

فعالیت ۳۳



با توجه به مثال‌های ۱۲-۲ و ۱۳-۲ تعیین کنید که علامت و مقدار تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی در یک جابه‌جایی معین در یک میدان الکتریکی یکنواخت و ثابت به چه عواملی بستگی دارد؟
پاسخ: علامت آن به سوی جابه‌جایی و نوع بار و مقدار آن با ثابت بودن E و d به مقدار q بستگی دارد. هرچه بار جابه‌جا شده بزرگتر باشد کار انجام شده برای آن و در نتیجه تغییر انرژی پتانسیل آن نیز بزرگ‌تر است.

از دانش‌آموزان می‌خواهیم آن‌چه از مفهوم اختلاف پتانسیل الکتریکی در کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه به خاطر دارند بیان کنند و اشاره می‌کنیم که در آن کتاب از این مفهوم به عنوان عامل شارش بار یاد شده است و با طرح یک پرسش به تدریس ادامه می‌دهیم:

با توجه به این که وقتی ذره‌ی باردار در میدان الکتریکی رها شود، جابه‌جا می‌شود (یعنی شارش می‌کند) و در این جابه‌جایی انرژی پتانسیل الکتریکی‌اش تغییر می‌کند، آیا می‌توان ارتباطی بین اختلاف پتانسیل الکتریکی و تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی ذره‌ی باردار برقرار کرد؟

سپس تعریف اختلاف پتانسیل الکتریکی را بیان می‌کنیم، رابطه‌ی ریاضی آن را می‌نویسیم و ضمن معرفی یکاهای کمیت‌های آن رابطه یادآور می‌شویم که همه‌ی کمیت‌های رابطه‌ی $\Delta v = \frac{\Delta u}{q}$ زنده‌ای هستند و می‌توانند مثبت یا منفی باشند و در این رابطه مقدار q حتماً با علامت آن جایگزین می‌شود.

آن بار الکتریکی صرف می‌شود.

(۱۳-۲)
 $\Delta U = W$
 اگر کاری که ما برای جابه‌جایی بار الکتریکی (با سرعت ثابت) انجام می‌دهیم مثبت باشد ($W > 0$)، انرژی پتانسیل بار، افزایش می‌یابد؛ یعنی، $\Delta U > 0$ و $U_2 > U_1$ می‌شود. در صورتی که کار انجام شده توسط ما منفی باشد ($W < 0$)، انرژی پتانسیل بار الکتریکی کاهش می‌یابد؛ یعنی، $\Delta U < 0$ و $U_2 < U_1$ است.

۹-۲-۱ اختلاف پتانسیل الکتریکی

در بخش ۸-۲ دیدیم که بار الکتریکی در میدان الکتریکی، دارای انرژی پتانسیل الکتریکی است. در یک نقطه‌ی میدان، اندازه‌ی انرژی پتانسیل الکتریکی باری واقع در آن نقطه، به اندازه‌ی بار الکتریکی بستگی دارد. هرچه اندازه‌ی بار الکتریکی بیش‌تر باشد، انرژی پتانسیل الکتریکی آن نیز بیش‌تر می‌شود. در بحث الکتریسته، معمولاً به‌غیر از انرژی پتانسیل، مفهوم دیگری نیز تعریف می‌شود که کاربرد عملی آن بیش‌تر است و به آن پتانسیل الکتریکی می‌گویند. با این کمیت در کتاب فیزیک ۱ و آزمایشگاه آشنا شدیم و دیدیم که اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو نقطه عامل شارش بار الکتریکی بین آن دو نقطه است. همچنین، در همان کتاب دیدیم که اگر دو ظرف آب به یک‌دیگر مربوط شوند، آب از ظرفی که انرژی پتانسیل گرانشی بکافی جرم آن بیش‌تر است، به ظرف دیگر شارش می‌کند. در الکتریسته نیز عامل شارش بار الکتریکی به کمک اختلاف انرژی پتانسیل الکتریکی بار در دو نقطه به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه، برابر تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بکافی بار الکتریکی مثبت است، وقتی یکای بار از نقطه‌ی اول تا نقطه‌ی دوم جابه‌جا می‌شود. بنابراین، اگر انرژی پتانسیل الکتریکی بار مثبت q در یک نقطه‌ی میدان برابر U_1 و در نقطه‌ی دیگر برابر U_2 باشد، اختلاف پتانسیل الکتریکی بین این دو نقطه، که با نماد Δv نشان داده می‌شود، از رابطه‌ی ۱۴-۲ به‌دست می‌آید:

$$\Delta v = v_2 - v_1 \quad \text{و} \quad \Delta U = U_2 - U_1$$

با توجه به تعریف اختلاف پتانسیل الکتریکی، داریم:

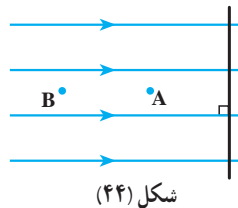
$$\Delta v = \frac{\Delta U}{q} \quad (14-2)$$

در این رابطه، U بر حسب ژول (J)، q بر حسب کولن (C) و v بر حسب ولت (V) است.

فعالیت ۳۴



در میدان الکتریکی یکنواختی مطابق شکل زیر بار q از A تا B جابه‌جا می‌شود علامت ΔU و Δv را تعیین کنید هرگاه الف) q مثبت و ب) q منفی باشد.



شکل (۴۴)

پاسخ: با توجه به مثال‌های ۲-۱۲ و ۲-۱۳ برای بار $+q$ وقتی جابه‌جایی در خلاف جهت میدان باشد انرژی پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد و $\Delta v > 0$ است.

$$\left. \begin{array}{l} \Delta U > 0 \\ q > 0 \\ \Delta v = \frac{\Delta U}{q} \end{array} \right\} \Rightarrow \Delta v > 0$$

و برای بار $-q$ وقتی جابه‌جایی در خلاف جهت میدان باشد $\Delta U < 0$ می‌شود اما باز هم $\Delta v > 0$ است. بنابراین اختلاف پتانسیل الکتریکی بین نقاط A و B ربطی به میزان و نوع باری که بین آن‌ها جابه‌جا می‌شود ندارد.

در بخش ۸-۲ دیدیم که اگر بار الکتریکی مثبت در جهت میدان الکتریکی حرکت کند، انرژی پتانسیل الکتریکی آن کاهش می‌یابد. تغییر پتانسیل الکتریکی به تعبیر انرژی پتانسیل الکتریکی بستگی دارد (رابطه‌ی ۱۴-۲: بنابراین، نتیجه می‌گیریم که هرگاه بار الکتریکی مثبت در جهت میدان الکتریکی جابه‌جا شود، از پتانسیل الکتریکی بیش‌تر به پتانسیل الکتریکی کم‌تر رفته است. نسا یا انواع پیل (قوة) که در وسیله‌های الکتریکی نظیر چراغ قوه یا رادیو از آن‌ها استفاده می‌شود و نیز با باتری خودرو آشنایی دارید. پیل‌ها معمولاً ۱/۵ ولت، ۴/۵ ولت یا ۹ ولت می‌اند. باتری خودروهای سواری معمولاً ۱۲ ولت و باتری کامیون‌ها ۲۴ ولت یا بیش‌ترند. هر پیل با باتری دوپایانه دارد که یکی مثبت و دیگری منفی است. وقتی می‌گوییم باتری خودرو ۱۲ ولت است، یعنی اختلاف پتانسیل الکتریکی بین پایانه‌های منفی و مثبت آن برابر ۱۲ ولت است. اگر پتانسیل پایانه‌ی منفی را با V_- و پتانسیل پایانه‌ی مثبت را با V_+ نشان دهیم، داریم:

$$\Delta V = V_+ - V_- = 12V$$

$$V_- = 12 + V_+$$

بنابراین، پتانسیل پایانه‌ی مثبت به اندازه‌ی ۱۲ ولت از پتانسیل پایانه‌ی منفی آن بیش‌تر است. مثلاً اگر پتانسیل پایانه‌ی منفی را برابر $-2V$ یا $+27V$ فرض کنیم، پتانسیل پایانه‌ی مثبت به ترتیب برابر $+8V$ یا $+16V$ خواهد شد. ممکن است پتانسیل پایانه‌ی منفی را برابر صفر بگیریم، در این صورت، پتانسیل پایانه‌ی مثبت برابر $+12V$ می‌شود. معمولاً (به‌خصوص در مهندسی برق) پتانسیل زمین را برابر صفر می‌گیرند و پتانسیل نقطه‌های دیگر را نسبت به زمین می‌سنجند. در این صورت، پتانسیل هر جسم رسانا که به زمین وصل شود، برابر صفر می‌شود. مثلاً اگر پایانه‌ی منفی باتری را به زمین وصل کنیم، پتانسیل پایانه‌ی مثبت آن برابر $+12$ ولت می‌شود. در هر حال، نکته‌ی مهم، اختلاف پتانسیل بین دو نقطه است که در محاسبات وارد می‌شود.

تمرین ۲-۷

اگر پایانه‌ی مثبت یک باتری ۱۲ ولت را به زمین وصل کنیم، پتانسیل پایانه‌ی منفی آن چند ولت خواهد بود؟

مثال ۳-۱۴

اختلاف پتانسیل الکتریکی پایانه‌های باتری یک خودرو برابر ۱۲۷ است. اگر

برای درک بهتر مفهوم اختلاف پتانسیل الکتریکی و ارتباط آن با مفهوم پتانسیل الکتریکی می‌توانیم از اختلاف پتانسیل گرانشی مثال بزنیم:

فعالیت ۳۵



پروین دختر عمومی علی است و منزل آن‌ها در یک برج مسکونی است. مادر بزرگ آن‌ها از علی می‌پرسد که منزل آن‌ها در طبقه‌ی چندم است و علی پاسخ می‌دهد که منزلشان سه طبقه بالاتر از منزل پروین است. مادر بزرگ می‌گوید یعنی اگر منزل پروین در طبقه‌ی همکف باشد خانه‌ی شما در طبقه‌ی سوم است. علی می‌گوید منزل پروین در طبقه‌ی پنجم است و مادر بزرگ می‌گوید پس منزل شما در طبقه‌ی هشتم. مادر بزرگ می‌پرسد: علی اگر منزل شما در طبقه‌ی همکف باشد منزل پروین در کدام طبقه است؟

پاسخ: طبقه‌ی ۳-

پایانه‌ی مثبت به زمین وصل باشد یعنی پتانسیل الکتریکی آن صفر باشد آنگاه پتانسیل الکتریکی پایانه‌ی منفی ۱۲ ولت از صفر کمتر و یعنی ۱۲- ولت خواهد بود.

مثال: هرگاه برای بردن بار الکتریکی $q = 0/2C$ از نقطه‌ی A به B مقدار $40J$ انرژی صرف شده باشد. الف) اختلاف پتانسیل الکتریکی نقطه B نسبت به A چقدر است؟ ب) برای جابه‌جایی بار $q' = -0/5C$ چند ژول انرژی صرف می‌شود؟

$$q = 0/2C$$

پاسخ: الف)

$$v_B - v_A = \frac{\Delta U}{q}$$

$$\Delta U = 40J$$

$$v_B - v_A = \frac{40}{0/2} = 200V$$

$$v_B - v_A = ?$$

$$q' = -0/5C$$

ب)

$$\Delta U' = ?$$

$$200 = \frac{\Delta U'}{-0/5} \Rightarrow \Delta U' = -100J$$

یعنی $100J$ انرژی آزاد می‌شود.

از دانش‌آموزان می‌خواهیم مثال ۱۴-۲ را در گروه خود

بررسی کنند و به تمرین ۷-۲ پاسخ دهند.

پاسخ تمرین ۷-۲:

$$\Delta U = -1/5 \times (-12) = 18J$$

یعنی انرژی پتانسیل الکتریکی آن به اندازه‌ی $18J$ افزایش

می‌یابد.

به این ترتیب وقتی اختلاف پتانسیل بین دو نقطه معلوم باشد و ما به هر یک از نقاط پتانسیلی نسبت دهیم، پتانسیل نقطه‌ی دیگر معلوم می‌شود.

از دانش‌آموزان می‌خواهیم متن صفحه‌ی ۸۰ کتاب درسی را مطالعه کنند و تمرین ۶-۲ را پاسخ دهند.

پاسخ تمرین ۶-۲:

$$\Delta v = v_+ - v_- = 12v \left. \begin{array}{l} v_+ = 0 \\ v_- = 0 \end{array} \right\} \Rightarrow v_- = v_+ - 12 = 0 - 12 = -12V$$

و یا می‌توان توضیح داد که می‌دانیم پتانسیل پایانه‌ی منفی

باتری ۱۲ ولت کم‌تر از پتانسیل پایانه‌ی مثبت آن است. اگر

بار الکتریکی $q = 1/5$ کول از پایانه‌ی مثبت تا منفی باتری جابه‌جا شده، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چه اندازه و چگونه تغییر می‌کند؟
حل: با استفاده از رابطه‌ی ۱۴-۲ داریم:

$$\Delta v = \frac{\Delta U}{q}$$

$$\Delta U = q \Delta v = q (v_- - v_+)$$

$$\Delta U = (1/5) \times (-12) = -18J$$

پس این انرژی پتانسیل الکتریکی این بار به اندازه‌ی $18J$ کاهش یافته است.

تمرین ۷-۲
اگر بار الکتریکی جابه‌جا شده در مثال ۱۴-۲ منفی باشد، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چه اندازه و چگونه تغییر می‌کند؟

۱۰-۲-۱-۳ خازن

خازن یک قطعه‌ی الکتریکی است که می‌تواند مقداری بار الکتریکی و انرژی الکتریکی را در خود ذخیره کند و هر زمان که لازم باشد آن را در مدار تخلیه کند. هر خازن از دو رسانا که به یک‌دیگر اتصال الکتریکی ندارند، تشکیل می‌شود.

خازن را به شکل‌های مختلف و برای مصرف‌های متفاوتی می‌سازند. در مدار لامپ‌های مهتابی (فلوروست) بلندگو، دکلوی ماشین، رادیو، تلویزیون، رایانه و ... از خازن استفاده می‌شود. برای آشنا شدن با چگونه عمل خازن در مدار، ساده‌ترین شکل خازن را بررسی می‌کنیم. به این خازن، خازن تخت یا مسطح گفته می‌شود. رساناهای خازن تخت، دو صفحه‌ی فلزی موازی یک‌دیگرند. به همین دلیل به این خازن، خازن یا صفحه‌های موازی نیز گفته می‌شود. خازن تخت را در مدارها با نماد $\parallel \text{---} \parallel$ نشان می‌دهیم.



شکل ۱۰-۲-۳ خازن تخت

فعالیت ۳۶



در مورد اندازه‌ی اختلاف پتانسیل‌های موجود در طبیعت و یا در وسایل خانگی روزمره خود تحقیق کنید و هر گروه حداقل ۵ مورد ارائه کند.

دانستنی



برخی مقادیر پتانسیل و اختلاف پتانسیل (بر حسب ولت)

5×10^7	ابرتندری با سطح زمین
10^7	مولد وان دوگراف
5×10^5	خط انتقال فشار قوی
2×10^5	در هسته‌ی اتم اورانیوم
2×10^5	منبع تغذیه لامپ پرتو X
10^5	منبع تغذیه لامپ تلویزیون
2×10^4	جرقه‌ی شمع خودرو
10^4	منبع تغذیه لامپ نئون
2×10^3	برق خانگی (ایران و اروپا)
۲۲۰	برق خانگی (آمریکا)
۱۱۵	در مدار اتم هیدروژن
۱۲	باتری خودرو
۱/۵	سلول خشک (پیل خشک)
۰/۶	تک سلول خورشیدی
۰/۰۹	پتانسیل دو سر غشای عصبی در حال استراحت
5×10^{-5}	تغییرات پتانسیل روی پوست

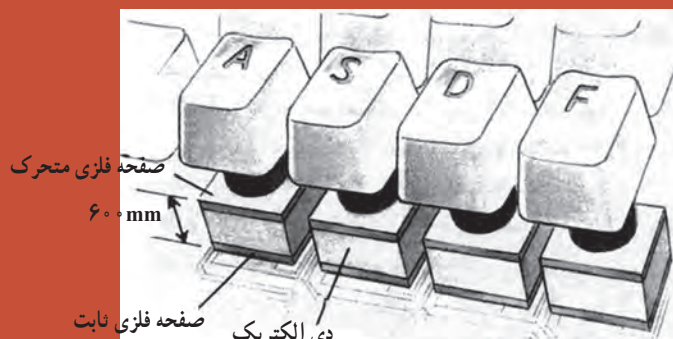
آیا تا به حال فکر کرده‌اید که چگونه با فشار دادن یک کلید کدام کمیت‌های فیزیکی در مدار الکترونیکی تغییر می‌کنند که موجب انتقال اطلاعات به رایانه می‌شوند؟ پس از مطالعه‌ی این فصل می‌توانیم چگونگی کارکرد صفحه کلید را بررسی کنیم.

۱۰-۲- خازن

ایجاد انگیزه: یک صفحه کلید (Keyboard) را به کلاس می‌بریم و با پرس‌وجو از مهارت‌های دانش‌آموزان در تایپ و... مطرح می‌کنیم که: یکی از ابزارهایی که در کار با رایانه از آن استفاده می‌کنیم صفحه کلید (Keyboard) است.

کاربرد خازن در صفحه کلید رایانه

در صفحه کلید، هر کلید به یک صفحه‌ی کوچک فلزی وصل است که در واقع یکی از دو صفحه‌ی خازن با صفحه‌های موازی است. با فشردن کلید فاصله‌ی دو صفحه‌ی خازن کم و ظرفیت آن زیاد می‌شود. مدار الکتریکی متصل به این کلید، تغییر ظرفیت و در نتیجه فشاردادن کلید را آشکار می‌کند. این تغییر موجب تغییر در کمیت‌های الکترونیکی مدار و در نتیجه انتقال اطلاعات می‌شود.



شکل (۴۵)

راهنمای تدریس: درس را با پرسش زیر آغاز می‌کنیم که هدف آن آشنا کردن دانش‌آموز با مفهوم ذخیره بار الکتریکی در یک جسم است.

فعالیت ۳۷



دو نی پلاستیکی نوشابه را با پارچه‌ای پشمی مالش می‌دهیم و آن دو را با دوتکه نخ که از وسط به آن‌ها وصل شده در دستانمان می‌گیریم. بانزدیک کردن دو نی به یکدیگر چه اتفاقی می‌افتد؟
پاسخ: نی‌ها در اثر مالش باردار شده و چون بارها همنام است یکدیگر را دفع می‌کنند.

پرسش: علت باردار شدن نی‌ها چیست؟ آیا بار تولید می‌شود؟

پاسخ: خیر، بار تولید نمی‌شود بلکه بر اثر مالش از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود و با مستقر شدن در آن باعث به هم خوردن تعادل بین تعداد بارهای مثبت و منفی در جسم شده و جسم باردار می‌شود.
بنابراین در یک جسم، بار الکتریکی می‌تواند ذخیره شود.

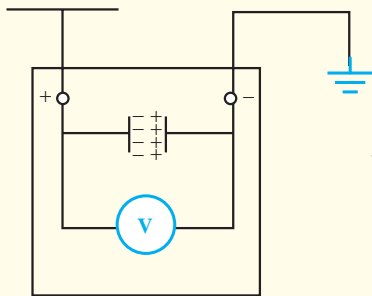
پرسش‌های زیر را به طور مرحله‌ای و روش پرسش و پاسخ در کلاس مطرح می‌کنیم.
 پرسش: پدیده‌ی استفاده از شانه‌ی باردار شده برای بلند کردن خرده‌های کاغذ را دیده‌اید. آیا شانه‌ی باردار را می‌توانیم به عنوان وسیله‌ای برای ذخیره کردن بار الکتریکی در نظر بگیریم؟
 پاسخ: بله

پرسش: آیا می‌توان مولدواندوگراف را به عنوان مخزن و انباری برای ذخیره کردن بارهای الکتریکی در نظر گرفت؟ چگونه می‌توان از ذخیره شدن بارهای الکتریکی در آن مطمئن شد.
 پاسخ: بله، با نزدیک کردن گلوله‌ای رسانا که بر روی پایه‌ی عایقی قرار دارد می‌توانیم پدیده‌ی تخلیه‌ی الکتریکی را که ناشی از حرکت بارهای ذخیره شده در واندوگراف در اثر نزدیک شدن گلوله است مشاهده کرد.

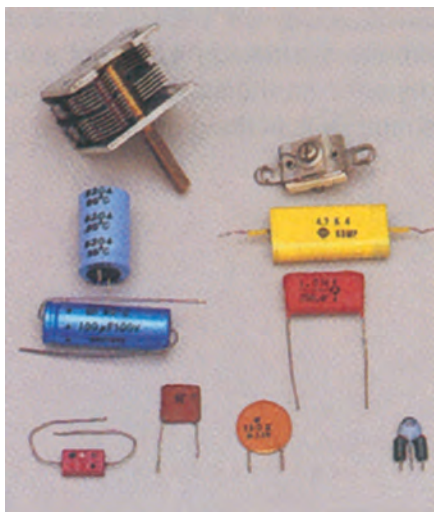
سپس به این نکته اشاره می‌کنیم که: نام وسیله‌ای که بار الکتریکی را می‌توان در آن ذخیره کرده و به راحتی مورد استفاده قرار داد، خازن است. حرکت بارهای الکتریکی ذخیره شده در یک مدار الکتریکی، کاربردهای فراوانی در الکتریسیته‌ی جاری و مدارها دارد. در بسیاری از کاربردها، می‌توان از انباشت بار الکتریکی در یک جسم استفاده کرد و به هنگام ضرورت از آن استفاده کرد.

پرسش: الف) اگر یکی از دو صفحه‌ی رسانای موازی هم‌اندازه، مقابل و نزدیک یکدیگر را به اندازه‌ی $+q$ باردار کنیم. به نظر شما تأثیر بارها بر روی صفحه‌ی رسانای دیگر که وصل به زمین باشد چیست؟
 پاسخ: بار $+q$ صفحه‌ی رسانای اول در اثر القای الکتریکی بار $-q$ را در صفحه‌ی مقابل القا می‌کند.
 ب) اگر دو صفحه‌ی رسانای حالت الف را با یک سیم رسانا به یکدیگر وصل کنیم چه اتفاقی می‌افتد؟ آیا بار ذخیره شده کاهش می‌یابد؟ تا چه اندازه؟
 پاسخ: بارهای منفی از طریق سیم رسانا به صفحه‌ی باردار مثبت می‌روند و در نهایت بار دو صفحه چون مساوی و مخالف یکدیگرند، بار کل صفر می‌شود.

پ) آیا می‌توان گفت در حالت اول بار ذخیره شده روی صفحه‌ها q و در حالت دوم بار ذخیره شده صفر است.
 پاسخ: بله



شکل (۴۶)



شکل (۴۷)

توجه: با توجه به پرسش بالا خازن مسطح را معرفی می‌کنیم. لازم به تأکید است که با قرار گرفتن بار $+q$ روی یک صفحه، در صفحه‌ی دیگر بار $-q$ القا شده است. ولی بار q در خازن ذخیره شده است. در این حالت گوییم خازن باردار است.

در ادامه‌ی تدریس، چند نمونه از خازن‌هایی را که در دسترس است به کلاس می‌بریم و به دانش‌آموزان نشان می‌دهیم.

پرسش: آیا تا به حال چنین قطعه‌هایی را در وسیله‌های الکترونیکی دیده‌اید؟
در بازار آن‌ها را چه می‌نامند؟

– با این روش‌ها به روش پرسش و پاسخ در کلاس اطلاعات یک یا چند دانش‌آموز را به سایرین منتقل می‌کنیم و سپس از دانش‌آموزان می‌خواهیم تاجمله‌ی کتاب در مورد تعریف خازن را بخوانند و با توجه به مطالب مطرح شده در کلاس، به بیان خود آن‌ها را بازگو کنند. از تعداد محدودی از دانش‌آموزان می‌خواهیم تا خازن را برای کلاس تعریف کنند.

فعالیت ۳۸



اگر در منزل وسیله‌ی برقی خراب و غیر قابل استفاده‌ای دارید، آن را باز کنید و اجزای آن، قطعه‌هایی که حدس می‌زنید خازن است را مشخص کرده و برای جلسه‌ی بعد به کلاس بیاورید (بعضی از این قطعه‌ها از مواد سمی تشکیل شده‌اند و خطرناکند).

دانستنی

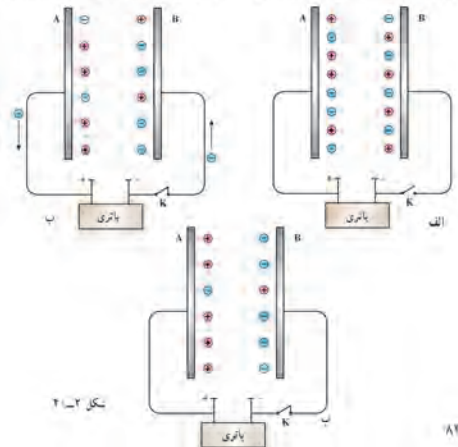


تاریخچه‌ی کشف خازن

در این دانستنی؛ تلاش موشنبروک استاد فیزیک در لیدن (شهری در هلند) در انجام آزمایش‌های الکتروسیسته و منجر شدن به کشف تصادفی خازن بیان می‌شود.

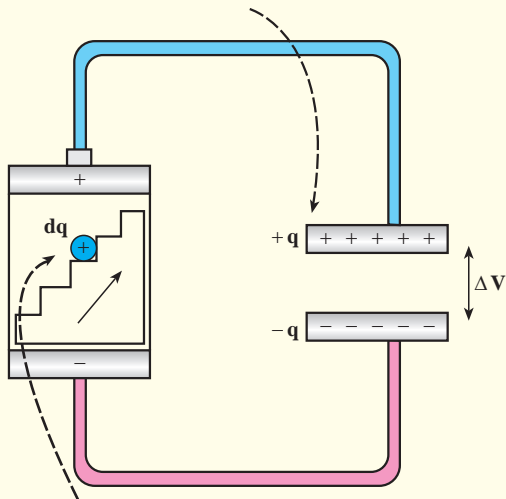
ذخیره‌ی بار الکتریکی در خازن: وقتی به یک خازن مقداری بار الکتریکی داده شود، می‌گوییم در خازن بار الکتریکی ذخیره شده است. برای ذخیره‌ی بار الکتریکی در خازن، به مولد مانند یک باتری نیاز است. ابتدا دو صفحه‌ی خازن را مطابق شکل ۲-۴ الف با سیم‌های رابط و یک کلید به پایانه‌های مولد وصل می‌کنیم. با بستن کلید، باتری بار الکتریکی «۱-۱» را روی صفحه‌ی متصل به پایانه‌ی منفی اثبات می‌کند. بار «۱-۱» بار الکتریکی «۱۱» را روی صفحه‌ی مقابل القا می‌کند. بارهای منفی رانده شده از این صفحه، به مولد برمی‌گردند. برای روشن شدن موضوع به ساز و کار ذخیره‌ی بار در خازن می‌پردازیم.

همان‌گونه که در شکل ۲-۴ الف به صورت طرح وار نشان داده شده است، در هر یک از صفحه‌های خازن، بارهای مثبت و منفی وجود دارد. وقتی کلید (K) را وصل می‌کنیم، به علت وجود اختلاف پتانسیل الکتریکی بین هر پایانه، با صفحه‌ی رسانای متصل به آن، بارهای الکتریکی شروع به جابه‌جایی می‌کنند (شکل ۲-۴ ب). چون در رساناهای فلزی قشری الکترون‌های آزاد می‌توانند جابه‌جا



۸۲

پرسش: برای ذخیره‌ی آب در یک منبع که در ارتفاعی از سطح زمین قرار دارد از تلمبه، استفاده می‌شود تا با مصرف انرژی، آب را بالا ببرد و هنگام نیاز از آن استفاده شود. به نظر شما برای ذخیره‌ی بار الکتریکی در خازن چه روشی باید به کار برد؟



شکل (۴۸)

برای پاسخ‌دادن به این پرسش از شکل (۴۸) استفاده می‌کنیم و از دانش‌آموزان می‌خواهیم شکل را تحلیل کنند و نحوه‌ی ذخیره‌ی بار در خازن را شرح دهند.

پاسخ: طبق رابطه‌ی $\Delta U = q\Delta V$ بار q با دریافت انرژی $q\Delta V$ که باتری تأمین می‌کند از طریق سیم‌های مدار، از صفحه‌ی منفی به مثبت جابه‌جا می‌شود و به این روش خازن باردار می‌شود تا جایی که اختلاف پتانسیل بین دو صفحه‌ی خازن با اختلاف پتانسیل باتری مساوی شود.

– در شکل (پ) در مورد رابطه‌ی مقدار اختلاف پتانسیل بین دو صفحه‌ی A و B با پایانه‌های باتری با توجه به قطع شدن جریان الکتریکی چه نظری دارید؟

– با توجه به سه شکل الف و ب و پ برای هر کدام از جمله‌های زیر یک شکل را پیشنهاد کنید.

۱) خازن مقدار نهایی باری را که می‌تواند ذخیره کند داراست.

۲) خازن در حال باردار شدن است.

۳) خازن بدون بار است.

۴) اختلاف پتانسیل بین دو صفحه‌ی خازن با اختلاف پتانسیل بین پایانه‌های باتری مساوی است.

۵) خازن شارژ (پر) است.

پاسخ: ۱- پ ۲- ب ۳- الف ۴- پ ۵- پ

توجه: در شکل‌های الف – ب – پ کتاب مرحله‌های پرشدن خازن به طورنمادین آورده شده است. مدت زمان انجام این مراحل بسیار کوتاه است.

در ادامه برای تدریس شکل ۲-۴۰ کتاب درسی از روش زیر استفاده می‌کنیم.

– در شکل (الف) دو صفحه‌ی موازی رسانای A و B در نزدیکی یکدیگر قرار دارند. نام این مجموعه چیست؟ با مقایسه‌ی تعداد بارهای مثبت و منفی هر صفحه بگویید که آیا خازن مسطح باردار است یا خیر؟

– در شکل (ب) با بستن کلید K، اتفاقی که برای بارهای الکتریکی در مدار می‌افتد را بیان کنید، از مقایسه‌ی تعداد بارهای الکتریکی مثبت و منفی صفحات B و A کمک بگیرید.

– چگونه باتری به قرار گرفتن بارهای منفی روی صفحه‌ی B و بارهای مثبت روی صفحه‌ی A کمک می‌کند؟

– در مورد نقش اختلاف پتانسیل بین دو پایانه‌ی باتری و تأثیر آن در باردار شدن صفحه‌های خازن و ایجاد اختلاف پتانسیل بین دو صفحه‌ی خازن بحث کنید.

– در مقایسه‌ی تعداد بارهای شمرده شده در شکل ب و پ بگویید که چرا در شکل پ با وجود این که کلید k هنوز بسته است ولی جریان بارهای الکتریکی در مدار قطع شده است؟

فعالیت ۳۹



برای جمع‌بندی درس، از دانش‌آموزان داوطلب می‌خواهیم تا با توجه به شکل کتاب مرحله‌های پرشدن خازن را به طور خلاصه با توجه به بارهای روی صفحات خازن، باز و بسته بودن کلید، اختلاف پتانسیل بین باتری و صفحه‌های خازن توضیح دهند.

توجه: اصطلاح خالی شدن (تخلیه یا دشارژ) خازن، یعنی صفرشدن بار خالص موجود بر روی هر یک از صفحات خازن.

پرسش: برای تخلیه‌ی خازن باردار چه روشی پیشنهاد می‌کنید؟

پاسخ: با سیمی رسانا صفحه‌های آنرا به هم متصل می‌کنیم (البته بسته به نوع و ظرفیت آن برای جلوگیری از صدمه‌های احتمالی از مقاومت استفاده می‌کنند، این کار را خودتان انجام ندهید و با نظارت انجام شود) در این شکل با تغییر مکان کلید در مدار، خازن شارژ و دشارژ می‌شود.

فعالیت ۴۰



خازن بسازید «ساندویچ آلومینیم و کاغذ روغنی»

دو نوار بسیار باریک به پهنای ۵/۰ سانتی متر از کاغذ آلومینیم به طول ۵cm برش بزنید به همین اندازه نوار کاغذی که آغشته به روغن مایع شده است نیز آماده کنید. کاغذ را بین دو نوار ورقه‌ی آلومینیم قرار داده و بسیار کوچک و فشرده آن‌ها را به صورت لوله ببندید. دو انتهای ورقه‌ی آلومینیم‌ها را در جهت مخالف با دو تکه ورقه‌ی آلومینیم لوله شده‌ی کوچک، قابل اتصال به عنصر خارجی کنید. این مجموعه را می‌توانید در یک کپسول داروی آنتی‌بیوتیک جاسازی کرده و دو سر خروجی آن‌ها را بیرون بکشید.



شکل (۴۹)

فعالیت ۴۱



دانش‌آموزان جمله‌ی انتهای بخش ۲-۱۰ را بخوانند و در مورد آن در کلاس بحث و اظهار نظر کنند: «انرژی‌ای که باتری مصرف می‌کند، به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در خازن ذخیره شده است» و نتیجه‌ی بررسی پرسش‌های بالا را در یک جمله جمع‌بندی کنند.

شوند، باتری با مصرف کردن انرژی هر دو صفحه را باردار می‌کند. از پایانه منفی، تعدادی الکترون به صفحه‌ی B منتقل می‌شود. در حالی که پایانه مثبت باتری از صفحه‌ی A الکترون می‌گیرد. جابه‌جایی بارهای الکتریکی آن قدر ادامه می‌یابد تا پتانسیل الکتریکی هر یک از صفحه‌های خازن با پتانسیل پایانه‌ی متصل به آن برابر شود. به این ترتیب، اختلاف پتانسیل بین دو صفحه‌ی خازن (که به آن اختلاف پتانسیل دو سر خازن می‌گویند) با اختلاف پتانسیل بین پایانه‌های باتری برابر می‌شود. (شکل ۴-۴۰ ب).

$$V_A = V_+ \quad \text{و} \quad V_B = V_- \\ V_A - V_B = V_+ - V_- \quad (15-2)$$

در نتیجه، هر یک از صفحه‌های خازن دارای بار الکتریکی می‌شود. روی صفحه‌ی A بار +q و روی صفحه‌ی B، بار -q - ایانشه می‌شود. در این حالت، می‌گوییم که بار الکتریکی q در خازن ذخیره شده است. در واقع، باتری با مصرف انرژی، بار q را در خازن ذخیره کرده است. انرژی‌ای که باتری مصرف کرده، به صورت انرژی پتانسیل الکتریکی در خازن ذخیره شده است. اکنون، خازن دارای بار الکتریکی و انرژی است.

۴-۱۱-۲ ظرفیت خازن

آزمایش نشان می‌دهد که هرچه اختلاف پتانسیل بین پایانه‌های مولد بیش‌تر باشد، بار ذخیره‌شده در خازن نیز بیش‌تر می‌شود. به عبارتی نسبت بار الکتریکی خازن (q) به اختلاف پتانسیل بین دو صفحه‌ی آن (V)، یعنی نسبت $\frac{q}{V}$ ، در آزمایش‌های مختلف ثابت می‌ماند. این نسبت را که به اندازه‌ی بار الکتریکی خازن و نیز به اختلاف پتانسیل دو سر آن بستگی ندارد، با نماد «C» نشان می‌دهیم و به آن ظرفیت خازن می‌گوییم. بنابراین، ظرفیت خازن برابر نسبت بار ذخیره‌شده در آن به اختلاف پتانسیل بین دو صفحه‌ی آن است.

$$C = \frac{q}{V} \quad (16-2)$$

به پاس خدمات مایکل فارادی، دانشمند انگلیسی، یکای ظرفیت فاراد نامیده شده است. در رابطه‌ی ۲-۱۴ بار الکتریکی بر حسب کولن، اختلاف پتانسیل بر حسب ولت و ظرفیت بر حسب فاراد (F) است. فاراد یکای بسیار بزرگی است و ظرفیت خازن‌های تحت‌الجمود چند میکروفاراد تجاوز نمی‌کنند.

فعالیت ۴۲



هدف: ارتباط بین مفهوم میدان الکتریکی و اختلاف پتانسیل در خازن.

در صفحه‌ی ۶۹ کتاب درسی شکل قسمت (ث) خط‌های میدان الکتریکی بین دو صفحه‌ی رسانای موازی با بارهای هم اندازه رسم شده و میدان یکنواخت تعریف شده است. آن میدان را رسم کنید و رابطه‌ای میان اختلاف پتانسیل دو صفحه‌ی خازن $\Delta V = V_+ - V_-$ و مقدار میدان الکتریکی یکنواخت بین صفحه‌های آن را به دست آورید. (راهنمایی: فرض کنید بار $+q$ در میدان الکتریکی یکنواخت خازن قرارداده شود تا از صفحه‌ی مثبت به صفحه‌ی منفی که به فاصله‌ی d از یکدیگر قرار دارند جابه‌جا شود).

$$\Delta U = q\Delta V \Rightarrow F \cdot d = q \cdot \Delta v \Rightarrow qE \cdot d = q\Delta V \Rightarrow \boxed{\Delta V = E \cdot d}$$

۲-۱۱- ظرفیت خازن

ایجاد انگیزه: میکروفونی را به کلاس می‌بریم و به دانش‌آموزان می‌گوییم که: یکی از وسایل الکترونیکی‌ای که در آن از خازن استفاده شده است میکروفون است. نقش خازن در میکروفون چیست؟
با مطالعه‌ی این بخش می‌توانیم به نقش خازن در میکروفون بی‌بریم.

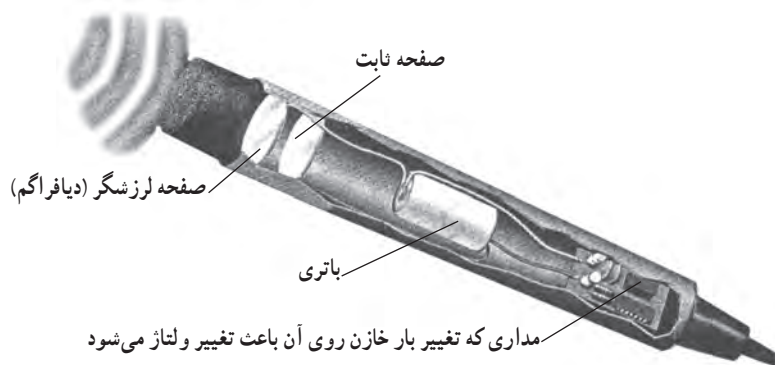
مثال: سلول‌های عصبی بدن انسان غشای دو جداره دارند که جداره‌ی درونی آن‌ها بار منفی و جداره‌ی بیرونی بار مثبت و مساوی دارد. این اختلاف پتانسیل به مواد موجود بین این دو جداره بستگی دارد. این مجموعه یک خازن را تشکیل می‌دهد که دارای اختلاف پتانسیل است.

اگر اختلاف پتانسیل در دیواره‌ی سلول 70 mV و قطر غشای آن 8 nm باشد میدان الکتریکی در غشا چقدر است؟

پاسخ:

$$\Delta V = E \cdot d \Rightarrow 70 \times 10^{-3} = E \times 8 \times 10^{-9}$$

$$E = 8750 \times 10^{-6} \text{ V/m}$$



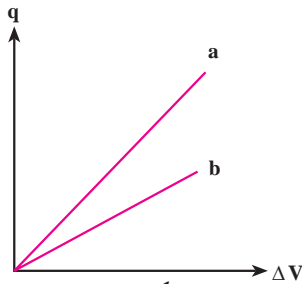
مداری که تغییر بار خازن روی آن باعث تغییر ولتاژ می‌شود

شکل (۵۰)



نقش خازن‌ها در میکروفون

در این دانستنی؛ قسمت‌های مختلف تشکیل دهنده‌ی میکروفون معرفی می‌شود و نقش خازن در تبدیل انرژی موج‌های صوتی به سیگنال‌های خروجی بررسی می‌شود.



شکل (۵۱)

(پ) شیب خط‌ها معرف چیست؟

پاسخ: الف و ب) افزایش بار (پ) شیب خط‌ها $\frac{q}{\Delta V}$

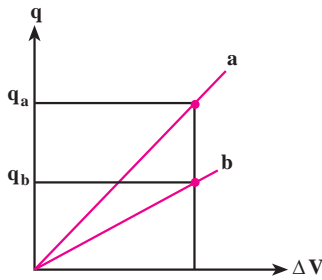
معرف ظرفیت هر خازن است.

الف) در شکل ۵۱، در یک ولتاژ معین برای هر دو خازن،

مقدار بار الکتریکی ذخیره شده در خازن‌ها را مقایسه کنید.

ب) با توجه به پاسخ قسمت (پ) ظرفیت کدام خازن بیشتر

است؟



شکل (۵۲)

پاسخ:

$$q_a > q_b$$

الف)

ب) ظرفیت خازن a بیشتر است.

توجه: ظرفیت هر خازن مقدار معینی است که برابر با

نسبت $\frac{q}{V}$ است. در این مرحله تعریف ظرفیت خازن را مطرح

می‌کنیم.

توجه: ولتاژ بیشینه در هر خازن، بیشترین ولتاژی است

راهنمای تدریس: با توجه به شکل ۲-۴ کتاب، از

گروه‌های دانش‌آموزان این پرسش‌ها را می‌پرسیم:

– اگر باتری با ولتاژ بالاتری (اختلاف پتانسیل بیشتری را)

به دو سر خازن ببندیم، بار خازن چه تغییری می‌کند؟ ارتباط دو

کمیت q و V را بنویسید.

پاسخ: با افزایش ΔV که از این به بعد آن را به اختصار

V می‌نامیم، بار روی صفحه‌ها زیاد می‌شود، زیرا با توجه به

شکل ۲-۴ ب عامل به حرکت درآمدن بارهای الکتریکی از

قطب منفی باتری به صفحه‌ی B خازن همان اختلاف پتانسیل

الکتریکی بین این دو است پس هر چه اختلاف پتانسیل بیشتر

شود، بار بیشتری روی صفحه‌ی خازن خواهد رفت. آزمایش

نشان می‌دهد برای یک خازن معین، نسبت $\frac{q}{V}$ ثابت می‌ماند.

این مقدار ثابت را با ضریب ثابت C نشان می‌دهیم و به آن ظرفیت

خازن می‌گوییم.

توجه: در خازن محدودیتی در افزایش مقدار بار بر اثر

افزایش اختلاف پتانسیل الکتریکی وجود دارد که با ساختار

داخلی خازن بستگی مستقیم دارد. این محدودیت را عاملی به نام

«ظرفیت خازن» اعمال می‌کند.

مثال: نمودار زیر مربوط به بار الکتریکی ذخیره شده

برحسب اختلاف پتانسیل در دو خازن مختلف است. این نمودار

را برای دو خازن مختلف در نظر می‌گیریم.

با توجه به نمودار:

الف) در خازن a افزایش ولتاژ چه تأثیری بر بار ذخیره

شده در خازن دارد؟

ب) در خازن b افزایش ولتاژ چه تأثیری بر بار ذخیره شده

در خازن دارد؟

که می‌تواند بین دو صفحه‌ی آن برقرار کند بدون آن که به ساختمان خازن صدمه ببیند. این ولتاژ اغلب به همراه ظرفیت خازن بر روی هر خازن ثبت می‌شود.

– جریان ناشی، جریان ناچیزی است که در فضای بین دو صفحه‌ی خازن برقرار شده و باعث می‌شود مقداری از بار خازن تخلیه شود. چرا که عایق کامل در طبیعت وجود ندارد.

با توجه به متن کتاب، فاراد را تعریف می‌کنیم.

مثال: با توجه به پیشوندهای یکا مثل میکرو، نانو، پیکو

جای خالی را پر کنید.

$$1\mu F = \square F \quad 1nF = \square F \quad 1pF = \square F$$

$$\text{پاسخ: } 10^{-6} F \quad 10^{-9} F \quad 10^{-12} F$$

توجه: توجه دانش‌آموزان را به این نکته جلب می‌کنیم که یک خازن معین بدون تغییر فیزیکی در آن دارای ظرفیت ثابتی است.

مثال ۱۵-۲ کتاب را سر کلاس حل می‌کنیم و سر قسمت دوم آن که چون ظرفیت خازن به دست آمده از قسمت اول ثابت می‌ماند از این رو تأکید می‌کنیم که با افزایش ولتاژ باتری وصل شده به آن، بار ذخیره شده افزایش می‌یابد.

مثال ۱۵-۳

صفحه‌های خازن تختی را به پایانه‌های مولدی به اختلاف پتانسیل ۲۲۷ وصل می‌کنیم. اگر بار $120\mu C$ روی هر صفحه‌ی خازن ذخیره شود، ظرفیت خازن را محاسبه کنید. اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل ۳۶ ولت وصل کنیم، بار الکتریکی ذخیره شده در آن چه اندازه می‌شود؟
حل: با استفاده از رابطه ۱۶-۲ داریم:

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

با استفاده از این رابطه، داریم:

$$C = \frac{1/2 \times 10^{-7}}{22}$$

$$C = 5 \times 10^{-9} F = 5\mu F$$

رابطه‌ی (۱۶-۲) را می‌توان به صورت $q = C \cdot V$ نوشت. با استفاده از این رابطه، داریم:

$$q = 5 \times 36 = 180\mu C$$

۱۲-۲-۱ عوامل‌های مؤثر بر ظرفیت خازن تخت

ظرفیت خازن به بار الکتریکی خازن و اختلاف پتانسیل دو سر آن بستگی ندارد. ظرفیت خازن تخت از مشخصات ساختمانی خازن است و به عوامل‌های زیر بستگی دارد.

۱- با مساحت سطح مشترک صفحه‌های خازن که روبروی یکدیگر قرار دارند، نسبت مستقیم دارد.

$$C \propto A$$

۲- با فاصله‌ی دو صفحه از یکدیگر نسبت وارون دارد.

$$C \propto \frac{1}{d}$$

اگر بین دو صفحه‌ی خازن خلأ باشد، ظرفیت خازن تخت از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$C = \frac{A}{d} \quad (17-2)$$

در رابطه‌ی ۱۷-۲، ϵ ضریب گذردهی الکتریکی خلأ است. در این رابطه، A بر حسب مترمربع، d بر حسب متر و C بر حسب فاراد (F) است.
اگر یک دی الکتریک (نارسانا) مانند نیشه یا پارافین فضای بین دو صفحه‌ی خازن تختی را

دانستنی



مفهوم ظرفیت خازن و رابطه‌ی آن با اختلاف پتانسیل الکتریکی

در این دانستنی؛ مفهوم ظرفیت خازن و رابطه‌اش با اختلاف پتانسیل الکتریکی با استفاده از مقایسه‌ی مفهوم ارتفاع سطح آب در ظرف‌های مختلف و رابطه‌اش با اختلاف پتانسیل گرانشی بیان می‌شود.

خازن، ابتدا این عامل‌ها را شناسایی کرده و سپس از نتیجه‌های یک آزمایش تجربی و نمودارهای مربوط به آن استفاده می‌کنیم.

۱۲-۲-۱ عوامل‌های مؤثر بر ظرفیت خازن
راهنمای تدریس: برای بررسی عامل‌های مؤثر بر ظرفیت

پرسش : در شکل (۵۳) نمونه‌ای از یک خازن مسطح با کاربرد آزمایشگاهی برای تحقیق در مورد عامل‌های مؤثر بر ظرفیت خازن دیده می‌شود.



شکل (۵۳)

این خازن از دو صفحه‌ی فلزی دایره‌ای که مقابل یکدیگر قرار گرفته‌اند تشکیل شده است.

فضای بین صفحه‌های خازن ممکن است با ماده‌های مختلفی به غیر از هوا پر شود و از طرف دیگر فاصله‌ی بین صفحه‌های خازن قابل تغییر است. با توجه به شکل، تغییر چه عامل‌هایی موجب تغییر در ظرفیت این خازن می‌شود؟

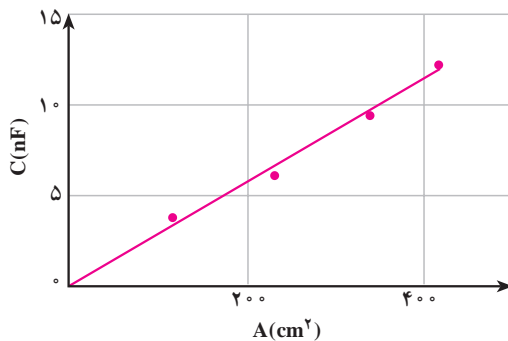
- اگر به جای روغن، بین دو صفحه‌ی خازن یک شیشه قرار دهیم آیا ظرفیت خازن تغییر می‌کند؟
 پاسخ : پاسخ را از میان نظرهای مختلف دانش‌آموزان جمع‌بندی می‌کنیم.
- (۱) فاصله‌ی میان صفحه‌های خازن
 (۲) مساحت مشترک میان صفحه‌های خازن
 (۳) جنس ماده‌ی میان دو صفحه‌ی خازن

در این مرحله ماده‌ی دی‌الکتریک و ثابت دی‌الکتریک را معرفی می‌کنیم. درس را با پرسش‌های زیر ادامه می‌دهیم.

فعالیت ۴۳



الف) شکل (۵۴) نمودار ظرفیت خازن مسطح بر حسب تغییرات مساحت در دو صفحه‌ی فلزی خازن است. ابتدا جدول را کامل کنید و سپس بیان کنید که با توجه به نمودار چه نتیجه‌ای در مورد رابطه‌ی ظرفیت خازن با مساحت سطح مشترک دو صفحه‌ی خازن می‌گیریم؟



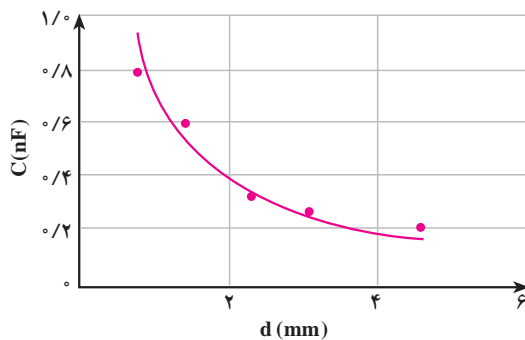
شکل (۵۴)

ردیف	A (cm ²)	C (nF)
۱	۱۰۰	۴
۲	۲۲۰	...
۳	...	۹/۸
۴	۴۲۰	...

نمودار تغییرات ظرفیت بر حسب مساحت سطح

پاسخ : ظرفیت خازن متناسب با سطح مشترک دو صفحه‌ی خازن تغییر می‌کند، هر قدر سطح مشترک صفحه‌ها بیشتر باشد، ظرفیت خازن بیشتر است. $C \propto A$

ب) در شکل (۵۵) نمودار ظرفیت خازن برحسب فاصله صفحه‌ها از یکدیگر آورده شده است. ابتدا جدول را کامل کنید و بیان کنید که با توجه به نمودار چه نتیجه‌ای در مورد رابطه‌ی ظرفیت خازن مسطح (دو صفحه موازی) با فاصله‌ی صفحه‌های خازن از یکدیگر می‌گیریم؟



ردیف	d(mm)	C(nF)
۱	۰/۹	۰/۸
۲	...	۰/۶
۳	۲/۲	...
۴	۳	...

نمودار تغییرات ظرفیت برحسب فاصله صفحه‌ها

شکل (۵۵)

پاسخ: ظرفیت خازن با فاصله‌ی صفحه‌های خازن از یکدیگر رابطه‌ی عکس دارد.

$$C \propto \frac{1}{d}$$

فعالیت ۴۴



در جدول ۱-۲ کتاب دقت کنید و ثابت دی‌الکتریک گازها را با خلاً مقایسه کنید.

الف) بیشترین ثابت دی‌الکتریک مربوط به چه ماده‌ای است؟

ب) محدوده‌ی مقدار ثابت‌های دی‌الکتریک جامدات ذکر شده در جدول چقدر است؟

پ) اگر بین دو صفحه‌ی خازن مسطح به جای هوا، آب باشد، ظرفیت خازن چه تغییری می‌کند؟

ت) قرار دادن دی‌الکتریک با ثابت K (به جای هوا) بین صفحه‌های خازن چه تأثیری بر ظرفیت خازن دارد؟

ث) رابطه‌ی ظرفیت خازن تخت در صورتی که دی‌الکتریکی با ثابت K داشته باشد را بنویسید.

پاسخ: الف) آب (ب) ۲ تا ۱۰

پ) ۸۰ برابر می‌شود.

ت) افزایش یافته و K برابر می‌شود.

ث) $C = k\epsilon_0 \frac{A}{d}$ بر روی این رابطه تأکید می‌کنیم.

پُر کند، ظرفیت خازن افزایش می‌یابد. در این صورت، ظرفیت خازن از رابطه‌ی زیر بدست می‌آید:

$$C = k\epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (۱۸-۲)$$

در رابطه‌ی ۱۸-۲، ضریبی بدون یکاست که به آن ثابت دی‌الکتریک گفته می‌شود. ثابت دی‌الکتریک به جنس دی‌الکتریک بستگی دارد. اگر بین دو صفحه خلاً باشد، $k=1$ است. k برای سایر دی‌الکتریک‌ها بزرگ‌تر از یک است ($k > 1$). ثابت دی‌الکتریک برخی از ماده‌ها در جدول ۱-۲ آورده شده است. همان‌طور که در این جدول دیده می‌شود ثابت دی‌الکتریک هوا تقریباً برابر ۱ است.

جدول ۱-۲. ثابت دی‌الکتریک دی‌الکتریک‌های متداول

ثابت دی‌الکتریک	دی‌الکتریک
۶ - ۱۰	دی‌الکتریک‌های جامد
۵/۶ - ۶/۶	شیشه
۲/۱ - ۲/۳	میکا
۲/۱ - ۲/۵	کافئ پارافینی
	پارافین (در ۲۰ °C)
۲۵	دی‌الکتریک‌های مایع
۲ - ۲/۲	الکل
۸۰ - ۸۳	روغن
	آب
۱/۰۰۰۹۷	دی‌الکتریک‌های گازی
۱/۰۰۰۶۰	دی اکسید کربن
۱/۰۰۰۲۶	هوا
	هیدروژن