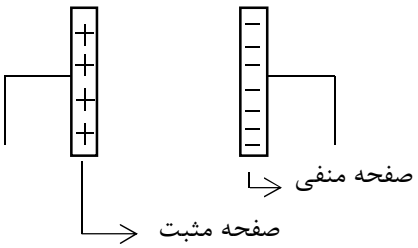
خازن

✓ خازن وسیله‌ای برای ذخیره سازی بار الکتریکی و انرژی الکتریکی است.

خازن تخت: ساده‌ترین نوع خازن است که از 2 صفحه باردار رسانا موازی تشکیل شده است.

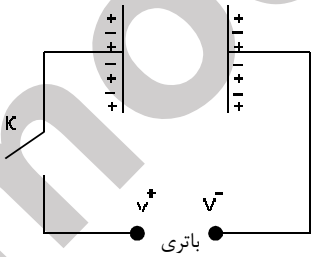
صفحه منفی ⟵ متصل به پایانه منفی باتری

صفحه مثبت ⟵ متصل به پایانه مثبت باتری

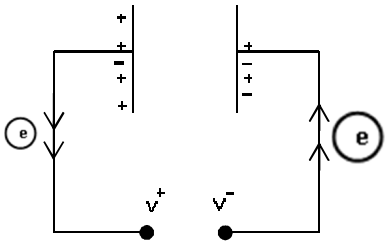


نحوه شارژ کردن خازن:

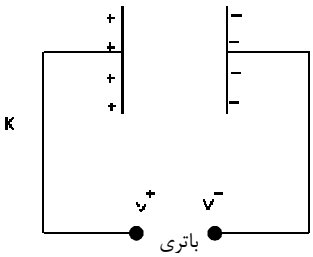
فرض کنید یک خازن خنثی داریم [بار صفحات مثبت و منفی صفر است] و آن را به یک باتری متصل می‌کنیم و این کار باعث می‌شود الکترون از پایانه منفی باتری به صفحه منفی خازن وارد می‌شود و الکترون از صفحه مثبت خازن به پایانه مثبت باتری وارد می‌شود و این عمل تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که پتانسیل پایانه مثبت و صفحه مثبت برابر شود و پتانسیل پایانه منفی با صفحه منفی نیز برابر شود.



حالت 1) خازن خنثی است.



حالت2) با بسته شدن کلید شارش الکترون شروع می‌شود.



در حالت 3: پتانسیل صفحه مثبت برابر V^+ و پتانسیل صفحه منفی برابر V^- شده است

حالت 3) شارش بار قطع می‌شود.

✓ پس از اتمام شارش بار مقدار بار صفحه مثبت و منفی برابر شده است. یعنی یکی دارای بار $+q$ و دیگری بار $-q$ است که اصطلاحاً می‌گوییم بار خازن q است.

Limootoorsh

✓ وقتی خازن شارژ شد اگر از مولد جدا کنیم بارالکتریکی آن خارج نمی‌شود.

بار خازن صفر ⟵ بار هر دو صفحه صفر

بار خازن q ⟵ بار صفحه مثبت +q و بار صفحه منفی -q

+q ⊣ ⊢ -q

ظرفیت خازن: نسبت بار ذخیره شده در خازن به اختلاف پتانسیل دو سر آن ($\Delta V = V^+ - V^-$) یک مقدار ثابت است که به اسم ظرفیت خازن (C) می‌شناسیم.

✓ یکای ظرفیت خازن F یا فاراد است.

$C = \frac{q}{V} \longrightarrow q = C.V$ $\qquad$ $q(\mu C) = C(\mu F) \times V(v)$ ⟵ یکای پرکاربرد

مثال) اگر اختلاف پتانسیل دو سر یک خازن 6uF را به اندازه 10 ولت زیادکنیم. بار الکتریکی خازن چند uC تغییر می‌کند؟

اختلاف پتانسیل ⟵ V

$q_1 = C.V_1$

$q_2 = C.V_2$

$\longrightarrow q_2 - q_1 = C.V_2 - C.V_1 = C[V_2 - V_1]$

$\Delta q = C.\Delta V = ٦ \times ١٠ = ٦٠\mu F$

تغییرات اختلاف پتانسیل ⟵

مثال) دو صفحه خازن بدون بار الکتریکی با *ظرفیت* 4μF را به پایانه باتری وصل می‌کنیم اگر پس از شارژ شدن خازن $5 \times 10^{+14}$ الکترون از یک صفحه به صفحه دیگر منتقل شود. اختلاف پتانسیل دو سر خازن چند ولت می‌شود؟ $e = 1.6 \times 10^{-19} c$

+q ⊣ ⊢ -q

$q = 5 \times 10^{+14} \times 1.6 \times 10^{-19} = 80\mu C$

$q = C.V \qquad V = \frac{80}{4} = ٢٠\ V$

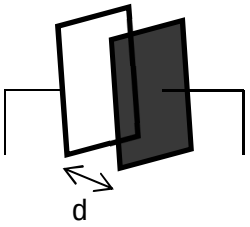
عوامل موثر در ظرفیت خازن

ظرفیت خازن ثابت است مگر اینکه مشخصات ساختاری آن تغییر کند. پس برای تغییر ظرفیت عوض کردن V و q تاثیری ندارد.

در صورت ثابت بودن مشخصات ساختمانی ⟵ $C = \frac{q}{V}$ (q برابر 2 ↗، V برابر 2 ↘) ⟵ ثابت

$C = k\varepsilon\frac{A}{d}$

- k ⟵ ثابت دی الکتریک
- ε ⟵ ضریب گذر دهی الکتریک خلأ
- A ⟵ مساحت مشترک صفحات
- d ⟵ فاصله بین صفحات



- ✓ حواستون باشه A مساحت مشترک است نه مجموع مساحت صفحات
- ✓ در صورت عدم وجود دی الکتریک بین صفحات [یعنی وجود هوا] مقدار k=1 است.

رابطه تناسبی ⟵ C α { k، A، $\frac{1}{d}$ } ⟵

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{k_2}{k_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2}$$

- ✓ فرمول میدان بین صفحات خازن $E = \frac{v}{d}$ است که V اختلاف پتانسیل دو سر آن و d فاصله بین صفحات است.
- ✓ فروریزش الکتریکی: خازن ها یک مقدار حداکثر ولتاژ قابل تحمل به نام V_{max} دارند که اگر اختلاف پتانسیل دو سر خازن از این مقدار بیشتر شود فروریزش رخ می‌دهد که این رویداد با ایجاد جرقه همراه است.
- ✓ ثابت k بدون یکا است و یکای ε برابر $\frac{F}{m}$ (F ⟵ فاراد، m ⟵ متر) است.

پرسش: یک خازن تخت با مساحت هر صفحه $1cm^2$ در اختیار داریم. اگر ثابت دی الکتریک 3/5 باشد و فاصله بین صفحات 4/5cm باشد. ظرفیت خازن چند پیکو فاراد است؟ $(\varepsilon = 9 \times 10^{-12}\frac{F}{m})$

1) 7 2) 0/7

3) 14 4) 0/14

- ✓ در مسائل پیش رو با دو نکته مهم روبه‌رو می‌شویم:

1) جدا کردن خازن از باتری پس از شارژ: در این حالت q ذخیره شده ثابت باقی می‌ماند.

2)خازن پس از شارژ شدن هم چنان متصل به باتری باشد : در این حالت V ثابت است.

مثال: یک خازن خنثی که فاصله بین صفحات آن از هوا پر شده را به یک باتری متصل می‌کنیم تا به طور کامل شارژ شود. جدول زیر را با توجه به موارد زیر تکمیل کنید.

الف) اگر در حالتی که خازن متصل به باتری است فاصله صفحات حاضر دو برابر شود هر یک از اطلاعات جدول چند برابر می‌شود؟

ب) اگر خازن را از باتری جدا کنیم و سپس فاصله بین صفحات دو برابر شود، اطلاعات جدول چند برابر می‌شود؟

	C	V	q	E
الف	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
ب	$\frac{1}{2}$	۲	1	1

الف)

$$\frac{C_2}{C_1}=\frac{1}{2}$$

$$V \longrightarrow \text{ثابت}$$

$$q=C.V \quad \frac{q_2}{q_1}=\frac{C_2}{C_1}\times\frac{V_2}{V_1}=\frac{1}{2}\times ۱=\frac{1}{2}$$

$$E=\frac{V}{d} \quad \frac{E_2}{E_1}=\frac{d_1}{d_2}\times\frac{V_2}{V_1}=\frac{1}{2}$$

ب)

$$\frac{C_2}{C_1}=\frac{1}{2}$$

$$q \longrightarrow \text{ثابت}$$

$$\frac{q_2}{q_1}=\frac{C_2}{C_1}\times\frac{V_2}{V_1} \quad 1=\frac{1}{2}\times\frac{V_2}{V_1}$$

$$\frac{V_2}{V_1}=۲ \quad \frac{E_2}{E_1}=\frac{d_1}{d_2}\times\frac{V_2}{V_1}=\frac{1}{2}\times 2=۱$$

مثال: مساحت مشترک صفحات خازن مسطحی (تخت) را که به باتری 20ولتی متصل است نصف می‌کنیم اگر با این عمل $3\mu C$ بار خازن کم شود. ظرفیت اولیه خازن چند μC بوده است؟

$$\begin{cases} q = C.V \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \frac{C_2}{C_1} \times \frac{V_2}{V_1} \\ q_2 = q_1 - 3 \Rightarrow \frac{q_1 - 3}{q_1} = \frac{1}{2} \times 1 \\ \Rightarrow q_1 = ۶\mu F \\ C_1 = \frac{q_1}{V} = \frac{6}{20} = ۰/۳\mu F \end{cases}$$

$$\begin{cases} q_1 = q \\ q_2 = q - ۳ \end{cases} \quad C \alpha A \quad \frac{C_2}{C_1} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{1}{2}$$

پتانسیل ثابت است. V= ۲۰ v

مثال: خازن مسطحی را با دی الکتریک هوا با اختلاف پتانسیل V باردار کرده و سپس جدا می‌کنیم. اگر در این حالت مساحت صفحات را دو برابر کنیم و دی الکتریکی با ثابت 2/5 پر کنیم. میدان الکتریکی چند درصد و چگونه تغییر می‌کند؟

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{k_2}{k_1} \times \frac{A_2}{A_1} = \frac{2/5}{1} \times \frac{2}{1} = ۵ \longrightarrow \overset{\text{ثابت}}{\uparrow} q = C.V \overset{\text{ثابت}}{\uparrow} \longrightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{5}$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{d_1}{d_2} \times \frac{V_2}{V_1} = ۱ \times \frac{1}{5} = ۰/۲ \longrightarrow \text{80 درصد کاهش}$$

$$q \longrightarrow \text{ثابت}$$

پرسش: یک خازن تخت بدون عایق با ظرفیت C به دو سر مولد با اختلاف پتانسیل V متصل است. دراین حالت مساحت مشترک صفحات را 25 درصد زیاد می‌کنیم. بار الکتریکی و میدان الکتریکی به ترتیب چند درصد تغییر می‌کند؟

1) 25 درصد زیاد_ 25 درصد زیاد
2) 25 درصد کاهش_ بدون تغییر
3) 25 درصد زیاد_ بدون تغییر
4) 25 درصد کاهش_ 25 درصد زیاد

مثال: فاصله بین صفحات خازن 0/3mm است و این خازن حداکثر ولتاژ 12 ولت را می‌تواند تحمل کند. اگر این خازن توسط مولد 9 ولتی شارژ شود و سپس از آن جدا شود فاصله بین صفحات خازن چند میلی متر افزایش دهیم تا خازن سالم بماند؟

حالت اولیه: $\begin{cases} d_1 = 0/3mm \\ V_1 = ۹v \end{cases}$

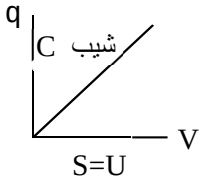
حالت نهایی: $\begin{cases} d_2 = ? \\ V_2 = ۱۲v \end{cases}$

$\frac{C_2}{C_1} = \frac{V_1}{V_2}$ ✱✱ $q = C.V$ ✱ $\frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2}$ q ⟶ ثابت

✱ و ✱✱ $\frac{d_1}{d_2} = \frac{V_1}{V_2} \longrightarrow \frac{0/3}{d_2} = \frac{9}{12} \longrightarrow d_2 = 0/4mm$

$\Delta d = ۰/٤ - ۰/۳ = ۰/۱$ mm

انرژی ذخیره شده در خازن



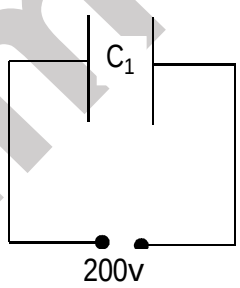
$U = \frac{1}{2}qV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$

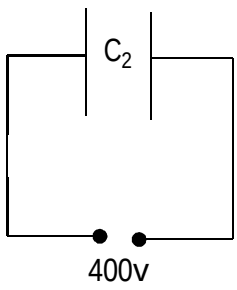
$C(\mu F) \longrightarrow q(\mu C) \longrightarrow V(V) \longrightarrow U(\mu j)$

تجربی 93: خازنی به منبع 200 ولت متصل است و انرژی ذخیره شده در آن 1/8 j باشد. ظرفیت خازن چند μF است؟

$U = \frac{1}{2}CV^2 \longrightarrow 0/8 = \frac{1}{2}C[200]^2 \longrightarrow C = 90\mu F$

مثال: در مدارهای زیر انرژی خازن C_1 ، 20 درصد انرژی خازن C_2 است. $\frac{C_2}{C_1}$ محاسبه کنید.





$\frac{V_2}{V_1} = \frac{400}{200} = ۲$

$U_1 = \frac{۲۰}{۱۰۰}U_۲ \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = 5$

$\frac{U_2}{U_1} = \frac{C_2}{C_1}(\frac{V_2}{V_1})^۲ \longrightarrow = \frac{C_2}{C_1} \times (۲)^۲ \longrightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{5}{4}$

مثال: با تخلیه قسمتی از بار الکتریکی یک خازن اختلاف پتانسیل دو سر آن 80 درصد کاهش می‌یابد انرژی ذخیره شده خازن چند درصد کاهش می‌یابد؟

$$\frac{C_2}{C_1} = ۱ \qquad \frac{V_2}{V_1} = 1 - \frac{۸}{۱۰} = ۰/۲$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{C_2}{C_1}\left(\frac{V_2}{V_1}\right)^{۲} = ۱ \times (0/2)^{۲} = ۰/۰۴ \longrightarrow$$ 96 درصد کاهش

پرسش: دوسر خازنی را که از هوا پر شده را به یک باتری متصل می‌کنیم. و انرژی ذخیره شده در آن U می‌شود. اگر در حالتی که خازن به باتری متصل است فاصله بین صفحات را n برابر کنیم، انرژی آن U' می‌شود؛ ولی اگر همان خازن اولیه را از باتری جدا کنیم و سپس فاصله بین صفحات n برابر شود. انرژی آن U'' می‌شود. نسبت $\frac{U''}{U'}$ کدام است؟

1) $\frac{1}{n}$ 2) n 3) $\frac{1}{n^2}$ 4) n^2

مثال: ظرفیت خازنی 22μF است. اگر بار الکتریکی خازن 20 درصد زیاد شود انرژی آن 16μj زیاد می‌شود. بار اولیه خازن چند μC است؟

$$\frac{q_2}{q_1} = ۱/۲$$

$$\left.\begin{aligned} U_2 &= \frac{1}{2}\frac{q_2^2}{C} = \frac{1}{2}\frac{(1/2q_1)^2}{22} = \frac{1/44q_1^2}{44} \\ U_1 &= \frac{1}{2}\frac{q_1^2}{C} = \frac{1}{2}\frac{q_1^2}{22} = \frac{q_1^2}{44} \end{aligned}\right\} U_2 - U_1 = ۱۶\mu j$$

$$\frac{1/44q_1^2}{44} - \frac{q_1^2}{44} = ۱۶ \longrightarrow \frac{0/44q_1^2}{44} = 16 \longrightarrow 10^{-2}q_1^2 = 16$$

$$q_1^2 = ۱۶۰۰ \longrightarrow q_1 = ۴۰\mu C$$

پرسش: خازنی به ظرفیت 6μF به باتری با اختلاف پتانسیل V با قابلیت تغییر ولتاژ متصل است. اگر اختلاف پتانسیل باتری را 2 ولت زیاد کنیم. انرژی خازن 132μj زیاد می‌شود. بار الکتریکی نهایی خازن چند μC است؟

1) 72 2) 60
3) 12 4) 24

مثال: ظرفیت خازن تختی $20\mu F$ است و انرژی ذخیره شده در آن $10\mu j$ است. اگر فاصله بین صفحات خازن $1mm$ باشد. بزرگی میدان الکتریکی بین صفحات خازن چند $\frac{N}{C}$ است؟

$$U = \frac{1}{2}CV^2 \qquad 10 = \frac{1}{2}(20)V^2$$

$$V^2 = 1 \qquad V = 1v \qquad E = \frac{V}{d} = \frac{1}{10^{-3}} = 1000\ \frac{N}{C}$$

پرسش: خازن تختی توسط مولدی با اختلاف پتانسیل V_1 شارژ می‌شود و $60\mu F$ انرژی در آن ذخیره می‌شود. اگر بیشترین انرژی خازن می‌تواند تحمل کند $80\mu j$ باشد، فاصله بین صفحات را حداکثر چند درصد کاهش دهیم تا خازن سالم بماند؟

1) 20 2) 25 3) 33 4) 50

راهنمایی: حالت ثانویه همان حالت حداکثر انرژی است.

مثال: انرژی ذخیره شده در خازن $25\mu j$ است. اگر بار خازن $20\mu C$ زیاد شود انرژی آن به $225\mu j$ می‌رسد. ظرفیت خازن چند μF است؟

$$\begin{cases} U_1 = \frac{1}{2}\frac{q_1^2}{C} = ۲۵ \\ U_2 = \frac{1}{2}\frac{(q_1+20)^2}{C} = ۲۲۵ \end{cases} \longrightarrow \frac{(q_1+20)^2}{q_1^2} = \frac{225}{25} = ۹ \xrightarrow{\sqrt{\ }} \frac{q_1+20}{q_1} = 3$$

$$q_1 = ۱۰\mu C \longrightarrow 25 = \frac{1}{2}\frac{10^2}{C} \longrightarrow C = ۲\mu F$$