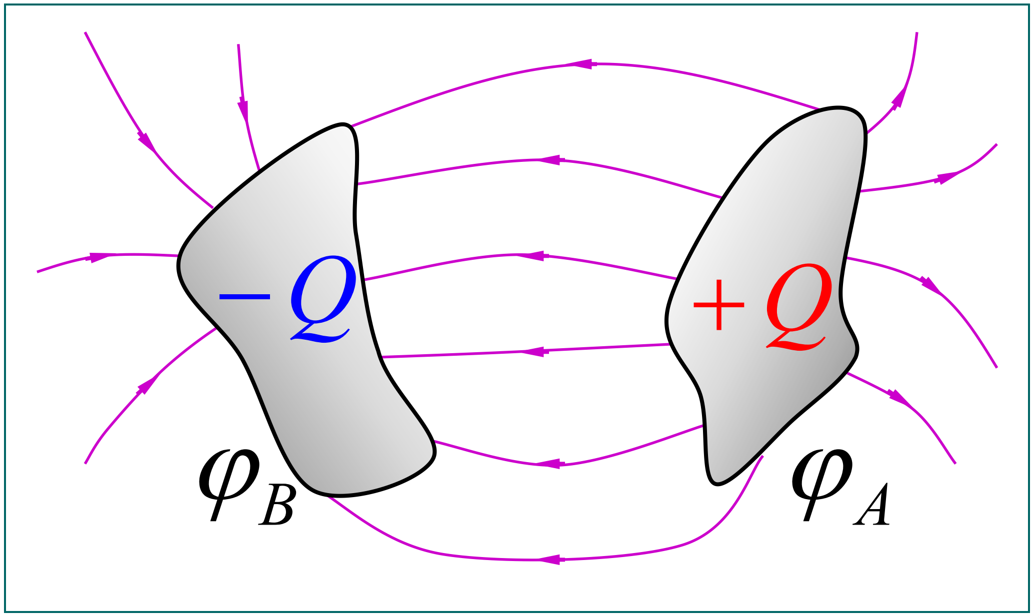
电容器

把能够**存储**电荷的导体所组成的系统



一、电容器 电容

$$C = \frac{Q}{\varphi_A - \varphi_B} = \frac{Q}{U}$$

关于 $C = \frac{Q}{U}$

1. 单位 法拉（F）、微法拉（μF）、皮法拉（pF）

2. 物理意义

电容的大小仅与导体的形状、相对位置、其间的电介质有关.

二　电容器电容的计算

$$C=\frac{Q}{U}$$

步骤

1）设两极板分别带电 $\pm Q$；

2）求$\vec{E}$；

3）求 U ； $U_{AB}=\int_{AB}\vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{l}$

4）求 C $C=\frac{Q}{U}$

1. 平板电容器

（1）设两导体板分别带电 $\pm Q$

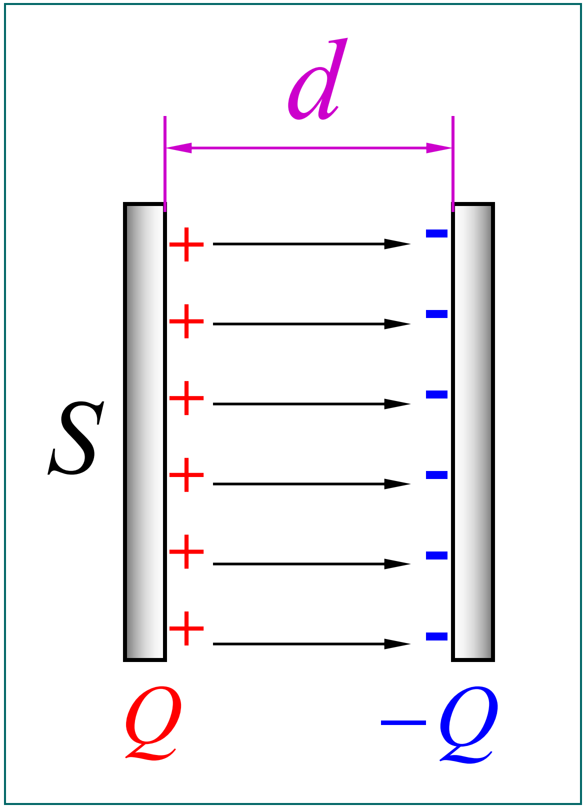
（2）两带电平板间的电场强度

$$E=\frac{\sigma}{\varepsilon_0}=\frac{Q}{\varepsilon_0 S}$$

（3）两带电平板间的电势差

$$\boxed{E=\frac{U}{d}}$$

$$U=Ed=\frac{Qd}{\varepsilon_0 S}$$



（4）平板电容器电容

$$\boxed{C=\frac{Q}{U}=\varepsilon_0\frac{S}{d}}$$

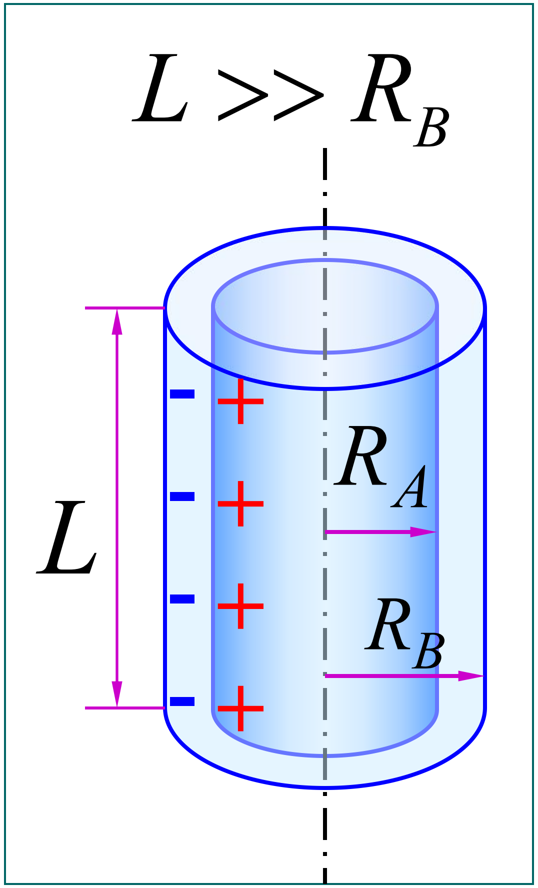
2 圆柱形电容器

（1）设内外筒面分别带电 $\pm Q$

单位长度上分别带电 $\pm\lambda$

（2）$E=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r},\quad (R_A<r<R_B)$

（3）$U=\displaystyle\int_{R_A}^{R_B}\frac{\lambda \mathrm{d}r}{2\pi\varepsilon_0 r}=\frac{Q}{2\pi\varepsilon_0 L}\ln\frac{R_B}{R_A}$

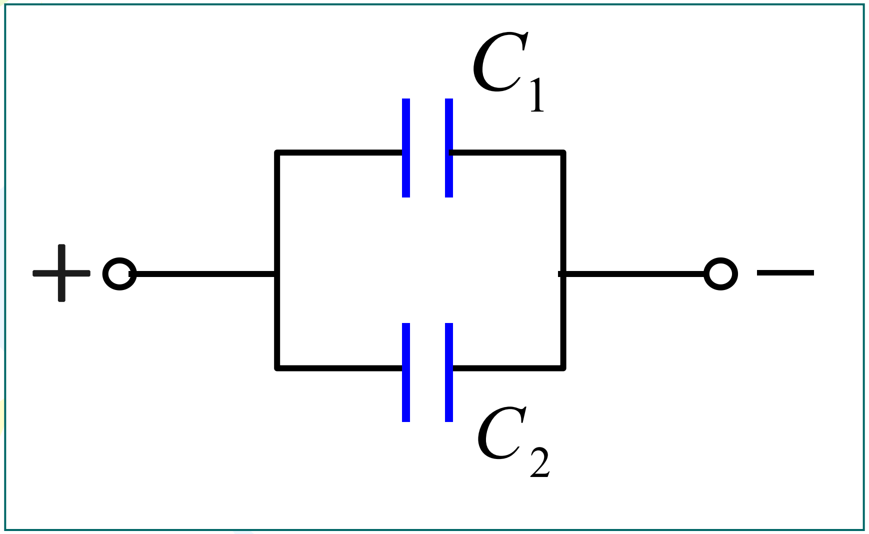


（4）电容

$$\boxed{C=\frac{Q}{U}=2\pi\varepsilon_0 L\Big/\ln\frac{R_B}{R_A}}$$

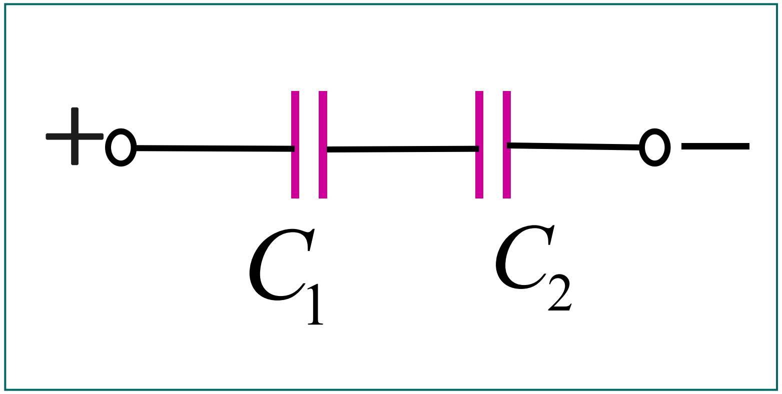
三 电容器的串联和并联

1 电容器的并联



$$C = C_1 + C_2$$

2 电容器的串联

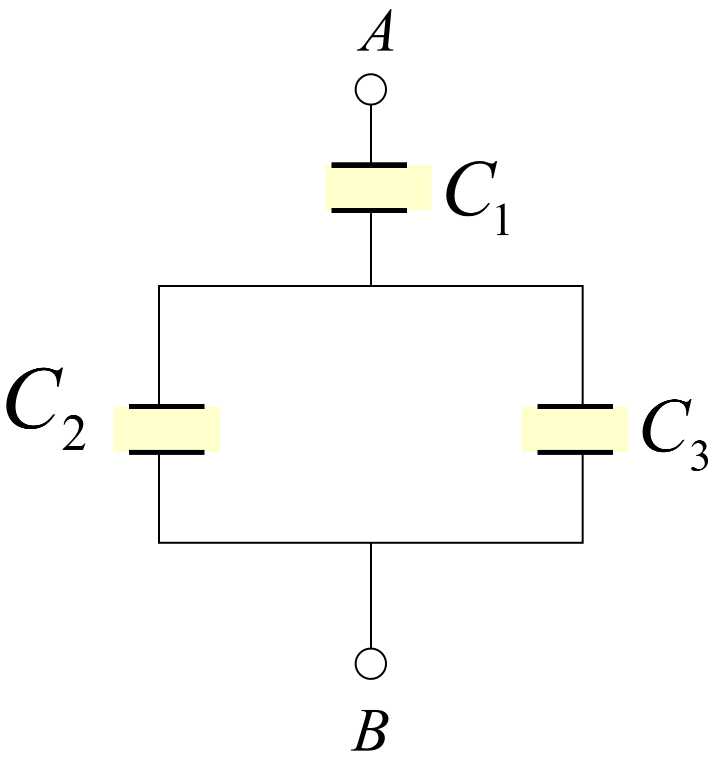


$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

电容器性能的指标：①电容 ②耐压能力

如图联接三个电容器， $C_1=50\mu F$ $C_2=30\mu F$ $C_3=20\mu F$

（1）求该联接的总电容；



C_2 和 C_3 并联

$$C_{23}=C_2+C_3=50\mu F$$

C_{23} 和 C_1 串联

总电容： $$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_{23}}+\frac{1}{C_1}$$

$$C=1\Big/\left(\frac{1}{C_{23}}+\frac{1}{C_1}\right)=25\mu F$$

(2)当在AB端加100V的电压后，各电容器上的电压和电量是多少？

$$U_1 = 50V$$

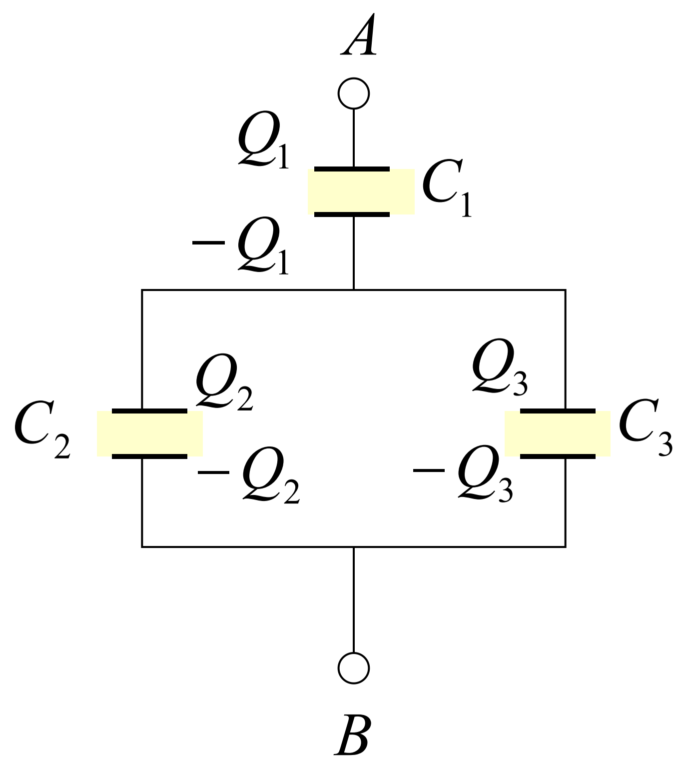
$$U_2 = U_3 = U - U_1 = 50V$$

$$Q_1 = C_1 U_1$$

$$= 50\times10^{-6}\times50 = 2.5\times10^{-3}C$$

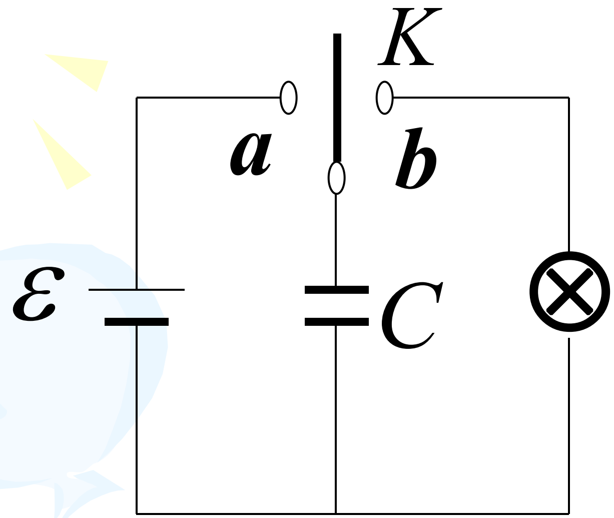
$$Q_2 = C_2 U_2 = 1.5\times10^{-3}C$$

$$Q_3 = C_3 U_3 = 1.0\times10^{-3}C$$



$$\boxed{Q_1 = Q_2 + Q_3}$$

四　电容器的电能　（以平板电容器为例）



开关倒向*a*,电容器充电。

开关倒向*b*,电容器放电。

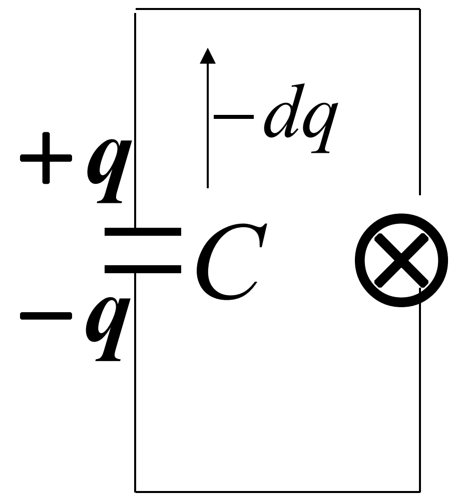
灯泡发光 ⟵ 电容器释放能量 ⟵ 电源提供

1. 公式推导：计算电容器带有电量Q，相应电势差为U时所具有的能量。

电容器

思路：放电过程中

电场力做的功＝电容器的电能的变化



任一时刻

电场力做功

$$dA = (-dq)u = -\frac{q}{C}dq$$

$$u = \frac{q}{C}$$

$$A = -\int_{Q}^{0}\frac{q}{C}dq = \frac{Q^2}{2C} =$$ 电容器的电能

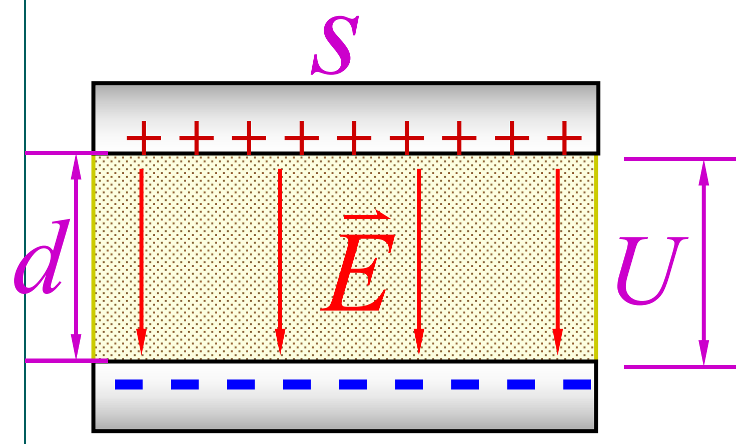
电容器贮存的电能 $W_e = \dfrac{Q^2}{2C} = \dfrac{1}{2}QU = \dfrac{1}{2}CU^2$

公式变换：

$$W_{\mathrm{e}}=\frac{1}{2}CU^{2}$$

$$C=\varepsilon_0\frac{S}{d}$$

$$U=Ed$$



平板电容器

$$W_{\mathrm{e}}=\frac{1}{2}\varepsilon_0 E^{2}\cdot\boxed{Sd}$$

$$W_{\mathrm{e}}=\frac{1}{2}\varepsilon_0 E^{2}\cdot\boxed{V}$$

电场存在的空间体积

比 较

物理意义

$$W_e = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}CU^2 \qquad ----①$$

电容器所存储的能量

$$W_e = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 \cdot V \qquad ----②$$

电场空间所存储的能量

3 静电场的能量密度

w_e 单位体积内电场的能量

$$W_e = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 \cdot V \quad \Longrightarrow \quad \boxed{w_{\mathrm{e}} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2}$$

非匀强电场的能量

$$\boxed{W_{\mathrm{e}} = \int_V w_{\mathrm{e}} \mathrm{d}V = \int_V \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 \mathrm{d}V}$$

例　如图所示，球形电容器的内、外半径分别为 R_1 和 R_2，所带电荷为 $\pm Q$ ．求所存储的电能

解

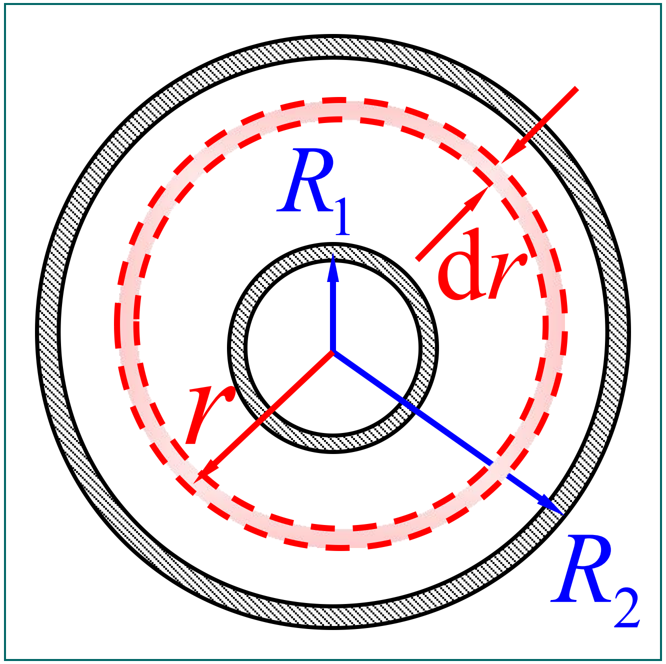
$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{Q}{r^2}\vec{e}_{\mathrm{r}}$$

$$w_{\mathrm{e}} = \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 = \frac{Q^2}{32\pi^2\varepsilon_0 r^4}$$

$$W_{\mathrm{e}} = \int w_{\mathrm{e}}\mathrm{d}V$$

$$= \int w_{\mathrm{e}} \cdot 4\pi r^2 \mathrm{d}r$$

$$= \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0}\int_{R_1}^{R_2}\frac{\mathrm{d}r}{r^2} = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$



例 如图所示, 球形电容器的内、外半径分别为 R_1 和 R_2, 所带电荷为 $\pm Q$. 求所存储的电能

方法二:

$$W_{\mathrm{e}} = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}CU^2$$

球形电容器电容:

$$C = 4\pi\varepsilon_0 \frac{R_2 R_1}{R_2 - R_1}$$

$$W_{\mathrm{e}} = \frac{Q^2}{8\pi\varepsilon_0}\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}\right)$$

小结

一、电容器 电容 ① $\boxed{C = \frac{Q}{U}}$ ② 物理意义

二 电容器电容的计算

平板电容器；圆柱形电容器；球形电容器

三 电容器的串联和并联 公式；特点

四 电容器的电能

电容器的电能

$$W_{\mathrm{e}} = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2}QU = \frac{1}{2}CU^2$$

电容器贮存的电能

$$W_{\mathrm{e}} = \int_V w_{\mathrm{e}} \mathrm{d}V = \int_V \frac{1}{2}\varepsilon_0 E^2 \mathrm{d}V$$

电场的电能