2022-2023秋季学期 普通物理I-2静电学测验

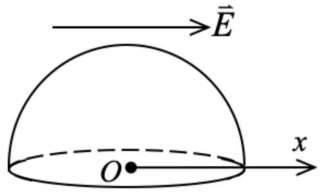
一、单选题 （共**10**题，**每题3分，共30分**）

1. 关于高斯定律，有下列说法：
   (1) 一个闭合曲面（高斯面）上的总电通量只与其内部包围的电荷量有关，与其外部的电荷无关
   (2) 如果一个高斯面包围的总电荷量为 0，则高斯面上的电场处处为 0
   (3) 高斯定律是经典电磁学中的基本定律，它不仅适用于静电场，还适用于变变化的电场
   (4) 真空中的高斯定律（$\overrightarrow{E}$ 的高斯律）只适用于没有电介质的情形，在有电介质的情况下，真空中的高斯律不成立
   (5) 高斯定律反映了电场作为矢量场在空间中存在发散或汇聚的特点
   (6) 只利用积分形式的高斯定律只能解一些具有特殊对称性体系的电场问题

上述说法中，**错误**的是

A. (1), (3)　　B. (2), (4)
C. (1), (5)　　D. (2), (6)
E. 不在以上四个选项中

B



2. 一强度为$\overrightarrow{E}$ 的均匀电场，方向沿x轴正向，如图所示，则通过图中一半径为R的半球面的电通量为

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

D

3. 关于电通量，下列说法中**错误**的是

A. 给定$\overrightarrow{E}$，面积元矢量 $d\overrightarrow{S}$ 上的电通量在 $d\overrightarrow{S}$ 的方向与 $\overrightarrow{E}$ 平行时最大，与 $\overrightarrow{E}$ 垂直时为0
B. $d\overrightarrow{S}$ 上电通量的大小正比于穿过面积元的电场线条数
C. 一个曲面上的电通量的正负有任意性，取决于规定曲面的哪一侧为正向
D. 一个闭合曲面上的电通量的正负有任意性
E. 以上皆对

D

4. 一半径为 R_1 的孤立的均匀带电导体球，带电量 $+Q$，外套一带电量$-Q$，半径为 R_2 的导体球壳，如果现在将导体球壳接地，则下列说法正确的是

A. 外球壳带电量为0，内球壳等电势 $\phi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$

B. 外球壳带电量为0，内球壳等电势 $\phi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\frac{1}{R_1}$

C. 外球壳带电量不变，内球壳等电势 $\phi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$

D. 外球壳带电量不变，内球壳等电势 $\phi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0}\frac{1}{R_1}$

C

5. 关于环路定律，下面说法中**错误**的是:

A. 静电场的环路积分总是为0，$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$

B. 任意介质中的电位移矢量环路积分总是为0，$\oint \vec{D} \cdot d\vec{l} = 0$

C. 各向同性线性介质中的电位移矢量环路积分为0，$\oint \vec{D} \cdot d\vec{l} = \oint \epsilon \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0$

D. 由于静电场的环路积分为0，可以定义电势

E. 以上皆对

B

6. 处于静电平衡状态的某导体表面某处的感应面电荷密度为 σ，则导体外紧贴此处的电场大小为

A. $\frac{\sigma}{\epsilon_0}$

B. $\frac{\sigma}{2\epsilon_0}$

C. $\frac{\sigma}{4\epsilon_0}$

D. $\frac{2\sigma}{\epsilon_0}$

A

7. 一个平行板电容器，充电后与电源断开，当用绝缘手柄将电容器两极板间距离拉大，则两极板间的电势差 V、电场的大小 E、电场能量 U 将发生如下变化:

A. V 减小，E 减小，U 减小

B. V 增大，E 增大，U 增大

C. V 增大，E 不变，U 增大

D. V 减小，E 不变，U 不变

C

8. 关于电场能量下列说法哪个是**错误**的

A. 一个静电系统的能量可以被认为储存于电场存在的空间中

B. 离散点电荷组成的系统的能量不包括制造这些点电荷的能量，因此能量可正可负；而连续点电荷组成的系统的能量一定是正的

C. 电介质中，移动束缚电荷做的功不贡献电场能

D. 电介质中，能量密度公式 $u=\frac{1}{2}\epsilon E^2$ 适用于线性介质，而能量密度公式 $u=\frac{1}{2}\vec{D}\cdot\vec{E}$ 适用于所有介质

E. 以上皆对

D

9. 关于梯度算符的下列说法中，哪个是**错误**的

A. 梯度算符的输入是一个关于空间坐标的标量函数，输出是一个关于空间坐标的矢量函数

B. 一个函数 f，它的梯度 ∇f 指向 f 上升最快的方向

C. 如果某点处一个函数为0，那么它的梯度也为0

D. 我们求解梯度时，一般地需要求三个方向的导数，但如果知道梯度的结果沿某一方向，我们只需要求解一个方向的导数即可

E. 以上皆对

C

10. 关于电偶极子的下列说法中，哪个是**错误**的

A. 电偶极子产生的电场以 $\frac{1}{r^3}$ 的速度随距离的增大而衰减

B. 电偶极子的在外电场中受到力矩，在这个力矩作用下偶极子倾向于指向电场方向

C. 极化的电介质可以被视为内部有许多微小电偶极子(在平均的意义下)指向一定方向规则排列

D. 偶极子在外电场中，当指向电场方向时能量最低，指向电场反向时能量最高

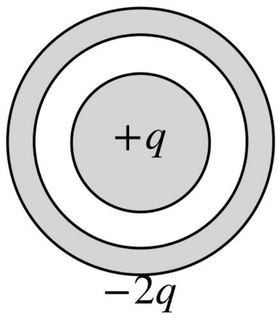
E. 以上皆对

D

二、填空题 （共5题，每题4分，共20分）

1. 一个线性电介质 (介电常数ϵ) 中有均匀恒定电场 $\vec{E}$，则电介质中的体束缚电荷密度为__________。

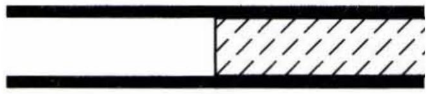
2. 如图所示，一导体球外套一同心导体球壳，内球带电荷+q，外球壳带电荷-2q。静电平衡时，外球壳的电荷分布为：内表面__________；外表面__________。现将两导体用导线相连，静电平衡时，外球壳的电荷分布为：内表面__________；外表面__________。



3. 为了使平行板电容器获得尽可能大的电容，你可以采取哪些办法______________。

4. 两电容器的电容之比为$C_1 : C_2 = 1 : 2$，它们串联后接在电压一定的电源上充电，它们的电能之比是__________，如果是并联充电，电能之比是 ____________。

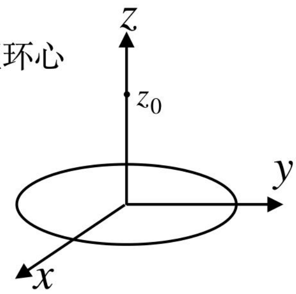
5. 一个平行板电容器底面积S，极板间距d。现将电容器的一半充满介电常数为 ϵ 的线性电介质，另一半为空气，如图所示。电容器的电容_________。当它被充以 Q 的电量时，介质中的极化矢量为_________，极板受到的电场力大小为 ___________，在电场力作用下，极板会相互_________ (吸引/排斥)。



三、计算题 （共5题，共50分）

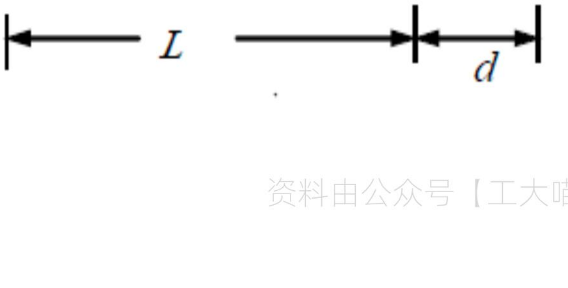
(要求：画图，指明坐标系，标明未知量，注意矢量符号，矢量有大小和方向，用高斯定律时写明如何选择高斯面、利用什么对称性)

1. 如图所示，均匀带电圆环半径为R，线电荷密度为Q。试求环轴线上一点距环心z_0处的电场

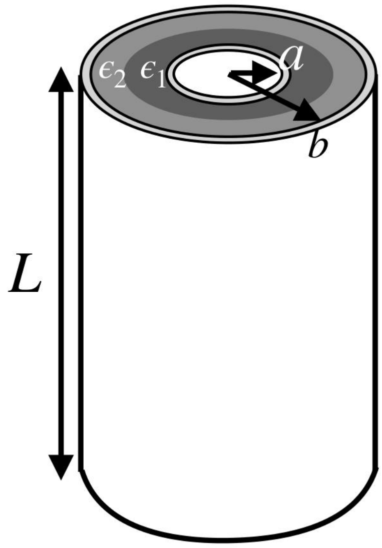


2. 试利用高斯定律证明：一个面电荷分布 σ 两侧的电场 $\vec{E}_1$与$\vec{E}_2$，满足关系$E_{2\perp} - E_{1\perp} = \dfrac{\sigma}{\epsilon_0}$。其中$E_\perp$是电场垂直于面电荷分布表面的分量

3. 真空中一长为 L 的均匀带电细直杆，总电荷为 q，试求在直杆延长线上距杆的右端为 d 的 P 点处的电势（设无限远处为电势0点）



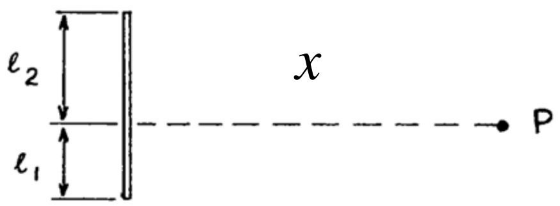
4. 一个导体球带电量 Q，浸在一个很大（视为无限大）的电介质材料中，介电常数ϵ，求导体球产生的电场，电势（设无限远处为电势0点），导体球和电介质交界表面的束缚电荷面密度



5. 一个柱形同心圆筒电容器，内极板半径a，外极板半径b，长度L，内外极板间充满介电常数分别为ϵ_1，ϵ_2的同心电介质层，介质分界面半径R。求电容器的电容（忽略电容器边缘效应）

四、附加题 （15分）

求如图所示杆外距杆 x 的 P 点处的电势和电场（设杆的线电荷密度 λ，杆的总长度为 l ）



1) 以杆的方向为 z 轴建立极坐标，将杆上一长度dl在P 产生的电势元以极角 θ 表示出来

2) 对极角积分得到电势

注：可能会用到的积分 $\int \frac{d\theta}{\sin\theta} = \ln\left(\frac{\sin\theta}{\cos\theta + 1}\right)$

3) 通过电势得到电场（只需要求解 xz 平面中的形式）

提示：在此步骤中 x，$z \equiv l_1$ 设为变量：将杆的下端设为原点，则P点坐标为 (x, z)

4) 当$x \ll l_1, l_2$ 及 $x \gg l_1, l_2$ 时，电势的近似表达式？这两个近似式分别与什么情况下的电势表达式相等？这个结论说明了什么问题？