

فیزیک الکتریسیته و مغناطیس

فصل ششم: ظرفیت و خازن

حسین شناور

گروه فیزیک، دانشکده علوم



دانشگاه هرمزگان

- این مجموعه درس در ایام همه گیری کرونا در بهار سال ۱۳۹۹ و با سرعتی بیش از حد معمول تهیه شده است؛ بنابراین، امکان وجود اشتباهات در این ارائه وجود دارد.
 - خواهشمندم هرگونه اشتباه نوشتاری، مفهومی و یا محاسباتی را به آدرس ایمیل من ارسال کنید تا در ویرایش های بعدی تصحیحات لازم اعمال شوند:
- h.shenavar@gmail.com
- از همکاران محترم در دانشگاه صنعتی قوچان که با تلاش بسیار امکان ارائه آنلاین این مجموعه درس را فراهم آورده اند، سپاسگزارم.

۱ فصل ششم: ظرفیت و خازن

- انرژی ذخیره شده در میدان الکتریکی
- تاثیر دی الکتریک ها

انرژی الکتریکی



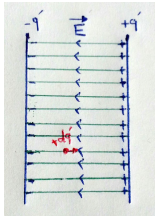
تقریباً تمام پدیده های غیر گرانشی روزمره نمودی از برهمکنش های الکترومغناطیسی هستند. به همین دلیل، بررسی انرژی ذخیره شده به شکل الکترومغناطیسی اهمیت اساسی دارد.

در اینجا انرژی ذخیره شده در میدان الکتریکی را بررسی خواهیم کرد.

ابتدا انرژی ذخیره شده در خازن را، به عنوان ساده ترین مساله، بررسی خواهیم کرد.

شکل ها از نت .

انرژی ذخیره شده در خازن



منتقل کردن بار در میدان الکتریکی، مانند منتقل کردن جرم در میدان گرانشی، نیاز به مصرف انرژی دارد. بنابراین می توان به میدان الکتریکی یک انرژی وابسته کرد.

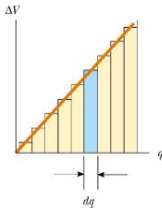
یک خازن تخت در نظر بگیرید. فرض کنید که تا زمان t بار الکتریکی q' را از صفحه سمت چپ به سمت راست منتقل کرده ایم. بنابراین، صفحه سمت چپ شامل بار $-q'$ و صفحه سمت راست شامل بار $+q'$ می باشد. اختلاف پتانسیل در این حالت برابر است با

$$\Delta V' = \frac{q'}{C}.$$

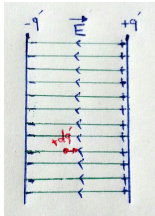
حال می خواهیم بار بسیار کوچک $+dq'$ را، مطابق شکل، به صفحه سمت راست منتقل کنیم. نیروی الکتریکی با این عمل مخالفت خواهد کرد؛ بنابراین، لازم است کار انجام دهیم، یعنی انرژی مصرف کنیم. کار انجام شده منفی خواهد بود، بنابراین تغییر در انرژی پتانسیل به صورت زیر است:

$$dU = -dW = \Delta V' dq' = \frac{q'}{C} dq'$$

شکل دوم از مبانی فیزیک هالیدی.



انرژی ذخیره شده در خازن



خازن در ابتدا بدون بار بوده و قرار است که در انتها به اندازه q بار داشته باشد؛ بنابراین، تغییر در انرژی پتانسیل ذخیره شده در خازن در طی این فرایند به صورت زیر خواهد بود:

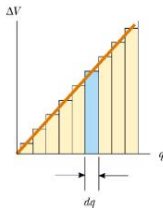
$$U = \int_0^U dU = \int_0^q \frac{q'}{C} dq' = \frac{1}{C} \left[\frac{q'^2}{2} \right]_0^q = \frac{q^2}{2C}$$

مفهوم هندسی انتگرال اخیر در شکل مقابل توضیح داده شده است.

با استفاده از رابطه $q = C\Delta V$ می توان رابطه اخیر را به دو صورت زیر بازنویسی کرد:

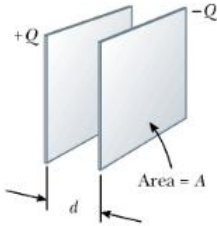
$$U = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2} C (\Delta V)^2 = \frac{1}{2} q \Delta V$$

تمرین: تساوی اخیر را اثبات کنید.



شکل دوم از مبانی فیزیک هالیدی.

چگالی انرژی الکتریکی



شکل از مبانی فیزیک هالیدی.

• صرف وجود میدان الکتریکی در فضا (که به دلیل وجود بار الکتریکی می باشد) باعث می شود که انرژی (از نوع الکتریکی) در فضا ذخیره شود.

• می توان به صورت عمومی نشان داد که اگر میدان الکتریکی $\vec{E}$ را در نقطه ای از خلاء داشته باشیم آنگاه چگالی انرژی الکتریکی برابر است با:

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 |\vec{E}|^2.$$

اثبات دقیق این رابطه فراتر از بحث حاضر است، ولی ما آن را برای حالت خاص خازن تخت به دست می آوریم. در SI واحد چگالی انرژی الکتریکی J/m^3 می باشد.

• چگالی انرژی در یک خازن تخت:

• چگالی انرژی الکتریکی در هر نقطه خلاء:

$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 |\vec{E}|^2$$

و در حضور دی الکتریک:

$$u = \frac{1}{2} \kappa \epsilon_0 |\vec{E}|^2$$

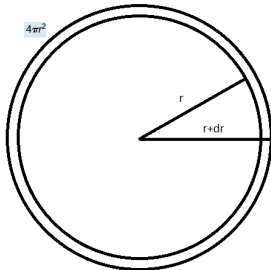
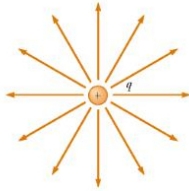
اثبات رابطه اخیر را در ادامه ببینید.

$$u = \frac{U}{Ad} = \frac{\frac{1}{2} C (\Delta V)^2}{Ad}$$

که در آن A و d به ترتیب نشان دهنده مساحت و ضخامت خازن هستند. حال، از آنجا که داریم $C = \epsilon_0 A/d$ می توان نوشت

$$u = \frac{\frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{A}{d} (\Delta V)^2}{Ad} = \frac{1}{2} \epsilon_0 \left(\frac{\Delta V}{d} \right)^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 |\vec{E}|^2$$

مثال: انرژی ذخیره شده در فضا توسط یک کره باردار



یک کره رسانای عایق بندی شده با شعاع $R = ۶۸۵ \text{ cm}$ و بار $q = ۱۲۵ \text{ nC}$ را در نظر بگیرید. الف) چنین کره ای چقدر انرژی در فضا ذخیره می کند؟ ب) چگالی انرژی در سطح کره چقدر است؟ پ) شعاع R_0 کره ای که نصف انرژی کل در آن ذخیره شده است چقدر است؟

پاسخ الف)

$$U = \frac{q^2}{2C} = \frac{q^2}{2(4\pi\epsilon_0 R)} = \frac{(۱۲۵ \times ۱۰^{-۹})^2}{2 \times 4 \times ۸۸۵ \times ۱۰^{-۱۲} \times ۰٫۰۶۸۵} = ۱٫۰۳ \times ۱۰^{-۷} \text{ J}$$

پاسخ ب) اول میدان در سطح کره را می یابیم: $E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R^2}$. حال برای چگالی انرژی در سطح کره داریم:

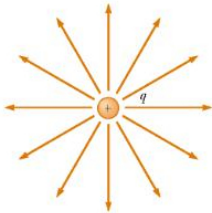
$$u = \frac{1}{2} \epsilon_0 |\vec{E}|^2 = \frac{1}{2} \epsilon_0 \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{R^2} \right)^2 = ۲٫۵۴ \times ۱۰^{-۵} \frac{\text{J}}{\text{m}^3}$$

پاسخ پ) انرژی ذخیره شده در نقاط مختلف فضا متفاوت است زیرا میدان الکتریکی با مکان تغییر می کند. بنابراین باید انرژی الکتریکی ذخیره شده در هر بخش از فضا را یافته و بعد آنها را با هم جمع کنیم. المان کروی مقابل را در نظر بگیرید. انرژی الکتریکی ذخیره شده در این المان کروی برابر است با:

$$dU = u dV = \frac{1}{2} \epsilon_0 \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \right)^2 (4\pi r^2 dr) = \frac{q^2}{8\pi\epsilon_0} \frac{dr}{r^2}$$

شکل اول از میانی فیزیک هالیدی.

مثال: انرژی ذخیره شده در فضا توسط یک کره باردار



می خواهیم شعاعی، مثل R_0 ، را پیدا کنیم که برای آن انرژی ذخیره شده تا آن شعاع نصف انرژی ذخیره شده تا بی نهایت باشد. به این منظور داریم:

$$\int_R^{R_0} dU = \frac{1}{2} \int_R^{\infty} dU \Rightarrow \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \int_R^{R_0} \frac{dr}{r^2} = \frac{1}{2} \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0} \int_R^{\infty} \frac{dr}{r^2}$$

سوال: چرا انتگرال گیری از شعاع R شروع می شود؟

بنابراین داریم:

$$-\left[\frac{1}{r}\right]_R^{R_0} = -\frac{1}{2} \left[\frac{1}{r}\right]_R^{\infty} \Rightarrow \frac{1}{R} - \frac{1}{R_0} = \frac{1}{2R}$$

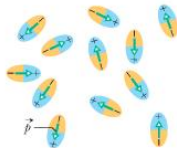
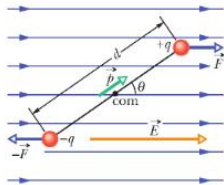
که جواب آن، پس از اندکی محاسبه ساده، به صورت

$$R_0 = 2R = 2 \times 6.85 \text{ cm} = 13.7 \text{ cm}$$

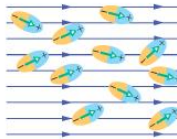
به دست می آید. یعنی نصف انرژی الکتریکی ذخیره شده در فضا، در این مساله در شعاع کمتر از $R_0 = 13.7 \text{ cm}$ انباشته شده است.

شکل اول از مبانی فیزیک هالیدی.

یادآوری از تاثیر میدان بر دی الکتریک ها



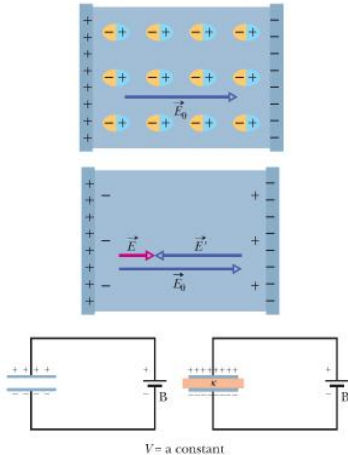
(a)



(b)

- ۱ فصل دوم: وجود میدان باعث می شود که یک گشتاور نیرو به دوقطبی وارد شده و در نتیجه دوقطبی دوران کند. شکل بالا را ببینید.
- ۲ فصل پنجم: مولکول های دوقطبی در حالت عادی بدون هیچ گونه جهت دهی در کنار هم قرار دارند. شکل وسط را ببینید.
- ۳ فصل پنجم: مولکول های دوقطبی در حضور میدان همجهت می شوند. شکل پایین را ببینید.
- ۴ حال می خواهیم با توجه به سه نکته بالا تاثیر وجود دی الکتریک در خازن را بررسی کنیم ↓↓↓↓.

حضور دی الکتریک در خازن



شکل ها از مبانی فیزیک هالیدی.

حضور دی الکتریک در خازن باعث می شود که امکان جذب بار بیشتر فراهم شود و بنابراین، خازن از نظر ذخیره بار موثرتر عمل کند.

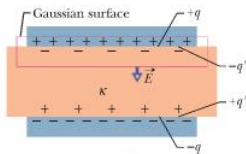
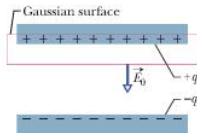
دلیل این امر آن است که میدان الکتریکی درون خازن دی الکتریک را قطبیده می کند. بنابراین، بارهای منفی دی الکتریک به سمت بارهای مثبت خازن می روند که این خود باعث جذب بیشتر بار بر روی صفحات خازن می شود.

بنابراین، اگر خازن همچنان به باتری وصل باشد، بار بیشتری روی صفحات خازن جمع خواهد شد. شکل سوم را ببینید.

به همین دلیل، اکثرا خازن ها را با دی الکتریک مرغوب (ضریب دی الکتریک بالا) می سازند.

در ادامه نگاه دقیق تری به حالت های مختلف تاثیر دی الکتریک خواهیم انداخت.

قانون گوس در حضور دی الکتریک



شکل ها از مبانی فیزیک هالیدی.

برای مورد بدون دی الکتریک، بنا به بحث فصل سوم، داریم:

$$\oint \vec{E}_0 \cdot d\vec{A} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} \Rightarrow E_0 = \frac{q}{\epsilon_0 A}$$

شکل بالا را ببینید.

در حضور دی الکتریک نیز داریم:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{in}}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{q - q'}{\epsilon_0 A}$$

که در آن q بار آزاد و q' بار القایی است.

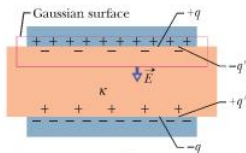
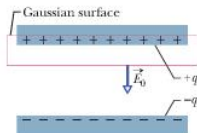
بنا به بحث فصل پنجم، دیدیم که برای مواد خطی حضور دی الکتریک باعث می شود که میدان اولیه به اندازه κ تضعیف شود:

$$E = \frac{\vec{E}_0}{\kappa} = \frac{q}{\kappa \epsilon_0 A}$$

بنابراین می توان نتیجه گرفت که:

$$q - q' = \frac{q}{\kappa}$$

قانون گوس در حضور دی الکتریک



شکل ها از مبانی فیزیک هالیدی.

به صورت کلی می توان قانون گوس را در حضور دی الکتریک ها به دو صورت نوشت.

اول: فقط با در نظر گرفتن بارهای آزاد:

$$\oint \kappa \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{in, free}}{\epsilon_0}$$

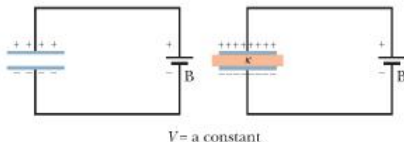
که در آن $q_{in, free}$ بار آزاد (غیر القایی) درون سطح گوسی است. در اینجا اثر بارهای القایی با اضافه کردن جمله κ لحاظ شده است.

دوم: با در نظر گرفتن همزمان بارهای آزاد و بارهای القایی درون سطح گوسی:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{in, free} - q'_{in}}{\epsilon_0}$$

که در آن $q_{in, free}$ بار آزاد درون سطح گوسی و q'_{in} بار القایی درون سطح گوسی است. در اینجا اثر بارهای القایی با وارد کردن مستقیم q'_{in} در سمت راست قانون گوس لحاظ شده است.

دی الکتریک در حضور باتری اضافه می شود.



اگر اختلاف پتانسیل دو سر خازن ها یکسان باشد، میدان درون آنها هم یکسان خواهد بود زیرا میدان فقط به اختلاف پتانسیل دو سر و فاصله دو صفحه خازن ربط دارد: $E = -\Delta V/d = E'$.

اگر بار روی صفحات خازن در حالت بدون دی الکتریک را q نامیده و در حضور دی الکتریک آن را Q بنامیم، داریم:

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 A} \quad \text{and} \quad E' = \frac{Q}{\kappa \epsilon_0 A}$$

شکل ها از مبانی فیزیک هالیدی.

مثلا، ظرفیت خازن تخت در حضور دی الکتریک برابر است با:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d}.$$

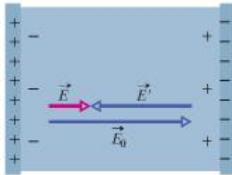
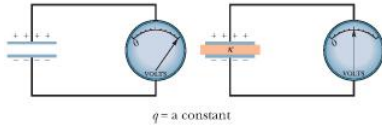
با توجه به تساوی $E = E'$ در حالت پتانسیل ثابت، نتیجه می گیریم که در حضور دی الکتریک، بار ذخیره شده روی صفحات خازن به اندازه κ بیشتر می شود:

$$Q = \kappa q.$$

ظرفیت هر خازن در حضور دی الکتریک به اندازه κ افزایش می یابد، زیرا

$$C' = \frac{Q}{\Delta V'} = \frac{\kappa q}{\Delta V} = \kappa C$$

خازن از باتری جدا شده و دی الکتریک اضافه می شود.



شکل ها از مبانی فیزیک هالیدی.

در این حالت بار آزاد اولیه و ثانویه برابر است (پایستگی بار)، ولی پتانسیل دو سر خازن و میدان درون آن تغییر می کنند. شکل را ببینید.
با توجه به شکل دوم، و با استفاده از قانون گوس، می توان میدان در حضور دی الکتریک را به صورت

$$E = \frac{q}{\epsilon_0 A} - \frac{q'}{\epsilon_0 A}$$

به دست آورده که در آن بار آزاد اولیه و q' بار القایی است.
رابطه بار آزاد اولیه q و بار القایی q' نیز به صورت زیر به دست می آید:

$$q' = q \left(1 - \frac{1}{\kappa} \right)$$

تمرین: نتایج اخیر را اثبات کنید.

نتیجه بسیار مهم

اگر به نتایج بالا دقت کنید می بینید که نتایج حاصله در حضور دی الکتریک به اندازه κ با نتایج خلاء تفاوت دارند. این در واقع یک نتیجه کاملاً کلی است یعنی:

تمام روابط الکتروستاتیک را می توان، در صورت حضور دی الکتریک خطی، تنها با جابه جایی

$$\epsilon_0 \Rightarrow \kappa \epsilon_0$$

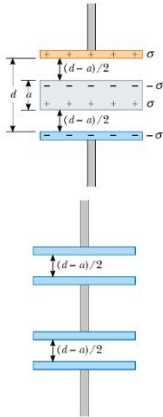
تعمیم داد و به دست آورد.

همانطور که قبلاً نیز گفته شد، مقدار

$$\epsilon \equiv \kappa \epsilon_0$$

را ضریب گذردهی مواد می نامند.

مثال: اثر یک قطعه فلزی درون خازن بر ظرفیت آن



شکل ها از مبانی فیزیک هالیدی.

قطعه ای فلزی به ضخامت a را درون خازنی به ضخامت d قرار می دهیم. ظرفیت خازن در این حالت را بیابید.

پاسخ: خازن جدید را می توان به صورت مجموعه ای از دو خازن به ضخامت $(d-a)/2$ که به صورت متوالی به هم بسته شده اند در نظر گرفت. شکل پایین را ببینید. ظرفیت هر کدام از این دو خازن برابر است با

$$C' = \epsilon_0 \frac{A}{\frac{d-a}{2}}$$

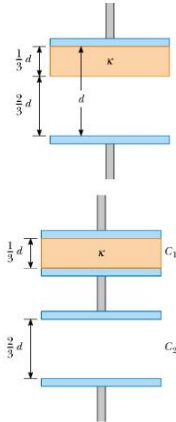
چرا متوالی؟ زیرا صفحات غیر همنام دو خازن با هم مرتبط اند (جلسه قبل).

بنابراین خازن معادل برابر است با

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C'} + \frac{1}{C'} = \frac{2}{C'} = \frac{2}{\epsilon_0 \frac{A}{\frac{d-a}{2}}} \Rightarrow C = \epsilon_0 \frac{A}{d-a}$$

لطفا دقت کنید که در حالت $a \rightarrow 0$ به نتیجه مربوط به خازن تخت می رسیم که قابل انتظار است.

مثال: اثر یک قطعه دی الکتریک درون خازن بر ظرفیت آن



شکل ها از مبانی فیزیک هالیدی.

قطعه ای دی الکتریک به ضخامت $d/3$ و ضریب دی الکتریک κ را درون خازنی به ضخامت d قرار می دهیم. ظرفیت خازن در این حالت را بیابید.

پاسخ: خازن جدید را می توان به صورت مجموعه ای از دو خازن به ضخامت $d/3$ ، به ظرفیت $\kappa \epsilon_0 A/(d/3)$ و دیگری به ضخامت $2d/3$ ، به ظرفیت $\epsilon_0 A/(2d/3)$ که به صورت متوالی به هم بسته شده اند در نظر گرفت. شکل پایین را ببینید.

چرا متوالی؟ جواب این سوال را با رسم دقیق بارها برای خود تحلیل کنید.

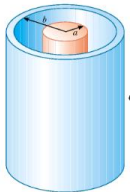
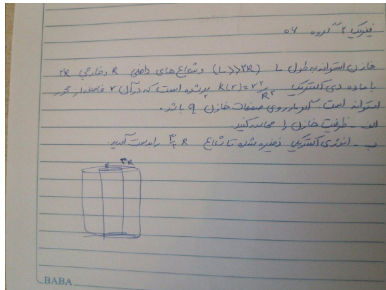
بنابراین خازن معادل برابر است با

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{\kappa \epsilon_0 A/(d/3)} + \frac{1}{\epsilon_0 A/(2d/3)}$$

$$\Rightarrow C = \left(\frac{3\kappa}{2\kappa + 1} \right) \epsilon_0 \frac{A}{d}$$

لطفا دقت کنید که در حالت $\kappa = 1$ به نتیجه مربوط به خازن تخت در خلاء می رسمیم که قابل انتظار است.

سوال وارده!



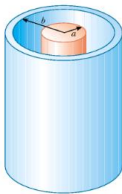
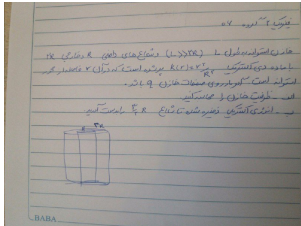
سوال مقابل را با اندکی تغییر ارائه و حل میکنیم:

یک خازن استوانه ای بسیار طویل به شعاع داخلی $a = R$ و شعاع خارجی $b = 2R$ را در نظر بگیرید. فضای بین دو استوانه توسط ماده دی الکتریکی با ضریب دی الکتریک متغیر r^2/a^2 پر شده است. پارامتر r فاصله از محور استوانه را نشان می دهد. فرض کنید که بارهای مساوی و ناهمگام به اندازه q روی صفحات استوانه توزیع شده اند.

الف) ظرفیت خازن را محاسبه کنید.

ب) انرژی الکتریکی ذخیره شده تا شعاع $1/5a$ را بیابید.

سوال وارده!



پاسخ الف) چون میزان بار القا شده معلوم نیست، و فقط بار آزاد را می دانیم، از شکل اول قانون گوس در حضور دی الکتریک استفاده می کنیم

$$\oint \kappa \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q_{in, free}}{\epsilon_0}$$

حال یک سطح گوسی استوانه شکل به شعاع r و طول L را در نظر می گیریم. برای این سطح گوسی، قانون گوس نتیجه زیر را به دست می دهد:

$$\left(\frac{r^2}{a^2}\right) E \int dA = \left(\frac{r^2}{a^2}\right) EA = \left(\frac{r^2}{a^2}\right) E(2\pi rL) = \frac{q}{\epsilon_0}$$

$$\Rightarrow E = \frac{qa^2}{2\pi\epsilon_0 r^3 L}$$

از میدان به دست آمده در قسمت قبل استفاده کرده و اختلاف پتانسیل الکتریکی بین دو صفحه خازن را به روش زیر به دست می آوریم:

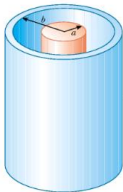
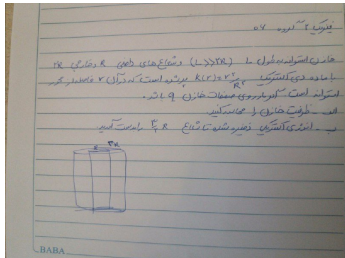
$$\Delta V = \int_+^- \vec{E} \cdot d\vec{s} = \int_+^- E ds \cos 0 = \frac{qa^2}{2\pi\epsilon_0 L} \int_a^b \frac{1}{r^3} dr$$

$$\Delta V = \frac{qa^2}{2\pi\epsilon_0 L} \left(\frac{r^{-2}}{-2}\right)_a^b = \frac{qa^2}{4\pi\epsilon_0 L} \left(\frac{1}{a^2} - \frac{1}{b^2}\right)$$

از اختلاف پتانسیل به دست آمده در قسمت قبل استفاده می کنیم و با استفاده از تعریف زیر ظرفیت را محاسبه می کنیم.

$$C \equiv \frac{q}{\Delta V} = \frac{q}{\frac{qa^2}{4\pi\epsilon_0 L} \left(\frac{1}{a^2} - \frac{1}{b^2}\right)} = 4\pi\epsilon_0 \frac{L}{\left(1 - \frac{a^2}{b^2}\right)}$$

سوال وارده!



با توجه به نتیجه اخیر، برای $a = R$ و $b = 2R$ داریم:

$$C = \frac{16\pi\epsilon_0 L}{3}$$

پاسخ ب) با توجه به نتیجه قسمت قبل داریم:

$$E = \frac{qa^2}{2\pi\epsilon_0 r^3 L}$$

بنابراین، چگالی انرژی الکتریکی برابر است با:

$$u = \frac{1}{2}\epsilon_0 E^2 = \frac{1}{2}\frac{r^2}{a^2}\epsilon_0 \left(\frac{qa^2}{2\pi\epsilon_0 r^3 L}\right)^2$$

حال، دیفرانسیل انرژی در یک حجم بسیار کوچک استوانه ای برابر است با

$$dU = u dV = \frac{1}{2}\frac{r^2}{a^2}\epsilon_0 \left(\frac{qa^2}{2\pi\epsilon_0 r^3 L}\right)^2 (2\pi r dr L)$$

باید انتگرال این المان را حل کنیم:

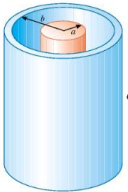
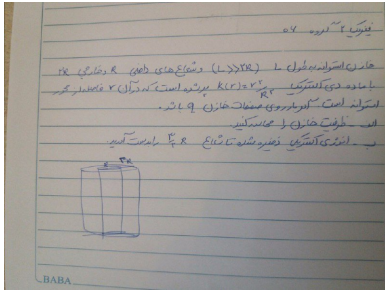
$$U = \int dU = \int_R^{1.5R} \frac{1}{2}\frac{r^2}{a^2}\epsilon_0 \left(\frac{qa^2}{2\pi\epsilon_0 r^3 L}\right)^2 (2\pi r dr L)$$

$$U = \frac{q^2 a^2}{4\pi\epsilon_0 L} \int_R^{1.5R} \frac{dr}{r^3} = \frac{q^2 a^2}{4\pi\epsilon_0 L} \left(\frac{-1}{2r^2}\right)_R^{1.5R}$$

سوال وارده!

با جایگذاری $a = R$ در رابطه اخیر داریم:

$$U \simeq 0.555 \frac{q^2}{\lambda \pi \epsilon_0 L}$$



نکات مهم این درس

انتظار این است که در انتهای این درس شما بتوانید ویژگی های مهم خازن ها را بیان کنید. برای اینکار لازم است بتوانید به سوال های زیر پاسخ دهید:

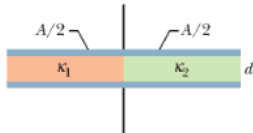
- ۱ انرژی ذخیره شده در خازن؟
- ۲ چگالی انرژی الکتریکی در هر نقطه از فضا؟
- ۳ قانون گوس در حضور دی الکتریک ها (هر دو شکل)؟
- ۴ دی الکتریک چگونه باعث تقویت ذخیره بار در خازن می شود؟
- ۵ روابط الکتروستاتیک چگونه در حضور دی الکتریک خطی تغییر می کنند؟

اگر درباره هر کدام از مفاهیم یاد شده بالا مشکلی احساس می کنید، لطفا درس را یک بار دیگر مرور کنید.

فراموش نکنیم که بهترین راه برای جذب مفاهیم ریاضی و فیزیک، حل مساله است. به همین دلیل سعی کنید دانسته های خود را با حل سوال زیر محک زده و تقویت کنید.



تمرین

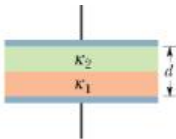


شکل از مبانی فیزیک هالیدی.

خازن معادل:

یک خازن تخت با مساحت A و فاصله صفحات d با دو نوع ماده ی دی الکتریک با ثابت های دی الکتریک κ_1 و κ_2 به صورت مقابل پر شده است. الف) استدلال کنید که این خازن را می توان به صورت دو خازن موازی فرض کرد و یا متوالی؟ ب) ظرفیت این خازن را بدست آورید.

تمرین



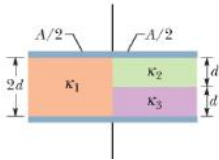
خازن معادل:

یک خازن تخت با مساحت A و فاصله صفحات d با دو نوع ماده ی دی الکتریک با ثابت های دی الکتریک K_1 و K_2 به صورت مقابل پر شده است. الف) استدلال کنید که این خازن را می توان به صورت دو خازن موازی فرض کرد و یا متوالی؟ ب) ظرفیت این خازن را بدست آورید.

شکل از مبانی فیزیک هالیدی.

تمرین

خازن معادل:



شکل از مبانی فیزیک هالیدی.

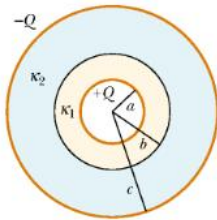
یک خازن تخت با مساحت A و فاصله صفحات $2d$ با سه نوع ماده ی دی الکتریک با ثابت های دی الکتریک κ_1 و κ_2 و κ_3 به صورت مقابل پر شده است.

الف) استدلال کنید که دو خازن سمت راست را می توان به صورت دو خازن موازی فرض کرد و یا متوالی؟ ظرفیت معادل این دو خازن را بیابید و آن را C' بنامید.

ب) حال استدلال کنید که خازن C' و خازن C_1 موازی هستند و یا متوالی؟ ظرفیت معادل کل خازن را بیابید.

تمرین

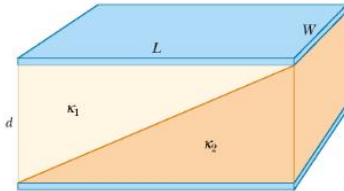
ظرفیت خازن زیر که با دو نوع ماده دی الکتریک پر شده است را بیابید. ضرایب دی الکتریک κ_1 و κ_2 ثابت هستند.



شکل از مبانی فیزیک هالیدی.

تمرین

ظرفیت خازن زیر که با دو نوع ماده دی الکتریک پر شده است را بیابید.



شکل از مبانی فیزیک هالیدی.

مبحث بعدی: جریان های مستقیم

- جریان های مستقیم سهم بسیار مهمی در مدارهای الکتریکی دارند. در جلسه بعد، قوانین مدار (قوانین کیرشهف) را، که نتیجه ای از قوانین پایستگی بار و انرژی هستند، بیان کرده و به کمک آنها مدارهای جریان مستقیم را حل می کنیم. همچنین، به عنوان یک مثال مهم، مدارهای شامل مقاومت و خازن را بررسی می کنیم.

مراجع

- ❶ Halliday, D., R. Resnick, and K. S. Krane. "Physics, 5th edn." (2002).
- ❷ Halliday, David, Robert Resnick, and Jearl Walker; Fundamentals of physics, 10th edn. John Wiley & Sons, 2014.
- ❸ Ohanian, Hans C., and John T. Markert. Physics for engineers and scientists, 3th edn. 2007.
- ❹ Young, Hugh D., Roger A. Freedman, and Albert Lewis Ford. Sears and Zeman-sky's university physics, 13th edn. Pearson education, 2006.

با سپاس از توجه شما،
مراقب سلامت خود و اطرافیان خود
باشید.