静电场中的导体 （1）

1. 正电荷$+Q$位于导体球壳球心，则由静电平衡有：导体球壳内表面会感应出$-Q$电量；导体球壳上总电量为$-3Q$保持守恒，导体球壳外表面的电量为$-2Q$；导体球壳内部在a到b之间的电场强度处处为零。 **本题选（C）**

2. 正点电荷$+q$位于空腔的球心处，则静电平衡有：空腔导体球内表面会感应出$-q$的电量，注意：内表面$-q$的分布与球心处$+q$的位置有关；空腔导体球外表面会出现$+q$的电量，注意：外表面$+q$的分布与球心处$+q$的位置无关，只与外表面的形状有关，由于外表面是球面，外表面上电荷$+q$均匀分布。 **本题选（A）**

注意：题目中缺少“正点电荷$+q$”的条件，所以内表面上不一定均匀分布！

3. 库仑定律适用于两点电荷之间的作用力，即把导体球$+Q$看成点电荷，忽略静电感应，则导体球$+Q$和点电荷$+q$之间的库仑力大小：$F_C=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{Q\cdot q}{r^2}$；

若考虑到导体球的静电感应，设导体球右侧感应出负电荷为$-q'$，导体球左侧电荷电量为$Q+q'$，并且设右侧负感应电荷$-q'$的等效中心距球心o的距离为b，左侧电荷$Q+q'$等效中心距球心o的距离为a，则负感应电荷$-q'$与球外点电荷$+q$的作用力：$F_1=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{-q'\cdot q}{(r-b)^2}$， 由于$\dfrac{1}{(r-b)^2}>\dfrac{1}{r^2}\ \Rightarrow F_1=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{-q'\cdot q}{(r-b)^2}<\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{-q'\cdot q}{r^2}$；

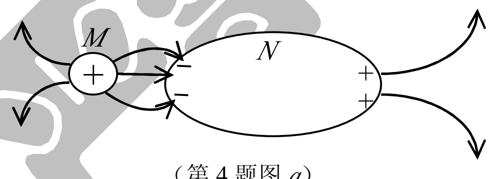
左侧电荷$Q+q'$与点电荷$+q$的作用力：$F_2=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{(Q+q')\cdot q}{(r+a)^2}$，

由于$\dfrac{1}{(r+a)^2}<\dfrac{1}{r^2}\quad\Rightarrow\quad F_2=\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{(Q+q')\cdot q}{(r+a)^2}<\dfrac{1}{4\pi\varepsilon_0}\dfrac{(Q+q')\cdot q}{r^2}$，

那么，考虑到静电感应，导体球$+Q$和点电荷$+q$之间的作用力：

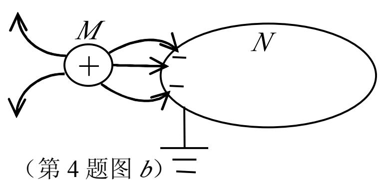
$$F=F_1+F_2=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{-q'\cdot q}{(r-b)^2}+\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(Q+q')\cdot q}{(r+a)^2}<\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{-q'\cdot q}{r^2}+\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{(Q+q')\cdot q}{r^2}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q\cdot q}{r^2}=F_C.$$ 选**（B）**

4. 金属导体N静电平衡后，导体N左侧会感应出负电荷，右侧会感应出正电荷，空间的电场线分布如图a所示：



（第 4 题图 a）

⇒



（第 4 题图 b）

若将N接地，则导体N的电势：$V_N=V_\infty=0$，由于导体N和无穷远处电势相等，都为零，那么N右侧正电荷发出的电场线不能存在，因为沿电场线方向电势降低。所以导体N上右侧正电荷不能存在，正感应电荷被大地中和，如图b所示。 **本题选（B）**

5. 中空金属球空腔中无电荷时，金属球带电全部分布在外表面，电荷面密度为$\sigma=6.37\times10^{-6}\,\mathrm{C/m^2}$，半径为$R_2=0.25\mathrm{m}$，金属球带电量：$Q=\sigma\cdot4\pi R_2^2=5\times10^{-6}\mathrm{C}$；现将$q=5\mu\mathrm{C}$的电荷放入空腔内，空腔内表面感应电荷为$q'=-5\mu\mathrm{C}$，金属球外表面电量为$Q+q=1\times10^{-5}\mathrm{C}$，金属球外表面电荷面密度变为：

$\sigma' = \dfrac{Q+q}{4\pi R_2^2} = 1.274\times10^{-5}\ \mathrm{C/m^2}$，金属球外表面场强大小：$E = \dfrac{\sigma'}{\varepsilon_0} = 1.44\times10^{6}\ \mathrm{V/m}$.

6. 题目有误！

7. 点电荷 $-Q$ 位于空腔导体内，静电平衡后，空腔导体内表面感应电荷的电量为 $+Q$，空腔导体原来电中性，不带电，则空腔导体外表面感应电荷的电量为 $-Q$；所以**空腔导体外表面的净余电荷总量是** $-Q$，空腔导体内表面的净余电荷总量是 $+Q$.

如果空腔导体接地，空腔导体的电势 $V_{空腔} = \mathrm{V}_\infty = 0$，空腔导体和无穷远处电势都为零，则空腔外表面以外的电场线不能存在，即要求外表面感应电荷 $-Q$ 不能存在，外表面不带电，空腔外表面的净余电荷总量是 0，空腔内表面的净余电荷总量仍是 $+Q$，所以**空腔内、外表面的净余电荷总量是** $+Q$.

8. 设水平向右为 x 轴正方向，导体平板左右两侧电荷面密度分别为 σ_1 和 σ_2，则 $\sigma_1+\sigma_2=\sigma$；

由电场叠加原理，导体板内部任一点 P 的场强：$E_P = E_0 + \dfrac{\sigma_1}{2\varepsilon_0} - \dfrac{\sigma_2}{2\varepsilon_0} = 0$；（导体内部场强处处为零）

联立 $\begin{cases}\sigma_1+\sigma_2=\sigma\\ 2\varepsilon_0E_0+\sigma_1-\sigma_2=0\end{cases} \Rightarrow \begin{cases}\sigma_1=\dfrac{\sigma}{2}-\varepsilon_0E_0\\ \sigma_2=\dfrac{\sigma}{2}+\varepsilon_0E_0\end{cases}$ $\Rightarrow$ **导体平板左右两侧场强**：$\begin{cases}E_1=-\dfrac{\sigma_1}{\varepsilon_0}=E_0-\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}\\ E_2=\dfrac{\sigma_2}{\varepsilon_0}=E_0+\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}\end{cases}$.

9. **题目中“两个同心球壳”应该为“两个同心导体球壳”。**

由于小导体球壳空腔内无电荷，小球壳带电 $+2Q$ 均匀分布在半径为 b 的小球壳外表面；大球壳内表面感应出 $-2Q$，大球壳原来带电 $+4Q$，则大球壳外表面带电为 $+6Q$，均匀分布在半径为 d 的大球壳外表面。

（1）$a<r<b$，在小球壳内部作一半径为 r 的同心球面 S_1 为高斯面，包围电荷为 0，

$$\oint_{S_1}\vec{E}\cdot d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}0 \ \Rightarrow E\cdot4\pi r^2 = \frac{1}{\varepsilon_0}0 \ \Rightarrow \ E=0;$$

（2）$c<r<d$，在大球壳内部作一半径为 r 的同心球面 S_2 为高斯面，包围电荷为 $2Q+(-2Q)=0$，

$$\oint_{S_2}\vec{E}\cdot d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}0 \ \Rightarrow E\cdot4\pi r^2 = \frac{1}{\varepsilon_0}0 \ \Rightarrow \ E=0;$$

（3）$r>d$，在大球壳外作一半径为 r 的同心球面 S_3 为高斯面，包围电荷为 $2Q+(-2Q)+6Q=6Q$，

$$\oint_{S_3}\vec{E}\cdot d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}6Q \ \Rightarrow E\cdot4\pi r^2 = \frac{1}{\varepsilon_0}6Q \ \Rightarrow E=\frac{3Q}{2\pi\varepsilon_0 r^2};$$

综上，**各区域中电场强度的大小**：$E=\begin{cases} 0 & (a<r<b) \\ 0 & (c<r<d) \\ \dfrac{3Q}{2\pi\varepsilon_0 r^2} & (r>d) \end{cases}$，可验证导体中场强处处为零。

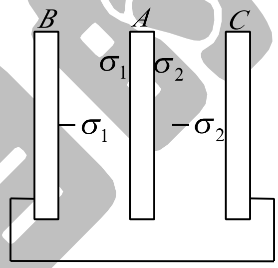
10. 三块平行导体板，设中间板为 A，左右侧板分别为 B 和 C. 由于 A 板左表面电荷面密度为σ_1，右表面电荷面密度为σ_2，静电平衡后，B 板右表面感应电荷面密度为$-\sigma_1$，C 板左表面感应电荷面密度为$-\sigma_2$，则

A 和 B 板之间电场强度大小：$E_1=\dfrac{\sigma_1}{\varepsilon_0}$，电势差：$U_{AB}=V_A-V_B=E_1\cdot d=\dfrac{\sigma_1}{\varepsilon_0}d_1$；

A 和 C 板之间电场强度大小：$E_2=\dfrac{\sigma_2}{\varepsilon_0}$，电势差：$U_{AC}=V_A-V_C=E_2\cdot d=\dfrac{\sigma_2}{\varepsilon_0}d_2$；

由于 B 和 C 板用导线相连，电势相等，即 $V_B=V_C \;\Rightarrow\; V_A-V_B=V_A-V_C$

即 $\dfrac{\sigma_1}{\varepsilon_0}d_1=\dfrac{\sigma_2}{\varepsilon_0}d_2 \;\Rightarrow\; \dfrac{\sigma_1}{\sigma_2}=\dfrac{d_2}{d_1}$.



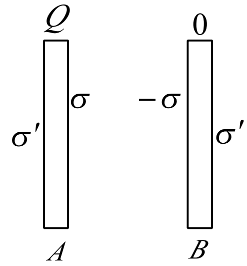
（第 10 题图）

11. （1）金属平板静电平衡后，金属平板 A 和 B 相邻两表面电荷电量等量异号，设电荷面密度分别为σ 和$-\sigma$；金属平板 A 和 B 最外边两表面电荷电量相等，设电荷面密度为σ'，如图 a，则

$$\begin{cases}(\sigma+\sigma')S=Q \\ (\sigma'-\sigma)S=0\end{cases} \Rightarrow \quad \sigma=\sigma'=\frac{Q}{2S},$$

金属平板 *A* 和 *B* 之间的电场强度大小：$E=\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}=\dfrac{Q}{2\varepsilon_0 S}$，

电势差：$U_{AB}=E\cdot d=\dfrac{Q}{2\varepsilon_0 S}d$；



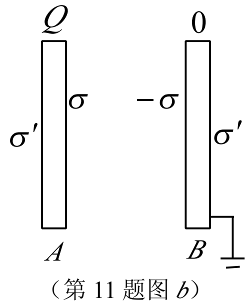
（第 11 题图 a）

（2）若金属板 B 接地，金属板 B 和无穷远处电势相等，$V_B=V_\infty=0$，

则金属板 B 右侧电荷不能存在，即$\sigma'=0 \Rightarrow$ 金属板 A 左侧电荷也为零，金属板 A 带电量Q全部分布在 A 板右表面，即$\sigma=\dfrac{Q}{S}$，**注意由于 B 板接地，B 板电荷不守恒。**

此时，**金属平板 *A* 和 *B* 之间的电场强度大小**：$E'=\dfrac{\sigma}{\varepsilon_0}=\dfrac{Q}{\varepsilon_0 S}$，

电势差：$U'_{AB}=E'\cdot d=\dfrac{Q}{\varepsilon_0 S}d$.



（第 11 题图 b）

