آموزشکده فنی و کشاورزی فسا

بسم الله الرحمن الرحيم

فیزیک عمومی

مدرس : آرش دهیار

با آرزوی سلامتی برای تمامی

دانشجویان گرامی

فصل چهارم

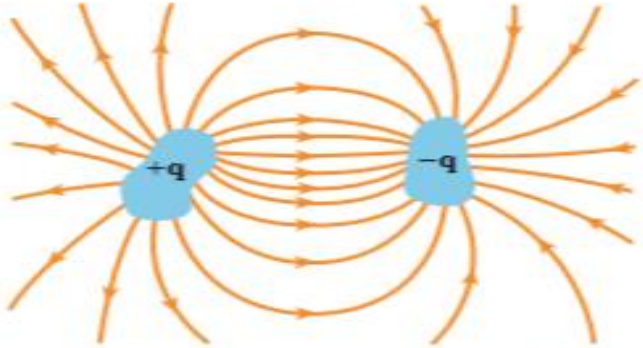
خازن

خازن

خازن وسیله ای الکتریکی است که می تواند بار الکتریکی و انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند. مثلاً باتری های یک دوربین با باردار کردن یک خازن، انرژی را در خازن فلاش دوربین ذخیره می کنند.

شکل ۱ چند خازن را در اندازه‌ها و شکل‌های مختلف نشان می‌دهد. شکل ۲ اجزای اصلی هر خازن را نشان می‌دهد که شامل دو رسانا با هر شکلی است. بی‌توجه به شکل آنها و اینکه آیا تخت هستند یا نه، این رساناها را صفحهٔ خازن می‌نامیم. شکل ۳ آرایش خازنی موسوم به خازن‌تخت[1] را نشان می‌دهد که شامل دو صفحهٔ رسانای موازی با مساحت A است که به فاصلهٔ d (که در برابر ابعاد صفحه‌ها ناچیز است) از هم قرار گرفته‌اند. گرچه نمادی که برای نشان دادن یک خازن به‌کار می‌بریم (⊣⊢) مبتنی بر شکل یک خازن تخت است، ولی از آن برای نشان دادن خازن‌ها با هر شکلی استفاده می‌شود. خازن‌ها به‌طور گسترده‌ای در مدارهای الکترونیکی وسایلی مانند رادیو، تلویزیون، رایانه و... به‌کار می‌روند؛ مثلاً شکل ۴ مدار یک تقویت‌کننده (آمپلی‌فایر) را نشان می‌دهد که در آن چندین خازن به‌کار رفته است. برخی از این خازن‌ها با پیکان‌هایی مشخص شده‌اند.

شکل ۱– تصویری از چند خازن مختلف

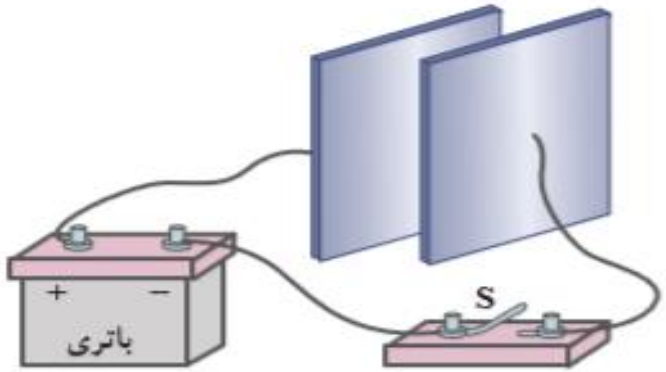


شکل ۲– و رسانا که به‌طور الکتریکی از یکدیگر و محیط اطراف خود منزوی شده‌اند، تشکیل یک خازن را می‌دهند.

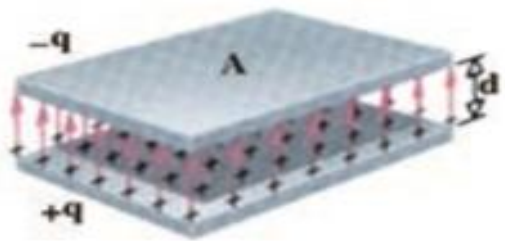
شکل ۳– ک خازن تخت، از دو صفحه با مساحت A ساخته شده است که به فاصلهٔ d از هم قرار گرفته‌اند.

شکل ۴– مدار یک تقویت‌کننده که شامل چند خازن است. برخی از خازن‌ها با پیکان مشخص شده‌اند.

باردار (شارژ) کردن خازن : روش ساده و مرسوم برای باردار کردن خازن قرار دادن آن در مدار الکتریکی ساده‌ای است که دارای یک باتری است (شکل **۵** .الف). وقتی کلید S بسته شود بار از طریق سیم رسانا جریان می‌یابد. این بار همان الکترون‌هایی هستند که توسط میدان الکتریکی‌ای که باتری در سیم‌ها ایجاد می کند در طول سیم‌ها به حرکت واداشته می‌شوند. میدان الکتریکی، الکترون‌ها را از صفحهٔ متصل به پایانهٔ مثبت باتری به حرکت در می‌آورد. درنتیجه، این صفحه با از دست دادن الکترون دارای بار مثبت می‌شود. این میدان، درست همین تعداد الکترون را از پایانهٔ منفی باتری به صفحه‌ای می‌راند که از طریق کلید به پایانهٔ منفی باتری متصل است. درنتیجه، این صفحه با به‌دست آوردن الکترون دارای بار منفی می‌شود که درست به همان اندازه‌ای است که صفحهٔ دیگر با از دست دادن الکترون دارای بار مثبت شده است. این شارش بار تا هنگامی ادامه پیدا می کند که اختلاف پتانسیل میان دو صفحهٔ خازن با اختلاف پتانسیل میان دو پایانهٔ باتری یکسان شود. با توجه به اینکه صفحه‌های خازن رساناست تمام نقاط هر صفحه پتانسیل یکسانی دارد و خطوط میدان الکتریکی عمود بر این صفحه‌ها و از صفحهٔ مثبت به سمت صفحهٔ منفی است (شکل **۵** ب). وقتی یک خازن باردار می‌شود، صفحه‌های آن دارای بارهایی با بزرگی یکسان، ولی علامت مخالف می‌شود : q+ و q−. ولی بار یک خازن را به‌صورت q نشان می‌دهند که همان بار صفحهٔ مثبت است.



(الف)



(ب)

شکل–۵ الف) برای باردار کردن خازن، آن را به باتری وصل کرده‌ایم. ب) هر صفحهٔ این خازن بارهایی با علامت مخالف قرار دارد و میدان الکتریکی عمود بر صفحه‌ها و از صفحهٔ مثبت به سمت صفحهٔ منفی است.

ظرفیت خازن

اگر اختلاف پتانسیل بین صفحه‌های خازن (ΔV) را زیاد کنیم، بار خازن (q) نیز *به همان نسبت* زیاد می‌شود. به‌عبارتی نسبت $\frac{q}{\Delta V}$ همواره مقداری ثابت است. به این نسبت که به اندازهٔ بار خازن و نیز اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ آن بستگی ندارد **ظرفیت خازن** می‌گویند و آن را با C نشان می‌دهند. بنا به دلایل تاریخی قدرمطلق اختلاف پتانسیل ΔV بین دو صفحهٔ خازن را با V نمایش می‌دهند. بنابراین :

$$C = \frac{q}{V} \qquad (۱)$$

در رابطهٔ (۱) یکای بار الکتریکی، کولن (C)، یکای اختلاف پتانسیل، ولت (V) و بنابراین یکای ظرفیت، کولن بر ولت (C/V) است که به پاس خدمات مایکل فارادی، **فاراد** (F) نامیده شده است. *فاراد* یکای بسیار بزرگی است و عملاً ظرفیت اکثر خازن‌های متداول در محدودهٔ پیکوفاراد ($10^{-12}F$) تا میلی‌فاراد ($10^{-3}F$) است. گرچه امروزه فناوری ساخت خازن‌ها، دستیابی به ظرفیت‌هایی بسیار بیشتر را نیز ممکن ساخته است.

مثال

صفحه‌های خازنی را به پایانه‌های مولّدی با اختلاف پتانسیل ۲۴/۰V وصل می‌کنیم. اگر بار خازن ۱۲۰μC شود

الف) ظرفیت خازن را محاسبه کنید.

ب) اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل ۳۶/۰V وصل کنیم، بار الکتریکی آن چقدر می‌شود؟

$$۱۲۰(\mu C)\times ۱۰^{-۶} = ۱/۲\times ۱۰^{-۴}(C)$$

پاسخ :

الف) با استفاده از رابطهٔ ۱ داریم :

$$C=\frac{q}{V}=\frac{۱/۲۰\times ۱۰^{-۴}C}{۲۴/۰V}=۵/۰۰\times ۱۰^{-۶}F=۵/۰۰\mu F$$

ب) با توجه به اینکه ظرفیت خازن همواره مقدار ثابتی است از ظرفیت به‌دست آمده در قسمت الف استفاده می‌کنیم.

آنگاه با استفاده از رابطهٔ ۱ می‌توان نوشت :

$$q=CV=(۵/۰۰\times ۱۰^{-۶}F)(۳۶/۰V)=۱۸۰\times ۱۰^{-۶}C=۱۸۰\mu C$$

خازن با دی الکتریک

اگر فضای میان صفحه های یک خازن را با ماده ای عایق(مانند کاغذ یا پلاستیک) که به آن دی الکتریک گفته می شود پُر کنیم، برای ظرفیت خازن چه پیش می آید؟ مایکل فارادی نخستین بار در سال ۱۸۳۷ میلادی، با استفاده از وسایل ساده ای دریافت که ظرفیت

خازن با ضریبی موسوم به ثابت دی الکتریک ماده عایق(که آن را با K نشان می دهند) افزایش می یابد؛ یعنی اگر ظرفیت خازن بدون دی الکتریک را با C_0 نمایش دهیم، آنگاه

ظرفیت خازن با دی الکتریک برابر با $C = KC_0$ می شود .

جدول ۲ــ۱ــ برخی از ویژگی‌های دی‌الکتریک‌ها در دمای ۲۰°C

مادهٔ دی‌الکتریک	ثابت دی‌الکتریک	قدرت دی‌الکتریک (kV/mm)
هوای ۱atm	۱/۰۰۰۶	۳
تفلون	۲/۱	۶۰
پارافین	۲/۲	۱۰
پلی‌استیرن	۲/۶	۲۴
میلار	۳/۱	۲۸۰
PVC(پلی وینیل کلراید)	۳/۴	۲۹
کاغذ	۳/۵	۱۶
کوارتز	۴/۳	۸
شیشه پیرکس	۵	۱۴
میکا	۷	۱۵۰
آب	۸۰	۶۵
تیتانید استرانسیوم	۳۱۰	۸

جدول مقابل ثابت دی الکتریک چند ماده عایق را نشان می دهد.

به‌عنوان مثالی از کاربرد دی‌الکتریک، خازن تختی را درنظر بگیرید. آزمایش و محاسبه نشان می‌دهد که ظرفیت یک خازن تخت با مساحت صفحه‌های A و فاصلهٔ جدایی صفحه‌های d، از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

$$C = \varepsilon_{\circ} \frac{A}{d} \qquad (۱۶_۲)$$

که در آن $\varepsilon_{\circ}$ همان ضریب گذردهی الکتریکی خلأ $(\varepsilon_{\circ} = ۸/۸۵ \times ۱۰^{-۱۲}\ F/m)$ است.

حال اگر فضای بین صفحه‌های این خازن را با یک دی‌الکتریک با ثابت دی‌الکتریک κ کاملاً پر کنیم، رابطهٔ (**۲**) همان $C_{\circ}$ رابطهٔ $C = \kappa C_0$ می‌شود و درنتیجه برای ظرفیت خازن جدید داریم :

$$C = \kappa \varepsilon_{\circ} \frac{A}{d} \qquad (۱۷_۲)$$

مثال

مساحت هریک از صفحه‌های خازن تختی $۴/۰ \times ۱۰^{۲}\,cm^{۲}$ و فاصلهٔ جدایی صفحه‌های آن $۱/۰ \times ۱۰^{-۱}\,mm$ است. فضای بین صفحه‌ها را با صفحهٔ کاغذی پر می‌کنیم. با استفاده از جدول ظرفیت خازن را محاسبه کنید.

پاسخ :

ظرفیت خازن با دی‌الکتریک برابر است با

$$C = \kappa \varepsilon_{\circ} \frac{A}{d}$$

ثابت دی‌الکتریک کاغذ با استفاده از جدول ۲ــ۱ برابر با ۳/۵ است و از آنجا برای ظرفیت خازن داریم :

$$C = (۳/۵)(۸/۸۵ \times ۱۰^{-۱۲}\,F/m)\frac{(۴/۰ \times ۱۰^{-۲}\,m^{۲})}{(۱/۰ \times ۱۰^{-۴}\,m)} = ۱/۲ \times ۱۰^{-۸}\,F = ۱۲\,nF$$

انرژی خازن

وقتی صفحه های خازن دارای بار الکتریکی می شوند در خازن انرژی نیز ذخیره می شود؛ مثلاً در هنگام شارژ شدن خازن توسط باتری، دائماً باری جزئی از یک صفحه خازن جدا و به همان اندازه به صفحه دیگر منتقل می شود. در این فرایند باتری روی این بار کار انجام می دهد.

این کار به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در میدان الکتریکی فضای بین صفحه های خازن ذخیره می شود. بنابراین:

$$U_{\text{خازن}} = \frac{۱}{۲} qV$$ **۵**

که در آن انرژی پتانسیل الکتریکی خازن ($U_{\text{خازن}}$) برحسب ژول (J)، بار خازن (q) برحسب کولن (C) و اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ خازن (V) برحسب ولت (V) است.

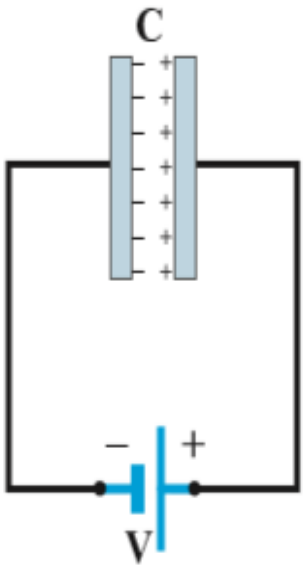
از طرفی با استفاده از رابطهٔ **۱** می‌توان نوشت :

$$U_{\text{خازن}} = \frac{۱}{۲} CV^{۲}$$ **۶**

و

$$U_{\text{خازن}} = \frac{۱}{۲} \frac{q^{۲}}{C}$$ **۷**

مثال



دو سر یک خازن $۵۰\mu F$ را به ولتاژ $۱۲V$ وصل می‌کنیم. بار و انرژی ذخیره در آن را محاسبه کنید.

پاسخ : با توجه به رابطهٔ $q = CV$ بار ذخیره شده برابر است با

$$q = CV = (۵۰ \times ۱۰^{-۶} F)\,(۱۲V) = ۶۰ \times ۱۰^{-۶} C = ۶۰\mu C$$

با استفاده از رابطهٔ $U = \frac{۱}{۲}qV$ انرژی خازن را محاسبه می‌کنیم :

$$U = \frac{۱}{۲}qV = \frac{۱}{۲}(۶۰ \times ۱۰^{-۶} C)(۱۲V) = ۳۶ \times ۱۰^{-۶} J = ۳۶\mu J$$

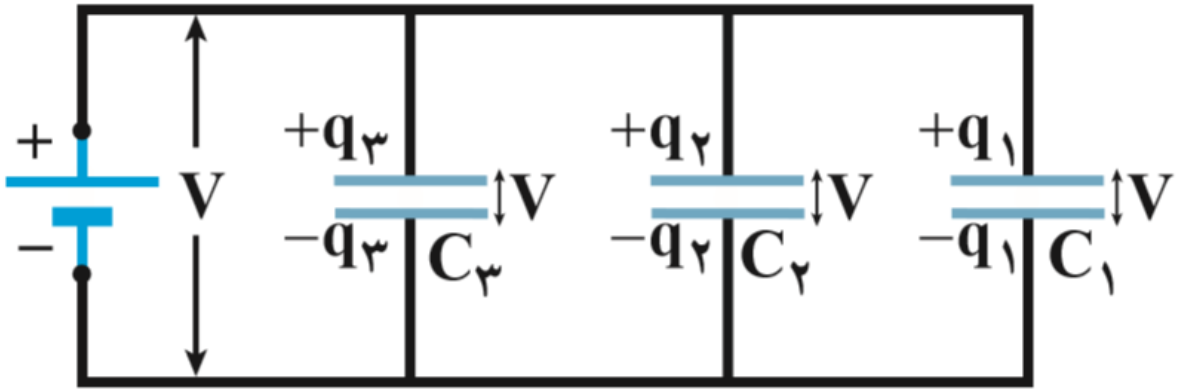
به هم بستن خازن ها در مدار:

خازن ها می توانند به روش های مختلفی به یکدیگر متصل شوند، که در اینجا دو نوع رایج این اتصال ها را بررسی می کنیم که موازی و متوالی نامیده می شوند.

مجموعه خازن هایی که به این روش ها به هم متصل شده اند را می توان با یک خازن جایگزین کرد که به این خازن، خازن معادل و به ظرفیت آن، ظرفیت معادل می گویند.

انرژی الکتریکی ذخیره شده در این خازنِ معادل برابر مجموع انرژی تک تک خازن هاست.

الف) بستن خازن‌ها به‌صورت موازی : شکل ۶ یک مدار الکتریکی را نشان می‌دهد که در آن سه خازن به‌صورت موازی به باتری متصل شده‌اند. توجه کنید واژهٔ «موازی» ارتباط چندانی به چگونگی ترسیم صفحه‌های خازن‌ها ندارد، بلکه «به‌صورت موازی» به این معناست که صفحهٔ بالایی خازن‌ها به یکدیگر و صفحهٔ پایینی آنها نیز به یکدیگر متصل شده است و اختلاف پتانسیل یکسان V به دو سر این دسته صفحه‌ها اعمال شده است. بنابراین، هریک از خازن‌ها در اختلاف پتانسیل یکسان V قرار دارد :



شکل–۶: سه خازن که به‌طور موازی بسته شده‌اند.

$$V_1 = V_2 = V_3 = V$$

بار هر خازن طبق رابطهٔ $q = CV$ به‌صورت زیر درمی‌آید :

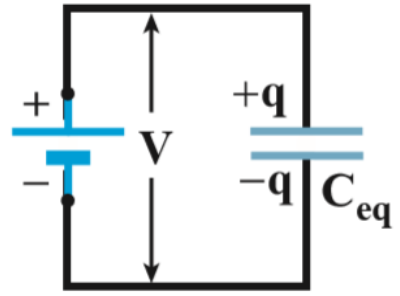
$$q_1 = C_1 V \quad ، \quad q_2 = C_2 V \quad ، \quad q_3 = C_3 V$$

بنابراین، بار کل ذخیره شده در مجموعهٔ خازن‌ها برابر است با :

$$q = q_1 + q_2 + q_3 = C_1 V + C_2 V + C_3 V = (C_1 + C_2 + C_3)\, V$$

درنتیجه ظرفیت معادل ترکیب خازن‌های موازی چنین می‌شود :

$$C_{eq} = \frac{q}{V} = \frac{(C_1 + C_2 + C_3)V}{V} = C_1 + C_2 + C_3$$



شکل–۷: خازن معادل با ظرفیت C_{eq}

و بنابراین، ترکیب این سه خازن موازی را می‌توان با خازن معادل **شکل–۷** جایگزین کرد.

درحالت کلی برای n خازن موازی رابطهٔ بالا به‌صورت زیر تعمیم می‌یابد :

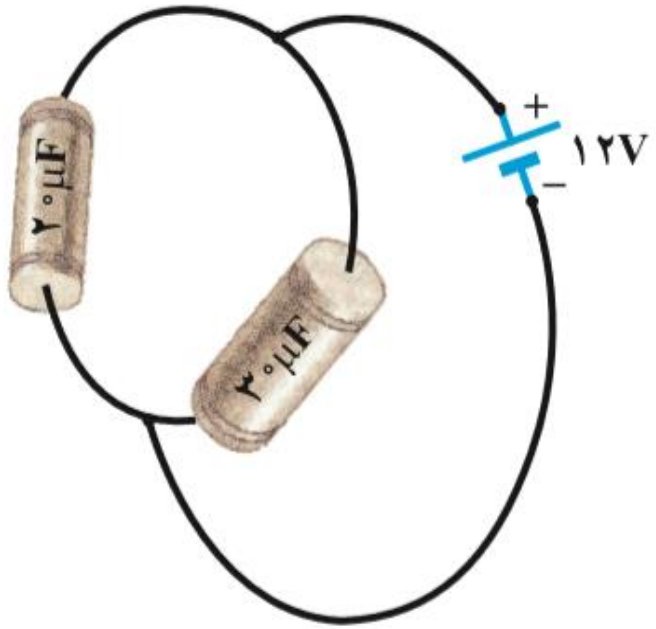
$$C_{eq} = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$$

مثال

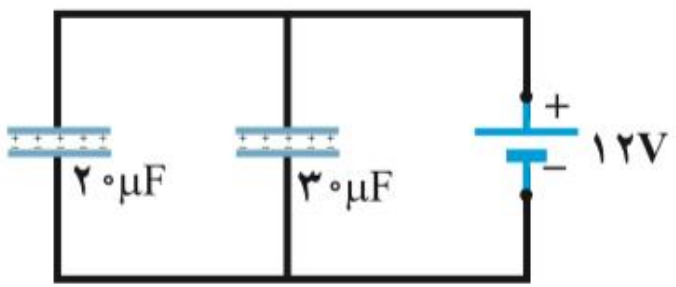
شکل الف، دو خازن را نشان می‌دهد که به یک باتری ۱۲V بسته شده‌اند.

الف) ظرفیت، بار و انرژی خازن معادل را محاسبه کنید.

ب) بار و انرژی هر خازن را بیابید.



(الف)



(ب)

پاسخ :

الف) شکل الف را می‌توان به‌صورت آرایش شکل ب نشان داد. با توجه به شکل ب، خازن‌ها موازی‌اند و ظرفیت معادل آنها ازمجموع ظرفیت تک‌تک آنها حاصل می‌شود :

$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 20\,\mu F + 30\,\mu F = 50\,\mu F$$

با توجه به اینکه ولتاژ خازن معادل برابر اختلاف پتانسیل باتری است، بار خازن معادل از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید :

$$q = C_{eq}V = (۵۰\mu F)(۱۲V) = ۶/۰ \times ۱۰^{۲}\mu C$$

و انرژی خازن معادل را می‌توانیم با استفاده از هرکدام از سه رابطه‌ای که برای انرژی خازن به‌دست آوردیم محاسبه کنیم؛ مثلاً با استفاده از رابطهٔ $U = \frac{۱}{۲}CV^{۲}$ داریم :

$$U = \frac{۱}{۲}C_{eq}V^{۲} = \frac{۱}{۲}(۵۰\mu F)(۱۲V)^{۲} = ۳/۶ \times ۱۰^{۳}\mu J$$

ب) با توجه به اینکه خازن‌ها به‌صورت موازی بسته شده‌اند، ولتاژ هر خازن برابر با اختلاف پتانسیل دو سر باتری است. اکنون با استفاده از رابطهٔ $q = CV$ بار هر خازن را به‌دست می‌آوریم :

$$q_{۱} = C_{۱}V = (۲۰\mu F)(۱۲V) = ۲/۴ \times ۱۰^{۲}\mu C$$

$$q_{۲} = C_{۲}V = (۳۰\mu F)(۱۲V) = ۳/۶ \times ۱۰^{۲}\mu C$$

و انرژی هر خازن نیز با استفاده از هرکدام از سه رابطه‌ای که برای انرژی خازن به‌دست آوردیم محاسبه می‌شود. این دفعه از رابطهٔ $U = \frac{۱}{۲}qV$ استفاده می کنیم :

$$U_{۱} = \frac{۱}{۲} q_{۱} V = \frac{۱}{۲} (۲/۴ \times ۱۰^{۲} \mu C)(۱۲V) = ۱/۴ \times ۱۰^{۳} \mu J$$

$$U_{۲} = \frac{۱}{۲} q_{۲} V = \frac{۱}{۲} (۳/۶ \times ۱۰^{۲} \mu C)(۱۲V) = ۲/۲ \times ۱۰^{۳} \mu J$$

خوب است بررسی کنید که مجموع بار خازن‌ها برابر با بار خازن معادل، و مجموع انرژی خازن‌ها برابر با انرژی خازن معادل است.

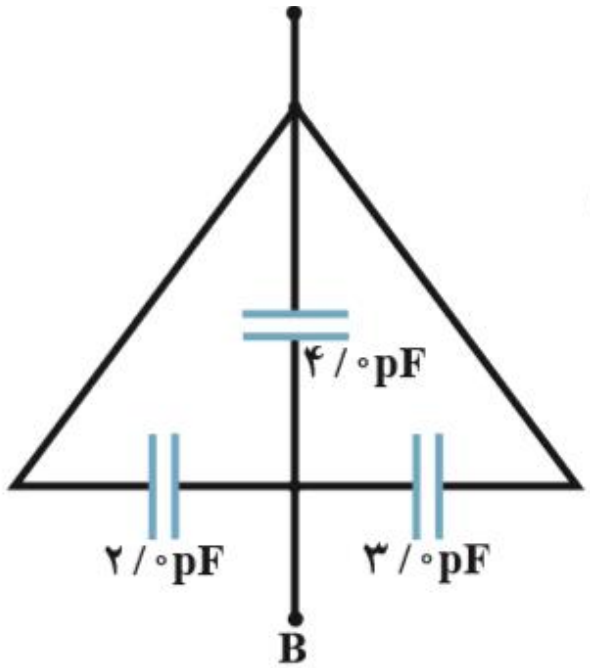
مثال

ظرفیت معادل بین پایانه‌های A و B را در شکل روبه‌رو به‌دست آورید.

پاسخ : همان‌طور که در شکل می‌بینیم دو صفحهٔ خازن ۴/۰pF به دو صفحهٔ خازن‌های ۳/۰pF و ۲/۰pF بسته شده است. بنابراین، خازن ۴/۰pF با دو خازن دیگر موازی است.

در نتیجه داریم :

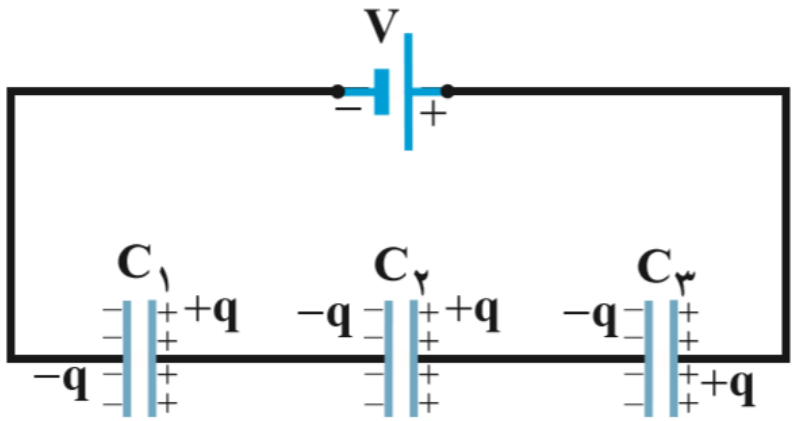
$$C_{eq} = C_۱ + C_۲ + C_۳ = ۴/۰\,pF + ۳/۰\,pF + ۲/۰\,pF = ۹/۰\,pF$$



ب) بستن خازن ها به صورت متوالی:

شکل-۸ سه خازن را نشان می دهد که به صورت متوالی به یک باتری متصل شده اند. توجه کنید واژه «متوالی » ارتباط چندانی به چگونگی ترسیم صفحه های خازن ها ندارد؛ بلکه «به صورت متوالی » به این معناست که خازن ها یکی پس از دیگری به یکدیگر بسته شده اند، هیچ انشعابی بین آنها وجود ندارد و یک اختلاف پتانسیل V به دو سر این ترکیب متوالی اعمال شده است. در بستن متوالی خازن ها، همه خازن ها دارای بار یکسان q می شوند. برای توضیح این موضوع، فرایند زیر را که پس از اعمال اختلاف پتانسیل V در خازن ها رخ می دهد در نظر می گیریم.

برای به دست آوردن ظرفیت خازن معادل Ceq، نخست اختلاف پتانسیل هریک از خازن ها رابه طور جداگانه به دست می آوریم:



شکل –۸: سه خازن که به‌طور متوالی بسته شده‌اند.

$$V_۱ = \frac{q}{C_۱} \text{ ، } V_۲ = \frac{q}{C_۲} \text{ ، } V_۳ = \frac{q}{C_۳}$$

اختلاف پتانسیل کل، برابر با مجموع این سه اختلاف پتانسیل است :

$$V = V_۱ + V_۲ + V_۳ = q(\frac{۱}{C_۱} + \frac{۱}{C_۲} + \frac{۱}{C_۳})$$

پس ظرفیت خازن معادل چنین می‌شود :

$$C_{eq} = \frac{q}{V} = \frac{q}{q(\frac{۱}{C_۱} + \frac{۱}{C_۲} + \frac{۱}{C_۳})} = \frac{۱}{\frac{۱}{C_۱} + \frac{۱}{C_۲} + \frac{۱}{C_۳}}$$

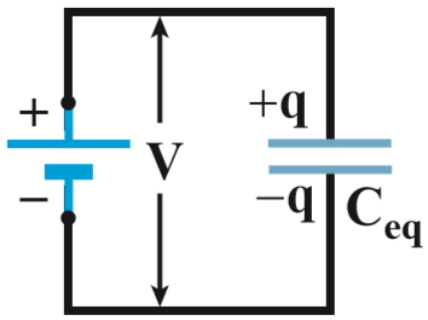
و درنتیجه :

$$\frac{۱}{C_{eq}} = \frac{۱}{C_۱} + \frac{۱}{C_۲} + \frac{۱}{C_۳}$$

و بنابراین، ترکیب این سه خازن متوالی را می‌توان با خازن معادل شکل ۲ـ۳۵ جایگزین کرد.
در حالت کلی برای n خازن متوالی رابطهٔ بالا به‌صورت زیر تعمیم می‌یابد.

$$\frac{۱}{C_{eq}} = \frac{۱}{C_۱} + \frac{۱}{C_۲} + \cdots + \frac{۱}{C_n} \qquad ۹$$

بنابراین، ظرفیت خازن معادل خازن‌هایی که به‌صورت متوالی به یکدیگر بسته شده‌اند از کوچک‌ترین ظرفیت خازن این مجموعه نیز کوچک‌تر است.



خازن معادل با ظرفیت C_{eq}

مثال

شکل الف دو خازن را نشان می‌دهد که به یک باتری ۱۲V بسته شده‌اند.

الف) ظرفیت، بار و انرژی خازن معادل را محاسبه کنید.

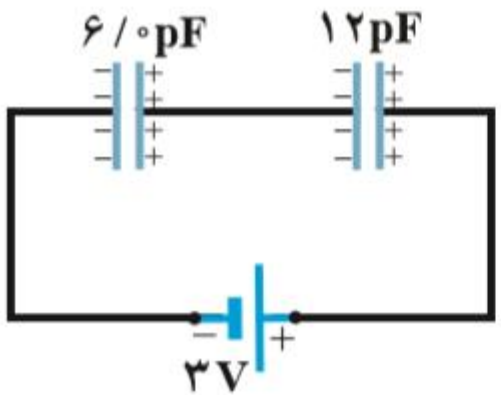
ب) بار، ولتاژ و انرژی هر خازن را بیابید.

پاسخ :

الف) شکل الف را می‌توان به‌صورت آرایش شکل ب نشان داد.

با توجه به شکل ب، خازن‌ها متوالی‌اند و ظرفیت معادل آنها از رابطهٔ ۲ــ۲۲ به‌دست می‌آید :

(الف)



(ب)

$$\frac{۱}{C_{eq}}=\frac{۱}{C_۱}+\frac{۱}{C_۲}=\frac{۱}{۶/۰\mu F}+\frac{۱}{۱۲\mu F}=\frac{۱}{۴/۰\mu F}$$

درنتیجه $C_{eq}=۴/۰\mu F$ است.

اکنون با استفاده از رابطهٔ $q=C_{eq}V$ بار خازن معادل را به‌دست می‌آوریم :

$$q=C_{eq}V=(۴/۰\mu F)(۳/۰ V)=۱۲\mu C$$

و انرژی خازن معادل را می‌توانیم با استفاده از هرکدام از سه رابطه‌ای که برای انرژی خازن به‌دست آوردیم محاسبه کنیم؛ مثلاً با استفاده از $U = \frac{۱}{۲}\frac{q^۲}{C}$ داریم :

$$U = \frac{۱}{۲}\frac{q^۲}{C_{eq}} = \frac{۱}{۲}\frac{(۱۲\mu C)^۲}{۴/۰\mu F} = ۱۸\mu J$$

ب) با توجه به اینکه خازن‌ها به‌صورت متوالی بسته شده‌اند، بار هر دو خازن با هم برابر و مساوی بار خازن معادل است :

$$q_۱ = q_۲ = q = ۱۲\mu C$$

اکنون با استفاده از رابطهٔ $V = q / C$ ولتاژ هر خازن را می‌یابیم :

$$V_۱ = \frac{q_۱}{C_۱} = \frac{۱۲\mu C}{۶/۰\mu F} = ۲/۰V$$

$$V_۲ = \frac{q_۲}{C_۲} = \frac{۱۲\mu C}{۱۲\mu F} = ۱/۰V$$

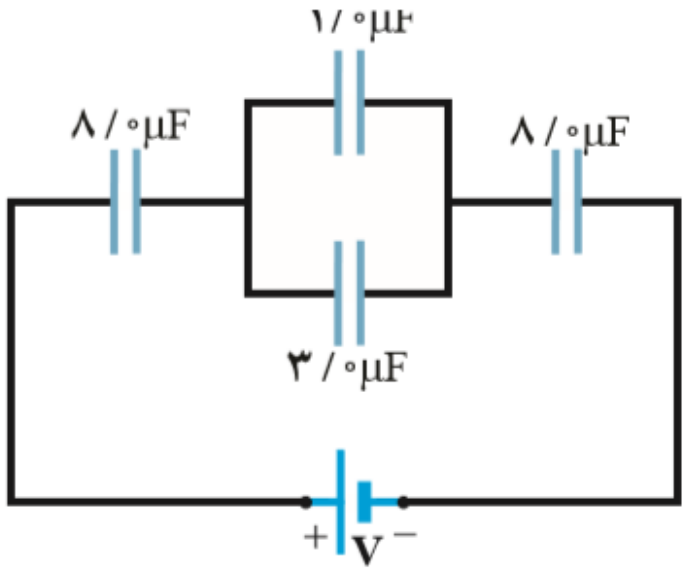
و انرژی هر خازن نیز با استفاده از هرکدام ازسه رابطه‌ای که برای انرژی خازن به‌دست آوردیم محاسبه می‌شود. این بار از رابطهٔ $U = \frac{۱}{۲}qV$ استفاده می‌کنیم :

$$U_۱ = \frac{۱}{۲}q_۱V_۱ = \frac{۱}{۲}(۱۲\mu C)(۲/۰V) = ۱۲\mu J$$

$$U_۲ = \frac{۱}{۲}q_۲V_۲ = \frac{۱}{۲}(۱۲\mu C)(۱/۰V) = ۶/۰\mu J$$

خوب است بررسی کنید که مجموع ولتاژ خازن‌ها برابر با ولتاژ کل (ولتاژ باتری) است و نیز مجموع انرژی خازن‌ها برابر با انرژی خازن معادل است.

تمرین ۱:

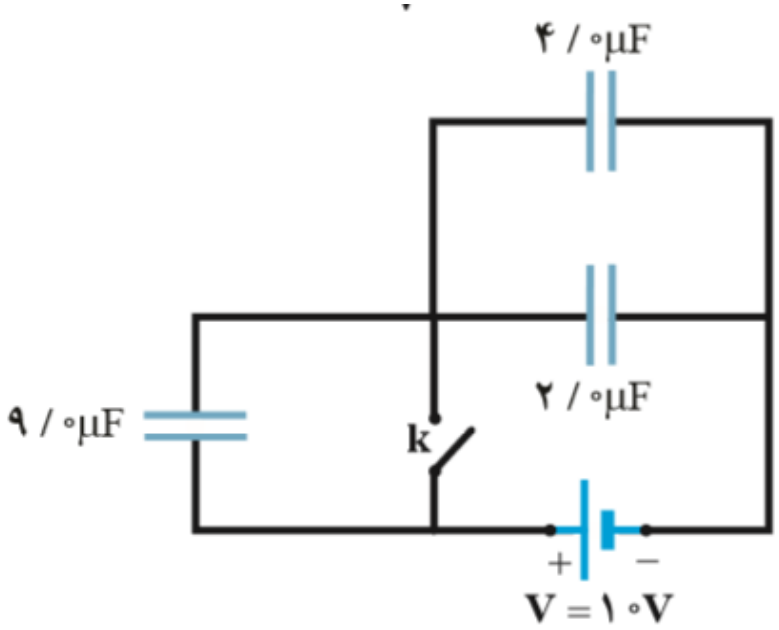


در مدار شکل روبه‌رو اختلاف پتانسیل دو سر مدار برابر ۱۰V است.

الف) ظرفیت معادل مدار و

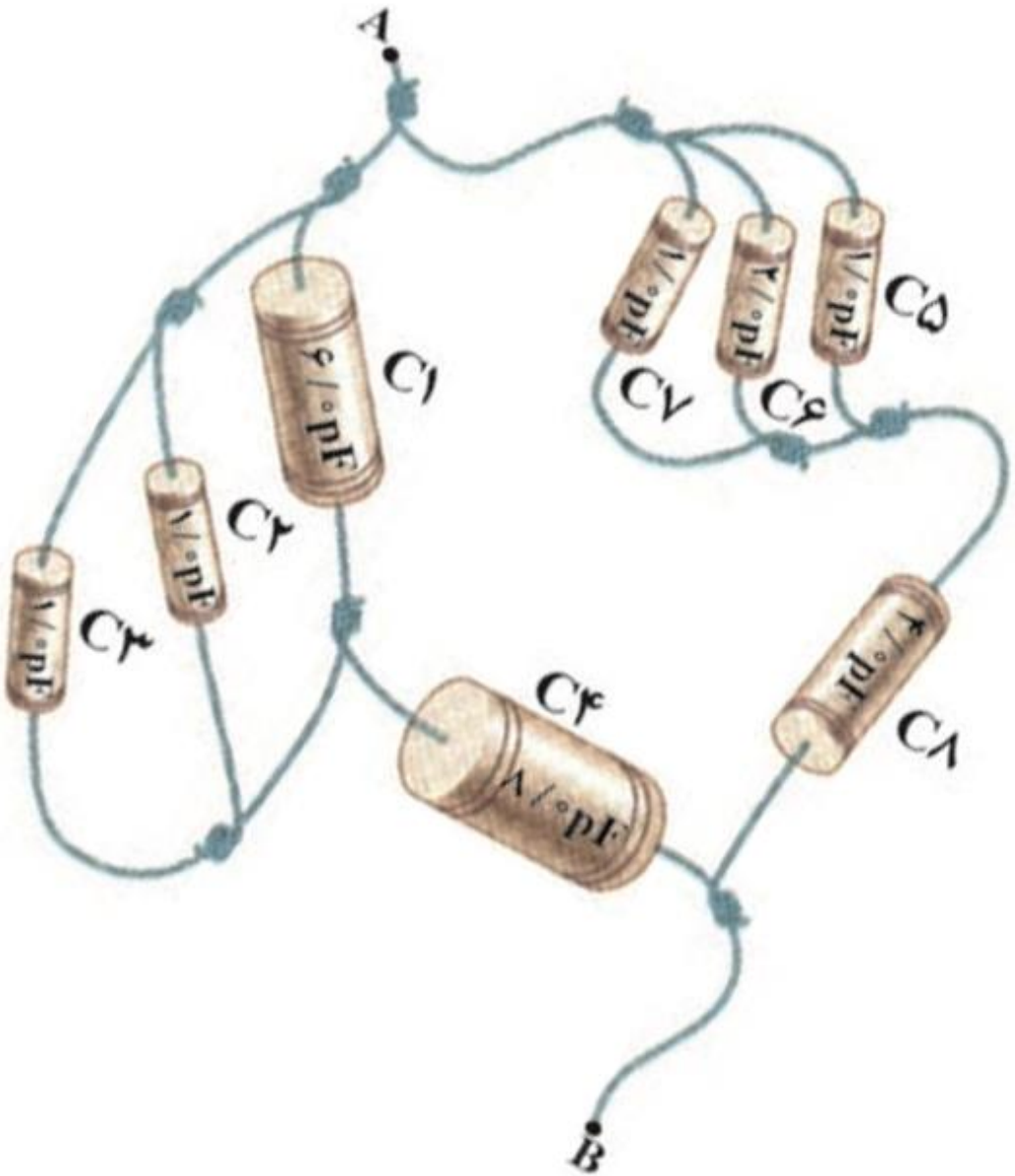
ب) بار الکتریکی و اختلاف پتانسیل دو سر هر یک از خازن‌ها را حساب کنید.

تمرین ۲:



در شکل روبه‌رو، انرژی ذخیره شده در مجموعهٔ خازن‌ها را در حالتی حساب کنید که الف) کلید k باز و ب) کلید k بسته است.

تمرین ۳:



شکل روبه‌رو، هشت خازن را نشان می‌دهد که به‌صورت مجموعه‌ای از اتصال‌های متوالی و موازی به هم بسته شده‌اند.

الف) ظرفیت خازن معادل بین پایانه‌های A و B را در شکل محاسبه کنید.

ب) اگر پایانه‌های A وB را به یک باتری با ولتاژ ۱۲V وصل کنیم چه مقدار انرژی در دستگاه خازن‌ها ذخیره می‌شود؟

موفق و پیروز باشید