فهرست

فصل اول الکتریسیتهٔ ساکن ۹

فصل دوم جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم ۱۵۱

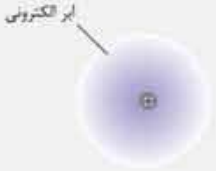
فصل سوم مغناطیس ۲۷۵

فصل چهارم القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب ۳۶۱

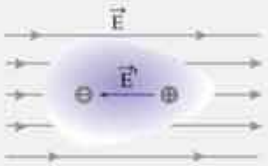
اثر دی‌الکتریک بر میدان الکتریکی

برخی دی‌الکتریک‌ها از مولکول‌های غیرقطبی تشکیل می‌شوند مانند متان و بنزن و برخی از مولکول‌های قطبی مانند آب، آمونیاک و کلریدریک اسید ساخته می‌شوند. در این بحث رفتار این دی‌الکتریک‌ها را در میدان الکتریکی بررسی می‌کنیم:

۱ دی‌الکتریک غیرقطبی در میدان الکتریکی: در این حالت به سبب اثر میدان بر ابر الکترونی مولکول‌های دی‌الکتریک، ابر الکترونی خلاف جهت میدان الکتریکی جابه‌جا می‌شود و مرکز اثر بارهای مثبت و منفی مولکول (اتم) از هم جدا می‌شوند و در یک طرف مولکول آثار بار منفی و در طرف دیگر آثار بار مثبت ظاهر شده و به اصطلاح می‌گویند مولکول دو قطبی یا قطبیده شده است.



در نبود میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی برهم منطبق‌اند.



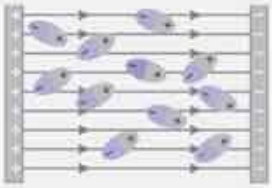
در حضور میدان الکتریکی، مرکز بارهای مثبت و منفی از هم جدا می‌شوند و ابرالکترونی در خلاف جهت میدان جابه‌جا می‌شود.

این قطبیده شدن هر مولکول، میدان الکتریکی خلاف جهت میدان الکتریکی خارجی پدید می‌آورد و ما آن را $\vec{E}'$ می‌نامیم و این پدیده سبب می‌شود میدان الکتریکی خارجی ضعیف شود. $E_T = E - E'$

نکته

وجود دی الکتریک در میدان الکتریکی، سبب ضعیف شدن میدان می‌شود.

۲ اثر دی‌الکتریک با مولکول‌های قطبی بر میدان الکتریکی: هر مولکول از این نوع دی‌الکتریک‌ها قطبیده هستند. اما در حالت عادی هرکدام جهت‌گیری کاتوره‌ای دارند و در مجموع مادهٔ دی‌الکتریک آثاری از میدان الکتریکی از خود ندارد. اما با قرار گرفتن دی‌الکتریک در میدان الکتریکی خارجی، آرایش مولکول‌ها (دوقطبی‌ها) به گونه‌ای تغییر می‌کند که سر مثبت آن‌ها هم جهت میدان و سر منفی آن‌ها خلاف جهت میدان می‌چرخد و به گونه‌ای آرایش می‌یابند که میدان الکتریکی هر مولکول (یعنی $\vec{E}'$) تقریباً خلاف جهت میدان خارجی ($\vec{E}$) قرار می‌گیرد. و در مجموع میدان الکتریکی مولکولها یعنی E' از میدان خارجی E، می‌کاهد. $E_T = E - E'$



در حضور میدان الکتریکی، مولکول‌های قطبی می‌کوشند خود را در جهت میدان الکتریکی خارجی هم‌ردیف کنند.

در نبود میدان الکتریکی، سمت‌گیری مولکول‌های دوقطبی نامنظم است.

نکته

بنابراین اگر دی‌الکتریک با مولکول‌های قطبیده هم در میدان الکتریکی قرار گیرد، میدان الکتریکی خارجی درون دی‌الکتریک ضعیف می‌شود.

اکنون این پرسش مطرح می‌شود که وجود دی‌الکتریک چگونه بر ظرفیت خازن اثر می‌گذارد؟

برای بررسی و پاسخ به این سؤال دو حالت درنظر می‌گیریم:

حالت اول: خازن به مولد متصل است:

در این حالت ولتاژ خازن برابر ولتاژ مولد و مقداری ثابت است. اگر دی‌الکتریک درون خازن ببریم، بنا به رابطهٔ $E = \frac{V}{d}$ چون در لحظهٔ ورود دی‌الکتریک، میدان الکتریکی خازن باید کم شود و در نتیجه ولتاژ خازن کم می‌شود و چون خازن به مولد متصل است مولد در خازن بار بیشتری القا و جابه‌جا می‌کند تا ولتاژ خازن دوباره برابر ولتاژ مولد شود و بنابر رابطهٔ $q = CV$ چون V تغییر نکرده اما q زیاد شده است می‌توان نتیجه گرفت ظرفیت خازن (C) افزایش یافته است.

حالت دوم: خازن بار الکتریکی دارد و از مولد جدا است:

در این حالت بار خازن ثابت است. (زیرا با وسیلهٔ دیگری مانند باتری یا خازن دیگر در ارتباط نیست و نمی‌تواند با آن‌ها بار مبادله کند) با ورود دی الکتریک در خازن، (کاملاً فضای خازن پرشود) میدان الکتریکی آن ضعیف می‌شود و بنابر رابطهٔ $E=\frac{V}{d_{(ثابت)}}$ ↙، می‌توان دریافت $V_{خازن}$ کم می‌شود و از رابطهٔ $q_{(ثابت)}=CV$ ↙ چون V کم شده و q ثابت مانده، می‌توان نتیجه گرفت، ظرفیت خازن زیاد شده است. $q_{(ثابت)}=CV \swarrow \rightarrow C \nearrow$

◄ بنابراین: **«ورود دی الکتریک به خازن سبب افزایش ظرفیت خازن می‌شود»**

ظرفیت خازن تخت با دی‌الکتریک

اگر فرض کنیم ظرفیت خازن که بین دو صفحه‌اش خلأ (یا هوا) است، برابر $C_0=\varepsilon_0\frac{A}{d}$ باشد، با قرار دادن دی‌الکتریک در خازن ظرفیت آن κ[۲] برابر می‌شود و می‌توان ظرفیت خازن با دی‌الکتریک (C) را از رابطهٔ مقابل به‌دست آورد: $C=\kappa C_0 \Rightarrow C=\kappa\varepsilon_0\frac{A}{d}$

در این رابطه κ را ثابت دی‌الکتریک می‌نامند.

◄ واضح است که $\kappa \geq 1$ است و یکای آن (یک) است. (یکا ندارد)

◄ ثابت دی‌الکتریک به جنس مادهٔ دی‌الکتریک بستگی دارد و به ابعاد آن بستگی ندارد.

ثابت دی‌الکتریک برخی عایق‌ها در دمای $20^\circ C$

مادهٔ دی‌الکتریک	ثابت دی‌الکتریک	مادهٔ دی‌الکتریک	ثابت دی‌الکتریک
هوای ۱atm	۱/۰۰۰۶	کاغذ	۳/۵
تفلون	۲/۱	کوارتز	۴/۳
پارافین	۲/۲	شیشهٔ پیرکس	۵
پلی‌استیرن	۲/۶	میکا	۷
میلار	۳/۱	آب خالص	۸
پی‌وی‌سی	۳/۴	تیتانید استرانسیوم	۳۱۰

مثال: ظرفیت خازن تخت با دی‌الکتریک هوا C_0 و به یک باتری با ولتاژ V وصل است. اگر فاصلهٔ دو صفحهٔ آن را سه برابر و ماده‌ای با ثابت دی‌الکتریک ۵ (شیشه پیرکس) را بین دو صفحهٔ آن قرار دهیم:

الف) ظرفیت خازن چند برابر می‌شود؟

ب) بار خازن چند برابر می‌شود؟

پ) انرژی خازن چند برابر می‌شود؟

■ پاسخ:

الف: در حالتی که خازن به مولد وصل است ولتاژ خازن برابر ولتاژ مولد و ثابت فرض می‌شود و برای ظرفیت خازن می‌توان نوشت:

$$\frac{C_2}{C_1}=\frac{\kappa_2}{\kappa_1}\times\frac{A_2}{A_1}\times\frac{d_1}{d_2}\xrightarrow[d_2=3d_1]{\kappa_1=1,\kappa_2=5}\frac{C_2}{C_1}=\frac{5}{1}\times\frac{1}{3}\rightarrow C_2=\frac{5}{3}C_1$$

ب: بنابر رابطهٔ $q=CV$ و با توجه به این‌که V ثابت است می‌توان نوشت: $\frac{q_2}{q_1}=\frac{C_2}{C_1}\times\frac{V_2}{V_1}\xrightarrow{V_2=V_1}\frac{q_2}{q_1}=\frac{5}{3}$

پ: چون ولتاژ خازن ثابت است از رابطهٔ $U=\frac{1}{2}CV^2$ استفاده می‌کنیم و داریم: $\frac{U_2}{U_1}=\frac{C_2}{C_1}\times(\frac{V_2}{V_1})^2\rightarrow\frac{U_2}{U_1}=\frac{C_2}{C_1}=\frac{5}{3}$

◄ برای مشاهده انیمیشن یا آزمایش، رمزینهٔ روبه‌رو را اسکن کنید.

۳۰۲. چه تعداد از عبارت‌های زیر درست است؟ (برگرفته از کتاب درسی)

الف) خازن مانند باتری می‌تواند در مدار، جریان الکتریکی ثابت برقرار کند.

ب) خازن مانند باتری می‌تواند بار و انرژی الکتریکی در خود ذخیره کند.

پ) خازن بر خلاف باتری می‌تواند انرژی را با آهنگ بسیار زیادی در مدار شارش دهد.

ت) اگر خازن را به یک باتری ببندیم شارش بار تا هنگامی ادامه می‌یابد که بار خازن برابر بار باتری شود.

۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

[۲]. از حروف الفبای یونانی است که کاپا خوانده می‌شود.

۳۰۳. فاراد معادل است با:

۱) $\frac{\text{ولت}}{\text{کولن}}$ ۲) کولن. ولت ۳) $\frac{\text{ژول}}{\text{ولت}}$ ۴) $\frac{\text{کولن}}{\text{ولت}}$

۳۰۴. اگر با تغییر منبع برق، اختلاف پتانسیل دو سر خازنی را ۴ برابر کنیم، ظرفیت آن چند برابر می‌شود؟ (برگرفته از مسئله کتاب درسی)

۱) ۴ ۲) ۱ ۳) $\frac{۱}{۴}$ ۴) $\frac{۱}{۱۶}$

۳۰۵. اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ خازن را از ۲۰ ولت به ۲۸ ولت تغییر می‌دهیم. اگر بار خازن ۴۰μC افزایش یابد، ظرفیت خازن چند میکروفاراد است؟ (برگرفته از مسئله کتاب درسی)

۱) ۱ ۲) ۵ ۳) ۸ ۴) ۱۰

۳۰۶. کدام گزینه درست است؟

۱) اگر خازن با بار Q پر شده باشد، بار هر صفحهٔ آن $\frac{Q}{۲}$ است.

۲) اگر بار هر صفحهٔ خازن Q باشد، بار خالص دو صفحهٔ خازن نیز Q است.

۳) برای پر کردن خازن، باتری بار الکتریکی موجود در خودش را به خازن منتقل می‌کند.

۴) هر قدر ظرفیت یک خازن بیشتر باشد برای ذخیره کردن مقدار معینی بار در آن ولتاژ کمتری نیاز است.

۳۰۷. ظرفیت یک خازن تخت مربع شکل، که فاصلهٔ دو صفحهٔ آن ۱۰/۰mm است برابر ۱/۰F است. اگر فضای بین دو صفحهٔ خازن با دی‌الکتریک $\kappa = ۱۰$ پر شده باشد، طول هر ضلع صفحهٔ خازن چند m است؟ $(\varepsilon_۰ \simeq ۱۰^{-۱۱}\frac{F}{m})$ (برگرفته از مسئله کتاب درسی)

۱) $۱۰^۸$ ۲) $۱۰^۶$ ۳) $۱۰^۴$ ۴) $۱۰^۲$

۳۰۸. اگر فاصلهٔ دو صفحهٔ خازن تخت را ۴ برابر و طول هر ضلع صفحه‌های آن را دو برابر کنیم، ظرفیت خازن چند برابر می‌شود؟

۱) ۱ ۲) $\frac{۱}{۲}$ ۳) $\frac{۱}{۴}$ ۴) $\frac{۱}{۸}$

۳۰۹. اگر اختلاف پتانسیل دو سر یک خازن دو برابر شود، بار الکتریکی و ظرفیت آن به ترتیب از راست به چپ هرکدام چند برابر می‌شود؟

(برگرفته از مسئله کتاب درسی)

۱) ۲-۲ ۲) $۲-\frac{۱}{۲}$ ۳) ۲-۱ ۴) $۱-\frac{۱}{۲}$

۳۱۰. اگر میلهٔ ابونیتی را با تفلون مالش دهیم و به خرده‌های کاغذ نزدیک کنیم، خرده‌های کاغذ جذب میله می‌شوند زیرا:

(برگرفته از مسئله کتاب درسی)

۱) بار میله به خرده‌های کاغذ منتقل می‌شود و میله و خرده‌های کاغذ بار مخالف می‌یابند و جذب می‌شوند.

۲) میله بار همنام خودش یعنی منفی را از خرده‌های کاغذ می‌راند و آن‌ها مثبت شده و جذب میله می‌شوند.

۳) میله مولکول‌های خرده‌های کاغذ را قطبیده می‌کند و آن‌ها جذب میله می‌شوند.

۴) چون خرده‌های کاغذ رسانا هستند میله در آن‌ها بار القا می‌کند و سپس جذب میله می‌شوند.

خازن متصل به مولد

۳۱۱. یک خازن به یک باتری متصل است. اگر صفحات خازن را در این حالت از یکدیگر دور کنیم:

۱) بار الکتریکی خازن ثابت می‌ماند. ۲) انرژی خازن ثابت می‌ماند.

۳) بار الکتریکی خازن افزایش می‌یابد. ۴) بار خازن کاهش می‌یابد.

۳۱۲. خازن تختی با عایقی با ثابت دی‌الکتریک ۲ دارای ظرفیت $۴\times۱۰^{-۲}\mu F$ و به اختلاف پتانسیل ۲۰۰ ولت وصل است. اگر در این وضعیت عایق از بین دو صفحهٔ خازن خارج شود، ظرفیت و بار خازن به ترتیب برابر است با: (ریاضی خارج ۸۴)

۱) $۲\times۱۰^{-۲}\mu F$ و $۴\mu C$ ۲) $۲\times۱۰^{-۲}\mu F$ و $۸\mu C$

۳) $۴\times۱۰^{-۲}\mu F$ و $۸\mu C$ ۴) $۱۶\times۱۰^{-۲}\mu F$ و $۸\mu C$

۳۱۳. بین دو صفحهٔ خازن مسطحی هوا است و دو سر آن به یک اختلاف پتانسیل الکتریکی ثابتی وصل است. اگر با ثابت ماندن فاصلهٔ بین صفحات، یک تیغهٔ شیشه‌ای بین آن صفحات قرار دهیم، بار الکتریکی خازن چگونه تغییر می‌کند؟ (ریاضی ۸۵)

۱) ثابت می‌ماند. ۲) کاهش می‌یابد.

۳) افزایش می‌یابد. ۴) بسته به ضخامت شیشه، ممکن است افزایش یا کاهش یابد.

۳۱۴. خازنی با تیغه‌های موازی به باتری‌ای بسته شده است که ولتاژ خروجی آن ثابت است. اگر صفحه‌های خازن را از هم دور کنیم.....

(برگرفته از مسئله کتاب درسی)

۱) میدان الکتریکی کم می‌شود و بار تیغه‌ها نیز کم می‌شود. ۲) میدان الکتریکی تغییر نمی‌کند، اما بار تیغه‌ها زیاد می‌شود.

۳) میدان الکتریکی تغییر نمی‌کند، اما بار تیغه‌ها کم می‌شود. ۴) میدان الکتریکی زیاد می‌شود اما بار تیغه‌ها کم می‌شود.

۳۱۵. صفحات خازنی که دی‌الکتریک آن هوا است به مولدی متصل است. در همین حال یک قطعه کائوچو بین صفحات آن قرار می‌دهیم. کدام یک از گزاره‌های زیر درست است؟

۱) شدت میدان الکتریکی بین صفحات افزایش می‌یابد.
۲) شدت میدان الکتریکی بین صفحات تغییر نمی‌کند.
۳) شدت میدان الکتریکی بین صفحات کاهش می‌یابد.
۴) تغییر شدت میدان الکتریکی به نوع کائوچو بستگی دارد.

۳۱۶. خازن مسطحی به دو سر باتری وصل است. اگر فاصلهٔ بین صفحات آن را نصف کنیم، انرژی و بار الکتریکی آن به ترتیب از راست به چپ چند برابر می‌شود؟

۱) ۲ و $\frac{۱}{۲}$
۲) $\frac{۱}{۲}$ و ۴
۳) ۴ و ۲
۴) ۲ و ۲

۳۱۷. چگالی بار سطحی یک خازن تخت با دی‌الکتریک $\kappa = ۵$ برابر $۵\times۱۰^{-۵}(\frac{C}{m^۲})$ است. بزرگی میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ این خازن چند $\frac{N}{C}$ است؟ ($\varepsilon_۰ \simeq ۱۰^{-۱۱}\frac{F}{m}$).

۱) ۱۲×۱۰^۶
۲) ۵×۱۰^۶
۳) ۲×۱۰^۶
۴) $۱۰^۶$

۳۱۸. یک خازن تخت به مولد وصل است. اگر دی‌الکتریک با ضریب ۸ را بین دو صفحهٔ خازن قرار دهیم، چگالی سطحی بار الکتریکی خازن چند برابر می‌شود؟

۱) ۱
۲) $\frac{۱}{۸}$
۳) ۸
۴) بسته به ولتاژ خازن می‌تواند گزینه‌های ۱ یا ۲ درست باشد.

۳۱۹. اگر اختلاف پتانسیل بین دو صفحهٔ رسانای موازی هم، ۲۰۰V و فاصلهٔ بین آن دو صفحه 4mm باشد، شدت میدان الکتریکی بین آن دو صفحه چند نیوتون بر کولن است؟ (کنکور زیرخاکی)

۱) ۵۰
۲) ۵۰۰
۳) ۵۰۰۰
۴) ۵۰۰۰۰

خازن جدا از مولد

۳۲۰. خازن مسطحی را پس از پر شدن، از باتری جدا می‌کنیم. اگر بدون اتصال صفحات آن، دو صفحه را از هم دور کنیم، ظرفیت و اختلاف پتانسیل بین دو صفحه به ترتیب (از راست به چپ) چگونه تغییر می‌کند؟ (تجربی ۸۳)

۱) افزایش ـ افزایش
۲) کاهش ـ کاهش
۳) کاهش ـ افزایش
۴) افزایش ـ کاهش

۳۲۱. خازن مسطحی را از باتری جدا کرده و سپس فاصلهٔ بین صفحات آن را دوبرابر می‌کنیم. ولتاژ، انرژی و ظرفیت آن به ترتیب چگونه تغییر می‌کنند؟

۱) افزایش ـ کاهش ـ افزایش
۲) افزایش ـ افزایش ـ کاهش
۳) کاهش ـ کاهش ـ افزایش
۴) کاهش ـ افزایش ـ کاهش

۳۲۲. شکل‌های زیر خازنی را نشان می‌دهند که در دو حالت به یک ولت سنج متصل است. کدام گزینهٔ زیر دربارهٔ این شکل می‌تواند درست باشد؟ (برگرفته از پرسش کتاب درسی)

۱) دی الکتریک بار خازن را افزایش می‌دهد.
۲) دی‌الکتریک اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ خازن را افزایش می‌دهد.
۳) دی‌الکتریک ظرفیت خازن را افزایش می‌دهد.
۴) هر سه گزینهٔ «۱»، «۲» و «۳» درست است.

۳۲۳. خازن پر شده‌ای را از باتری جدا کرده و دی‌الکتریک بین صفحات را برمی‌داریم. ظرفیت، انرژی و اختلاف پتانسیل آن به ترتیب از راست به چپ ..... می‌یابند.

۱) کاهش ـ کاهش ـ کاهش
۲) کاهش ـ افزایش ـ افزایش
۳) افزایش ـ افزایش ـ کاهش
۴) افزایش ـ کاهش ـ افزایش

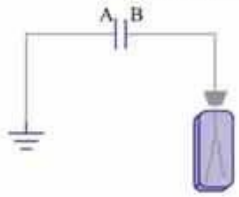
۳۲۴. اگر با ثابت نگه داشتن بار الکتریکی یک خازن فاصلهٔ بین صفحات آن را نصف کنیم، میدان الکتریکی بین دو صفحهٔ آن چند برابر می‌شود؟ (برگرفته از ممتاز کتاب درسی)

۱) $\frac{۱}{۲}$
۲) ۲
۳) $\sqrt{۲}$
۴) ۱

۳۲۵. خازنی را پس از شارژ شدن از مولد جدا می‌کنیم. سپس فاصلهٔ دو صفحهٔ خازن را به نصف مقدار اولیه می‌رسانیم و در مرحلهٔ بعدی دی‌الکتریک $\kappa = ۴$ را بین صفحه‌های آن قرار می‌دهیم. چگالی بار الکتریکی سطحی صفحات خازن چند برابر می‌شود؟

۱) ۸
۲) ۲
۳) ۱
۴) $\frac{۱}{۲}$

۳۲۶. دو صفحهٔ فلزی A و B مطابق شکل زیر موازی هم قرار دارند. صفحهٔ A را به زمین و صفحهٔ B را به الکتروسکوپ وصل کرده‌ایم. ورقه‌های الکتروسکوپ باز هستند. اگر یک صفحهٔ شیشه‌ای بدون بار بین این دو صفحه وارد کنیم، انحراف ورقه‌های الکتروسکوپ:



۱) کم می‌شود.
۲) ابتدا زیاد و سپس کم می‌شود.
۳) زیاد می‌شود.
۴) تغییر نمی‌کند.

انرژی خازن

۳۲۷. اگر انرژی ذخیره شده در خازنی به ظرفیت ۴ میکروفاراد ۷/۲ میلی‌ژول باشد، اختلاف پتانسیل بین دو سر خازن چند ولت است؟

۱) ۶۰ ۲) ۶ ۳) ۳۰ ۴) ۲۰

۳۲۸. انرژی ذخیره شده در خازنی که به اختلاف پتانسیل ۱kV وصل است برابر 10^{-6}kWh است. ظرفیت این خازن چند میکروفاراد است؟ (تجربی خارج ۸۹)

۱) ۳/۶ ۲) ۷/۲ ۳) ۳۶ ۴) ۷۲

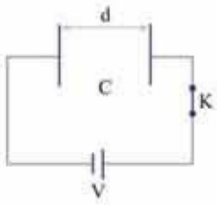
۳۲۹. با تخلیهٔ قسمتی از بار الکتریکی یک خازن پُر شده، اختلاف پتانسیل دو سر آن ۸۰ درصد کاهش می‌یابد. انرژی این خازن چند درصد کاهش می‌یابد؟ (ریاضی ۹۴)

۱) ۴۰ ۲) ۶۴ ۳) ۸۰ ۴) ۹۶

۳۳۰. ظرفیت خازنی ۲۲μF است. اگر بار الکتریکی آن ۲۰ درصد افزایش یابد، انرژی آن ۱۶ میکروژول افزایش می‌یابد. بار اولیهٔ آن چند میکروکولن است؟ (ریاضی خارج ۸۶)

۱) ۲۰ ۲) ۴۰ ۳) 2×10^{-2} ۴) 4×10^{-2}

۳۳۱. در شکل زیر، درحالتی که کلید بسته است انرژی خازن برابر U می‌باشد. در این حالت، 2d به فاصلهٔ دو صفحهٔ خازن اضافه می‌کنیم. سپس کلید K را باز می‌کنیم و دی‌الکتریک $\kappa = 2$ را جایگزین هوای بین دو صفحهٔ خازن می‌کنیم. انرژی خازن چند برابر U می‌شود؟



۱) $\frac{1}{2}$ ۲) ۲
۳) ۶ ۴) $\frac{1}{6}$

۳۳۲. خازنی به ولتاژ ثابت V وصل است. اگر آن را از منبع جدا و فاصلهٔ دو صفحهٔ آن را سه برابر کنیم، انرژی خازن چند برابر می‌شود؟ دلیل این تغییر انرژی چیست؟

۱) $\frac{1}{3}$، انرژی منبع (باتری) ۲) ۳، انرژی منبع (باتری)
۳) $\frac{1}{3}$، کار ما ۴) ۳، کار ما

۳۳۳. یک خازن خالی را به یک باتری می‌بندیم و باتری ۲۴μJ کار انجام می‌دهد و ۱۲μC بار در خازن ذخیره می‌شود. ظرفیت خازن چند میکروفاراد است؟

۱) ۲ ۲) ۳ ۳) ۶ ۴) ۱۲

۳۳۴. در یک خازن تخت با میدان الکتریکی یکنواخت $1000\frac{V}{m}$، الکترونی از حال سکون و از مجاور صفحهٔ منفی شتاب می‌گیرد و با سرعت $10^7\frac{m}{s}$ به صفحهٔ مقابل می‌رسد. فاصلهٔ دو صفحه از هم کدام است؟ ($e=1/6\times10^{-19}C$, $m_e=9/1\times10^{-28}g$) (ریاضی خارج ۸۴)

۱) ۲/۸۴m ۲) ۲/۸۴cm ۳) ۲۸/۴cm ۴) ۲/۸۴mm

به هم بستن دو خازن به یکدیگر

۳۳۵. خازنی به ظرفیت $C_1=3\mu F$ را با ولتاژ ۱۲۰V پر می‌کنیم. سپس آن را از مولد جدا کرده و دو صفحهٔ آن را به دو سر خازن خالی $C_2=6\mu F$ می‌بندیم. اختلاف پتانسیل خازن C_1 چند ولت می‌شود؟

۱) ۲۰ ۲) ۴۰ ۳) ۸۰ ۴) ۱۲۰

۳۳۶. یکی از دو خازن مشابه را با ولتاژ ۲۰۰ ولت و دیگری را با ولتاژ ۴۰۰ ولت پر کرده و از مولد جدا صفحه‌های ناهمنام آن‌ها را به هم وصل می‌کنیم. اگر ظرفیت هریک 5μF باشد، اختلاف پتانسیل مشترک آن‌ها ..... ولت و بار ذخیره شده در هر یک ..... میکروکولن خواهد بود.

۱) صفر و صفر ۲) ۶۰۰ و ۳۰۰۰ ۳) ۱۰۰ و ۵۰۰ ۴) ۳۰۰ و ۱۵۰۰

۲۹۹. ۱ ۳ ۴

بنابر رابطهٔ چگالی سطحی بار کره یعنی $\sigma = \frac{Q}{4\pi r^2}$ می‌توان نسبت چگالی سطحی بار دو کره را به صورت زیر نوشت:

$$\frac{\sigma_A}{\sigma_B} = \frac{Q_A}{Q_B} \times (\frac{r_B}{r_A})^2 \rightarrow \frac{\sigma_A}{2\sigma_A} = \frac{Q_A}{Q_B} \times (\frac{2r_A}{r_A})^2 \rightarrow \frac{Q_A}{Q_B} = \frac{1}{8}$$

اگر بخواهیم نسبت بار دو کره برابر نسبت شعاع آن‌ها شود، باید $\frac{r_A}{r_B} = \frac{1}{2}$ شود پس $\frac{Q'_A}{Q'_B}$ می‌توان نوشت:

$$Q_A = \frac{1}{8} Q_B \quad و \quad Q'_A = \frac{1}{2} Q'_B$$

اما چون بار الکتریکی فقط بین دو کره مبادله شده است، بنابر پایستگی بار الکتریکی می‌توان گفت که مجموع بارهای الکتریکی دو کره قبل از جابه‌جایی با بعد از جابه‌جایی بارها یکسان است و داریم:

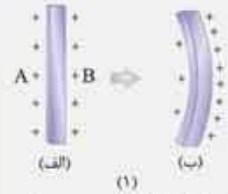
$$Q'_A + Q'_B = Q_A + Q_B \rightarrow \frac{1}{2} Q'_B + Q'_B = \frac{1}{8} Q_B + Q_B \rightarrow \frac{3}{2} Q'_B = \frac{9}{8} Q_B$$

$$\frac{Q'_B}{Q_B} = \frac{3}{4} \xrightarrow{\text{تفصیل در صورت}} \frac{\Delta Q_B}{Q_B} = \frac{3-4}{4} \Rightarrow \frac{\Delta Q_B}{Q_B} = \frac{-1}{4} = -\%25$$

۳۰۰. ۱ ۲ ۴

راهبرد ۱۶

می‌دانیم که میدان الکتریکی درون جسم رسانایی که بار الکتریکی ساکن و منزوی دارد صفر است. زیرا اگر درون جسم رسانا میدان الکتریکی برقرار باشد، به بارهای آزاد جسم رسانا نیروی الکتریکی وارد می‌شود و شتاب می‌گیرند.



اگر بارهای الکتریکی اضافه شده به جسم رسانا به گونه‌ای در سطح جسم قرار گیرند که بتوانند با میدان‌های الکتریکی‌شان برهم نیرو وارد کنند یکدیگر را می‌رانند تا از هم دور شوند و به تعادل برسند. در شکل (ب) با خم شدن صفحه، بارهای الکتریکی سطح A می‌توانند بر یکدیگر نیروی دافعه وارد کنند. به عبارت دیگر یکدیگر را می‌بینند و از هم دور می‌شوند اما در سطح B، بارهای الکتریکی نیروی رانشی بسیار کمتری بر هم وارد می‌کنند زیرا برای اعمال نیرو به یکدیگر باید میدان‌های الکتریکی آن‌ها از رسانا عبور کند که می‌دانیم میدان داخل این رسانا صفر است.

(۲)

به عبارت دیگر بارهای الکتریکی اضافه شده در سطح B کمتر می‌توانند یکدیگر را ببینند. پس می‌توانند به یکدیگر نزدیکتر شوند و تراکم بار در این سطح بیشتر از تراکم بار در سطح A شود.

از این بحث می‌توان توجیه کرد که چرا در نقاط نوک‌تیز در سطح خارجی چگالی سطحی بار الکتریکی (تراکم بار) بیشتر از نقاط دیگر است.

(۳)

در شکل (۲) بار منفی در داخل جسم رسانای توخالی است به توزیع بار درون و بیرون جسم دقت کنید.

در این سؤال نیز براحتی می‌توان دریافت $\sigma_A < \sigma_B$ است.

۳۰۱. ۱ ۳ ۴

اول این‌که می‌دانیم بار الکتریکی القایی (ناشی از وجود Q که درون جسم رساناست) در سطوح داخلی رسانا مخالف صفر است. پس **گزینهٔ ۱** نادرست است. دوم این‌که در نقاط نوک‌تیز سطح خارجی جسم رسانا چگالی سطحی بار بیشتر از نقاط دیگر است پس **گزینهٔ ۴** هم نادرست است.

اما با توجه به راهبرد ۱۶، می‌دانیم در گوشه‌های داخلی رسانا تراکم بار الکتریکی کمتر از دیگر نقاط سطح داخلی رسانا است از این رو **گزینهٔ ۲** نیز نادرست است.

۳۰۲. ۱ ۳ ۴

فقط عبارت پ درست است.

خازن مانند باتری انرژی ذخیره می‌کند اما ذخیره شدن بار در خازن مانند باتری نیست زیرا باتری بار ذخیره نمی‌کند. همچنین پر شدن خازن تا هنگامی ادامه می‌یابد که اختلاف پتانسیل دو صفحهٔ آن برابر اختلاف پتانسیل دو پایانهٔ باتری شود.

هنگامی که انرژی خازن خالی شود جریان الکتریکی ثابتی در مدار برقرار نمی‌شود.

۳۰۳. ۱ ۲ ۳ ۴

با توجه به رابطهٔ $q = CV$ می‌توان نوشت:

$$C = \frac{q}{V} (\frac{\text{کولن}}{\text{ولت}}) \quad \text{(فاراد)}$$

۳۰۴. ۱ ۲ ۳ ۴

ظرفیت یک خازن به ولتاژ آن بستگی ندارد. ظرفیت خازن به ساختمان خازن و دی‌الکتریک آن بستگی دارد. مثلاً حجم یک بطری آب، به مقدار آب یا ارتفاع آب درون آن بستگی ندارد. خازن نیز اگر به اختلاف پتانسیل بیشتری بسته شود بار بیشتری می‌یابد اما ظرفیت آن ثابت می‌ماند.

۳۰۵. ۱ ۲ ۳ ۴

از رابطهٔ $q = CV$ استفاده می‌کنیم و برای دو حالت بکار می‌بریم.

$$q = CV \begin{cases} q_1 = CV_1 \\ q_2 = CV_2 \end{cases} \Rightarrow q_2 - q_1 = C(V_2 - V_1) \Rightarrow \Delta q = C\Delta V \xrightarrow{\Delta V = ۲۸ - ۲۰ = ۸V} ۴۰(\mu C) = C \times ۸(V)$$

$$\Rightarrow C = \frac{۴۰(\mu C)}{۸(V)} = ۵\mu(\frac{C}{V}) \xrightarrow{\frac{C}{V} = F} C = ۵\mu F$$

۳۰۶. ۱ ۲ ۳ ۴

بنابر آنچه در درس‌نامه آمده است، بار صفحه‌های خازن $Q+$ و $Q-$ است و مجموع بار دو صفحه برابر صفر است. برای پر کردن خازن باتری بار الکتریکی منفی را از یک صفحه به صفحه دیگر خازن منتقل می‌کند و از خود باتری بار به خازن منتقل نمی‌شود.

بنابر رابطهٔ $q = CV$، برای ایجاد بار معین در یک خازن، هر قدر ظرفیت بیشتر باشد ولتاژ کمتری مورد نیاز است.

۳۰۷. ۱ ۲ ۳ ۴

از رابطهٔ ظرفیت خازن یعنی $C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d}$ استفاده می‌کنیم تا مساحت هر صفحه (A) را به‌دست آوریم:

$$۱ = ۱۰ \times ۱۰^{-۱۱} \times \frac{A}{۱۰ \times ۱۰^{-۳}} \Rightarrow A = ۱۰^۸ m^۲ \xrightarrow{A = l^۲} l^۲ = ۱۰^۸ \Rightarrow l = ۱۰^۴ m$$

این عدد نشان می‌دهد یک فاراد ظرفیت بسیار بزرگی است.

۳۰۸. ۱ ۲ ۳ ۴

اگر هر ضلع صفحهٔ خازن را دوبرابر کنیم، مساحت آن چهاربرابر می‌شود:

$$C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d} \rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = ۱ \times \frac{۴A_1}{A_1} \times \frac{d_1}{۴d_1} = ۱$$

۳۰۹. ۱ ۲ ۳ ۴

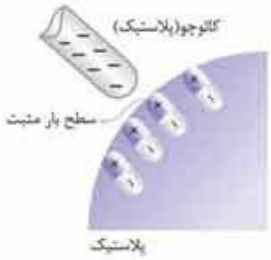
می‌دانیم که ظرفیت خازن به اختلاف پتانسیل دو سر آن بستگی ندارد. اما بار الکتریکی خازن متناسب با اختلاف پتانسیل دو سر آن است.

$q = C_{\text{ثابت}} V \nearrow \Rightarrow q \nearrow$ زیادمی‌شود

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{C_2}{C_1} \times \frac{V_2}{V_1} \xrightarrow[V_2 = ۲V_1]{C_2 = C_1} \frac{q_2}{q_1} = ۱ \times \frac{۲V_1}{V_1} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = ۲ \Rightarrow q_2 = ۲q_1$$

۳۱۰. ۱ ۲ ۳ ۴

خرده‌های کاغذ و میله نارسانا هستند و با نزدیک شدن میله به خرده‌های کاغذ، میدان الکتریکی میله مولکول‌های خردهٔ کاغذ را دوقطبی (قطبیده) می‌کند و در نتیجه بارهای مثبت و منفی آن‌ها از هم جدا می‌شوند و بار مخالف ایجاد شده در خرده‌های کاغذ نزدیک به بار میله ایجاد می‌شود و نیروی جاذبهٔ بارهای مخالف بیشتر از نیروی دافعهٔ بارهای موافق با میله می‌شود و خرده‌های کاغذ جذب میله می‌شوند.



۳۱۱. ۱ ۲ ۳ ۴

راهبرد ۱۷

همانگونه که در مبحث اثر دی‌الکتریک بر خازن بیان کردیم، اگر خازن به یک باتری متصل باشد، چون اختلاف پتانسیل دو سر باتری را ثابت درنظر می‌گیریم با تغییر ظرفیت خازن، اختلاف پتانسیل دو سر خازن برابر اختلاف پتانسیل دو سر باتری و ثابت خواهد بود. در این حالت می‌توان نوشت:

خازن به مولد وصل است $\Rightarrow$ ولتاژ خازن ثابت است $\Rightarrow$

$$\begin{cases} q = CV_{\text{ثابت}} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \frac{C_2}{C_1} \\ U = \frac{۱}{۲}CV^۲_{(\text{ثابت})} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_2}{C_1} \\ E = \frac{V}{d} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{d_1}{d_2} \end{cases}$$

یعنی اگر ظرفیت خازن (وصل به مولد) تغییر کند بار و انرژی خازن متناسب با ظرفیت خازن و میدان الکتریکی آن متناسب با عکس فاصلهٔ دو صفحهٔ خازن تغییر می‌کند.

در این سؤال نیز ($V_{خازن}$ = ثابت) است و با استفاده از رابطهٔ $C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d}$ ابتدا می‌توان تغییرات ظرفیت خازن را مشخص کرد سپس با توجه به رابطهٔ $q = CV$ چگونگی بار الکتریکی را مشخص کنیم:

$$\frac{k_2}{k_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \times \frac{A_2}{A_1} \times \frac{d_1}{d_2} \xrightarrow{\kappa_2 = \kappa_1 \atop A_2 = A_1} \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} \xrightarrow{d_2 > d_1} C_2 < C_1$$

پس ظرفیت کم می‌شود و بار خازن نیز کاهش می‌یابد.

$$q = CV_{\text{ثابت}} \xrightarrow{\text{ظرفیت کم شده است.}} \frac{q_2}{q_1} = \frac{C_2}{C_1} < 1 \Rightarrow q_2 < q_1$$

۳۱۲. گزینهٔ ۲

ابتدا بار خازن را با استفاده از رابطهٔ $q = CV$ به‌دست می‌آوریم. سپس چون خازن به ولتاژ ۲۰۰ ولت وصل است، ولتاژ خازن ثابت می‌ماند و با تغییر ظرفیت خازن بار آن نیز تغییر می‌کند پس می‌توان نوشت:

$$q = 4 \times 10^{-2}(\mu F) \times 200(V) = 8(\mu C)$$

و چون ثابت دی‌الکتریک خازن از $\kappa_1 = 2$ به $\kappa_2 = 1$ تغییر کرده است می‌توان نوشت:

$$\frac{C_2}{C_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \Rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{1}{2} \Rightarrow C_2 = 4 \times 10^{-2}(\mu F) \times \frac{1}{2} = 2 \times 10^{-2}\mu F$$

و بار خازن برابر می‌شود با:

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{C_2}{C_1} \times \frac{V_2}{V_1} \xrightarrow{V_2 = V_1} \frac{q_2}{q_1} = \frac{1}{2} \rightarrow q_2 = 8(\mu C) \times \frac{1}{2} = 4\mu C$$

۳۱۳. گزینهٔ ۲

می‌دانید که اگر خازنی به باتری وصل باشد، ولتاژ باتری و در نتیجه ولتاژ خازن را ثابت درنظر می‌گیریم و بنابر رابطهٔ $C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d}$ اگر شیشه را به خازن وارد کنیم ثابت دی‌الکتریک (κ) زیاد می‌شود پس ظرفیت خازن هم افزایش می‌یابد. اما از رابطهٔ $q = CV$ می‌توانیم بنویسیم:

$$q = CV \ (\text{ثابت}) \xrightarrow{\text{ظرفیت زیاد شده است.}} q \text{ بار خازن زیاد شده است.}$$

۳۱۴. گزینهٔ ۲

از آنچه که در درس‌نامه، دربارهٔ میدان الکتریکی ذکر شد، می‌دانیم میدان الکتریکی خازن تخت از رابطهٔ $E = \frac{V}{d}$ به‌دست می‌آید. در این سؤال چون خازن به مولد بسته شده است، از راهبرد ۱۶ می‌دانیم ولتاژ آن یعنی V ثابت است و با افزایش فاصلهٔ صفحه‌های خازن، میدان الکتریکی خازن کم می‌شود. یعنی:

$$E = \frac{V}{\underset{\text{زیادشده}}{d\nearrow}} \Rightarrow E\swarrow \quad \text{کم می‌شود}$$

اما دربارهٔ بار خازن باید از رابطهٔ $q = CV$ و ظرفیت خازن استفاده کنیم:

$$C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{d\nearrow} C\swarrow \quad \text{کاهش می‌یابد.}$$

$$q = CV_{\text{ثابت}} \xrightarrow{C\swarrow \text{ کاهش یافته}} q\swarrow \quad \text{کم می‌شود.}$$

۳۱۵. گزینهٔ ۱

چون خازن به مولد وصل است ولتاژ خازن ثابت است. اما می‌دانیم میدان الکتریکی خازن تخت از رابطهٔ $E = \frac{V}{d}$ مشخص می‌شود و در این سؤال علاوه بر V (که ثابت است) فاصلهٔ دو صفحهٔ خازن (d) نیز ثابت مانده پس میدان الکتریکی خازن نیز تغییر نمی‌کند.

$$E = \frac{V\ (\text{ثابت})}{d\ (\text{ثابت})} \Rightarrow E \text{ ثابت می‌ماند.}$$

۳۱۶. گزینهٔ ۱

در این حالت ولتاژ خازن ثابت است و ابتدا تغییر ظرفیت خازن را مشخص می‌کنیم ($C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d}$)، سپس از رابطه‌های $U = \frac{1}{2}CV^2_{(\text{ثابت})}$ و $q = CV$، تغییرات انرژی و بار خازن را به‌دست می‌آوریم.

$$C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{d_2 = \frac{1}{2}d_1} \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} = 2$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{C_2}{C_1} = 2 \ \text{ و } \ q = CV_{(\text{ثابت})} \Rightarrow \frac{q_2}{q_1} = \frac{C_2}{C_1} = 2$$

۳۱۷. ۱ ۲ ۳ ۴

راهبرد ۱۸

در خازن تخت رابطهٔ بین چگالی سطحی بار هر صفحهٔ آن با میدان الکتریکی بین صفحه‌های خازن از رابطهٔ روبه‌رو به‌دست می‌آید:

$\sigma = \kappa\varepsilon_0 E$

چرا؟! رابطهٔ ظرفیت خازن تخت یعنی $C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d}$ و $q = CV$ و هم‌چنین تعریف چگالی بار سطحی $\sigma = \frac{q}{A}$ را درنظر بگیرید.

$$\sigma = \frac{q}{A} \xrightarrow{q=CV} \sigma = \frac{\kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d} \times V}{A} \Rightarrow \sigma = \kappa\varepsilon_0 \frac{V}{d}$$

و چون میدان خازن یکنواخت است می‌توان از رابطهٔ $E = \frac{V}{d}$ استفاده کرد و در رابطهٔ فوق جای‌گذاری کرد و در نهایت داریم:

$\sigma = \kappa\varepsilon_0 E$

برای پاسخ به این سؤال کافی است کمیت‌های معلوم را در این رابطه جای‌گذاری کنیم:

$$\sigma = \kappa\varepsilon_0 E \Rightarrow 5\times10^{-5} = 5\times10^{-11} E \Rightarrow E = 10^6 \frac{N}{C}$$

۳۱۸. ۱ ۲ ۳ ۴

چون خازن به مولد وصل است، ولتاژ خازن ثابت است و بنابر رابطهٔ $E = \frac{V}{d}$ میدان الکتریکی خازن نیز ثابت می‌ماند (d' ثابت است) پس بنابر راهبرد ۱۸:

روش اول: اگر رابطهٔ $\sigma = \kappa\varepsilon_0 E$ را درنظر بگیریم چون $\kappa = 8$ برابر شده است، σ نیز ۸ برابر می‌شود.

$$\frac{\sigma_2}{\sigma_1} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \times \frac{E_2}{E_1} \xrightarrow[\kappa_2 = 8\kappa_1]{E_1 = E_2} \sigma_2 = 8\sigma_1$$

روش دوم:

با ورود دی‌الکتریک ظرفیت خازن زیاد (۸ برابر) می‌شود و چون ولتاژ خازن ثابت است بنابر رابطهٔ $q = CV_{(ثابت)}$، بار خازن نیز ۸ برابر می‌شود و در نهایت بنابر تعریف چگالی سطحی بار یعنی $\delta = \frac{q}{A}$ چون A ثابت و q، ۸ برابر شده است، می‌توان نتیجه گرفت چگالی سطحی بار صفحهٔ خازن نیز ۸ برابر شده است.

۳۱۹. ۱ ۲ ۳ ۴

می‌توان از رابطهٔ شدت میدان الکتریکی برای خازن استفاده کرد و نوشت:

$$|\Delta V| = Ed \Rightarrow E = \frac{200}{4\times10^{-3}} = 50000 \frac{N}{C}$$

۳۲۰. ۱ ۲ ۳ ۴

راهبرد ۱۹

اگر خازن به یک مولد وصل و شارژ شود و سپس آن را از مولد جدا کنیم و منزوی بماند، چون خازن به جسم دیگری وصل نیست و نمی‌تواند بار مبادله کند، بار خازن در صفحه‌ها نیز تغییر نمی‌کند، «یعنی اگر ظرفیت خازن را تغییر دهیم، بار خازن ثابت می‌ماند». این تغییر ظرفیت سبب می‌شود ولتاژ خازن، انرژی و میدان الکتریکی خازن تغییر کند؛ و برای تعیین چگونگی تغییر هریک از این کمیت‌ها می‌توان نوشت:

خازن منزوی (q ثابت است) $\Rightarrow$ خازن از مولد جدا است $\Rightarrow$

$$\xrightarrow{q=CV} \frac{q_2}{q_1} = \frac{C_2}{C_1} \times \frac{V_2}{V_1} \Rightarrow \boxed{\frac{V_2}{V_1} = \frac{C_1}{C_2}}$$

$$\xrightarrow{U=\frac{q^2}{2C}} \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_1}{C_2} \times \left(\frac{q_2}{q_1}\right)^2 \Rightarrow \boxed{\frac{U_2}{U_1} = \frac{C_1}{C_2}}$$

$$\xrightarrow{E=\frac{V}{d}} \boxed{\frac{E_2}{E_1} = \frac{V_2}{V_1} \times \frac{d_1}{d_2}}$$

یعنی «درخازن منزوی، ولتاژ و انرژی خازن متناسب با واروِن (عکس) ظرفیت خازن هستند.»

در این سؤال نیز می‌توان نوشت:

$$C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{\text{d زیاد شده است}} \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2 \nearrow} \Rightarrow C \text{ کم می‌شود.}$$

و برای تعیین چگونگی تغییر ولتاژ خازن داریم:

$$q = CV \rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{C_1}{C_2} \xrightarrow{C_2 < C_1} \frac{V_2}{V_1} > 1 \Rightarrow V \text{ زیاد می‌شود.}$$

۳۲۱. ۱ ۲ ۳ ۴

خازن منزوی است و بار هر صفحهٔ آن ثابت می‌ماند. بنابراین ابتدا تغییر ظرفیت خازن سپس تغییر ولتاژ و انرژی خازن را مشخص می‌کنیم:

$C = \kappa\varepsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{d_2 = 2d_1} \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} = \frac{1}{2} \Rightarrow$ ظرفیت کم می‌شود

$q = CV \xrightarrow[q \text{ ثابت است}]{C \text{ کاهش یافته}} \frac{V_2}{V_1} = \frac{C_1}{C_2} \Rightarrow$ ولتاژ افزایش می‌یابد

$U = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{C_1}{C_2} \xrightarrow{\text{ظرفیت کاهش یافته}}$ انرژی افزایش می‌یابد.

برای محاسبهٔ تغییرات انرژی می‌توان از رابطهٔ $U = \frac{1}{2}qV$ نیز استفاده کرد:

$\frac{U_2}{U_1} = \frac{q_2}{q_1} \times \frac{V_2}{V_1} \xrightarrow{q \text{ ثابت است}} \frac{U_2}{U_1} = \frac{V_2}{V_1} \xrightarrow[V_2 > V_1]{V \text{ زیاد شده}} U_2 > U_1 \Rightarrow$ انرژی افزایش می‌یابد.

۳۲۲. ۱ ۲ ۳ ۴

خازن از مولد جداست و بار آن ثابت مانده است و با ورود دی‌الکتریک به آن ولتاژ خازن کاهش یافته است. پس از رابطهٔ $q = CV$ می‌توان دریافت ظرفیت خازن زیاد شده است.

$q = CV \xrightarrow[V \text{ کاهش یافته است}]{q \text{ ثابت است}} C$ افزایش می‌یابد.

۳۲۳. ۱ ۳ ۴ ۴

$C = k\varepsilon_0 \frac{A}{d} \xrightarrow{\kappa \text{ کاهش یافته است}} C$ کاهش می‌یابد برداشتن دی‌الکتریک خازن سبب کاهش ظرفیت آن می‌شود.

و چون خازن از باتری جدا و منزوی است تغییر اختلاف پتانسیل و انرژی آن را می‌توان به صورت زیر مشخص کرد:

$q = CV \xrightarrow{q \text{ ثابت است}} \frac{V_2}{V_1} = \frac{C_1}{C_2} \xrightarrow{C_2 \text{ کمتر از } C_1 \text{ است}} V$ افزایش یافته

$U = \frac{1}{2}qV \xrightarrow[C \text{ افزایش یافته است}]{q \text{ ثابت است}} U$ افزایش یافته است.

۳۲۴. ۱ ۲ ۳ ۴

توجه داریم که بار خازن ثابت (یعنی خازن منزوی) است. اگر فاصلهٔ صفحه‌های خازن را نصف کنیم ظرفیت خازن دو برابر می‌شود:

$C = K\varepsilon_0 \frac{A}{d} \rightarrow \frac{C_2}{C_1} = \frac{d_1}{d_2} \xrightarrow{d_2 = \frac{1}{2}d_1} C_2 = 2C_1$

اما در این حالت که q ثابت است، ولتاژ خازن متناسب با عکس ظرفیت خازن تغییر می‌کند یعنی:

$q = CV \xrightarrow[C \text{ دو برابر شده است}]{q \text{ ثابت است}} \frac{V_2}{V_1} = \frac{C_1}{C_2} = \frac{1}{2}$

یعنی ولتاژ خازن نصف شده است. می‌دانیم میدان الکتریکی خازن از رابطهٔ $E = \frac{V}{d}$ به‌دست می‌آید. پس از رابطهٔ $E = \frac{V}{d}$ می‌توان استفاده کرد و نوشت:

$E = \frac{V}{d} \Rightarrow \frac{E_2}{E_1} = \frac{V_2}{V_1} \times \frac{d_1}{d_2} \xrightarrow[V_2 = \frac{1}{2}V_1]{d_2 = \frac{1}{2}d_1} \frac{E_2}{E_1} = \frac{1}{2} \times 2 = 1$

۳۲۵. ۱ ۲ ۳ ۴

می‌دانیم که چگالی بار الکتریکی سطحی یک خازن تخت از رابطهٔ $\sigma = \frac{q}{A}$ یا $\sigma = \kappa\varepsilon_0 E$ به‌دست می‌آید. اما چون خازن از مولد جدا شده با تغییر فاصلهٔ دو صفحه و دی‌الکتریک آن، بار خازن ثابت می‌ماند و در نتیجه بنابر رابطهٔ $\sigma = \frac{q}{A}$ (مقدار q و A ثابت)، چگالی سطحی بار تغییر نمی‌کند.

۳۲۶. ۱ ۲ ۳ ۴

در این سؤال دقت کنید که هرچند خازن به مولد وصل نیست اما همان‌طور که در راهبرد بیان کردیم به دلیل وصل بودن خازن به یک جسم (اینجا الکتروسکوپ) با تغییر ظرفیت خازن بار خازن ثابت نمی‌ماند. خازن می‌تواند با الکتروسکوپ بار مبادله کند. اما چگونه؟ برای پاسخ به این پرسش ابتدا چگونگی تغییر میدان الکتریکی خازن را مشخص می‌کنیم سپس چگونگی تغییر بار آن را تعیین می‌کنیم؛ از درس‌نامه دریافتیم که ورود دی‌الکتریک (در اینجا شیشه) در خازن سبب کاهش میدان الکتریکی خازن و در نتیجه ولتاژ خازن می‌شود.

$E = \frac{V}{d} \xrightarrow[d \text{ ثابت است}]{E \text{ کم می‌شود}} V$ کاهش می‌یابد.

چون خازن به الکتروسکوپ وصل است و الکتروسکوپ می‌تواند با خازن بار مبادله کند، کاهش ولتاژ خازن سبب می‌شود که تعادل الکتروستاتیکی خازن با الکتروسکوپ برای یک لحظه از بین برود و خازن از الکتروسکوپ بار بگیرد تا دوباره با آن به تعادل الکتروستاتیکی برسد. در نتیجه بار الکتروسکوپ کاهش می‌یابد و فاصلهٔ ورقه‌های آن کم می‌شود.

۳۲۷. ۴ ۳ ۲

از رابطهٔ $U=\frac{1}{2}CV^2$ استفاده می‌کنیم و به یکاهای کمیت‌ها دقت می‌کنیم:

$$U=\frac{1}{2}CV^2 \Rightarrow 7/2\times10^{-3}(J)=\frac{1}{2}\times4\times10^{-6}\times V^2 \Rightarrow V=60V$$

۳۲۸. ۴ ۳ ۲ ۱

یادآوری:
از تعریف توان می‌توانیم بنویسیم:
$P=\frac{U}{t} \Rightarrow U=P\times t$

می‌توانیم از رابطهٔ $U=\frac{1}{2}CV^2$ استفاده کنیم. اما پیش از آن یکاهای داده‌شده را باید مرتب کنیم:
اگر یکای توان (P) وات و یکای زمان (t) ثانیه باشد، یکای انرژی (U) ژول خواهد بود و در تبدیل یکای کیلووات ساعت (kWh) به ژول می‌توان نوشت:

$$kWh \xrightarrow[h\times3600\to S]{kW\times1000\to W} kWh\times(1000\times3600)=J$$

دراین سؤال می‌توان نوشت:

$$U=10^{-6}(kWh)\times3600\times1000=3/6J$$

با توجه به این‌که ولتاژ خازن $V=1kV=10^3V$ است داریم:

$$U=\frac{1}{2}CV^2 \to 3/6=\frac{1}{2}\times C\times(10^3)^2 \Rightarrow C=7/2\times10^{-6}(F) \Rightarrow C=7/2\mu F$$

۳۲۹. ۴ ۳ ۲ ۱

چون تغییر انرژی خازن مورد نظر است می‌توان از رابطه‌های $U=\frac{1}{2}qV$ یا $U=\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$ یا $U=\frac{1}{2}CV^2$ استفاده کرد، اما چون تغییر اختلاف پتانسیل خازن داده شده است و با فرض این‌که ظرفیت خازن ثابت مانده است می‌توان از رابطهٔ $U=\frac{1}{2}CV^2$ استفاده کرد و در دو حالت تغییر انرژی را درنظر گرفت یعنی:

$$U=\frac{1}{2}CV^2 \Rightarrow \frac{U_2}{U_1}=\frac{C_2}{C_1}\times(\frac{V_2}{V_1})^2$$

$$\xrightarrow{C_1=C_2} \frac{U_2}{U_1}=(\frac{V_1-0/8V_1}{V_1})^2 \Rightarrow \frac{U_2}{U_1}=(\frac{0/2V_1}{V_1})^2 \Rightarrow \frac{U_2}{U_1}=0/04$$

اما چون درصد تغییرات انرژی خازن مورد نظر است داریم:

$$\frac{U_2}{U_1}=\frac{4}{100} \Rightarrow \frac{U_2-U_1}{U_1}=\frac{4-100}{100} \Rightarrow \frac{\Delta U}{U_1}=-\frac{96}{100}=-\%96$$

۳۳۰. ۴ ۳ ۲ ۱

چون تغییرات بار الکتریکی و همراه با آن نیز تغییرات انرژی خازن داده شده است می‌توان از رابطهٔ $U=\frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$ استفاده کرد و داریم:

$$U=\frac{1}{2}\frac{q^2}{C} \to \begin{cases} U_2=\frac{1}{2}\frac{q_2^2}{C} \\ U_1=\frac{1}{2}\frac{q_1^2}{C} \end{cases} \Rightarrow U_2-U_1=\frac{1}{2C}(q_2^2-q_1^2)$$

چون بار الکتریکی ۲۰ درصد افزایش یافته $q_2=1/2q_1$ است یعنی:

$$\xrightarrow{q_2=q_1+0/2q_1} 16(\mu J)=\frac{1}{2\times22\mu F}((1/2q_1)^2-q_1^2) \Rightarrow 16=\frac{1}{44}\times0/44q_1^2 \Rightarrow q_1=40\mu C$$

۳۳۱. ۴ ۳ ۲ ۱

پاسخ را در دو مرحله بیان می‌کنیم. در مرحلهٔ اول کلید بسته است و خازن به باتری متصل و ولتاژ خازن ثابت است و چون فاصلهٔ بین دو صفحه ۲d افزایش یافته، این فاصله از $d_1=d$ به $d_2=3d$ رسیده و ظرفیت خازن $\frac{1}{3}$ برابر می‌شود:

$$C=\kappa\varepsilon_0\frac{A}{d} \to \frac{C_2}{C_1}=\frac{\kappa_2}{\kappa_1}\times\frac{A_2}{A_1}\times\frac{d_1}{d_2} \xrightarrow{\substack{\kappa_2=\kappa_1\\A_2=A_1}} \frac{C_2}{C_1}=\frac{d_1}{d_2} \xrightarrow[d_1=d]{d_2=3d} \frac{C_2}{C_1}=\frac{1}{3}$$

و در این حالت برای مقایسهٔ انرژی خازن از رابطهٔ $U=\frac{1}{2}CV^2$ استفاده می‌کنیم یعنی:

$$U=\frac{1}{2}CV^2 \to \frac{U_2}{U_1}=\frac{C_2}{C_1}\times(\frac{V_2}{V_1})^2 \xrightarrow{V_2=V_1} \frac{U_2}{U_1}=\frac{C_2}{C_1}=\frac{1}{3} \quad (1)$$

در حالت دوم کلید باز است، پس بار خازن ثابت می‌ماند و با ورود دی‌الکتریک به درون خازن $\kappa=2$ ظرفیت آن ۲ برابر می‌شود:

$$\frac{C_2}{C_1}=\frac{\kappa_2}{\kappa_1}=2$$

فصل سوم

مغناطیس

ویژگی‌های مغناطیس و نیروهای مغناطیسی آن‌قدر مهم و پرکاربرد هستند که یک فصل از کتاب درسی را به خود اختصاص داده‌اند. مفاهیم اولیهٔ مغناطیس، میدان مغناطیسی و نیروهای مغناطیسی وارد بر بار متحرک و سیم حامل جریان، در قسمت‌های اولیهٔ این فصل مطرح شده است. این قسمت اندکی چاشنی مثلثات و نیاز به تجسم قوی بردارها در فضای سه‌بُعدی دارد. در قسمت بعدی، آثار مغناطیسی ناشی از عبور جریان الکتریکی در سیم، پیچه و سیملوله مطرح شده است. استفاده از قانون‌های دست راست برای تعیین جهت میدان مغناطیسی تولیدشده از جریان الکتریکی و تعیین نیروهای وارد بر ذره و سیم، در فضای سه‌بُعدی، دردسرهای خودش را دارد. از این‌رو تلاش کرده‌ایم تا با ارائهٔ تست‌های متنوع و به تعداد کافی، شما را کمی به زحمت بیندازیم تا در نهایت در کنکور دردسر نداشته باشید. انتظار داریم از این فصل دو تست در کنکور مطرح شود.

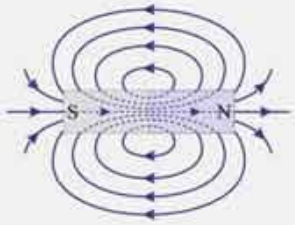
آشنایی با خواص مغناطیسی و میدان مغناطیسی

۱ اولین بار خاصیت مغناطیسی به صورت طبیعی در مادهٔ کانی مگنتیت (Fe_3O_4) دیده شد.

۲ هر آهنربا دو قطب دارد. در محل قطب‌های آهنربا خاصیت مغناطیسی از سایر نقاط شدیدتر است.

۳ اگر یک آهنربا را از مرکز ثقل خود (گرانیگاه)، از نقطه‌ای بیاویزیم، قطبی از آن که به سمت شمال جغرافیایی قرار می‌گیرد را N و قطبی که به سمت جنوب جغرافیایی قرار می‌گیرد را S می‌نامیم. قطب‌های هم‌نام همدیگر را دفع و قطب‌های ناهم‌نام همدیگر را جذب می‌کنند.

۴ جهت خطوط میدان مغناطیسی در هر آهنربا در فضای بیرون آن از قطب N به سمت قطب S و در درون آهنربا از قطب S به قطب N است. عقربهٔ مغناطیسی (قطب‌نما) که یک آهنربای کوچک است، مماس بر این خطوط و در جهت خطوط می‌ایستد.



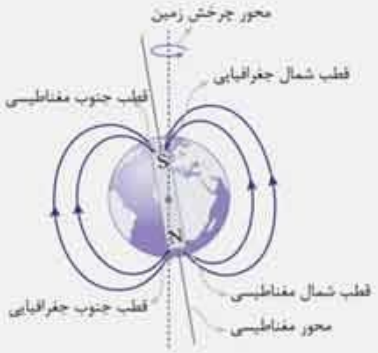
۵ خطوط میدان مغناطیسی برای تجسم میدان مغناطیسی رسم می‌شود.

خطوط میدان مغناطیسی حتماً **بسته‌اند** و هیچ‌گاه همدیگر را **قطع نمی‌کنند**. این خطوط هرجا **متراکم‌تر** باشند، خاصیت مغناطیسی در آن نقطه **شدیدتر** است. اگر خطوط میدان با هم **موازی** بوده و از یکدیگر فاصلهٔ **یکسانی** داشته باشند، میدان **یکنواخت** و شدت میدان در تمام نقاط آن یکسان است.

میدان مغناطیسی زمین

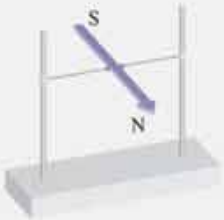
۱ زمین مثل یک آهنربای بزرگ است که قطب‌های مغناطیسی آن کاملاً بر قطب‌های جغرافیایی منطبق نمی‌باشد. اکنون فاصله بین قطب‌های جغرافیایی و مغناطیسی حدود ۱۸۰۰ کیلومتر است.

انحراف عقربهٔ قطب‌نما با امتداد شمال ـ جنوب جغرافیایی را زاویهٔ میل مغناطیسی می‌نامند.



۲ همان‌طور که دیده می‌شود قطب شمال مغناطیسی مجاور قطب جنوب جغرافیایی و قطب جنوب مغناطیسی مجاور قطب شمال جغرافیایی قرار می‌گیرد.

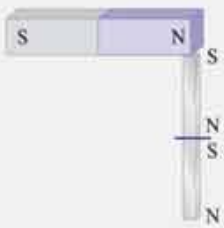
۳ عقربهٔ قطب‌نما در محدودهٔ استوا بطور افقی قرار می‌گیرد. اما در سایر نقاط، امتداد آن با افق زاویه‌ای می‌سازد که به این زاویه شیب مغناطیسی گفته می‌شود.



خاصیت القای مغناطیسی

هرگاه قطعه‌ای از آهن را به یک آهنربا نزدیک کنیم، در اثر میدان مغناطیسی آهنربا، قطعهٔ آهن هم خاصیت مغناطیسی پیدا می‌کند. چنین پدیده‌ای را خاصیت القای مغناطیسی می‌نامیم.

سری از قطعهٔ آهنی که مجاور قطبی از آهنرباست، با آن ناهم‌نام شده و در اثر خاصیت القای مغناطیسی همدیگر را جذب می‌کنند.

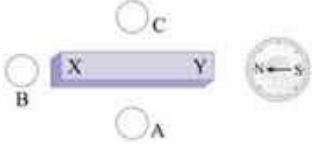


◀ برای مشاهدهٔ انیمیشن یا آزمایش، رمزینهٔ روبه‌رو را اسکن نمایید.

۱. چهار نقطهٔ A، B، C و D روی یک صفحه قرار دارند و آهنربای تیغه‌ای نیز روی همین صفحه است. در کدام نقطه، جهت میدان مغناطیسی حاصل از آهنربا درست نشان داده شده است؟

۱) D
۲) C
۳) B
۴) A

۲. شکل زیر یک آهنربای میله‌ای معمولی را نشان می‌دهد که در اطراف آن ۴ عقربهٔ مغناطیسی قرار دارند. جهت قرارگرفتن عقربه‌های A، B و C به‌ترتیب کدام است؟ (ریاضی خارج ۹۶)

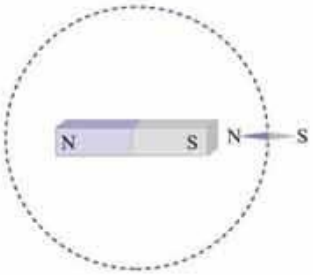


۱) ←، ·، ← و →
۲) ←، ·، → و ←
۳) →، ·، → و →
۴) ←، ·، ← و ←

۳. در کدام‌یک از شکل‌های زیر عقربهٔ مغناطیسی جهت میدان مغناطیسی آهنربا را در نقطهٔ M که به یک فاصله از دو قطب آهنرباست درست نشان می‌دهد؟ (برگرفته از فعالیت کتاب درسی)

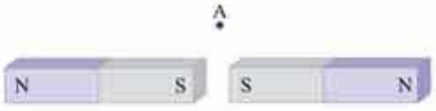
۱) N S M
۲) N S M
۳) N S M
۴) N S M

۴. یک آهنربای میله‌ای مطابق شکل روبه‌رو، روی یک میز قرار دارد. یک عقربهٔ مغناطیسی که آزادانه می‌تواند حول محور قائم بر میز بچرخد به آرامی روی مسیر دایره‌ای شکل به دور آهنربا یک دور می‌چرخد. در این مسیر عقربه چند درجه دوران می‌کند؟ (ریاضی ۹۶)



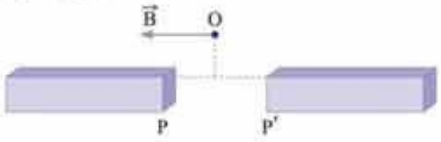
۱) ۱۸۰
۲) ۲۷۰
۳) ۳۶۰
۴) ۷۲۰

۵. جهت میدان مغناطیسی در نقطهٔ A که فقط حاصل اثر دو آهنربای مشابه می‌باشد، کدام است؟ (کنکور زیرخاکی)



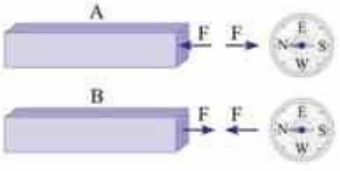
۱) ↓
۲) ↑
۳) ←
۴) →

۶. P′ و P دو قطب از دو آهنربای تیغه‌ای هستند. اگر میدان مغناطیسی در نقطهٔ O روی عمودمنصف PP′ به صورت بردار B باشد، در این صورت P′ و P به ترتیب از راست به چپ عبارتند از: (کنکور زیرخاکی)



۱) N ،N
۲) S ،N
۳) N ،S
۴) S ،S

۷. میله‌های A و B را به قطب N یک عقربهٔ مغناطیسی نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود سری از A که به N نزدیک شده آن را دفع کرده و سری از B که به N نزدیک شده آن را جذب می‌کند. کدام گزینه قطب‌های N و S میله‌های A و B را درست نشان می‌دهد؟



۱) B: N S ، A: S N
۲) B: S N ، A: S N
۳) B: N S و در مورد A چیزی نمی‌توان گفت
۴) A: S N و در مورد B چیزی نمی‌توان گفت

۸. یک آهن و یک آهنربا که از نظر ظاهر کاملاً مشابهند، در اختیار داریم. تنها با ملاحظهٔ نیروی این دو بر یکدیگر، کدام گزینه دربارهٔ تشخیص آهن از آهنربا و تشخیص قطب‌های آهنربا درست است؟ (برگرفته از متن کتاب درسی)

۱) آهنربا مشخص شده ولی قطب‌ها مشخص نمی‌شود.
۲) آهنربا و قطب‌هایش مشخص می‌شود.
۳) نه آهنربا و نه قطب‌ها مشخص نمی‌شود.
۴) اظهارنظر قطعی میسر نیست.

۹. «خطوط میدان مغناطیسی خطوط بسته‌ای هستند.» این مطلب با کدام گزینه رابطهٔ نزدیکی دارد؟ (برگرفته از متن کتاب درسی)

۱) آهنربای تک قطبی وجود ندارد.
۲) نیرو در راستای میدان است.
۳) نزدیک آهنربا میدان قوی است.
۴) میدان مغناطیسی از همهٔ مواد عبور می‌کند.

۱۰. در کدام شکل نحوهٔ قرارگرفتن سوزن‌های آویخته از آهنربا نادرست نشان داده شده است؟ (برگرفته از متن کتاب درسی)

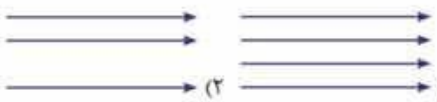
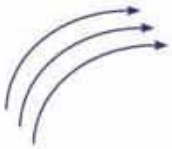
۱)

۲)

۳)

۴)

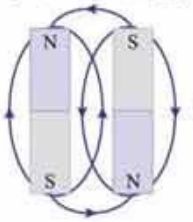
۱۱. کدام گزینه معرف میدان مغناطیسی یکنواخت است؟

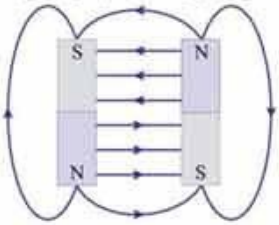
۱) 
۲)
۳) 
۴) هر سه گزینهٔ ۱، ۲ و ۳

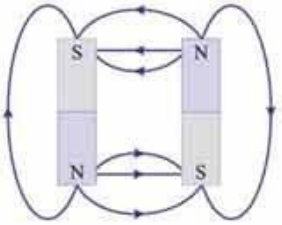
۱۲. در مورد میدان مغناطیسی زمین کدام گزینه درست است؟ (برگرفته از متن کتاب درسی)

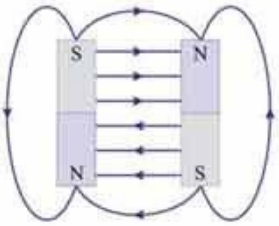
۱) قطب N مغناطیسی در شمال جغرافیایی قرار دارد و به همین دلیل به آن قطب N می‌گویند.
۲) منظور از میل مغناطیسی، زاویه‌ای است که امتداد عقربهٔ مغناطیسی با سطح افق می‌سازد.
۳) شیب مغناطیسی، انحراف امتداد عقربهٔ مغناطیسی با امتداد شمال ـ جنوب جغرافیایی است.
۴) قطب‌های مغناطیسی زمین بر قطب‌های جغرافیایی زمین منطبق نمی‌باشند.

۱۳. دو آهنربای میله‌ای مشابه در کنار هم قرار داده شده‌اند. در کدام شکل خط‌های میدان مغناطیسی در فضای اطراف آن‌ها درست رسم شده‌اند؟

۱) 

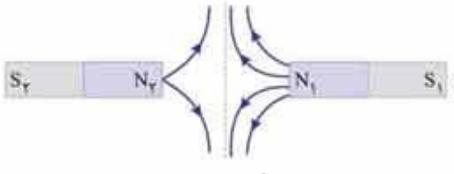
۲) 

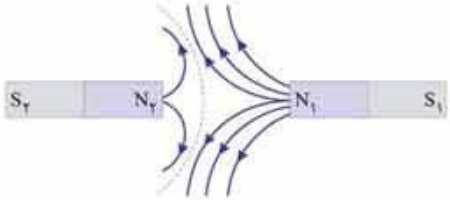
۳) 

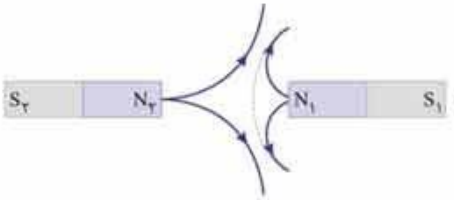
۴) 

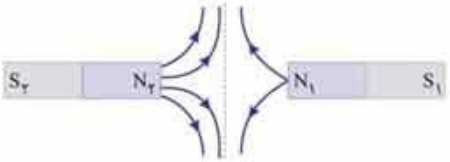
۱۴. در شکل مقابل شدت مغناطیسی N_1 بزرگ‌تر از N_2 است. خطوط میدان مغناطیسی در کدام گزینه درست ترسیم شده است؟

(برگرفته از متن کتاب درسی)

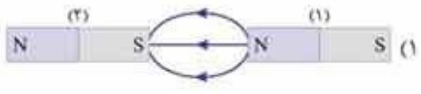
۱) 

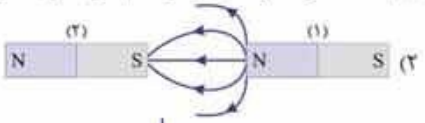
۲) 

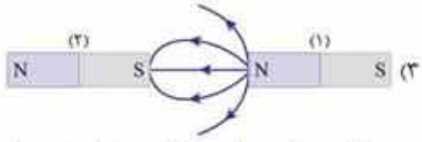
۳) 

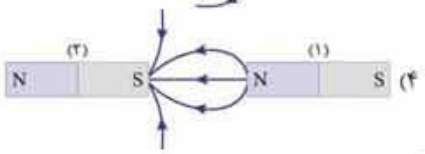
۴) 

۱۵. چنان‌چه شدت میدان مغناطیسی آهنربای (۱) بزرگ‌تر از آهنربای (۲) باشد، شکل خطوط میدان در کدام گزینه درست رسم شده است؟

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۱۶. در مورد کاربردهای میدان مغناطیسی کدام گزینه نادرست است؟ (برگرفته از متن کتاب درسی)

۱) نانوذره‌های مغناطیسی با پوشش خاص شیمیایی می‌توانند در کنترل سلول‌های سرطانی به کار روند.

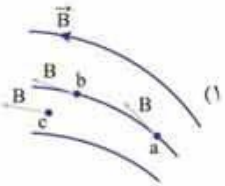
۲) یک نوع آهنربای طبیعی به فرمول Fe_3O_4 وجود دارد.

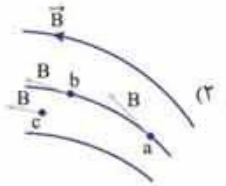
۳) میدان مغناطیسی حاصل از عضله‌های کوچک از مرتبهٔ $10^{-12}\,T$ هستند.

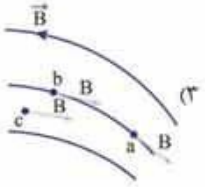
۴) مغناطیس‌سنج‌های بسیار حساس که میدان‌های مغناطیسی کوچک بدن را اندازه‌گیری می‌کنند، اسکوپید نامیده می‌شوند.

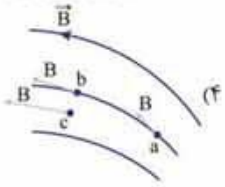
۱۷. شکل خطوط میدان مغناطیسی در ناحیه‌ای از فضا رسم شده‌است. در کدام شکل اندازه و جهت بردار میدان درست ترسیم شده‌است؟

(برگرفته از پرسش کتاب درسی)

۱) 

۲) 

۳) 

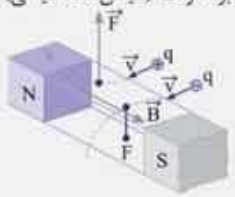
۴) 

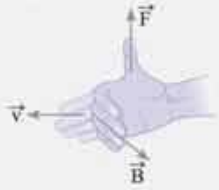
نیروی وارد بر ذرهٔ باردار متحرک در میدان مغناطیسی

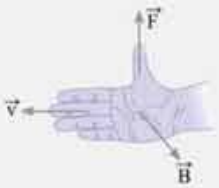
اگر ذرهٔ باردار متحرکی خطوط میدان مغناطیسی را قطع کند، از طرف میدان بر آن نیرویی وارد می‌شود. ویژگی‌های این نیرو به شرح زیر است:

۱) نیروی وارد بر بار متحرک در میدان مغناطیسی، هم بر بردار سرعت $(\vec{v})$ و هم بر بردار میدان $(\vec{B})$ عمود است. (می‌توانیم بگوییم بر صفحهٔ گذرنده از دو بردار $\vec{v}$ و $\vec{B}$ عمود است.)

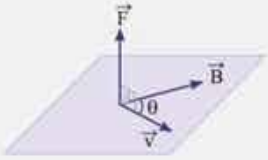
۲) جهت نیروی وارد بر بار مثبت از قاعدهٔ دست راست تعیین می‌شود (جهت نیروی وارد بر بار **منفی** همواره **خلاف** جهت نیروی وارد بر بار مثبت است). به این ترتیب که اگر چهار انگشت دست راست را به‌گونه‌ای درجهت حرکت بار قراردهیم که هنگام خم شدن انگشتان درجهت $\vec{B}$ (میدان) قرار بگیرند، انگشت شست نشان‌دهندهٔ جهت $\vec{F}$ (نیرو) است. یا می‌توانیم بگوییم $\vec{V}$ (حرکت بار) در امتداد چهار انگشت دست راست بوده و $\vec{B}$ (میدان مغناطیسی) از کف دست راست خارج شده و $\vec{F}$ (نیروی مغناطیسی) در جهت شست دست راست است.







۳) وقتی بار درون میدان مغناطیسی یکنواختی در حال حرکت است **اندازهٔ** نیروی مغناطیسی وارد بر آن از فرمول مقابل تعیین می‌شود: $|F| = |q|vB\sin\theta$



منظور از $|q|$ **اندازهٔ** بار الکتریکی، v تندی (**اندازهٔ** سرعت)، B **اندازه** (شدت) میدان مغناطیسی و θ زاویهٔ بین بردار $\vec{v}$ با بردار $\vec{B}$ است.

چون برای اولین بار در این فرمول B به کار رفته است، یکای میدان مغناطیسی از همین فرمول به دست می‌آید:

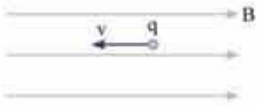
$$\text{یکای SI میدان مغناطیسی} \equiv \frac{N}{C.(\frac{m}{s})} = \frac{N}{A.m}$$

که می‌دانیم $\frac{N}{A.m}$ را تسلا (T) می‌نامند.

هم چنان‌که می‌دانید تسلا واحد بزرگی برای محاسبه شدت میدان است، واحد فرعی دیگری برای میدان وجود دارد بنام گاوس.

بنابه تعریف داریم: $1T = 10^4\,G$

۲۶. در شکل زیر نیروی وارد به بار در کدام جهت است؟



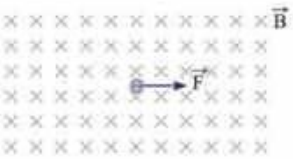
۱) ⊗ ۲) ⊙ ۳) ↓ $\vec{F}$ ۴) هیچ‌کدام

۲۷. ذره‌ای باردار، با سرعت v در راستای میدان مغناطیسی یکنواخت B و در خلاف جهت میدان وارد آن می‌شود. سرعت ذره تحت اثر میدان چگونه تغییر می‌کند؟

۱) تغییر نمی‌کند. ۲) افزایش می‌یابد.

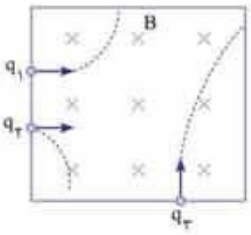
۳) کاهش می‌یابد. ۴) بسته به نوع بار الکتریکی کاهش یا افزایش می‌یابد.

۲۸. درشکل مقابل، الکترونی با سرعت v در مسیری عمود بر میدان مغناطیسی در حرکت است. نیروی الکترومغناطیس وارد بر الکترون در یک لحظه نشان داده شده است. از آن لحظه، قسمتی از مسیر حرکت الکترون در میدان کدام است؟ (ریاضی خارج ۸۷)



۱) ۲) ۳) ۴)

۲۹. چنان‌چه بارهای الکتریکی نشان داده‌شده در شکل، با سرعت یکسان وارد منطقهٔ میدان یکنواخت شده باشند، کدام گزینه درست است؟ (برگرفته از پرسش کتاب درسی)



۱) q_1 و q_2 و q_3 هم‌نام و $\frac{|q_3|}{m_3} > \frac{|q_1|}{m_1} > \frac{|q_2|}{m_2}$

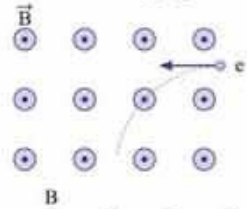
۲) q_2 و q_3 هم‌نام و $\frac{|q_3|}{m_3} > \frac{|q_1|}{m_1} > \frac{|q_2|}{m_2}$

۳) q_1 و q_3 هم‌نام و $\frac{|q_3|}{m_3} < \frac{|q_1|}{m_1} < \frac{|q_2|}{m_2}$

۴) q_2 و q_3 هم‌نام و $\frac{|q_3|}{m_3} < \frac{|q_1|}{m_1} < \frac{|q_2|}{m_2}$

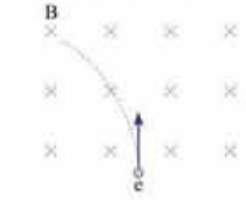
۳۰. کدام شکل مسیر حرکت یک الکترون را که با سرعت اولیهٔ v_0 وارد یک میدان مغناطیسی شده و هیچ نیروی دیگری به آن اثر نمی‌کند، نادرست نشان می‌دهد؟

۱)

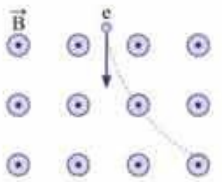


۲)

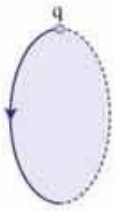
۳)



۴)

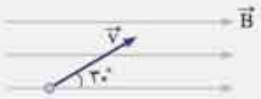


۳۱. بار الکتریکی $q > 0$ در یک میدان مغناطیسی یکنواخت در حال چرخش است. اگر مسیر حرکت بار q مطابق شکل باشد، جهت میدان مغناطیسی کدام است؟ (ریاضی ۹۱)



۱) ← ۲) → ۳) ⊙ ۴) ⊗

مثال: ذره‌ای با بار الکتریکی $q=-10mC$ را با سرعت $10^3\frac{m}{s}$ در یک میدان مغناطیسی یکنواخت $\frac{1}{10}T$ پرتاب می‌شود. بزرگی و جهت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره را به دست آورید.

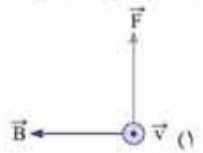


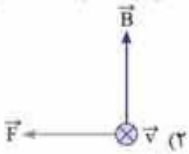
پاسخ: با استفاده از رابطهٔ $F=|q|vB\sin\theta$ می‌توان نوشت:

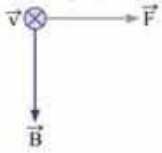
$$F=10\times10^{-3}\times10^{3}\times\frac{1}{10}\times\sin30^\circ\Rightarrow F=0/5N$$

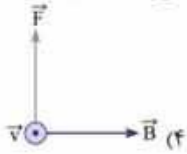
با استفاده از قاعدهٔ دست راست می‌توان دریافت نیروی مغناطیسی وارد بر ذره رو به بیرون صفحه است.

۱۸. در شکل زیر کدام گزینه جهت نیروی الکترومغناطیسی بر بار مثبت در حال حرکت را درست نشان می‌دهد؟ (برگرفته از تمرین کتاب درسی)

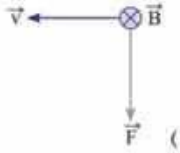
۱) 

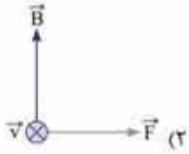
۲) 

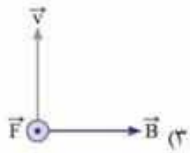
۳) 

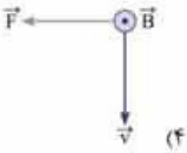
۴) 

۱۹. یک الکترون با سرعت $\vec{v}$ عمود بر میدان مغناطیسی $\vec{B}$ حرکت می‌کند و به آن نیروی $\vec{F}$ وارد می‌شود. کدام شکل وضعیت این سه بردار را درست نشان می‌دهد؟ (ریاضی ۸۳)

۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۲۰. فرض کنید ذرهٔ بارداری در یک میدان مغناطیسی حرکت می‌کند. به چنین ذره‌ای یک نیروی مغناطیسی وارد می‌شود.

۱) بردارهای نیرو و سرعت می‌توانند هر زاویه‌ای با هم داشته باشند.

۲) بردارهای نیرو و میدان مغناطیسی می‌توانند هر زاویه‌ای با هم داشته باشند.

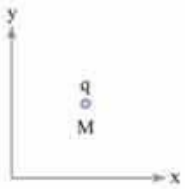
۳) بردارهای سرعت و میدان مغناطیسی می‌توانند هر زاویه‌ای با هم داشته باشند.

۴) هیچ‌یک از موارد بالا درست نیست.

۲۱. در یک مکان، میدان مغناطیسی یکنواخت و جهت آن رو به شمال است. اگر در این مکان ذره‌ای با بار الکتریکی مثبت و در راستای قائم رو به پایین پرتاب شود، نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی بر آن وارد می‌شود به کدام سمت خواهد شد؟ (ریاضی خارج ۸۵)

۱) شمال ۲) جنوب ۳) مغرب ۴) مشرق

۲۲. بار نقطه‌ای مثبت q در نقطهٔ M قرار دارد. تا زمانی که بار q ساکن است، نیرویی به آن وارد نمی‌شود. هرگاه آن را در صفحهٔ xy حرکت دهیم، به سمت چپ خود منحرف می‌شود. کدام گزینه در مورد میدان‌ها در نقطهٔ M درست است؟ (از جرم ذره صرف‌نظر کنید.) (المپیاد ایران ۸۷ با اندکی تغییر)



۱) میدان مغناطیسی عمود بر صفحهٔ شکل و به سمت داخل است.

۲) میدان مغناطیسی عمود بر صفحهٔ شکل و به سمت خارج است.

۳) میدان مغناطیسی در جهت $-x$ است.

۴) میدان‌های الکتریکی و مغناطیسی عمود بر هم وجود دارند.

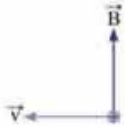
۲۳. یک ذرهٔ کیهانی با بار مثبت از بالای خط استوا به طور عمود به سمت کرهٔ زمین در حرکت است. در آن لحظه، نیرویی که از طرف میدان مغناطیسی زمین بر آن وارد می‌شود، به کدام جهت است؟ (تجربی ۸۴)

۱) شرق ۲) غرب ۳) شمال ۴) جنوب

۲۴. میدان مغناطیسی زمین را افقی و رو به شمال فرض کنید. حال اگر در این میدان، یک الکترون در راستای قائم رو به بالا در حرکت باشد، نیرویی که از طرف میدان بر این الکترون وارد می‌شود، به کدام جهت است؟

۱) جنوب ۲) شمال ۳) مغرب ۴) مشرق

۲۵. اگر ذره‌ای با بار الکتریکی مثبت، با سرعت $\vec{v}$ مطابق شکل وارد میدان $\vec{B}$ شود، در چه راستا و جهتی به آن نیرو وارد می‌شود؟ (برگرفته از پرسش کتاب درسی)



۱) عمود بر صفحهٔ کاغذ و به سمت خارج

۲) عمود بر صفحهٔ کاغذ و به سمت داخل

۳) در صفحهٔ کاغذ و هم‌سو با B

۴) در صفحهٔ کاغذ و در سوی مخالف B

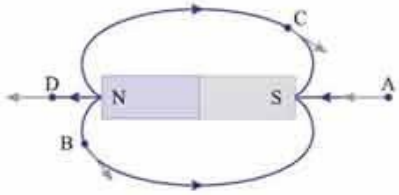
پاسخ‌نامه‌ی تشریحی

۱. ۴ ۳ ۲ ۱

برای حل چنین تست‌هایی باید به چند اصل توجه کنید.

۱ ابتدا شکل خطوط میدان را رسم کنید. میدان در خارج آهنربا از قطب N به S و در درون آن از قطب S به N است.

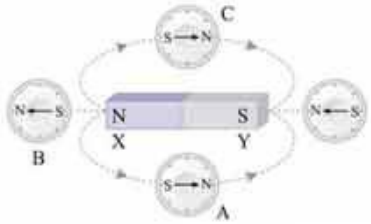
۲ عقربهٔ مغناطیسی یا بردار شدت میدان در هر نقطه مماس بر خطوط میدان و در جهت آن است.



حالا برویم سراغ تست خودمان:

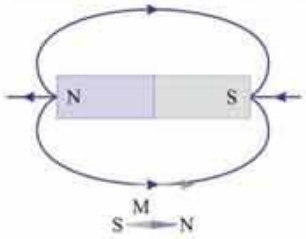
در شکل، خطوط میدان را رسم کرده‌ایم و در نقاط معین‌شده، بردار مماس بر خطوط را ترسیم کردیم. فقط در نقطهٔ B میدان درست نشان داده شده است.

۲. ۴ ۳ ۲ ۱



باتوجه به وضعیت قرارگیری عقربهٔ مغناطیسی، متوجه می‌شویم که سر Y آهنربا قطب S و درنتیجه سر X آهنربا قطب N است. حال با توجه به شکل خطوط میدان که در بیرون آهنربا از قطب N به قطب S است می‌توان نحوهٔ قرارگیری عقربهٔ مغناطیسی در نقاط A، B و C را تعیین کرد.

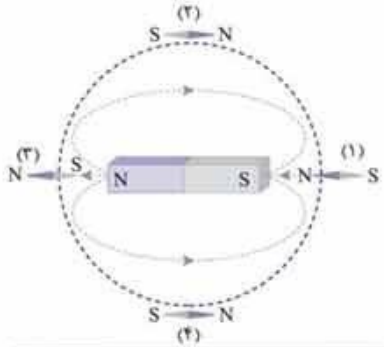
۳. ۴ ۳ ۲ ۱



برای حل چنین تست‌هایی باید به اصل زیر توجه کرد.

◄ ابتدا خط میدان را رسم کنید و در نقطهٔ موردنظر، مماسی بر خط میدان و هم‌جهت با آن ترسیم کنید. چون نقطهٔ M دقیقاً وسط N و S است، مماس در آن نقطه افقی بوده و جهت آن مطابق شکل به سمت راست است. عقربهٔ مغناطیسی هم در امتداد همین خط و در همین جهت می‌ایستد به گونه‌ای که قطب N معرف جهت بردار است.

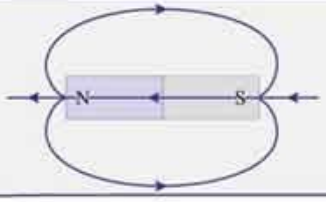
۴. ۴ ۳ ۲ ۱



کافی است به وضعیت عقربهٔ مغناطیسی در نقاط مشخص شده توجه کنید (عقربهٔ مغناطیسی در هر نقطه مماس بر خطوط میدان و در جهت آن قرار می‌گیرد). از نقطهٔ (۱) تا (۲) عقربه 180°، از (۲) تا (۳) 180°، از (۳) تا (۴) 180° و در نهایت از (۴) تا (۱) 180° و در مجموع $4\times180^\circ=720^\circ$ چرخیده است.

۵. ۴ ۳ ۲ ۱

راهبرد ۱

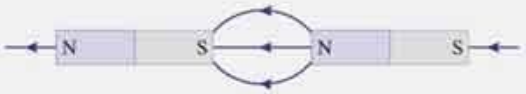


حتماً با توجه به نکات گفته‌شده تا این‌جا، تا اندازه‌ای قادر به تجسم خطوط میدان هستید. بد نیست با هم مروری بر شکل خطوط میدان داشته باشیم.

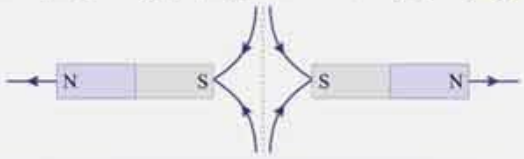
الف: آهنربای منفرد (تک)

ب:

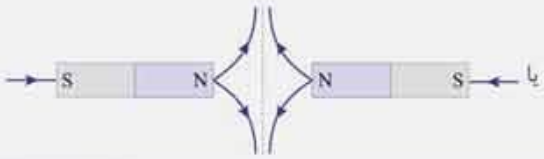
۱ دو آهنربای مشابه که قطب‌های **ناهم‌نام** آن‌ها مقابل هم است.



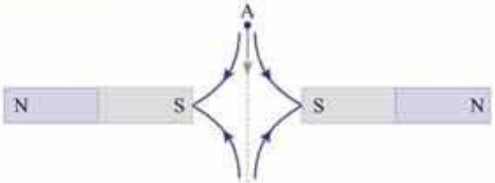
۲ دو آهنربای مشابه که قطب‌های **هم‌نام** آن‌ها مقابل هم است.



یا

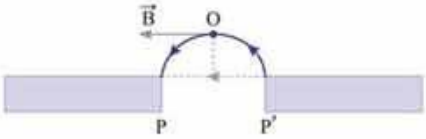


شکل خطوط میدان را رسم می‌کنیم، حتماً توجه دارید که قطب‌های هم نام همدیگر را دفع می‌کنند و عقربهٔ مغناطیسی یا بردار شدت میدان مماس بر خطوط میدان و در جهت آن‌ها است.



۶. ۱ ۲ ۳ ۴

با توجه به درس‌نامهٔ ارایه‌شده در تست‌های قبلی، P و P' حتماً باید ناهم‌نام باشند و جهت میدان از P' به سمت P باشد. پس P' قطب N و P قطب S است.



۷. ۱ ۲ ۳ ۴

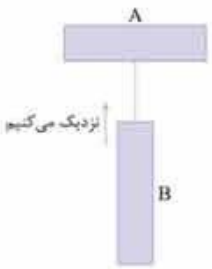
با دیدن دافعهٔ مغناطیسی یک نتیجه می‌توان گرفت: حتماً دو سر نزدیک‌شده به هم، هم‌نام هستند (قطب‌های مشابه) ولی با دیدن جاذبهٔ مغناطیسی دو احتمال داریم: **الف:** دو سر نزدیک‌شده به هم ناهم‌نام هستند (قطب‌های نامشابه) **ب:** یکی از دو میله آهنربا و دیگری آهن (مادهٔ فرومغناطیس است)

در مورد A می‌توانیم قضاوت قطعی کنیم ولی در مورد B نه.

۸. ۱ ۲ ۳ ۴

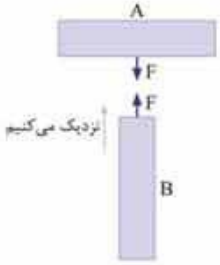
می‌رسیم به سؤال بسیار معروفی در مورد تشخیص قطب‌های آهنربا

میلهٔ آهنی فاقد خاصیت مغناطیسی است. اما آهنربا دارای خاصیت مغناطیسی است که در دو سر آن این خاصیت بیشینه (یعنی قطب‌ها) و در وسط آن بسیار کوچک است. کافی است یکی از دو میله را به صورت افقی قرار داده و دیگری را در امتداد عمودمنصف میلهٔ اول به آرامی به آن نزدیک کنیم. اگر:



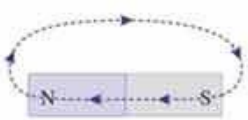
الف: با نزدیک کردن B به A نیرویی دیده نشد (یا نیروی بسیار ضعیفی دیدیم) B میلهٔ آهنی و A آهنربا بوده است (وسط آهنربای میله‌ای خاصیت مغناطیسی چندانی ندارد).

ب: با نزدیک کردن B به A نیروی مغناطیسی رویت شده B آهنربا است و A میلهٔ آهنی.



پس توانستیم میلهٔ آهن و آهنربا را تعیین کنیم ولی با این آزمایش نمی‌توان قطب‌های آهنربا را تشخیص داد.

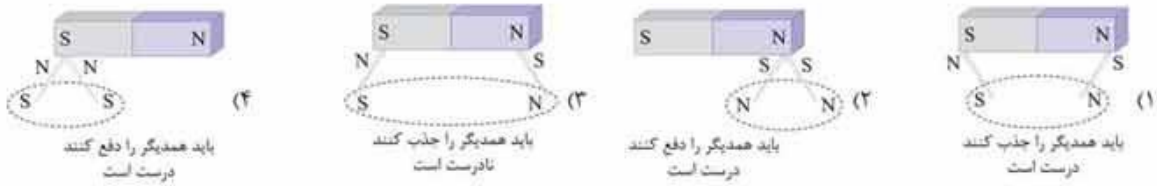
۹. ۱ ۲ ۳ ۴



می‌دانیم خطوط میدان مغناطیسی بسته هستند و از طرفی این خطوط در بیرون آهنربا از قطب N خارج شده و به قطب S وارد می‌شود و درون آهنربا از S به سمت N است و همین دلیل بسته‌بودن خطوط است.

۱۰. ۱ ۲ ۳ ۴

می‌دانیم در اثر القای خاصیت مغناطیسی، سری از سوزنی که به قطب آهنربا چسبیده با آن ناهم‌نام و سر دیگر هم‌نام است.



۱۱. ۱ ۲ ۳ ۴

میدان یکنواخت، میدانی است که بردار میدان در تمام نقاط آن برابر باشد. میدان کمیتی است برداری؛ وقتی می‌گوییم میدان در تمام نقاط یکسان است باید:

۱ جهت آن در تمام نقاط یکسان باشد ⇐ خطوط میدان خطوط مستقیم و با هم موازی باشند.

۲ اندازهٔ آن در تمام نقاط یکسان باشد ⇐ فاصلهٔ خطوط میدان از هم (تراکم آن‌ها) یکسان باشد.

بنابراین میدان یکنواخت با خطوط موازی و هم‌فاصله معرفی می‌شود.

۱۲. ۱ ۲ ۳ ۴

زمین مثل یک آهنربای بزرگ است که قطب S آن در مجاورت شمال جغرافیایی زمین (نه دقیقاً بر روی آن) و قطب N هم در مجاورت جنوب جغرافیایی زمین قرار دارد (**گزینهٔ ۱** غلط و **گزینهٔ ۴** درست است.)

می‌دانیم که امتداد مغناطیسی با امتداد شمال و جنوب جغرافیایی یکی نیست. به اختلاف این دو امتداد در هر نقطه زاویهٔ میل گفته می‌شود (میل مغناطیسی).

میدان مغناطیسی زمین در بسیاری از نقاط، افقی (موازی سطح زمین) نیست. زاویهٔ امتداد عقربهٔ مغناطیسی با افق را در هر نقطه شیب مغناطیسی می‌گویند.

بنابراین در **گزینهٔ ۲و۳** دقیقاً میل و شیب مغناطیسی جابه‌جا تعریف شده است.

۱۳. ۱ ۲ ۳ ۴

خط‌های میدان مغناطیسی متقاطع نمی‌باشند. نزدیک قطب‌ها تراکم آن‌ها بیشتر است و در خارج آهنربا از قطب N خارج به قطب S وارد می‌شوند. در آهنربای میله‌ای در دوسر آهنربا (قطب‌ها) خاصیت مغناطیسی بیشینه و در وسط آهنربا خاصیت مغناطیسی بسیار ضعیف است.

۱۴. ۱ ۲ ۳ ۴

راهبرد ۲

برای تشخیص وضعیت خطوط میدان، خوب است چند نکته را با هم مرور کنیم:

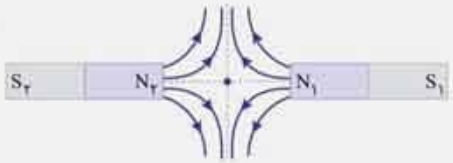
۱ خطوط میدان در بیرون آهنربا از قطب N خارج و به قطب S وارد می‌شود.

۲ هرچه میدان قوی‌تر باشد، تراکم خطوط میدان بیشتر است.

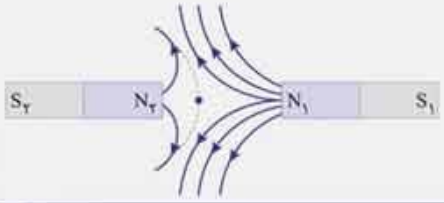
۳ اگر دو قطب هم‌نام روبه‌روی هم قرار گرفته باشند و شدت مغناطیسی آن‌ها با هم برابر باشد، دقیقاً در وسط دو قطب، میدان صفر است. اگر یکی از دو قطب ضعیف‌تر باشد، این نقطه (یعنی نقطه‌ای که میدان صفر است) به آن نزدیک‌تر خواهد بود.

۴ خاصیت مغناطیسی از آهنربا منتشر می‌شود. اگر شدت انتشار قطب یک آهنربا از قطب آهنربای دیگر قوی‌تر باشد، خطوط میدان آهنربای قوی‌تر روی خط میدان آهنربای ضعیف‌تر اثر می‌گذارد.

با این مقدمه به میدان دو آهنربای یکسان (هم‌شدت) و دو آهنربای غیریکسان (با شدت متفاوت) توجه کنید.



الف: دو آهنربای هم‌شدت (یکسان): محور تقارن، خطی است که درست در وسط فاصلهٔ دو قطب قرار گرفته و خطوط میدان کاملاً متقارن است.



ب: دو آهنربای غیرهم‌شدت: نقطه‌ای که میدان در آن صفر است به آهنربای ضعیف‌تر نزدیک بوده و خطوط میدان آهنربای قوی‌تر، خطوط میدان آهنربای ضعیف‌تر را تحت اثر قرار داده و تعداد (تراکم) خطوط در نزدیکی آهنربای قوی‌تر بیشتر است.

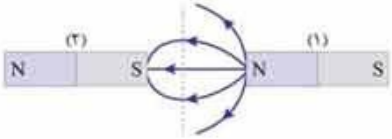
با توجه به توضیحات بالا، خطوط میدان در **گزینهٔ ۲** درست رسم شده است.

۱۵. ۴ ۳ ۲ ۱

توجه دارید که خطوط میدان از قطب N خارج شده و به قطب S وارد می‌شود.

الف: اگر دو آهنربا هم‌شدت باشند، نقطهٔ تغییرجهت (شکست) خطوط خارج‌شده از N، درست وسط دو آهنربا است.

ب: اگر شدت دو آهنربا یکسان نباشد نقطهٔ تغییرجهت (شکست) به آهنربای ضعیف‌تر، نزدیک‌تر است و تعداد (تراکم) خطوط میدان رسم شده در کنار آهنربای قوی‌تر باید بیشتر باشد.



۱۶. ۴ ۳ ۲ ۱

برای مطالعهٔ دقیق‌تر باید نگاهی به فناوری و کاربردهای ذکرشده در کتاب داشته باشید.

گزینهٔ ۱، گزینهٔ ۲ و گزینهٔ ۴ کاملاً از روی کتاب ذکر شده‌اند.

میدان مغناطیسی حاصل از عضله‌های کوچک در حدود 10^{-10} T (یک میلیونیم میدان مغناطیسی زمین) بوده و میدان مغناطیسی حاصل از عملکرد مغز در حدود 10^{-12} T است.

۱۷. ۴ ۳ ۲ ۱

بردار میدان در هر نقطه بر خطوط میدان مماس و هم‌جهت با آن است. هرچه تراکم خطوط میدان بیشتر باشد اندازهٔ میدان و درنتیجه طول بردار معرف میدان در آن نقطه نیز بزرگ‌تر خواهد بود.

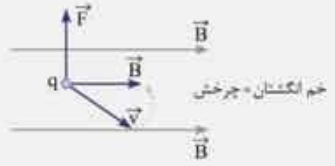
۱۸. ۴ ۳ ۲ ۱

راهبرد ۳

راستا و جهت نیروی وارد به بار متحرک در میدان مغناطیسی را چگونه تعیین کنیم؟

باید از قاعدهٔ تجربی دست راست استفاده کنیم. در این قانون توجه کنید که:

۱ خم انگشتان دست راست جهت چرخش $\vec{v}$ به سمت بردار $\vec{B}$ را نشان می‌دهد.

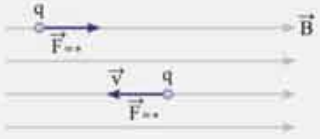


بعضی از بچه‌ها می‌پرسند خوب $\vec{v}$ را در هر دو جهت می‌توانیم بچرخانیم تا به $\vec{B}$ برسد. **منظور زاویهٔ کوچک‌تر بین این دو بردار است.** در این صورت شست دست راست معرف جهت و امتداد F است.

۲ در مورد بارهای متحرک، چنان‌چه بار منفی باشد، باید جهت تعیین‌شده توسط قانون خم دست راست را برعکس (قرینه) کنید یا از قانون دست چپ به همین شرح استفاده کنید.

چند نتیجه هم از این قانون بگیریم:

۱ شرط وجود نیروی القایی این است که بردار سرعت بار متحرک، خطوط میدان مغناطیسی را قطع کند. اگر بردار سرعت بار متحرک با خطوط میدان موازی باشد به آن‌ها نیرویی اثر نخواهد کرد.

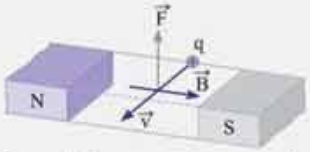


۲ زاویهٔ بین $\vec{v}$ با $\vec{B}$ هر مقداری می‌تواند باشد ولی $\vec{F}$ لزوماً بر هر دوی آن‌ها عمود است. به عبارت دیگر، باید بگوییم $\vec{F}$ بر صفحهٔ حامل $\vec{v}$ و $\vec{B}$ عمود است. (می‌توان گفت $\vec{F}$ بر صفحه‌ای که $\vec{V}$ و $\vec{B}$ بر روی آن قرار می‌گیرند عمود است.)

روش نمایش بردارها در فضا:

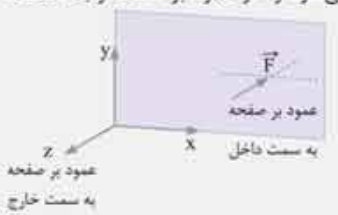
در بحث تعیین نیروی القایی، متوجه شده‌اید که با توجه به این که $\vec{F}$ بر صفحهٔ $\vec{v}$ و $\vec{B}$ عمود است، ناچاریم بردارها را در یک دستگاه ۳ بعدی نمایش دهیم. برای این کار دو روش معمول است:

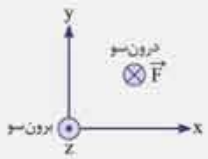
۱ تجسم سه بعدی در صفحه: در این روش دستگاه z,y,x را در صفحه ترسیم و تجسم می‌کنیم (صرفاً تجسم است وگرنه می‌دانیم صفحه دو بعدی است). در این روش بایستی بردارها را همواره با محورهای اصلی مقایسه کرد.



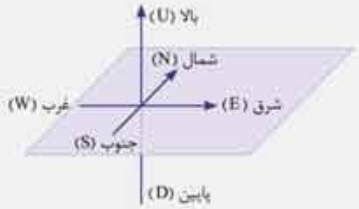
میدان از قطب N به قطب S یعنی در جهت محور xها و حرکت بار مثبت در امتداد محور zها است. در این صورت نیروی القایی به سمت بالا یعنی در جهت محور yها است.

۲ در روش دوم صفحه را دوبعدی در نظر می‌گیریم. در این صورت اگر برداری عمود بر صفحه و به سمت خارج باشد، برون‌سو و با نماد ⊙ نمایش داده می‌شود و اگر عمود بر صفحه و به سمت داخل باشد درون‌سو و با نماد ⊗ نمایش داده می‌شود.

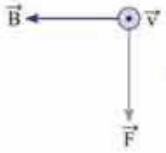


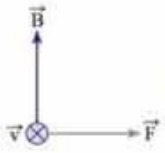


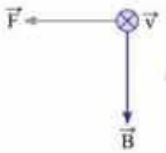
۳ در تکمیل این نکته‌ها بد نیست به این موضوع هم اشاره شود که در بعضی از تست‌ها به جهت‌های جغرافیایی اشاره می‌کنند. در چنین مسائلی محورها عبارت خواهند بود از: (شمال - جنوب) و (شرق - غرب) / این دو با هم صفحهٔ افق را می‌سازند و (بالا - پایین) که بر صفحهٔ افق عمود است.

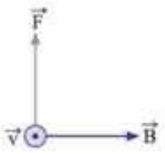


بریم سراغ حل تست: برای تسلط، در هر ۴ گزینه بردار نیرو را رسم می‌کنیم. به عبارتی با توجه به جهت $\vec{V}$ و $\vec{B}$، $\vec{F}$ را تعیین می‌کنیم.

گزینهٔ ۱:


گزینهٔ ۲:


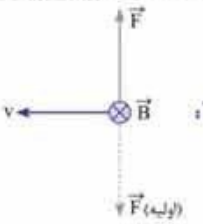
گزینهٔ ۳:


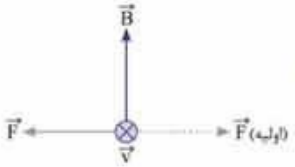
گزینهٔ ۴:


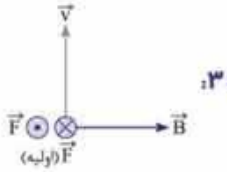
با مقایسه با گزینه‌ها، فقط جهت نیرو در **گزینهٔ ۴** درست نمایش داده شده است.

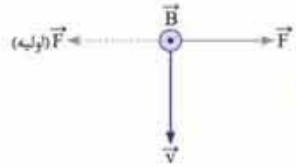
۱۹. ۴ ۳ ۲ ۱

روش اول: از قاعدهٔ خم دست راست استفاده می‌کنیم و می‌بینیم که در کدام گزینه با توجه به جهت $\vec{v}$ و $\vec{B}$، $\vec{F}$ درست ترسیم شده و حتماً دقت دارید که بار منفی است. یعنی پس از تعیین F با قانون دست راست باید جهت آن را قرینه کرد.

گزینهٔ ۱:


گزینهٔ ۲:


گزینهٔ ۳:


گزینهٔ ۴:


در **گزینهٔ ۳** جهت F درست داده شده است. اگر بار مثبت بود، سه گزینهٔ دیگر درست بودند.

روش دوم: حل تست هم به این ترتیب است که چون بار متحرک منفی است، به جای قاعدهٔ دست راست از قاعدهٔ دست چپ استفاده می‌کنیم. (با همان شرح، یعنی خم انگشتان دست چپ، گردش $\vec{v}$ به سمت $\vec{B}$ و شست دست چپ نیروی مغناطیسی را نشان می‌دهد.)

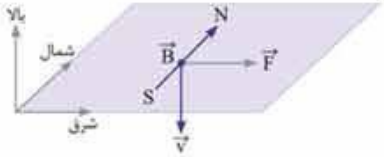
۲۰. ۴ ۳ ۲ ۱

حتماً درس‌نامه را خوب خوانده‌اید ولی تکرار دوبارهٔ آن بی‌ضرر است!

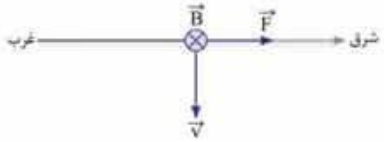
اگر به ذرهٔ باردار متحرکی یا سیم حامل جریانی در یک میدان مغناطیسی نیرویی اثر کند، این نیرو حتماً بر سرعت و میدان عمود است. ولی سرعت و میدان هر زاویه‌ای می‌توانند با هم بسازند.

۲۱. ۱ ۲ ۳ ۴

روش اول: با توجه به قاعدهٔ دست راست و شکل مقابل نیروی وارد به بار مثبت به سمت شرق است.



روش دوم:



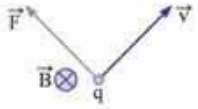
۲۲. ۱ ۲ ۳ ۴

جرم ذره ناچیز است، پس نیروی وزن به این ذره اثر نمی‌کند ($W = 0$) . در حالت سکون نیروی مغناطیسی هم به ذره اثر نمی‌کند.

$(V = 0 \Rightarrow F = 0)$

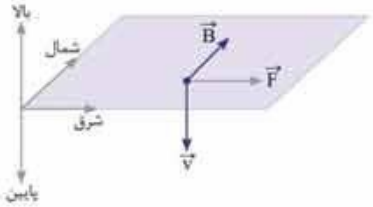
چون در مسئله ذکر شده در این حالت هیچ نیرویی به ذره اثر نمی‌کند، نباید در فضا میدان الکتریکی داشته باشیم ($E = 0$).

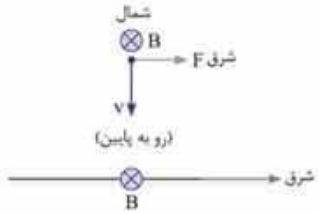
پس از حرکت ذره، به آن نیرویی به سمت چپ روی صفحهٔ (xoy) اثر کرده، که حاصل وجود یک میدان مغناطیسی است. این میدان حتماً بر نیرو عمود است پس یا درون‌سو است یا برون‌سو. چون بار مثبت و انحراف به سمت چپ است (مثلاً در شکل مقابل)، با توجه به قاعدهٔ دست راست، میدان باید درون‌سو باشد.



۲۳. ۱ ۲ ۳ ۴

می‌دانیم میدان مغناطیسی زمین رو به شمال و در استوا افقی است.

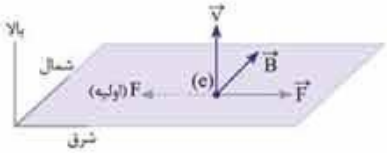




با توجه به قاعدهٔ دست راست نیروی وارد به بار مثبت به سمت شرق است.

۲۴. ۱ ۲ ۳ ۴

توجه کنید که بار منفی است و پس از تعیین جهت اولیهٔ F، باید آن را قرینه کنیم.



۲۵. ۱ ۲ ۳ ۴

طبق قاعدهٔ دست راست جهت نیرو درون‌سو است، یعنی عمود بر صفحه به سمت داخل.

۲۶. ۱ ۲ ۳ ۴

طبق رابطهٔ $F = |q| vB\sin\theta$ چون بار به موازات میدان حرکت می‌کند ($\theta = 180^\circ = \pi$) نیرویی به بار وارد نمی‌شود.

۲۷. ۱ ۲ ۳ ۴

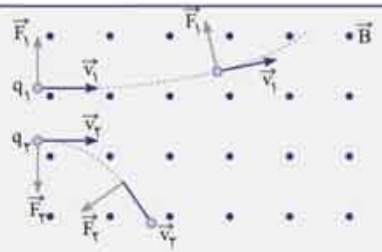
برای این‌که به بار متحرک، از طرف میدان نیرویی وارد شود، باید بار متحرک خطوط میدان را قطع کند (نباید با آن موازی حرکت کند).

هم‌چنین با توجه به فرمول نیرو می‌توانستید بگویید ($F = |q| vB\sin\theta$) اگر $\theta = 0^\circ$ یا $\theta = \pi$ باشد $\sin\theta = 0$ بوده و نیرویی به بار اثر نمی‌کند.

۲۸. ۱ ۲ ۳ ۴

راهبرد ٤

مسیر انحراف بار متحرک در میدان مغناطیسی:



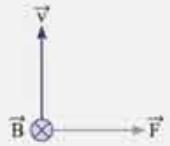
۱ اگر بار متحرک خطوط میدان مغناطیسی را قطع کند، مسیر حرکت آن حتماً قسمتی منحنی از یک منحنی (دایره) خواهد بود.

۲ در هر نقطه، بردار مماس بر مسیر، بردار سرعت در آن نقطه را نشان می‌دهد.

۳ در هر نقطه، بردار عمود بر مسیر به سمت داخل قوس (منحنی مسیر)، بردار نیرو یا شتاب را در آن نقطه نشان می‌دهد.

۴ با توجه به قاعدهٔ دست راست برای ($\vec{v}$ و $\vec{B}$)، چنان‌چه نیرویی که به‌دست می‌آید با نیروی رسم‌شده (یعنی به سمت داخل منحنی مسیر) یکی باشد، بار مثبت و اگر برخلاف آن باشد، بار منفی است. در شکل بالا بار q_1 منفی و بار q_2 مثبت است.

۵ هرچه شعاع انحنای مسیر کمتر (کوچک‌تر) باشد، اثر نیرو (که از نظر ما شتاب حاصل از نیرو است) یعنی $\frac{F}{m}$ وارد به آن ذره بیشتر است. پس دقت کنید شعاع انحنای مسیر، اثر نیرو را نشان می‌دهد و نه خود نیرو. در مورد شکل بالا داریم:

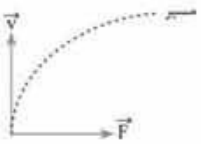


$$R_2 < R_1 \Rightarrow \frac{F_2}{m_2} > \frac{F_1}{m_1}$$

با توجه به راهبرد مطالعه‌شده داریم:

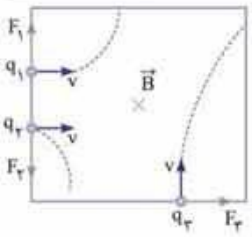
۱ با توجه به جهت $\vec{B}$ و $\vec{F}$، بردار سرعت را به‌دست می‌آوریم. توجه کنید چون بار منفی است، $\vec{v}$ به سمت بالا است. (با قانون دست راست $\vec{v}$ به سمت پایین به‌دست می‌آید.)

۲ مسیر انحراف را $\vec{v}$ و $\vec{F}$ تعیین می‌کند ($\vec{F}$ باید به سمت داخل منحنی انحراف و $\vec{v}$ بر آن مماس باشد).



۲۹. ۱ ۲ ۳

۱ با توجه به قاعدهٔ دست راست، q_1 بار مثبت، q_2 و q_3 بارهای منفی هستند (چون جهت انحراف آن‌ها، خلاف جهت نیرویی است که از قاعدهٔ دست راست به‌دست می‌آید).



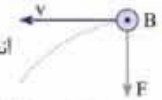
۲ هرچه شعاع انحنای مسیر کوچک‌تر باشد اثر نیرو ($\frac{F}{m}$) بزرگ‌تر است.

با توجه به یکسان‌بودن v، B و $\sin\theta$ داریم:

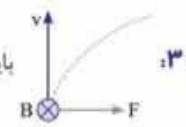
$$\begin{cases} F = |q| vB\sin\theta \\ \frac{F_2}{m_2} > \frac{F_1}{m_1} > \frac{F_3}{m_3} \end{cases} \Rightarrow \frac{|q_2|}{m_2} > \frac{|q_1|}{m_1} > \frac{|q_3|}{m_3}$$

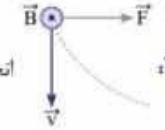
۳۰. ۱ ۲ ۴

توجه کنید که بار الکترون منفی است و پس از این که نیروی وارد بر بار را از قاعدهٔ دست راست تعیین کردید، باید آن را وارون کنید.

گزینهٔ ۱:  انحراف باید به سمت پایین باشد. (درست است.)

گزینهٔ ۲: چون بار در امتداد خطوط میدان حرکت کرده به آن نیرویی اثر نمی‌کند و منحرف نمی‌شود.

گزینهٔ ۳:  باید به سمت راست منحرف شود. (گزینه نادرست است.)

گزینهٔ ۴:  انحراف باید به سمت راست باشد. (گزینه درست است.)