不对

习题解析

1. 【答案】D。解析：顺磁质有抗磁性，因为顺磁质在外磁场 \bar{B}_0 作用下，存在电子进动，附加磁矩 $\Delta\bar{P}_m$ 总与 \bar{B}_0 方向相反，即存在抗磁性只不过附加磁矩 $\Delta\bar{P}_m$ 比分子固有磁矩 \bar{P}_e 小得多。铁钉是典型的铁磁质，内部存在磁畴。抗磁质没有磁滞回线， \bar{B} 与 \bar{H} 呈线性关系。故选 D。

2. 【答案】B。解析：由螺线管的磁感强度 $B = \mu_0\mu_r nI$ ，可知铁磁质的 $\mu_r \gg 1$ ，所以要使二者的磁感强度相等，所通的电流必然有乙比甲大。故选 B。

3. 【答案】A。解析：根据软磁性材料的性质可知，其矫顽力小，磁滞回线瘦，磁滞损耗小； B_R 小的软磁性材料，通电后立即磁化获得强磁场，断电后立即退磁，适用于弱电；而起始磁导率大的软磁性材料，则适用于弱电。故选 A。

本章练习题

1. 如图 24-3 所示, 流出纸面的电流为 $2I$, 流进纸面的电流为 I , 下列表达式正确的是 ()

A. $\oint_{L_1} \vec{H} \cdot d\vec{l} = 2I$

B. $\oint_{L_2} \vec{H} \cdot d\vec{l} = I$

C. $\oint_{L_3} \vec{H} \cdot d\vec{l} = -I$

D. $\oint_{L_4} \vec{H} \cdot d\vec{l} = -I$

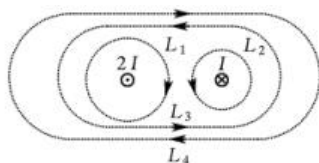


图 24-3

2. 如图所示, 一细螺线环, 它由表面绝缘的 10 匝/cm 的导线在铁环上密绕而成。当导线中的电流 $I = 2.0 \text{ A}$ 时, 测得铁环内的磁感应强度 $B = 1.0 \text{ T}$, 则可求得铁环内的相对磁导率 μ_r 为 () (真空磁导率 $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$)

A. 7.96×10^2 B. 3.98×10^2 C. 1.99×10^2 D. 63.3

3. (多选) 以下说法正确的是 ()

A. 磁场强度 \vec{H} 的安培环路定理 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_{(L \text{ 内})} I_0$ 表明: 若闭合回路 L 内没有包围自由电流,

则回路 L 上各点 \vec{H} 必为零

B. 磁场强度 \vec{H} 的安培环路定理 $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_{(L \text{ 内})} I_0$ 表明: 若闭合回路上各点 \vec{H} 为零, 则该回路所包围的自由电流的代数和一定为零

C. \vec{H} 仅与自由电流有关

D. 对各向同性的非铁磁质, 不论是抗磁质还是顺磁质, \vec{B} 总与 \vec{H} 相同

4. 如图 24-4 所示, 一个磁导率为 μ_1 的无限长均匀磁介质圆柱体, 半径为 R_1 , 其中均匀地通过电流 I 。在它外面还有一半径为 R_2 的无限长同轴圆柱面, 其上通有与前者方向相反的电流 I , 两者之间充满磁导率为 μ_2 的均匀磁介质, 则在 $0 < r < R_1$ 的空间磁场强度的大小 H 为 ()

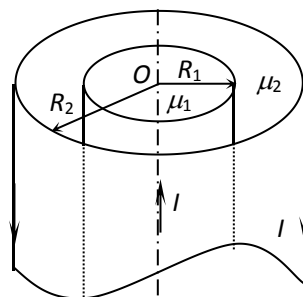


图 24-4

A. 0 B. $\frac{I}{2\pi r}$ C. $\frac{I}{2\pi R_1}$ D. $\frac{rI}{2\pi R_1^2}$

5. 用细导线均匀密绕成长为 l 、半径为 a ($l \gg a$)、总匝数为 N 的螺线管, 管内充满相对磁导率为 μ_r 的均匀磁介质。若线圈中载有恒定电流 I , 则管中任意一点 ()

A. 磁场强度大小为 $H = NI$, 磁感应强度大小为 $B = \mu_0 \mu_r NI$

B. 磁场强度大小为 $H = \mu_0 NI/l$, 磁感应强度大小为 $B = \mu_0 \mu_r NI/l$

C. 磁场强度大小为 $H = NI/l$, 磁感应强度大小为 $B = \mu_r NI/l$

D. 磁场强度大小为 $H = NI/l$, 磁感应强度大小为 $B = \mu_0 \mu_r NI/l$

6. 关于磁感应强度和磁场强度说法错误的是 ()

A. 磁感强度和磁场强度有线性关系, 磁场强度确定, 磁感强度唯一确定

B. 磁感强度大小与介质有关

C. 磁感应强度值随磁场强度的变化而变化

D. 磁感强度是表征磁场强弱和方向的物理量

7. 如图 24-5 所示是一根沿轴向均匀磁化的细长永久磁棒,

磁化强度为 M 的图中标点 1 的磁感应强度为 ()

A. $\mu_0 M$ B. 0 C. $\frac{1}{2} \mu_0 M$ D. $-\frac{1}{2} \mu_0 M$



图 24-5

8. 如图 24-6 所示是一根沿轴向均匀磁化的细长永久磁棒, 磁

化强度为 M , 图中标点 1 的磁场强度为 ()

A. $\frac{1}{2} M$ B. $-\frac{1}{2} M$ C. M D. 0



图 24-6

9. 如图 24-7 所示的是两种不同铁磁质的磁滞回线。哪一种用来制造永久磁铁较为合适?

哪一种用来制造便于调节磁感应强度 B 的电磁铁较为合适?

()

A. 虚线所代表的材料适合制造永久磁铁, 实线代表的材料适合于用来制造电磁铁

B. 实线所代表的材料适合制造永久磁铁, 虚线代表的材料适合于用来制造电磁铁

C. 两种材料都适合制造永久磁铁

D. 两种材料都适合于用来制造电磁铁

10. 下列说法中正确的是 ()

A. \vec{H} 的大小仅与传导电流有关

B. 不论在什么介质中, \vec{B} 总是与 \vec{H} 同向

C. 若闭合回路不包围电流, 则回路上各点的 \vec{H} 必定为零

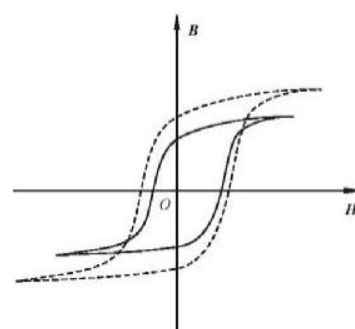


图 24-7

D. 若闭合回路上各点的 \vec{H} 为零, 则回路包围的传导电流的代数和必定为零

习题解析

1. 【答案】D。解析: 根据有磁介质存在时的磁场的环路定理可知, 磁场强度的环流等于环路内所包围的传导电流的代数和, 可得 $\oint_{L_4} \vec{H} \cdot d\vec{l} = -I$, 故选 D。

2. 【答案】B。解析: 由螺线环磁感应强度的公式 $B = \mu_0 \mu_r n I$ 及题中所给的已知条件可得 $\mu_r = 3.98 \times 10^2$ 。故选 B。

3. 【答案】B、D。解析: A 错, 磁场强度 \vec{H} 沿回路的环流值为零, 但不能推出回路 L 上的 \vec{H} 处处为零。B 对。C 错, 从 \vec{H} 的环路定理看, 只能说 \vec{H} 的环路积分值仅与回路内的自由电流有关; 从 \vec{H} 的定义式 $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$ 看出, 各点的 \vec{H} 不仅与自由电流有关还与磁化电流有关。D 对。故选 B、D。

4. 【答案】D。解析: 由磁介质存在时的磁场的环路定理得:

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \frac{\pi r^2}{\pi R_1^2}$$

$$H = \frac{r}{2\pi R_1^2}$$

故选 D。

5. 【答案】D。解析: 由磁介质存在时的磁场的环路定理可知, 线圈中的磁感应强度大小为 $B = \mu_0 \mu_r N I / l$, 又有 $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0 \mu_r} = \frac{N I}{l}$ 。所以答案为 D。

6. 【答案】A。解析: 根据磁感应强度的和磁场强度的定义及其关系就可知, 磁感强度和磁场强度有线性关系, 磁场强度确定, 磁感强度唯一确定的说法错误, 故选 A。

7. 【答案】A。解析: 根据磁化强度与面磁化电流密度之间的关系式 $\vec{j}' = \vec{M} \times \vec{n}$ 可知 M 表示磁棒单位长度上的磁化电流, 长直永磁棒相当于一个长直螺线管, 图中标出 1 点的磁感应强度为 $\vec{B}_1 = \mu_0 \vec{M}$ 。故答案为 A。

8. 【答案】B。解析: 根据磁化强度与面磁化电流密度之间的关系式 $\vec{j}' = \vec{M} \times \vec{n}$ 可知 M 表示磁棒单位长度上的磁化电流, 长直永磁棒相当于一个长直螺线管, 图中标出 1 点的磁感应

强度为 $\vec{B}_1 = \frac{1}{2} \mu_0 \vec{M}$ ，由 $\vec{H}_1 = \frac{\vec{B}_1}{\mu_0} - \vec{M} = -\frac{1}{2} \vec{M}$ 。故选 B。

9. 【答案】A。解析：虚线所代表的材料剩磁和矫顽力都大，适合于用来制造永久磁铁。而实线所代表的材料剩磁和矫顽力都小，适合于用来制造电磁铁。

10. 【答案】D。解析：根据磁介质中的安培环路定理可知， \vec{H} 大小由空间所有传导电流和磁化电流有关，在抗磁质介质中 \vec{B} 总是与 \vec{H} 反向。故选 D。

第六章 电磁感应

第一节 法拉第电磁感应定律

1. 尺寸相同的铁环与铜环所包围的面积中，通以相同变化率的磁通量，则环中（ ）

- A. 感应电动势不同，感应电流不同
- B. 感应电动势相同，感应电流相同
- C. 感应电动势不同，感应电流相同
- D. 感应电动势相同，感应电流不同

2. 如图 25-1 所示，一载流螺线管的旁边有一圆形线圈，欲使线圈产生图示方向的感应电流 i ，下列哪种情况可以做到？（ ）

- A. 载流螺线管向线圈靠近
- B. 载流螺线管离开线圈
- C. 载流螺线管中电流增大
- D. 载流螺线管中插入铁芯

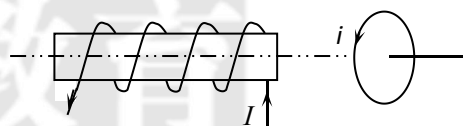


图 25-1

3. 将形状完全相同的铜环和木环静止放置在交变磁场中，并假设通过两环面的磁通量随时间的变化率相等，不计自感时则（ ）

- A. 铜环中有感应电流，木环中无感应电流
- B. 铜环中有感应电流，木环中有感应电流
- C. 铜环中感应电动势大，木环中感应电动势小
- D. 铜环中感应电动势小，木环中感应电动势大

4. 一根无限长平行直导线载有电流 I ，一矩形线圈位于导线平面内沿垂直于载流导线方向

以恒定速率运动（如图25-2所示），则（ ）

- A. 线圈中无感应电流
- B. 线圈中感应电流为顺时针方向
- C. 线圈中感应电流为逆时针方向
- D. 线圈中感应电流方向无法确定

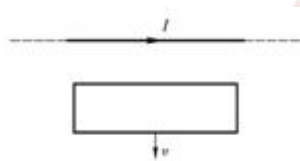


图 25-2

5. 有两个线圈，线圈1对线圈2的互感系数为 M_{21} ，而线圈2对线圈1的互感系数为 M_{12} 。若

它们分别流过 i_1 和 i_2 的变化电流且 $\left|\frac{di_1}{dt}\right| < \left|\frac{di_2}{dt}\right|$ ，并设由 i_2 变化在线圈1中产生的互感电动势为 ε_{12} ，

由 i_1 变化在线圈2中产生的互感电动势为 ε_{21} ，下述论断正确的是（ ）

- A. $M_{12} = M_{21}$, $\varepsilon_{21} = \varepsilon_{12}$
- B. $M_{12} \neq M_{21}$, $\varepsilon_{21} \neq \varepsilon_{12}$
- C. $M_{12} = M_{21}$, $\varepsilon_{21} < \varepsilon_{12}$
- D. $M_{12} = M_{21}$, $\varepsilon_{21} < \varepsilon_{12}$

习题解析

1. 【答案】D。解析：由于通过回路所围面积的磁通量的变化率相同，电动势相同，但由于电阻不同，感应电流不同。故选 D。

2. 【答案】B。解析：根据楞次定律可得只有载流螺线管离开线圈时，满足条件。故选 B。

3. 【答案】A。解析：根据法拉第电磁感应定律，铜环、木环中的感应电场大小相等，但在木环中不会形成电流，因而正确答案为A。

4. 【答案】B。解析：由右手定则可以判断，在矩形线圈附近磁场垂直纸面朝里，磁场是非均匀场，距离长直载流导线越远，磁场越弱。因而当矩形线圈朝下运动时，在线圈中产生感应电流，感应电流方向由法拉第电磁感应定律可以判定。因而正确答案为 B。

5. 【答案】D。解析：由于 $M_{21} = M_{12}$ ，电磁感应定律 $\varepsilon_{21} = M_{21} \left|\frac{di_1}{dt}\right|$ ； $\varepsilon_{12} = M_{12} \left|\frac{di_2}{dt}\right|$ 。因而正确答案为D。

第二节 动生电动势

1. 下列说法正确的是（ ）

- A. 产生动生电动势的非静电力是洛伦兹力，其相应的非静电性电场强度 $\vec{E}_k = \vec{v} \times \vec{B}$
 B. 动生电动势的方向（指向）就是 $\vec{v} \times \vec{B}$ 的方向
 C. 产生感生电动势的非静电力是感生电场力
 D. 以上答案都不对

2. 如图 25-3 所示，导体棒 AB 在均匀磁场中绕通过 C 点的垂直于棒长且沿磁场方向的轴 OO' 转动(角速度 ω 与 B 同方向)。 BC 的长度为棒长的 $1/3$ 。 则 ()

- A. A 点比 B 点电势高
 B. A 点与 B 点电势相等
 C. A 点比 B 点电势低
 D. 有稳恒电流从 A 点流向 B 点

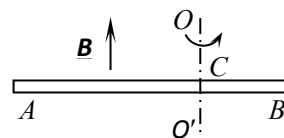


图 25-3

3. 一根无限长直导线载有电流 I ，一矩形线圈位与导线共面且沿垂直于载流导线方向以恒定速率运动，如图 25-4 所示。则 ()

- A. 线圈中无感应电流。
 B. 线圈中电流为顺时针方向。
 C. 线圈中电流为逆时针方向。
 D. 线圈中感应电流方向无法确定

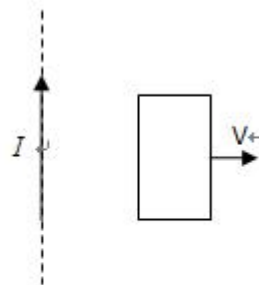


图 25-4

4. 如图 25-5 所示，在一长直导线中通有电流 I ， $ABCD$ 为矩形线框，在下列情况下：

- (1) 线框在纸面内向右移动。
 (2) 线框绕 AD 转动。
 (3) 线框以载流导线为轴旋转。

下面的判断正确的是 ()

- A. (1) 有动生电动势，(2)、(3) 没有动生电动势。
 B. (1)、(2) 有动生电动势，(3) 没有动生电动势。
 C. (1) 没有动生电动势，(2)、(3) 有动生电动势。
 D. (1)(2) 有动生电动势，(3) 也有动生电动势。

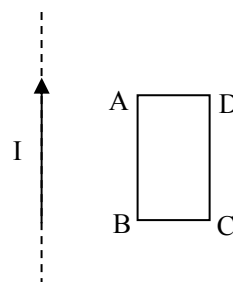
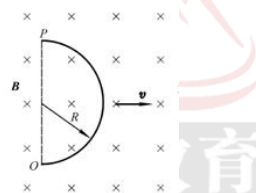


图 25-5

5. 如图 25-6 所示，把一半径为 R 的半圆形导线 OP 置于磁感强度为 \vec{B} 的均匀磁场中，当导线以速率 v 水平向右平动时，导线中感应电动势的大小和方向为 ()

- A. 大小为 $2RvB$ ，方向由 O 指向 P



- B. 大小为 $2RvB$, 方向由 P 指向 O
 C. 大小为 RvB , 方向由 P 指向 O
 D. 大小为 RvB , 方向由 O 指向 P

图 25-6

习题解析

1. 【答案】D。解析：参考动生电动势和感生电动势的概念可知，本题答案为 D。

2. 【答案】A。解析：由动生电动势公式可得： $d\varepsilon_i = \vec{v} \times \vec{B} \cdot d\vec{l} = vBdx = \omega Bxdx$ ，a、b 两端的电势差为 $V_a - V_c = \int_0^{L/3} \omega Bxdx = \frac{1}{18} \omega BxL^2$ ，c、b 两端的电势差为 $V_b - V_c = \int_0^{2L/3} \omega Bxdx = \frac{4}{18} \omega BxL^2$ ，a、b 两端的电势差为 $V_a - V_b = \int_0^{L/3} \omega Bxdx = \frac{1}{6} \omega BxL^2$ 。故选 A。

3. 【答案】B。解析：矩形线圈沿垂直于载流导线方向以恒定速率运动时，线圈左右两边切割磁感线运动，且左侧边产生的电动势大于右侧边产生的动生电动势，线圈中电流必为顺时针方向。故选 B。

4. 【答案】B。解析：当线框在纸面内向右移动（绕 AD 转动）时，左右两边（下边）切割磁感线运动，会产生动生电动势，而线框以载流导线为轴旋转时，线框的任何边都不切割磁感线运动，不会产生动生电动势。故选 B。

5. 【答案】A。解析：在导体上任意处取导体元 dl ，则

$$dE = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot d\vec{l} = vB \sin 90^\circ \cos \theta dl = vB \cos \theta R d\theta$$

$$\varepsilon = \int dE = vBR \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos \theta d\theta = 2RvB$$

由矢量 $(\vec{v} \times \vec{B})$ 可知，电动势由 O 指向 P，P 端的电势较高。故选 A。

第三节 感生电场

1. 有一磁感强度为 \vec{B} 的均匀磁场，以恒定的变化率 $\frac{dB}{dt}$ 在变化。把一块质量为 m 的铜块，拉成截面半径为 r 的导线，并用它做成一个半径为 R 的圆形回路。圆形回路的平面与磁感强度 B 垂直，若 ρ 为铜的电阻率， d 为铜的密度。则回路中的感应电流为（ ）

- A. $\frac{m}{3\pi\rho d} \frac{dB}{dt}$ B. $\frac{m}{\pi\rho d} \frac{dB}{dt}$ C. $\frac{m}{4\pi\rho d} \frac{dB}{dt}$ D. $\frac{m}{2\pi\rho d} \frac{dB}{dt}$

2. 半径为 $R = 2.0 \text{ cm}$ 的无限长直载流密绕螺线管，管内磁场可视为均匀磁场，管外磁场

可近似看作零。若通电电流均匀变化，使得磁感强度大小 B 随时间的变化率 $\frac{dB}{dt}$ 为常量，且为正值，则管内外由磁场变化激发的感生电场分布是（ ）

- A. $\frac{R^2}{r} \frac{dB}{dt}$ B. $\frac{R^2}{r} \frac{dB}{dt}$ C. $\frac{R}{2r} \frac{dB}{dt}$ D. $\frac{R^2}{2r} \frac{dB}{dt}$

3. 在圆柱形空间内有一磁感应强度为 \vec{B} 的均匀磁场，如图25-7所示。 \vec{B} 的大小以速率变化。在磁场中有A、B两点，其间可放直导线AB和弯曲的导线AB，则

（ ）

- A. 电动势只在 \overline{AB} 导线中产生
B. 电动势只在导线AB弧中产生
C. 电动势在 \overline{AB} 和导线AB弧中都产生，且两者大小相等
D. \overline{AB} 导线中的电动势小于导线AB弧中的电动势

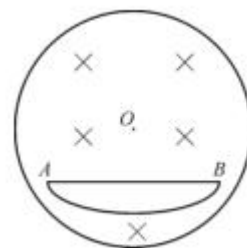


图 25-7

4. 一半径为 R 的无限长密绕螺线管，单位长度上的匝数为 n ，通入 di/dt 为常数的增长电流。将导线 Oab 和 bc 垂直于磁场放置在管内外，如图25-8所示，其中 $Oa=ab=bc=R$ 。则导线上感生电动势为（ ）

- A. $\varepsilon_{Oa} = \varepsilon_{ab} = \varepsilon_{bc}$
B. $\varepsilon_{Oa} = 0$, $\varepsilon_{ab} < \varepsilon_{bc}$
C. $\varepsilon_{Oa} = 0$, $\varepsilon_{ab} > \varepsilon_{bc}$
D. $\varepsilon_{Oa} < \varepsilon_{ab} = \varepsilon_{bc}$

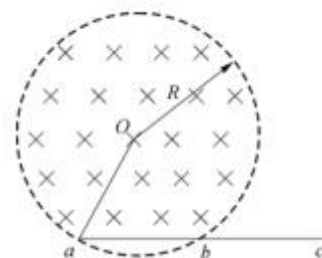


图 25-8

5. 如图25-9所示，空气中有一无限长金属薄壁圆筒，在表面上沿圆周方向均匀地流着一层随时间变化的面电流，则（ ）

- A. 圆筒内均匀地分布着变化磁场和变化电场
B. 任意时刻通过圆筒内假想的任一球面的磁通量和电通量均为零
C. 沿圆筒外任意闭合环路上磁感应强度的环流不为零
D. 沿圆筒内任意闭合环路上电场强度的环流为零

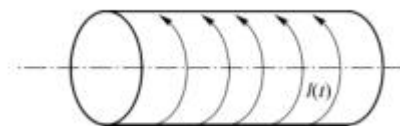


图 25-9

习题解析

1. 【答案】C。解析：圆形回路导线长为 $2\pi R$ ，导线截面积为 πr^2 ，其电阻 R' 为

$$R' = \rho \frac{l}{S} = \rho \frac{2R}{r^2}$$

在均匀磁场中，穿过该回路的磁通量为 $\Phi = BS$ ，由法拉第电磁感应定律可得回路中的感应电流为

$$I = \frac{E}{R'} = \frac{1}{R'} \frac{d\Phi}{dt} = \frac{1}{R'} \pi R^2 \frac{dB}{dt} = \frac{\pi R r^2}{2\rho} \frac{dB}{dt}$$

而 $m = d2\pi R \pi r^2$ ，即 $\pi R r^2 = \frac{m}{2\pi d}$ ，代入上式可得 $I = \frac{m}{4\pi \rho d} \frac{dB}{dt}$ 。故选C。

2. 【答案】D。解析：如图25-10所示，分别在 $r < R$ 和 $r > R$ 的两个区域内任取一电场线为闭合回路 l （半径为 r 的圆），依照右手定则，不妨设顺时针方向为回路正向。

$$(1) \quad r < R, \quad E = \int_l \mathbf{E}_k \cdot d\mathbf{l} = E_k \cdot 2\pi r = -\frac{d}{dt} \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = -\pi r^2 \frac{dB}{dt}$$

$$E_k = -\frac{r}{2} \frac{dB}{dt}$$

$$r > R, \quad E = \int_l \mathbf{E}_k \cdot d\mathbf{l} = E_k \cdot 2\pi r = -\frac{d}{dt} \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} = -\pi R^2 \frac{dB}{dt}$$

$$E_k = -\frac{R^2}{2r} \frac{dB}{dt}$$

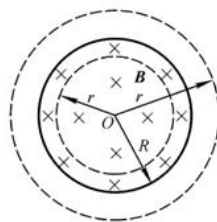


图 25-10

由于 $\frac{dB}{dt} > 0$ ，故电场线的绕向为逆时针。故选D。

3. 【答案】D。解析：连接 OA 、 OB ，感生电场的方向与径向正交，故 $\varepsilon_{OA} = \varepsilon_{OB} = 0$ ，

故有 $\varepsilon_{AB} = S_1 \frac{dB}{dt}$ ， $\varepsilon_{BC} = S_2 \frac{dB}{dt}$ ，式中 S_1 为三角形的面积， S_2 为扇形的面积。故选D。

4. 【答案】D。解析：连接 Oa 、 Ob ，感生电场的方向与径向正交，故 $\varepsilon_{Oa} = \varepsilon_{Ob} = \varepsilon_{Oc} = 0$ ，

故有 $\varepsilon_{ab} = S_1 \frac{dB}{dt}$ ， $\varepsilon_{bc} = S_2 \frac{dB}{dt}$ ，式中 S_1 为三角形的面积， S_2 为扇形 Obd 的面积。故选D。

5. 【答案】B。解析：圆筒内变化磁场是均匀的，但变化电场不均匀 ($\frac{r}{2} \frac{dB}{dt}$)，A错。

在筒外任意闭合环路内没有电流穿过，沿该闭合环路上的磁感强度环流为零，C错。由于在筒外存在涡旋磁场，所以沿筒外任意闭合环路上电场强度的环流不为零，D错。故选B。

第四节 自感和互感

1. 两个通有电流的平面圆线圈相距不远, 如果要使其互感系数近似为零, 则应调整线圈的取向使 ()

- A. 两线圈平面都平行于两圆心连线
- B. 两线圈平面都垂直于两圆心连线
- C. 一个线圈平面平行于两圆心连线, 另一个线圈平面垂直于两圆心连线
- D. 两线圈中电流方向相反

2. 对于单匝线圈取自感系数的定义式为 $L = \Phi / I$ 。当线圈的几何形状、大小及周围磁介质分布不变, 且无铁磁性物质时, 若线圈中的电流强度变小, 则线圈的自感系数 L ()

- A. 变大, 与电流成反比关系
- B. 变小
- C. 不变
- D. 变大, 但与电流不成反比关系

3. 在真空中一个通有电流的线圈 a 所产生的磁场内有另一个线圈 b , a 和 b 相对位置固定。若线圈 b 中电流为零(断路), 则线圈 b 与 a 间的互感系数 ()

- A. 一定为零
- B. 一定不为零
- C. 可为零也可不为零, 与线圈 b 中电流无关
- D. 是不可能确定的

4. 面积为 S 和 $2S$ 的两圆线圈 1、2 如图放置, 通有相同的电流 I 。线圈 1 的电流所产生的通过线圈 2 的磁通量 Φ_{21} 表示, 线圈 2 的电流所产生的通过线圈 1 的磁通量 Φ_{12} 表示, 则 Φ_{21} 和 Φ_{12} 的大小关系为 ()

- A. $\Phi_{21} = 2\Phi_{12}$
- B. $\Phi_{21} = \Phi_{12}$
- C. $\Phi_{21} > \Phi_{12}$
- D. $\Phi_{21} = \frac{1}{2}\Phi_{12}$

5. 长为 l 的单层密绕螺线管, 共绕有 N 匝导线, 螺线管的自感为 L , 下列那种说法是错误的 ()

- A. 将螺线管的半径增大一倍, 自感为原来的四倍
- B. 换用直径比原来导线直径大一倍的导线密绕, 自感为原来的四分之一
- C. 在原来密绕的情况下, 用同样直径的导线再顺序密绕一层, 自感为原来的二倍
- D. 在原来密绕的情况下, 用同样直径的导线再反方向密绕一层, 自感为零

习题解析

1. 【答案】C。解析：要使其互感系数近似为零，则应调整线圈的取向想法使通过线圈的磁通为零，在题中所给的选项中，当一个线圈平面平行于两圆心连线，另一个线圈平面垂直于两圆心连线的前提下通过线圈的磁通为零。故选 C。

2. 【答案】C。解析：线圈的自感系数 L 只与回路的匝数、形状、大小及其周围的磁介质决定，与线圈中的电流无关。故选 C。

3. 【答案】C。解析：互感系数决定于两线圈的结构、大小、相对位置及其材料性质而与线圈中是否同有电流和电流大小无关。故选 C。

4. 【答案】B。解析：由互感定义式 $\Phi_{12} = M_{12}I_2$ 和 $\Phi_{21} = M_{21}I_1$ 及 $M_{21} = M_{12}$ 可得 $\Phi_{12} = \Phi_{21}$ 。故选 B。

5. 【答案】C。解析：螺线管的自感为 $L = \mu N^2 S / l$ ，螺线管半径增大一倍，面积为原来的四倍，A 对；换用直径比原来导线直径大一倍的导线密绕，则所绕匝数变为原来的二分之一，自感变为原来的四分之一，B 对；在原来密绕的情况下，用同样直径的导线再顺序密绕一层， $L = \mu 4N^2 S / l$ ，自感为原来的四倍，C 错；在原来密绕的情况下，用同样直径的导线再反方向密绕一层，管中磁通为零，自感为零，D 对。故选 C。

红师教育
www.hongshankou.cn

第五节 磁场能量



1. 两根很长的平行直导线，其间距离为 a ，与电源组成闭合回路，如图 25-11. 已知导线上的电流为 I ，在保持 I 不变的情况下，若将导线间的距离增大，则空间的 ()

- A. 总磁能将增大
- B. 总磁能将减少
- C. 总磁能将保持不变
- D. 总磁能的变化不能确定

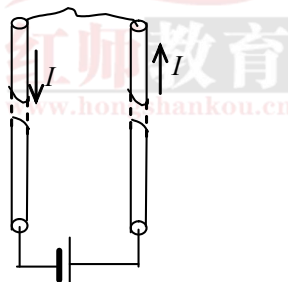


图 25-11

2. 有两个长直密绕螺线管，长度及线圈匝数均相同，半径分别为 r_1 和 r_2 . 管内充满均匀介质，其磁导率分别为 m_1 和 m_2 . 设 $r_1 : r_2 = 1 : 2$, $m_1 : m_2 = 2 : 1$, 当将两只螺线管串联在电路中通电稳定后，其自感系数之比 $L_1 : L_2$ 与磁能之比 $W_{m1} : W_{m2}$ 分别为 ()

- A. $L_1 : L_2 = 1 : 1$, $W_{m1} : W_{m2} = 1 : 1$
- B. $L_1 : L_2 = 1 : 2$, $W_{m1} : W_{m2} = 1 : 1$
- C. $L_1 : L_2 = 1 : 2$, $W_{m1} : W_{m2} = 1 : 2$
- D. $L_1 : L_2 = 2 : 1$, $W_{m1} : W_{m2} = 2 : 1$

3. 用线圈的自感系数 L 来表示载流线圈磁场能量的公式 $W_m = \frac{1}{2} LI^2$ 适用范围是 ()

- A. 只适用于无限长密绕螺线管
- B. 只适用于单匝圆线圈
- C. 只适用于一个匝数很多，且密绕的螺绕环
- D. 适用于自感系数 L 一定的任意线圈

4. 真空中两根很长的相距为 $2a$ 的平行直导线与电源组成闭合回路如图 25-12 所示. 已知导线中的电流为 I ，则在两导线正中间某点 P 处的磁能密度为 ()

- A. $\frac{1}{\mu_0} \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \right)^2$
- B. $\frac{1}{2\mu_0} \left(\frac{\mu_0 I}{2\pi a} \right)^2$
- C. $\frac{1}{2\mu_0} \left(\frac{\mu_0 I}{\pi a} \right)^2$
- D. 0

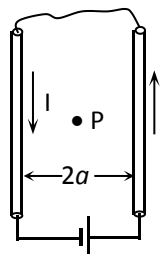


图 25-12

5. 两个半径相同的线圈，有如图 25-13 所示的三种放置方法：放置方法 (1) 中两个线圈是同轴放置；放置方法 (2) 中两个线圈的轴线是相互平行的；放置方法 (3) 中两个线圈所在的平面互相垂直。如果在这三种方法中，两个线圈中心的距离都相等。把它们的互感按由大到

小的顺序排列，正确的是()

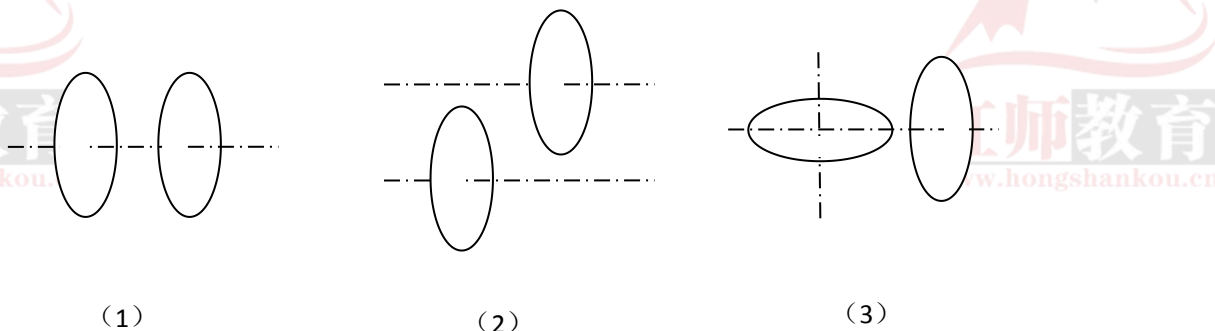


图 25-13

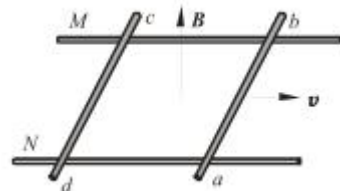
- A. (1) > (2) > (3) B. (2) > (3) > (1)
C. (1) > (3) > (2) D. (3) > (2) > (1)

习题解析

1. 【答案】A。解析：由回路的自感系数 $L = \frac{\Psi}{I}$ ，可知距离增大，回路的面积增大， L 增大，根据表达式 $W_m = \frac{1}{2}LI^2$ ，因为 I 保持不变，磁能增加。故选 A。
2. 【答案】C。解析：因为 $L = \frac{N\Phi}{I} = \frac{NBS}{I} = \frac{\mu N^2 \pi r^2}{I}$ ，所以 $\frac{L_1}{L_2} = \frac{\mu_1 r_1^2}{\mu_2 r_2^2} = \frac{1}{2}$ ，由 $W_m = \frac{1}{2}LI^2$ ，得 $W_{m1}/W_{m2} = L_1/L_2 = 1/2$ ，故选 C。
3. 【答案】D。解析：由载流线圈磁场能量的公式 $W_m = \frac{1}{2}LI^2$ ，适用于自感系数 L 一定的情况下的任意线圈。故选 D。
4. 【答案】C。解析：由安培环路定理和叠加原理可得点 P 的磁感强度为 $B = \frac{\mu_0 I}{\pi a}$ ，则磁能密度 $w_m = \frac{B^2}{2\mu_0} = \frac{1}{2\mu_0} \left(\frac{\mu_0 I}{\pi a} \right)^2$ ，故选 C。
5. 【答案】A。解析：由 $M = \frac{\Phi}{I}$ 可知，当电流变化一定时，互感系数由磁通量决定。两个线圈是同轴放置时，相互之间通过彼此的磁通量最大，互感最大，线圈所在的平面互相垂直时，相互之间通过彼此的磁通量近似为零，互感最小。故选 A。

本章练习题

1. 如图 25-14 所示， M 、 N 为水平面内的两根平行金属导轨。 ab 与 cd 为垂直于导轨并可在其上自由滑动的两根直导线，外磁



场垂直于水平面向上，当外力使 ab 向右平移时，则 cd ()

- A. 不动 B. 转动
C. 向左移动 D. 向右移动

图 25-14

2. 如图所示，在无限长载流直导线旁，放置一圆形导体线框，且线框平面与直导线共面。则在下列情况下会产生感应电动势的是 ()

- A. 线框与直导线相对静止
B. 线框的速度 \vec{v} 沿纸面向上运动
C. 直导线的电流 $I = I_0 \sin \omega t$ ，线框与直导线相对静止
D. 线框绕过圆心 O 且垂直纸面的轴以 ω 角速度转动
E. 线框以速度 \vec{v} 向右远离直导线运动

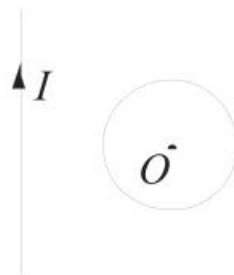


图25-15

3. 如图 25-16 所示，通过导体线圈的磁感线减少了，则线圈内感应电动势的方向为 ()

- A. 顺时针 B. 逆时针
C. $\varepsilon_i = 0$ D. 无法判断

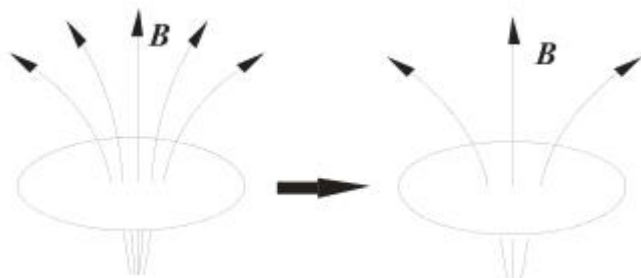


图 25-16

4. 一半径为 R 的无限长密绕螺线管，单位长度上的匝数为 n ，通入 di/dt 为常数的增长电流。将导线 Oab 和 bc 垂直于磁场放置在管内外，如图 25-17 所示，其中 $Oa=ab=bc=R$ 。则 a 、 b 、 c 三点电势之间的关系是 ()

- A. $V_a = V_b = V_c$
B. $V_a < V_b < V_c$
C. $V_a > V_b > V_c$
D. $V_a > V_b = V_c$

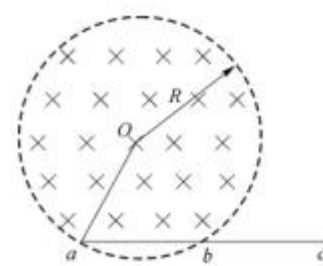


图 25-17

5. 已知一螺绕环的自感系数为 L 。若将该螺绕环锯成两个半环式的螺线管，则两个半环螺线管的自感系数 ()

- A. 都等于 $\frac{1}{2}L$ B. 有一个大于 $\frac{1}{2}L$ ，另一个小于 $\frac{1}{2}L$
C. 都大于 $\frac{1}{2}L$ D. 都小于 $\frac{1}{2}L$

6. 用导线围成的正方形加一对角线回路, 中心为 O 点, 放在轴线通过 O 点且垂直于图面的圆柱形均匀磁场中。磁场方向垂直图面向里, 其大小随时间减小, 则感应电流的流向在图 25-18 的四图中应为 ()

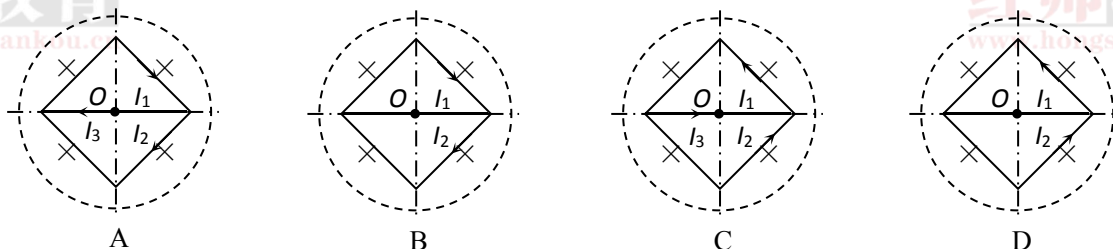


图 25-18

7. 一截面为长方形的环式螺旋管共有 N 匝线圈, 其尺寸如图 25-19 所示。则其自感系数为 ()

- A. $\mu_0 N^2 (b-a) h / (2 \pi a)$
- B. $[\mu_0 N^2 h / (2 \pi)] \ln(b/a)$
- C. $\mu_0 N^2 (b-a) h / (2 \pi b)$
- D. $\mu_0 N^2 (b-a) h / [\pi(a+b)]$

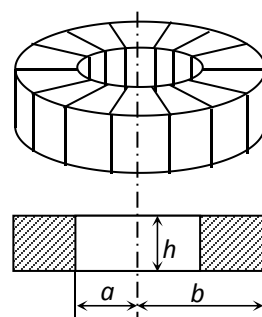


图 25-19

8. 一圆形线圈 C_1 有 N_1 匝, 线圈半径为 r 。将此线圈放在另一半径为 $R (R \gg r)$, 匝数为 N_2 的圆形大线圈 C_2 的中心, 两者同轴共面。则此二线圈的互感系数 M 为 ()

- A. $\mu_0 N_1 N_2 \pi R / 2$.
- B. $\mu_0 N_1 N_2 \pi R^2 / (2r)$.
- C. $\mu_0 N_1 N_2 \pi r^2 / (2R)$.
- D. $\mu_0 N_1 N_2 \pi r / 2$.

9. 下列关于自感和位移电流的表述中, 正确的是 ()

- A. 自感系数的定义式为 $L = \frac{\Phi_m}{I}$, 所以, I 越大, L 越大
- B. 自感是对线圈而言的, 对直导线回路不存在自感问题
- C. 位移电流的本质是变化的电场
- D. 位移电流只在平板电容器中存在, 但它能激发磁场
- E. 位移电流是电荷的定向运动产生的, 也能激发磁场

10. 用导线围成如图 25-20 所示的回路 (以 O 点为心的圆, 加一直径), 放在轴线通过 O 点垂直于图面的圆柱形均匀磁场中, 如磁场方向垂直于图面向里, 其大小随时间减少, 则感应电流的流向为 ()

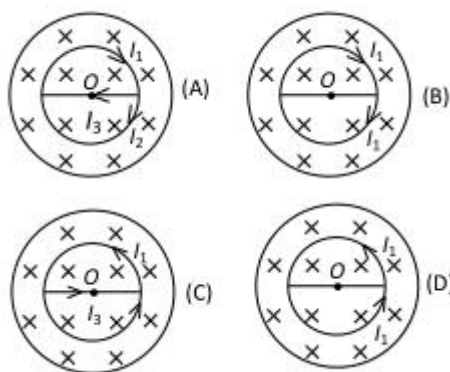


图 25-20

11. 两个长直螺线管 A 和 B 其长度和直径都相同，都只有一层绕组，相邻各匝紧密相靠，绝缘层厚度可以忽略。螺线管 A 由细导线绕成，螺线管 B 则由粗导线绕成。下述说法正确的是：

- A. A 的自感大，B 的自感小 B. A 的自感小，B 的自感大
C. 两个线圈的自感相同 D. 所给条件不够，不能断定

12. 下列概念正确的是 ()

- A. 感应电场是保守场
B. 感应电场的电场线是一组闭合曲线
C. 因为 $\Phi_m = LI$ ，所以线圈的自感系数与回路的电流场正比
D. 因为 $\Phi_m = LI$ ，所以线圈的磁通量越大，线圈的自感系数就越大

13. 已知平板电容器的电容为 C，两极板间的电势差 U 随时间变化，则其间的位移电流为 ()

- A. $\frac{dD}{dt}$ B. 0 C. CU D. $C \frac{dU}{dt}$

14. 一闭合正方形线圈放在均匀磁场中，绕通过其中心且与一边平行的转轴 OO' 转动，转轴与磁场方向垂直，转动角速度为 ω ，如图 25-21 所示。用下述哪一种方法可以使线圈中感应电流的幅值增加到原来的两倍(导线的电阻不能忽略)? ()

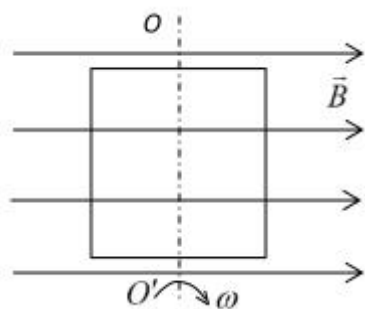


图 25-21

- A. 把线圈的匝数增加到原来的两倍
B. 把线圈的面积增加到原来的两倍，而形状不变
C. 把线圈切割磁力线的两条边增长到原来的两倍
D. 把线圈的角速度 增大到原来的两倍

15. 如图所示，矩形区域为均匀稳恒磁场，半圆形闭合导线回路在纸面内绕轴 O 作逆时针方向匀角速度旋转，O 点是圆心且恰好落在磁场的边缘上，半圆形闭合导线完全在磁场外时开始计时。图 A~D 的 $\varepsilon - t$ 函数图象中哪一条属于半圆形闭合导线回路中产生的感应电动势? ()

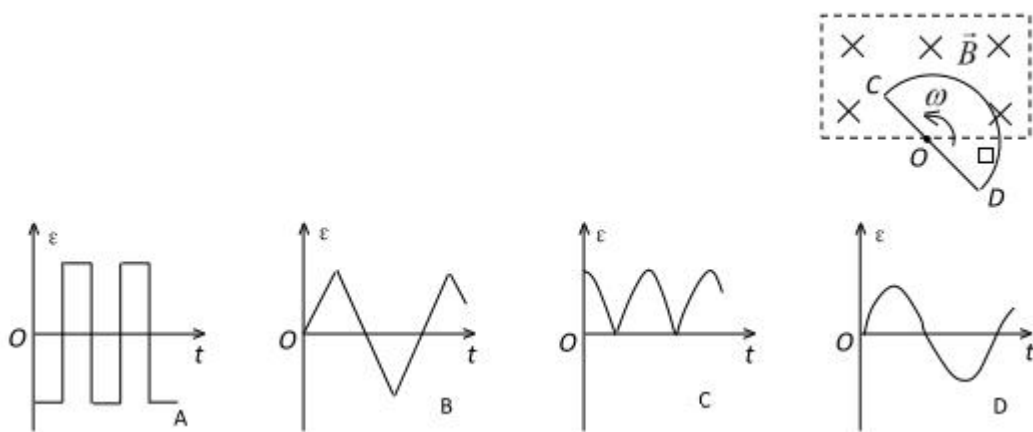


图 25-22

习题解析

1. 【答案】D。解析：由于直导线 ab 处于均匀磁场中，且速度、磁场与杆的方向三者垂直，有电动势 $\varepsilon_i = Bvab$ ，电动势的方向就是 $\vec{v} \times \vec{B}$ 的方向，则当 ab 向右平移时，会在 $abcd$ 闭合回路中形成方向为 $b \rightarrow a \rightarrow d \rightarrow c$ 顺时针的感应电流；又由安培定律知，直导线 cd 会受到向右的安培力的作用，直导线将会向右移动。故选D。

2. 【答案】CE。解析：判断线框在磁场中是否有感应电动势，只要看通过它的磁通量是否发生变化即可，在A、B、D所示线圈中没有感应电动势因为磁通量不变化；在C所示线框中有感应电动势，因为直导线电流在变化，磁场 B 在变化，则磁通量发生变化；而在E所示线框中也有感应电动势，因为离直导线越远，磁场越弱，磁通量减小。故选CE。

3. 【答案】B。解析：由楞次定理知，原来磁场方向向上并减弱，磁通量减少了，感应电流产生的磁场要阻碍向上的磁通量的减少，则会“减则同”，即其方向会与变化的磁场相同，则由右手螺旋法则知线圈内感应电动势的方向为逆时针。故选B。

4. 【答案】B。解析：对于感生电场，没有电势的概念，但当感生电场存在时，由于感生电场力的作用，会在导体两端积累异号电荷，从而产生静电场，且感生电场与静电场大小相等，方向相反，从而判断出各点电势的高低。若用导线连接 Oa 、 Oc ，由楞次定律可知，回路中的的感生电流方向为 $OabcO$ ，所以 a 、 b 、 c 三点电势之间的关系是 $V_a < V_b < V_c$ 。

5. 【答案】D。解析：由公式 $L = \frac{\Psi}{I} = \frac{\Psi_{11} + \Psi_{12} + \Psi_{21} + \Psi_{22}}{I} = L_1 + L_2 + 2M$ 可知 $2M > 0$ 。

故选D。

6. 【答案】B。解析：由于连接着的那根导线（对角线）使整个电路变成了两个并联电源，且两电源电动势大小相等，方向相反，所以对角线上没有电流流过。根据楞次定律可知，

磁场大小随时间减小时，回路中电流为顺时针方向。故选 B。

7. 【答案】B。解析：由安培环路定理可得，环式螺旋管中的磁感强度为 $B = \mu_0 \frac{N}{2\pi r} I$ ，

通过线圈矩形截面的磁通量为 $\Psi_m = \frac{\mu_0 N^2 I h}{2\pi} \ln \frac{R_2}{R_1}$ ， $L = \frac{\mu_0 N^2 h}{2\pi} \ln \frac{b}{a}$ 。故选 B。

8. 【答案】C。解析：设大线圈中通有电流 I ，线圈内部的磁感应强度为 $B = \frac{\mu_0 N_2 I}{2R}$ ，

通过小线圈的磁通为 $\phi_{21} = N_1 B S_1 = N_1 \frac{\mu_0 N_2 I}{2R} S_1$

$M = \frac{\phi_{21}}{I} = \frac{\mu_0 N_1 N_2 \pi r^2}{2R}$ 。故选 C。

9. 【答案】C。解析：线圈的自感系数 L 是反映线圈电磁惯性大小的物理量，它只和线圈本身的形状、大小、匝数、磁介质分布有关，而与线圈是否载流无关。当然线圈中有电流时， Φ_m 与 I 成正比，故 L 与 I 无关。

从自感的定义式 $L = \frac{\Phi_m}{I}$ 可知， Φ_m 是穿过一个回路的磁通量，这个“回路”即可以指线圈回路，也可以指一般的载流回路。因而，并不是线圈才有自感，非线圈回路也有自感，只是与前者相比自感小得多。

位移电流实质上是指“变化的电场”，因而，它可存在于真空、介质、导体中。而且变化的电场（位移电流）是能激发磁场的。故选 C。

10. 【答案】B。解析：由于磁感应强度随时间减少，所以回路里的感应电流方向应该是顺时针的，因此答案(C)和(D)可以排除。在(A)和(B)两个答案中我们可以把圆形回路(加一直径)看成两个半圆形闭合回路，这两个半圆形回路以直径为共用边，显然这两个半圆形回路中的感应电流大小相等并且都是顺时针方向的，而在它们的共用边(直径)上因感应电流方向刚好相反而抵消，最终使直径上电流为零，电流只在圆形闭合回路内沿顺时针方向流动。故只有答案(B)是正确的。

11. 【答案】A。解析：螺线管自感系数表达式为 $L = \mu_0 n^2 V$ ，由于两个长直螺线管 A 和 B 其长度和直径都相同，而螺线管 A 由细导线绕成，螺线管 B 则由粗导线绕成 $n_1 > n_2$ ， $L_1 > L_2$ 故选 A。

12. 【答案】B。解析：线圈的自感系数取决于线圈本身的性质，而与内部所通的电流

无关。由感应电场的性质可知感应电场的电场线是一组闭合曲线，所以感生电场为有旋场，而非保守场。故选 B。

13. 【答案】D。解析：设平板电容器的极板面积为 S ，其间的电位移为 $D = \sigma = \frac{q}{S}$ ，当极板间的电势差随时间变化时，极板上的电荷也随时间变化，位移电流为 $I_d = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{dq}{dt} = C \frac{dU}{dt}$ 。故选 D。

14. 【答案】D。解析：线圈中感应电流一般正比于感应电动势而反比于其自身的电阻，因此，A、B、C 三种方法尽管感应电动势增加了，但线圈的电阻也随之增加，因而不能达到同比例增加电流的目的。方法)仅使感应电动势增加，而线圈的电阻却不增加，因此是可行的。故选 D。

15. 【答案】A。解析：半圆形闭合导线回路作匀角速度旋转，因此回路内的磁通量变化率的大小是一个常量，但是其每转动半周电动势的方向改变一次。另一方面，若规定回路绕行的正方向为顺时针的，则通过回路所围面积的磁通量 $\Phi > 0$ ，当转角从 0 到 π 时， $\frac{d\Phi}{dt} > 0$ ，由法拉第电磁感应定律， $\varepsilon < 0$ ；当转角从 π 到 2π 时， $\frac{d\Phi}{dt} < 0$ ，由法拉第电磁感应定律， $\varepsilon > 0$ ，按以上规律周期性变化。故选 A。

第七章 麦克斯韦方程组

第一节 位移电流

1. 一平行板电容器的两极板都是半径为 R 的圆导体片，在充电时，极板间电场强度的变

化率为 $\frac{dE}{dt}$ ，若略去边缘效应，则两极板间的位移电流为（ ）

- A. $\varepsilon_0 \pi R^2 \frac{dE}{dt}$ B. $\pi R^2 \frac{dE}{dt}$ C. $\varepsilon_0 \pi R \frac{dE}{dt}$ D. $\pi R^2 \frac{dE}{dt}$

2. 下列哪种情况的位移电流为零（ ）

- A. 电场不随时间而变化 B. 电场随时间而变化
C. 交流电路 D. 在接通直流电路的瞬时

3. 一对巨大的圆形极板电容器，电容为 C ，加上交流电压 $U = U_m \sin \omega t$ ，则极板间位移电流为（ ）

- A. $U_m C \cos \omega t$ B. $UC \omega \cos \omega t$ C. $U_m C \omega \cos \omega t$ D. $U_m C \omega \sin \omega t$

4. 对位移电流，下述四种说法中哪一种说法是正确的（ ）

- A. 位移电流是由变化的电场产生的
B. 位移电流是由线性变化磁场产生的
C. 位移电流的热效应服从焦耳—楞次定律
D. 位移电流的磁效应不服从安培环路定理

5. （多选）设有半径 R 的圆形平行板电容器，两板之间为真空，板间距离 d ，以恒定电流 I 对电容器充电，位移电流密度为（ ）

- A. $\frac{I_c}{\pi R^2}$ B. $\frac{I_d}{\pi R^2}$ C. $\frac{I_d + I_c}{\pi R^2}$ D. $\frac{I_d}{2\pi R^2}$

习题解析

1. 【答案】A。解析： $I_D = \frac{d\Phi_D}{dt} = \frac{d(\varepsilon_0 ES)}{dt} = \varepsilon_0 \pi R^2 \frac{dE}{dt}$ 。故选 A。

2. 【答案】A。解析：位移电流是有变化的电场产生，如果电场不随时间而变化，则位移电流为零。故选 A。

3. 【答案】C。解析： $C = \frac{q}{U}$ ， $q = CU$ ， $I = \frac{dq}{dt} = C \frac{dU}{dt} = U_m C \omega \cos \omega t$ ，所以答案为 C。

4. 【答案】A。解析：根据位移电流的概念及其性质可知本题答案为 A。

5. 【答案】A、B。解析：根据电流连续性得： $I_d = I_c$ 。忽略电容器的边缘效应，电容器

内电场的空间分布是均匀的，因此板间位移电流 $I_d = \int_S \vec{j}_d \cdot d\vec{S} = j_d \pi R^2$ ，由此得位移电流密度的

大小： $j_d = \frac{I_d}{\pi R^2} = \frac{I_c}{\pi R^2}$ 。所以答案为 A、B。

第二节 麦克斯韦方程组与电磁场的物质性

1. 电磁波的电场强度 \vec{E} 、磁场强度 \vec{H} 和传播速度 \vec{u} 的关系是 ()
- A. 三者互相垂直, 而且 \vec{E} 和 \vec{H} 相位相差 $\pi/2$
- B. 三者互相垂直, 而且 \vec{E} 、 \vec{H} 、 \vec{u} 构成右手螺旋直角坐标系
- C. 三者中 \vec{E} 和 \vec{H} 是同方向的, 但都与 \vec{u} 垂直
- D. 三者中 \vec{E} 和 \vec{H} 可以是任意方向, 但都必须与 \vec{u} 垂直
2. 反映变化的磁场一定伴随有电场的积分形式的麦克斯韦方程为 ()

- A. $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum_{i=1}^n q_i$
- B. $\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$
- C. $\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$
- D. $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_s = \int_S \left(\vec{j}_c + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{S}$

3. 反映磁感应线是无头无尾的积分形式的麦克斯韦方程为 ()

- A. $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum_{i=1}^n q_i$
- B. $\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$
- C. $\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$
- D. $\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_s = \int_S \left(\vec{j}_c + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{S}$

4. 反映变化电场和磁场的关系的积分形式的麦克斯韦方程为 ()

- A. $\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum_{i=1}^n q_i$
- B. $\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$

$$C. \oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

$$D. \oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_s = \int_S \left(\vec{j}_c + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{S}$$

习题解析

1. 【答案】A。解析：由坡印廷矢量的表达式 $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$ 可知三者互相垂直，而且 \vec{E} 、 \vec{H} 、 \vec{u} 构成右手螺旋直角坐标系。故选 A。

2. 【答案】C。解析：根据麦克斯韦方程组各方程的物理意义，很容易判断方程

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_m}{dt} = -\int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$
 反映变化的磁场一定伴随有电场的性质。故选 C。

3. 【答案】B。解析：根据麦克斯韦方程组的物理意义，可知方程 $\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$ 反映磁感应线是无头无尾，即在任何磁场中，通过任何封闭曲面的磁通量总是等于零。故选 B。

4. 【答案】D。解析：根据麦克斯韦方程组的物理意义，可知方程

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = I_s = \int_S \left(\vec{j}_c + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) \cdot d\vec{S}$$
 反映了变化电场和磁场的关系。即在任何磁场中，磁场强度沿任意闭合曲线的线积分等于穿过该闭合曲线所包围面积的全电流。所以答案为 D。

本章练习题

1. 位移电流的概念是由谁提出的 ()
 A. 安培 B. 法拉第 C. 麦克斯韦 D. 威尔斯

2. 麦克斯韦的主要科学贡献是

- A. 建立了电磁场的基本方程
- B. 发现了电磁感应定律
- C. 设计了测定热功当量的装置
- D. 发现了电流的磁效应

3. (多选) 下列说法正确的是 ()

- A. 麦克斯韦提出了电磁波理论并用实验验证了电磁波的存在
- B. 爱因斯坦提出了相对论和质能联系方程
- C. 惠更斯为了解释波的传播现象，提出了惠更斯原理
- D. 泊松亮斑是光的波动理论支持者泊松首先在实验中观察到的

4. 麦克斯韦方程用数学形式预言了 () 的存在

- A. 电磁波
- B. 电阻
- C. 磁场
- D. 引力波

5. 1888 年，用实验验证电磁波的存在，是人们认识到物质存在的另一种形式，这位科学家是（ ）

- A. 麦克斯韦
- B. 赫兹
- C. 奥斯特
- D. 法拉第

6. 电磁场理论预言了电磁波的存在，建立电磁场理论的科学家是（ ）

- A. 麦克斯韦
- B. 奥斯特
- C. 赫兹
- D. 法拉第

7. 根据麦克斯韦电磁场理论，以下说法正确的是（ ）

- A. 磁场周围一定产生电场，电场周围一定产生磁场
- B. 均匀变化的磁场产生均匀变化的电场，均匀变化的电场产生均匀变化的磁场
- C. 周期性变化的磁场产生同频率周期性变化的电场，周期性变化的电场产生同频率周期性的磁场
- D. 磁场和电场共同存在的空间一定是电磁场

8. 以下有关在真空中传播的电磁波的说法正确的是（ ）

- A. 频率越大，传播速度越大
- B. 频率不同，传播速度相同
- C. 频率越大，波长越大
- D. 频率不同，传播速度不同

9. 关于电磁场和电磁波，下列说法正确的是（ ）

- A. 变化的电磁场由发生空间远处传播形成电磁场
- B. 在电场周围总存在磁场，在磁场周围总存在电场
- C. 电磁波只能在真空中传播

D. 电磁波的传播速度总是 $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$

10. 麦克斯韦方程组把 () 统一起来

A. 电、波、光

B. 电、力、波

C. 电、磁、力

D. 电、磁、光

11. 麦克斯韦方程组不包含下列哪种规律 ()

A. 安培定理

B. 法拉第电磁感应定律

C. 库仑定律

D. 牛顿定律

12. 下列说法错误的是 ()

A. 静电场是有源场，感应电场是涡旋场

B. 传导电流和位移电流产生的磁场都为无源场

C. 静电场是保守场，变化磁场可以激发涡旋电场

D. 传导电流能激发涡旋电场，变化电场不能激发涡旋电场

13. 位移电流与传导电流一样 ()

A. 都是由载流子的定向移动产生

B. 都可以激发磁场

C. 都可以用电流表测量其大小

D. 都一样产生热效应

14. 电荷激发的电场为 \vec{E}_1 ，变化磁场激发的电场为 \vec{E}_2 ，则有 ()

A. \vec{E}_1 、 \vec{E}_2 同为保守场

B. \vec{E}_1 、 \vec{E}_2 同为涡旋场

C. \vec{E}_1 为保守场， \vec{E}_2 为涡旋场

D. \vec{E}_1 为涡旋场， \vec{E}_2 为保守场

15. 设位移电流和传导电流激发的磁场分别为 \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 ，则有 ()

A. \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 都是保守场

B. \vec{B}_1 、 \vec{B}_2 都是涡旋场

C. \vec{B}_1 是保守场， \vec{B}_2 是涡旋场

D. \vec{B}_1 是涡旋场, \vec{B}_2 是保守场

16. 设位移电流和传导电流激发的磁场分别为 \vec{B}_d 、 \vec{B}_0 , 则有 ()

A. $\oint_S \vec{B}_0 \cdot d\vec{S} = 0$, $\oint_S \vec{B}_d \cdot d\vec{S} = 0$

B. $\oint_S \vec{B}_0 \cdot d\vec{S} \neq 0$, $\oint_S \vec{B}_d \cdot d\vec{S} = 0$

C. $\oint_S \vec{B}_0 \cdot d\vec{S} = 0$, $\oint_S \vec{B}_d \cdot d\vec{S} \neq 0$

D. $\oint_S \vec{B}_0 \cdot d\vec{S} \neq 0$, $\oint_S \vec{B}_d \cdot d\vec{S} \neq 0$

17. 在某空间有电荷激发的电场 \vec{E}_0 , 又有变化磁场激发的电场 \vec{E}_i , 选一闭合回路 L , 则有 ()

A. 一定有 $\oint_L \vec{E}_0 \cdot d\vec{l} = 0$, $\oint_L \vec{E}_i \cdot d\vec{l} \neq 0$

B. 一定有 $\oint_L \vec{E}_0 \cdot d\vec{l} \neq 0$, $\oint_L \vec{E}_i \cdot d\vec{l} = 0$

C. 可能有 $\oint_L \vec{E}_0 \cdot d\vec{l} \neq 0$, 一定有 $\oint_L \vec{E}_i \cdot d\vec{l} \neq 0$

D. 一定有 $\oint_L \vec{E}_0 \cdot d\vec{l} = 0$, 可能有 $\oint_L \vec{E}_i \cdot d\vec{l} = 0$

18. 一平面电磁波在非色散无损耗的介质中传播, 测的电磁波的平均能流密度为 3000 W/m^2 , 介质的相对电容率为 4, 相对磁导率为 1, 则在介质中电磁波的平均能量密度为 ()

A. 1000 J/m^3 B. 3000 J/m^3 C. $1.0 \times 10^{-5} \text{ J/m}^3$ D. $2.0 \times 10^{-5} \text{ J/m}^3$

19. 设在真空中沿着 x 轴正方向传播的平面电磁波, 其电场强度的波的表达式是, $E_z = E_0 \cos 2\pi(\nu t - x/\lambda)$, 则磁场强度的波的表达式是 ()

A. $H_y = \sqrt{\epsilon_0 / \mu_0} E_0 \cos 2\pi(\nu t - x/\lambda)$

B. $H_z = \sqrt{\epsilon_0 / \mu_0} E_0 \cos 2\pi(\nu t - x/\lambda)$

C. $H_y = -\sqrt{\epsilon_0 / \mu_0} E_0 \cos 2\pi(\nu t - x/\lambda)$

D. $H_y = -\sqrt{\epsilon_0 / \mu_0} E_0 \cos 2\pi(\nu t + x/\lambda)$

习题解析

1. 【答案】C. 解析: 英国物理学家麦克斯韦 1864 年提出了位移电流的假设。所以答案为 C。

2. 【答案】A. 解析: 法拉第发现了电磁感应定律, 焦耳设计了测定热功当量的装置, 奥斯特发现了电流的磁效应。所以答案为 A。

3. 【答案】B、C。解析：赫兹用实验验证了电磁波的存在，泊松是光的粒子理论的支持者。故选 B、C。

4. 【答案】A。解析：麦克斯韦方程用数学形式预言了电磁波的存在。故选 A。

5. 【答案】B。解析：1888 年，赫兹用实验验证电磁波的存在。所以答案为 B。

6. 【答案】A。解析：英国物理学家麦克斯韦最先建立电磁场理论并预言了电磁波的存在。故选 A。

7. 【答案】C。解析：根据电磁场理论，变化的电场（磁场）产生磁场（电场），变化的电磁场由发生空间向外传播形成电磁场，均匀变化的磁场产生恒定电场，均匀变化的电场产生恒定磁场。故选 C。

8. 【答案】B。解析：电磁波在真空中的传播速度与频率无关，均为 $c=3\times 10^8\text{m/s}$ ，同时，频率越大，波长越小。故选 B。

9. 【答案】B。解析：根据电磁场理论，变化的电场（磁场）产生磁场（电场），变化的电磁场由发生空间向外传播形成电磁场。故答案为 B。

10. 【答案】D。解析：麦克斯韦方程组把电、磁和光现象统一起来。故选 D。

11. 【答案】D。解析：麦克斯韦方程组是关于电磁场理论的基本定律。故选 D。

12. 【答案】D。解析：根据麦克斯韦方程组的物理意义可知，传导电流和变化电场都能激发涡旋电场。所以答案为 D。

13. 【答案】B。解析：位移电流与变化的电场有关，不能产生焦耳热，不能用电流表测量大小，但它和传导电流一样都可以激发磁场。故选 B。

14. 【答案】C。解析：在静电场中，电场力作功与路径无关，为保守场；变化磁场激发感生电场（涡旋电场），电荷沿任意路径运动一周电场力作功不为零，不是保守场。故选 C。

15. 【答案】B。解析：由磁场性质可知，传导电流和位移电流激发的磁场都是涡旋场。故选 B。

16. 【答案】A。解析：磁感线是闭合曲线，不能中断，所以磁感应强度的通量必为零。所以答案为 A。

17. 【答案】A。解析：静电场为保守场，其环流为零；变化磁场激发的电场为涡旋场，为非保守场，环流一定不为零。故选 A。

18. 【答案】D。解析：由平面电磁波的能流密度和平均能量密度的关系可计算得出。答案为 D。

19. 【答案】C。解析：根据电场、磁场和传播方向三者的关系以及电场强度的表达式可

得 $H_y = -\sqrt{\varepsilon_0 / \mu_0} E_0 \cos 2\pi(\nu t - x / \lambda)$ 。故答案为 C。

