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.

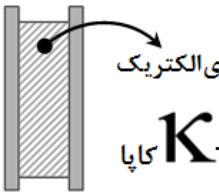
$$C = \kappa \varepsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow \varepsilon_0 = \frac{Cd}{\kappa A} \Rightarrow$$ **یکای ε_0 :** .....

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

ثابت دی‌الکتریک (κ)

به ماده‌ای عایق (مانند کاغذ یا پلاستیک) که فضای خالی میان صفحه‌های یک خازن را پر می‌کند، **دی الکتریک** گفته می‌شود. هر مادهٔ دی‌الکتریک، بسته به جنسی که دارد، دارای یک ضریب بدون یکا است که با **κ** (کاپا) نمایش داده می‌شود.

خازن با دی‌الکتریک



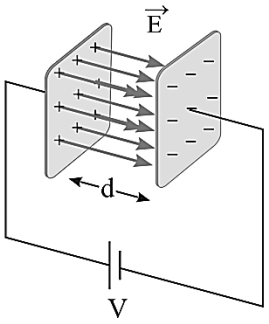
$\kappa_{(\text{هوا - خلاء})} = 1$ $\quad$ $\kappa_{\text{سایر مواد}} > 1$

نکتهٔ مهم: **κ** برای خلاء و هوا برابر ۱ ، و برای سایر مواد بیشتر از ۱ است.

با توجه به رابطهٔ $C = \kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}$ ، ثابت دی‌الکتریک نسبت مستقیم با ظرفیت خازن دارد و آن را **κ** برابر می‌کند. لذا گذاشتن هر دی‌الکتریکی در فضای خالی میان صفحه‌های خازن (که شامل هوا یا خلاء است) ، ظرفیت خازن را **افزایش** می‌دهد؛ و بالعکس برداشتن دی‌الکتریک خازن، باعث **کاهش** ظرفیت خازن می‌گردد.

نکته: طبق رابطهٔ $C = \kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d}$ ، مساحت(A) و **κ** نسبت مستقیم با ظرفیت خازن (C) دارند اما فاصلهٔ صفحات خازن (d) نسبت عکس با ظرفیت خازن دارد. مثلاً اگر فاصلهٔ صفحات خازن زیاد شود، ظرفیت خازن کم می‌شود (و بالعکس).

نکته: رابطهٔ مفید در بحث خازن: میان دو صفحهٔ خازن، یک میدان الکتریکی یکنواخت وجود دارد، پس با توجه به آن‌چه پیش از این خواندیم، میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ خازن برابر است با:



$$E = \frac{V}{d} \longrightarrow V = Ed$$

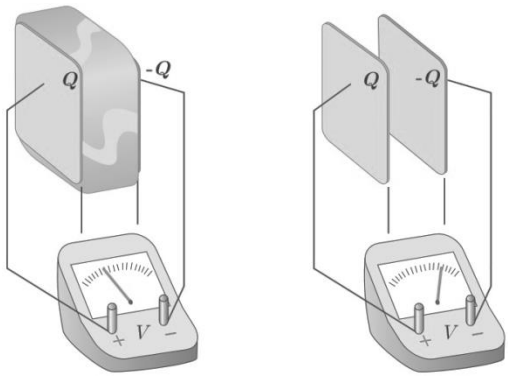
میدان الکتریکی(N/C)

مثلاً: طبق این رابطه، اگر V ثابت باشد و فاصلهٔ بین صفحات خازن(d) را افزایش دهیم، میدان(E) کاهش می‌یابد.

❖ برای پاسخگویی به سوالات مفهومی بحث خازن، باید این رابطه‌ها و نکات را هم‌زمان در نظر داشته باشید❖

وقتی باتری به خازن وصل است، **V** ثابت است $\quad V = Ed \quad C = \kappa\varepsilon_{\circ}\frac{A}{d} \quad C = \frac{Q}{V}$ وقتی باتری از خازن جدا است، **Q** ثابت است

پرسش ۱– ۶ کتاب درسی در شکل زیر صفحه‌های باردار یک خازن تخت را که بین آنها هواست، به ولت‌سنج وصل می‌کنیم. با وارد کردن دی‌الکتریک در بین صفحه‌ها، اختلاف پتانسیل دو صفحه کاهش می‌یابد. علت آن را توضیح دهید.



مثال ۴۲ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۲۹): یک خازن تخت به یک باتری بسته شده است تا باردار شود. پس از مدتی، درحالی که باتری همچنان به خازن متصل است، فاصلهٔ بین صفحه‌های خازن را دو برابر می‌کنیم. کدام‌یک از موارد زیر درست است؟

الف) میدان الکتریکی میان صفحه ها نصف می‌شود.
ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه ها نصف می‌شود.
پ) ظرفیت خازن دو برابر می شود.
ت) بار روی صفحه‌ها تغییر نمی‌کند.

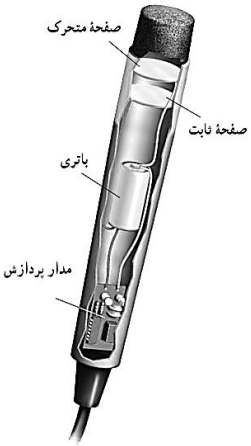
توضیح الف) .....
توضیح ب) .....
توضیح پ) .....
توضیح ت) .....

کتاب درسی ○ **مثال ۱- ۱۶** ← محاسبهٔ تغییر ظرفیت خازن (ΔC) در اثر تغییر فاصلهٔ دو صفحهٔ خازن.

مثال ۴۳ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۲۸): ظرفیت یک خازن تخت با فاصله صفحات ۱ mm که بین صفحه‌های آن هوا قرار دارد ۱ F است. مساحت صفحه‌های این خازن چقدر است؟ از این مسئله چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

مثال ۴۴ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۳۰): مساحت هریک از صفحه‌های خازن تختی، $1\ m^2$ و فاصلهٔ دو صفحه از هم ۰/۵ mm است. عایقی با ثابت دی‌الکتریک ۴/۹ بین دو صفحه قرار داده شده است. ظرفیت خازن را تعیین کنید.

* کاربرد عملی خازن

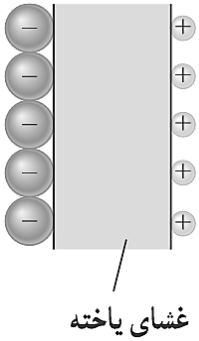


طبق رابطهٔ $C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d}$ اگر فاصلهٔ بین صفحات خازن تغییر کند، ظرفیت خازن نیز تغییر می‌کند. از همین واکنش ساده، ابزارهای کارامدی تولید شده است. مثلاً میکروفون‌های خازنی، در قسمت بالایی خود دارای خازنی هستند که یکی از صفحه‌های آن ثابت و دیگری متحرک است. به صفحهٔ متحرک، دیافراگم میکروفون می‌گویند. این صفحه با دریافت امواج صوتی، مرتعش می‌شود و در نتیجه فاصلهٔ صفحه‌ها و ظرفیت خازن تغییر می‌کند. مدار پردازش میکروفون، این تغییر ظرفیت خازن را به صورت سیگنال الکتریکی دریافت می‌کند و از این طریق مشخصات صوت(صدا) را تشخیص می‌دهد.

فعالیت ۱– ۱۰ کتاب درسی در حسگر کیسهٔ هـوای برخی از خـودروها از یک خـازن استفاده می‌شود. دربارهٔ چگونگی عملکرد این حسگرها تحقیق کنید.

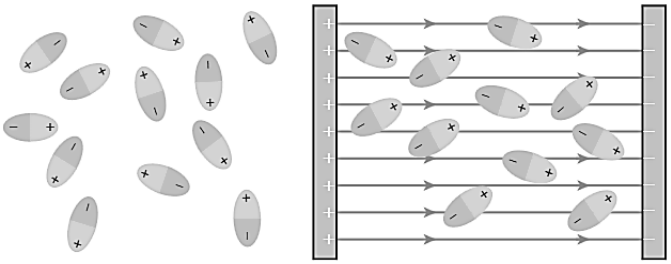
پاسخ: در حسگر کیسهٔ هوا، خازنی وجود دارد که یکی از صفحه‌های آن (صفحهٔ عقبی) متحرک است. وقتی اتوموبیل ناگهان متوقف می‌شود، این صفحهٔ عقبی که سبک‌تر است به سمت صفحهٔ سنگین‌تر جلویی حرکت می‌کند. این حرکت موجب کاهش فاصلهٔ دو صفحه و افزایش ظرفیت خازن می‌شود. یک مدار پردازش این تغییر را شناسایی کرده و کیسهٔ هوا را باز می‌کند.

تمرین ۱– ۱۲ کتاب درسی یـک یاختهٔ عصبی(نورون) را می‌توان با یک خـازن تخت مدل‌سازی کرد، به‌طوری که غشای سلول به عنوان دی‌الکتریک و یون‌های باردار با علامت مخالف که در دو طرف غشا هستند به عنوان بارهای روی صفحه‌های خازن عمل کنند (شکل مقابل). ظرفیت یک سلول عصبی و تعداد یون‌های لازم (با فرض آنکه هر یون، یک بارِ یونیده باشد)، برای آنکه یک اختلاف پتانسیل ۸۵ mV ایجاد شود چقدر است؟ فرض کنید غشا دارای ثابت دی‌الکتریک $\kappa=3$ ، ضخامت ۱۰ nm و مساحت سطح $1\times10^{-10}\ m^2$ است.

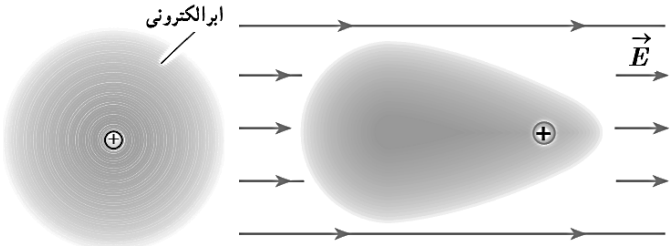


* رفتار دی‌الکتریک در میدان الکتریکی خازن

دی‌الکتریک‌ها دو نوع‌اند: قطبی و غیر قطبی.



دی الکتریک‌های قطبی: (مانند: آب، NH_3 و HCl **).** مولکول‌های این دی‌الکتریک‌ها حالت دو قطبی دارند. در نبود میدان الکتریکی، سمت‌گیری این مولکول‌ها نامنظم است (هرکدام به سویی هستند)، اما وقتی در میدان الکتریکی خازن قرار می‌گیرند، سر منفی آن‌ها به سمت صفحهٔ مثبت و سر مثبت آن‌ها به سمت صفحهٔ منفی خازن کشیده می‌شود و بدین صورت، منظم و همسو با میدان خازن می‌شوند.



دی الکتریک‌های غیر قطبی: (مانند: متان، بنزن و ... **).** مولکول‌های این دی‌الکتریک به صورت عادی قطبی نیستند اما اگر در میدان الکتریکی خازن قرار بگیرند، قطبیده می‌شوند. بدین صورت که ابر الکترونی مولکول‌های دی‌الکتریک (که بار منفی دارند) در خلاف جهت میدان (به سوی قطب مثبت) کشیده و جابه‌جا می‌شوند و بدین‌ترتیب، مرکز بارهای مثبت و منفی مولکول از هم جدا شده و اصطلاحاً مولکول‌ها قطبیده می‌شوند.

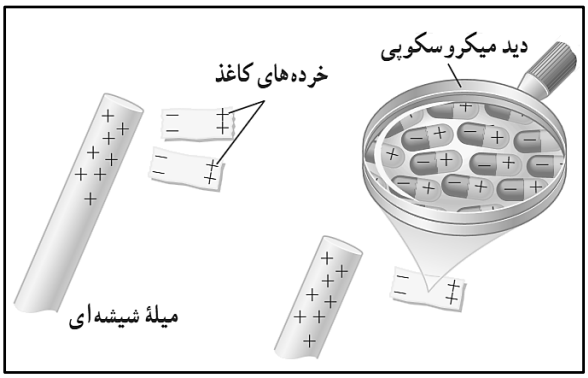
** جهت مشاوره تحصیلی رایگان و پرسیدن سوالات خود با مشاوران سایت ارتباط بگیرید**

نکته: رفتاری که مولکول‌های دی‌الکتریک (قطبی یا غیر قطبی) در میدان الکتریکیِ بین صفحه‌های خازن از خود نشان می‌دهند، سبب **افزایش ظرفیت خازن** می‌شود. (به یاد داشته باشید که هر نوع دی‌الکتریکی باعث افزایش ظرفیت خازن می‌شود.)

مثال ۴۵ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۲۶): بادکنک باردار شکل زیر را به آب نزدیک کرده‌ایم. توضیح دهید چرا آب به‌جای اینکه به‌طور قائم فرو ریزد، خمیده می‌شود؟

پاسخ: ملکول‌های آب از نوع قطبی هستند، لذا مولکول‌های آن در میدان الکتریکی بادکنک، آرایش جدیدی می‌گیرند به‌طوری که مثلاً اگر بار بادکنک منفی باشد، سر مثبت مولکول‌های دو قطبی آب در برابر آن قرار می‌گیرد و سر دیگر دور می‌شود. از آنجا که بارهای ناهمنام در این شرایط نسبت به بارهای همنام، فاصلهٔ کمتری از هم دارند، نیروی جاذبه قوی‌تر از دافعه است و باریکهٔ آب به سوی بادکنک منحرف می‌شود.

مثال ۴۶ (مسائل پایانی فصل ـ مسئلهٔ ۲۷): با توجه به شکل زیر توضیح دهید چرا یک میلهٔ باردار، خرده‌های کاغذ را می‌رباید؟



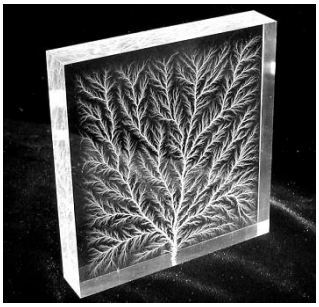
پاسخ: ملکول‌های غیر قطبی موجود در کاغذ، وقتی در میدان الکتریکی میلهٔ باردار قرار می‌گیرند، قطبیده می‌شوند و مرکز بارهای مثبت و منفی آن‌ها از هم جدا می‌شوند، به‌طوری که سر منفی آن‌ها در این مثال در مقابل بار مثبت میلهٔ شیشه‌ای قرار می‌گیرد و بدین ترتیب جذب آن می‌شوند.

* فروریزش الکتریکی

دانستیم که دی‌الکتریک‌ها باعث افزایش ظرفیت خازن می‌شوند، اما اثر دیگر حضور دی‌الکتریک‌ها در خازن، **افزایش حداکثر ولتاژ قابل تحمل خازن** است. یعنی اختلاف پتانسیل بیشینه‌ای که خازن در آن می‌سوزد (V_{max})، با گذاشتن دی‌الکتریک بیشتر می‌شود. اگر به خازن بیش از حد تحملش ولتاژ بدهیم، پدیده‌ای به نام **فروریزش** یا **شکست** در آن اتفاق می‌افتد.

$$V_{max} = E_{max}\, d$$

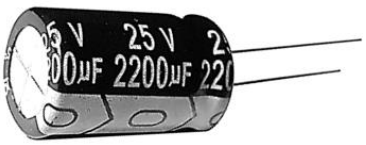
فروریزش الکتریکی: اگر اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ یک خازن را به اندازهٔ کافی زیاد کنیم، تعدادی از الکترون‌های اتم‌های مادهٔ دی‌الکتریک، توسط میدان الکتریکیِ ایجاد شده بین دو صفحه، کنده می‌شوند و مسیرهایی رسانا درون دی‌الکتریک ایجاد می‌شود که سبب تخلیهٔ خازن می‌گردد. به این پدیده، **فروریزش الکتریکی** می‌گویند.



تشکیل مسیرهای رسانشی سرخسی شکل (نقش‌های لیچنبرگ) در دی‌الکتریک به دلیل فروریزش الکتریکی.

← فروریزش الکتریکی معمولاً با جرقه همراه است و در بیشتر مواقع، خازن را می‌سوزاند.

نکته: به دلیل اهمیت این موضوع، بر روی بدنهٔ خازن‌ها دو ویژگی مشخص شده‌اند:



۱- اختلاف پتانسیل بیشینهٔ قابل تحمل خازن

۲- ظرفیت خازن