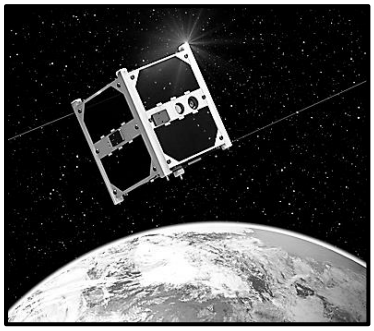
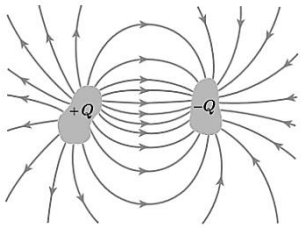
مثال ۳۹ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۲۳): وقتی ماهواره‌ای به دور زمین می‌چرخد بر اثر عبور از فضای اطراف زمین باردار می‌شود. این بارها ممکن است موجب آسیب رساندن به قطعات الکترونیکی ماهواره شود. فرض کنید ماهواره ای در اثر عبور از یکی از لایه‌های جو دارای بار الکتریکی $q = ۲\times۱۰^{-۹}\ C$ شود. این ماهوارهٔ مکعبی به ضلع $۴۰\ cm$ است. چگالی سطحی بار الکتریکی روی سطح این ماهواره را محاسبه کنید. (از تجمع بار بر روی لبه ها چشم‌پوشی شود.)



☑ بخش۱۰: خازِن

اگر دو جسم رسانا به هر شکل و شمایلی در اختیار داشته باشیم و میان آن‌ها یک نارسانا (مثلاً هوا) قرار دهیم، یک وسیلهٔ الکتریکی به نام **خازِن** ساخته‌ایم. اما این وسیله چه کاری انجام می‌دهد؟

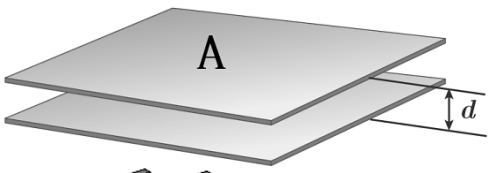


کاربرد خازن: خازن می‌تواند **بار** و **انرژی الکتریکی** را در خود ذخیره کند. (حفظ کنید!)

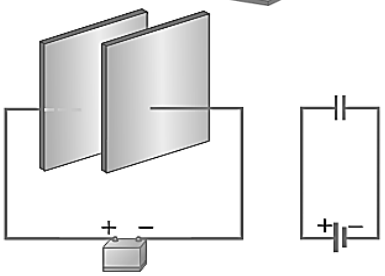
خازن بارهای الکتریکی را در دو جسم رسانای خود (که به آن‌ها صفحات خازن می‌گوییم) ذخیره می‌کند؛ و انرژی الکتریکی نیز در میدان الکتریکی میان صفحات خازن ذخیره می‌شوند.

تصویر یک خازن

تفاوت باتری و خازن: وقتی می‌گوییم که خازن، بار و انرژی الکتریکی را ذخیره می‌کند، یعنی قرار است که در جایی از این اقلامِ ذخیره‌شده استفاده کند و آن‌ها را مصرف کند. مثلاً می‌توانیم قلاش دوربین عکاسی را به وسیلهٔ خازن، برای مدت کوتاهی روشن کنیم. اما بعد از مصرفِ بارهای خازن، لامپ فوراً خاموش می‌شود. این سوال پیش می‌آید که چرا از باتری برای روشن کردن لامپ استفاده نکردیم؟ یکی از تفاوت‌های مهم میان باتری و خازن این است که **باتری، انرژی را با آهنگ نسبتاً کمی به مدار می‌دهد** که این آهنگ، برای گسیل نور از فلاش دوربین بسیار کم است، اما **خازن می‌تواند انرژی را با آهنگ بسیار زیاد به مدار بدهد** که برای به کار انداختن فلاش مناسب است.

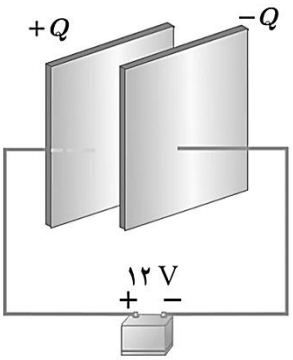


از میان انواع خازن، ما با خازنی به نام **خازن تخت** سروکار داریم که مانند شکل مقابل، شامل دو صفحهٔ رسانای موازی با مساحت A است که به فاصلهٔ d از هم قرار گرفته‌اند.



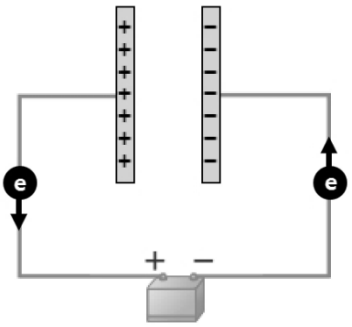
- نمادی که برای نشان دادن **خازن** در مدار به کار می‌بریم ⊣⊢ است که از شکل خازن تخت گرفته شده است اما برای نشان دادن هر نوع خازنی استفاده می‌شود.
- نماد **باتری** نیز در مدار ⊣|+ است. (خط بلندتر قطب مثبت و خط کوتاه‌تر قطب منفی)

❋ شارژ کردن خازن



به عمل ذخیره کردن بارها در صفحات خازن، **شارژ** یا **باردار کردن** خازن گفته می‌شود.

برای این منظور کافیست که دو صفحهٔ رسانای خازن را به دو پایانهٔ باتری متصل کنیم. بدین صورت، صفحه‌ای که به پایانهٔ مثبت باتری وصل شده، دارای بار مثبت و صفحه‌ای که به پایانهٔ منفیِ باتری وصل شده، دارای بار منفی می‌شود.



اگر بخواهیم دقیقتر توضیح دهیم، قطب مثبت باتری، الکترون‌ها را از صفحه‌ای که به آن وصل است جذب می‌کند و آن صفحه دارای بار مثبت می‌شود؛ سپس باتری، همان الکترون‌ها را به صفحهٔ دیگر منتقل می‌کند و آن صفحه به همان اندازه دارای بار منفی می‌شود. بدین ترتیب، صفحه‌ها دارای بارهای هم‌اندازه اما ناهمنام می‌شوند و میان آن‌ها اختلاف پتانسیل پدید می‌آید.

❖ **اختلاف پتانسیل خازن (V):** شارش بار میان باتری و خازن تا هنگامی ادامه می‌یابد که اختلاف پتانسیل میان دو صفحهٔ خازن با اختلاف پتانسیل باتری یکسان شود. لذا همیشه **اختلاف پتانسیل میان صفحات خازن، برابر اختلاف پتانسیل باتری‌ای است که به آن متصل شده است.** پس اگر باتری دیگری با اختلاف پتانسیل متفاوت به همین خازن متصل شود، خازن نیز اختلاف پتانسیل باتریِ جدید را به خود می‌گیرد. البته هر خازن، مانند دیگر وسایل الکتریکی، توانایی تحمل حد مشخصی از ولتاژ (V_{max}) را دارد که اگر از این حد بیشتر شود آسیب می‌بیند. لذا یکی از مشخصات حک شده روی بدنهٔ خازن، ولتاژ مجاز آن است. همچنین توجه داشته باشید که اختلاف پتانسیلِ خازن را به جای ΔV با V نشان می‌دهند که همانند ولتاژ باتری، همواره مثبت است.

❖ **بار صفحات خازن (Q):** وقتی خازن باردار می‌شود، صفحه‌های آن دارای بارهای با بزرگی یکسان، ولی با علامت مخالف می‌شود، که آن‌ها را با $+Q$ و $-Q$ نشان می‌دهیم. اما توجه کنید که بار خازن را به‌صورت Q نشان می‌دهند که همان بار صفحهٔ مثبت است. هنگامی که خازن از باتری جدا می‌شود، دیگری بارها نمی‌توانند جابه‌جا شوند، لذا **مقدار بار روی صفحات خازن، در هنگام جدا بودن از باتری ثابت باقی می‌ماند.**

❋ ظرفیت خازن (C)

بین بار خازن (Q) و اختلاف پتانسیل آن (V) رابطهٔ جالب و مهمی وجود دارد! آن‌ها **با یکدیگر متناسبند؛** مثلاً اگر یکی دو برابر شود، دیگری نیز دو برابر می‌شود. لذا نسبت بار خازن به اختلاف پتانسیل آن، یعنی: $\frac{Q}{V}$ همواره مقدار ثابتی است که به اندازهٔ بار و اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ خازن بستگی ندارد. (یعنی Q و V هر مقداری داشته باشند، باز هم نسبت آن‌ها تغییری نمی‌کند و ثابت می‌ماند). به این نسبت، **ظرفیت خازن** می‌گویند و آن را با C نشان می‌دهند.

$$C = \frac{Q}{V} \quad \text{یکا در SI} \longrightarrow \frac{\text{کولن } C}{\text{ولت } V} = \text{فاراد } F$$

➜ یکای ظرفیت، کولن بر ولت ($\frac{C}{V}$) است که به پاس خدمات مایکل فاراده، **فاراد** (F) نامیده شده است.

❖ نکتهٔ مهم در حل مسائل مفهومی خازن ❖

تغییرات Q ، V و C نسبت به هم

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

در **حالت عادی**، با تغییر Q یا V، دیگری نیز به همان نسبت تغییر می‌کند تا مقدار C ثابت بماند.

یعنی: با تغییر Q و V، مقدار C **تغییر نمی‌کند.**

اما دو حالت خاص نیز وجود دارد. یعنی حالاتی که Q یا V ثابت نگه داشته می‌شوند تا متناسب با هم تغییر نکنند:

- **حالت اول:** اگر خازن به باتری متصل باشد، **V ثابت** می‌ماند ← با افزایش Q ، مقدار C زیاد می‌شود (وبالعکس). $\uparrow C=\frac{\uparrow Q}{(V)}$
- **حالت دوم:** اگر خازن از باتری جدا باشد، **Q ثابت** می‌ماند ← با افزایش V ، مقدار C کم می‌شود (وبالعکس). $\downarrow C=\frac{(Q)}{\uparrow V}$

نکته: ظرفیت خازن با تغییر در ساختار(ساختمان) خازن عوض می‌شود. اما رابطه‌ای که تا اینجا آموختیم به این تغییرات نمی‌پردازد.

کتاب درسی **مثال ۱-۱۵** ← اهمیت این مثال در تشخیص این نکته است که در حالت عادی با تغییر V ، ظرفیت خازن (C) ثابت می‌ماند.

مثال ۴۰ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۲۴): اگر ساختمان یک خازن را تغییر ندهیم، در هریک از شرایط زیر ظرفیت خازن چگونه تغییر می‌کند؟ **الف)** بار آن دو برابر شود.

ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه‌های آن سه برابر شود.

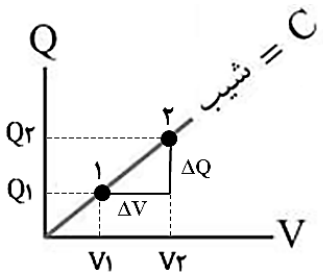
توضیح) .....

نکته: اگر مقدار بار و اختلاف پتانسیل یک خازن تغییر کند و از « Q_1 و V_1 » به « Q_2 و V_2 » برسد، چون ظرفیت خازن (C) ثابت می‌ماند، می‌توانیم این رابطه را برای خازن بنویسیم:

$$C=\frac{\Delta Q}{\Delta V}=\frac{Q_2-Q_1}{V_2-V_1}$$

بیشتر بدانیم: این رابطه از کجا آمده است؟ ازرابطهٔ $C=Q/V$ به رابطهٔ $Q=CV$ می‌رسیم که همانند تابع $y = ax$ یک نمودار با خط راست و شیب ثابت C است که از مبدأ می‌گذرد. این نمودار که در شکل زیر نشان داده شده است، نشان می‌دهد که اگر خازن از حالت ۱ به حالت ۲ تغییر کند، می‌توان با استفاده از تعریف شیب (تغییرات عمودی نسبت به تغییرات افقی) رابطه‌ای را برای محاسبهٔ کمیت‌های خازن ارائه داد که در حل برخی مسائل مفید باشد. هرچند که بدون این رابطه نیز می‌توان مسائل مربوط به این حالت را حل کرد (مانند مثال۴۱).

توجه: توجه کنید که V_1 و V_2 در این رابطه، اختلاف پتانسیل خازن در نقاط ۱ و ۲ هستند.یعنی همان ΔV_1 و ΔV_2 هستند. لذا منظور از ΔV در این رابطه، $\Delta V_2-\Delta V_1$ است که طبق قرارداد، V_2-V_1 نوشته می‌شود.



$$\text{شیب} = C=\frac{Q}{V}=\frac{\Delta Q}{\Delta V}=\frac{Q_2-Q_1}{V_2-V_1}$$ (شیب ثابت)

مثال ۴۱ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۲۵): اختلاف پتانسیل میان دو صفحهٔ یک خازن را از ۲۸ ولت به ۴۰ ولت افزایش می‌دهیم. اگر با این کار ۱۵ میکرو کولن بر بار ذخیره شده در خازن افزوده شود، ظرفیت خازن را حساب کنید.

راه حل اول: *این مسئله می‌گوید که V و Q در یک خازن تغییر کرده و زیاد شده است. اما ما می‌دانیم که در این حالت C ثابت باقی می‌ماند. پس از همین نکته برای حل مسئله استفاده می‌کنیم.*

راه حل دوم: *از نکتهٔ صفحهٔ قبل استفاده می‌کنیم.*

بخش۱۱: خازنِ با دی‌الکتریک

تا اینجا دربارهٔ عواملی که ظرفیت یک خازن را تعیین می‌کنند صحبت نکردیم. این عوامل، در کارخانهٔ سازندهٔ خازن مورد استفاده قرار می‌گیرند تا یک خازن با ظرفیت مشخص ساخته شود. در واقع، آنچه ظرفیت یک خازن را تعیین می‌کند، ویژگی‌های ساختاری خازن است که عبارتند از: **ویژگی‌های هندسی** و **جنس عایق بین صفحات خازن**. براین‌اساس، ظرفیت خازن تخت از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$C = \kappa \varepsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{\text{رابطهٔ مقایسه‌ای}} \frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2}$$

A: مساحت صفحهٔ خازن (m^2) | **d**: فاصلهٔ میان دو صفحه (m) | ε_0: ضریب گذردهی الکتریکی خلاء(F/m) | **κ**: ثابت دی‌الکتریک

از کمیت‌های این رابطه، A و d را می‌شناسیم اما ε_0 و **κ** چه هستند؟

ضریب گذردهی الکتریکی خلاء (ε_0): تلفظ آن «اِپسیلن صفر» و همواره یک مقدار ثابت است که برابر است با: $8/85 \times 10^{-12}$ F/m (نیازی به حفظ کردن ندارد.)

تمرین: با توجه به اینکه ثابت دی‌الکتریک بدون یکا است، یکای ضریب گذردهی الکتریکی خلاء را پیدا کنید.

$$C = \kappa \varepsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow \varepsilon_0 = \frac{Cd}{\kappa A} \Rightarrow$$ **یکای ε_0 :** .....

** جهت مشاوره تحصیلی رایگان و پرسیدن سوالات خود با مشاوران سایت ارتباط بگیرید**