

پرسش ۱-۱

۱- چرا وقتی روکش پلاستیکی را روی یک ظرف غذا می کشید و آن را در لبه های ظرف فشار می دهید، روکش در جای خود ثابت باقی می ماند؟

مثال ۱-۱

۲- وقتی روی فرش راه می روید و بدنتان بار الکتریکی پیدا می کند، هنگام دست دادن با دوستان، ممکن است با انتقال در حدود 1 nC به او شوک خفیفی وارد کنید. در این انتقال بار، حدود چند الکترون بین شما و دوستان منتقل شده است؟

تمرین ۱-۱

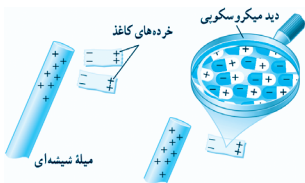
۳- عدد اتمی اورانیوم $Z=92$ است. بار الکتریکی هسته اتم اورانیوم چقدر است؟ مجموع بار الکتریکی الکترون های اتم اورانیوم (خنثی) چه مقدار است؟ بار الکتریکی اتم اورانیوم (خنثی) چقدر است؟
فعالیت ۱-۱ (کار در کلاس)



۴- مطابق شکل، دو نی پلاستیکی را از نزدیکی یک انتهای آن ها خم کنید و پس از مالش دادن با پارچه ای پشمی نزدیک یکدیگر قرار دهید. اگر نی ها به خوبی باردار شده باشند، نیروی دافعه آن ها را می توانید به وضوح بر روی انگشتان خود حس کنید.

پرسش ۴-۱

۵- با توجه به شکل زیر توضیح دهید چرا یک میله باردار، خرده های کاغذ را می رباید؟



۶- بادکنک باردار شکل زیر را به آب نزدیک کرده ایم. توضیح دهید چرا آب به جای اینکه به طور قائم فرو ریزد، خمیده می شود؟

۷- یک میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش می دهیم. پس از مالش، بار الکتریکی میله پلاستیکی $12/8\text{ nC}$ می شود.

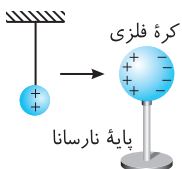
(الف) بار الکتریکی ایجاد شده در پارچه پشمی چقدر است؟

(ب) تعداد الکترون های منتقل شده از پارچه پشمی به میله پلاستیکی را محاسبه کنید.

۸- (الف) بار الکتریکی اتم و هسته اتم کربن ($^{12}_6\text{C}$) چند کولن است؟

(ب) بار الکتریکی اتم کربن یک بار یونیده (C^+) چقدر است؟

(الف) بار الکتریکی اتم خنثی صفر است. $q = ne \Rightarrow q = 6 \times 10^{-19} \Rightarrow q = +9/6 \times 10^{-19}\text{ C}$



۹- یک کره فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایه نارسانی قرار دارد، به آونگ الکتریکی بارداری نزدیک می کنیم.

با ذکر دلیل توضیح دهید که چه اتفاقی می افتد؟

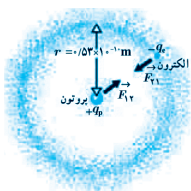
قانون کولن

مثال ۲-۱

۱۰- (الف) در مدل بور برای تم هیدروژن، فاصله الکترون از پروتون هسته در حالت پایه $m \times 10^{-11} \times 5/3$ است. (شکل

را ببینید). اندازه نیروی الکتریکی که پروتون به الکترون وارد می کند را محاسبه کنید.

(ب) در هسته اتم هلیم دو پروتون به فاصله تقریبی $r = 2/4 \times 10^{-15}$ از هم قرار دارند. اندازه نیرویی که پروتون ها بر هم وارد می کنند را محاسبه کنید.





پرسش ۲-۱



۱۱- سه ذره باردار مانند شکل روبه‌رو، روی یک خط راست قرار دارند و فاصله بارهای سمت راست و چپ از بار میانی برابر است.

الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار الکتریکی میانی را تعیین کنید.

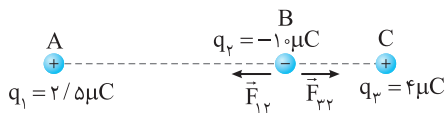
ب) اگر ذره سمت راست به جای q ، بار $-q$ داشته باشد، جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار میانی چگونه خواهد بود؟

مثال ۳-۱

۱۲- سه ذره با بارهای $q_1 = +2/5 \mu C$ ، $q_2 = -1/5 \mu C$ و $q_3 = +4/5 \mu C$ در نقطه‌های A، B و C مطابق شکل روبه‌رو ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار q_3 را محاسبه کنید.

تمرین ۲-۱

۱۳- در مثال ۳-۱، نیروی خالص وارد بر بار q_2 را به دست آورید.

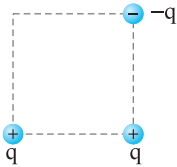


پرسش ۳-۱

۱۴- سه ذره باردار مطابق شکل، در سه گوشه یک مربع قرار دارند.

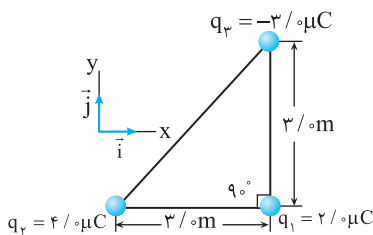
الف) جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار سمت راست پایینی را تعیین کنید.

ب) اگر ذره سمت چپ پایینی به جای q ، بار $-q$ داشته باشد، جهت نیروی الکتریکی خالص وارد بر بار سمت راست پایینی چگونه خواهد بود؟



مثال ۴-۱

۱۵- سه ذره باردار مطابق شکل روبه‌رو در سه رأس مثلث قائم‌الزاویه‌ای ثابت شده‌اند. نیروی الکتریکی خالص وارد بر ذره واقع در رأس قائمه را به‌دست آورده و اندازه این نیرو را محاسبه کنید.



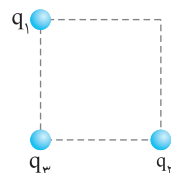
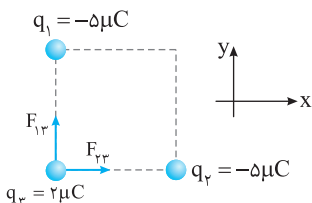
تمرین ۳-۱

۱۶- در مثال ۴-۱ الف) اگر علامت بار q_3 تغییر کند جهت نیروی برآیند وارد بر بار q_1 چگونه خواهد شد؟

ب) اگر علامت بار q_2 تغییر کند، جهت نیروی برآیند وارد بر بار q_1 چگونه خواهد شد؟

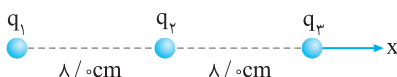
پ) آیا اندازه نیروی برآیند وارد بر بار q_1 در قسمت‌های الف و ب با مقدار به‌دست آمده در مثال ۴-۱ متفاوت است؟

۱۷- دو گوی رسانا، کوچک و یکسان به بارهای $q_1 = 4/5 nC$ و $q_2 = -6/5 nC$ را با هم تماس می‌دهیم و سپس تا فاصله $r = 3 cm$ از هم دور می‌کنیم. نیروی بر هم کنش الکتریکی بین دو گوی را محاسبه کنید. این نیرو رانشی است یا ربایشی؟



۱۸- سه ذره باردار، q_1 ، q_2 و q_3 مطابق شکل در سه رأس مربعی به ضلع $3/5 m$ ثابت شده‌اند. اگر $q_1 = q_2 = -5/5 \mu C$ و $q_3 = +5/5 \mu C$ باشد،

نیروی خالص الکتریکی وارد بر بار q_3 را بر حسب بردارهای یک‌ه $\vec{i}$ و $\vec{j}$ تعیین کنید.



۱۹- بارهای الکتریکی نقطه‌ای $q_1 = -4/5 nC$ ، $q_2 = +5/5 nC$ و $q_3 = -4/5 nC$ مطابق

شکل، در جای خود ثابت شده‌اند. نیروی خالص الکتریکی وارد بر هر یک از بارهای q_3 و q_2 را محاسبه کنید.



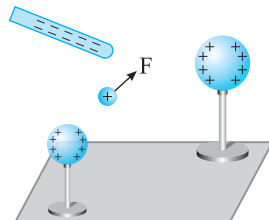
۲۰- در شکل روبه‌رو، دو گوی مشابه به جرم 25g و بار یکسان مثبت q در فاصله 1cm از هم قرار دارند. به طوری که گوی بالایی به حالت معلق مانده است.

(الف) اندازه بار q را به دست آورید.

(ب) تعداد الکترون‌های کنده شده از هر گوی چقدر است؟

میدان الکتریکی، میدان الکتریکی حاصل از یک ذره باردار و خطوط میدان الکتریکی

مثال ۱-۵



۲۱- بار آزمون نشان داده شده در شکل $q_0 = +3 \times 10^{-8}\text{C}$ است و از سوی دو گوی و یک میله باردار

نیروی برابر با $F = 6 \times 10^{-5}\text{N}$ در جهت نشان داده شده بر آن وارد می‌شود.

(الف) میدان الکتریکی در محل بار آزمون را تعیین کنید.

(ب) اگر بار $+12 \times 10^{-8}\text{C}$ را به جای q قرار دهیم، چه نیروی به آن وارد می‌شود؟

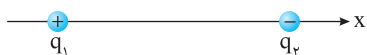
تمرین ۱-۴

۲۲- طبق مدل بور برای اتم هیدروژن، در حالت پایه فاصله الکترون از پروتون هسته برابر با $5.3 \times 10^{-11}\text{m}$ است.

(الف) اندازه میدان الکتریکی ناشی از پروتون هسته را در این فاصله تعیین کنید.

(ب) در چه فاصله‌ای از پروتون هسته، بزرگی میدان الکتریکی برابر با بزرگی میدان الکتریکی حاصل از مولد وان‌دوگراف مثال پیش در فاصله 1m از مرکز کلاهی آن است؟

مثال ۱-۷



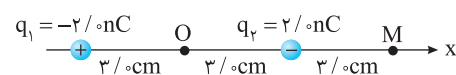
۲۳- مطابق شکل، دو ذره با بارهای $q_1 = 4\text{ }\mu\text{C}$ و $q_2 = -6\text{ }\mu\text{C}$ در فاصله 8m از

یکدیگر ثابت شده‌اند. اندازه میدان الکتریکی خالص را در نقطه‌های زیر به دست آورید.

(الف) در وسط خط وصل دو ذره

(ب) در نقطه‌ای روی خط وصل دو ذره به فاصله 8m از بار q_1 و 16m از بار q_2 .

تمرین ۱-۵

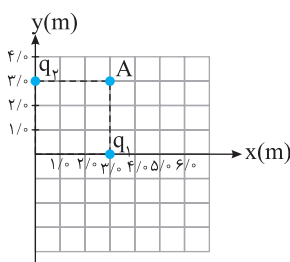


۲۴- شکل زیر، آرایشی از دو بار الکتریکی هم‌اندازه و غیرهمنام (دو قطبی الکتریکی) را

نشان می‌دهد که در آن فاصله دو بار از هم 6cm است. میدان الکتریکی خالص را

در نقطه‌های O و M به دست آورید.

مثال ۱-۸



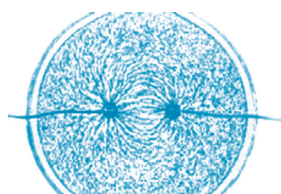
۲۵- شکل روبه‌رو، دو بار نقطه‌ای q_1 و q_2 را در صفحه xy نشان می‌دهد. میدان الکتریکی خالص را در

نقطه O (مبدأ مختصات) تعیین کنید. ($q_1 = q_2 = 5\text{ }\mu\text{C}$)

تمرین ۱-۶

۲۶- میدان الکتریکی خالص حاصل از آرایش بار مثال ۱-۸ را در نقطه A تعیین کنید.

فعالیت ۲-۱ (کار در کلاس)



۲۷- درون یک ظرف شیشه‌ای یا پلاستیکی با عمق کم، مقداری پارافین مایع یا روغن کرچک به عمق حدود

5cm بریزید و داخل آن دو الکتروند نقطه‌ای قرار دهید. الکترونها را با سیم به پایانه‌های مثبت و منفی یک

مولد ولتاژ بالا، مانند مولد وان‌دوگراف وصل کنید. روی سطح پارافین، مقدار کمی بذر چمن یا خاکشیر

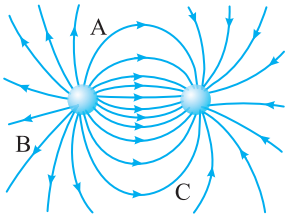
پاشید. مولد را روشن کنید. اکنون به سمت گیری دانه‌ها در فضای بین دو الکتروند توجه کنید. شکل

سمت گیری دانه‌ها در این فضا را رسم کنید.

پرسش ۱-۵

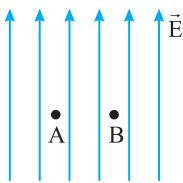
۲۸- به نظر شما چرا خطوط میدان الکتریکی برایند هرگز یکدیگر را قطع نمی کنند؟

پرسش ۱-۶

 ۲۹- بار $-q$ را در نقطه های A ، B و C از میدان الکتریکی غیریکنواخت شکل روبه رو قرار دهید و جهت نیروی الکتریکی وارد بر این بار منفی را تعیین کنید.


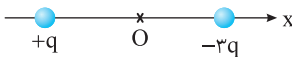
تمرین ۱-۷

 ۳۰- روی سطح بادکنکی به جرم $10/g$ بار الکتریکی $-200nC$ ایجاد می کنیم و آن را در یک میدان الکتریکی قرار می دهیم. بزرگی و جهت این میدان الکتریکی را در صورتی که بادکنک معلق بماند، تعیین کنید. اندازه نیروی شناوری روبه بالای وارد بر بادکنک را $50N$ فرض کنید.

 ۳۱- یک ذره باردار را یک بار در نقطه A و بار دیگر در نقطه B قرار می دهیم. نیرویی که از طرف میدان الکتریکی بر این ذره باردار در این دو نقطه وارد می شود را مقایسه کنید.

 ۳۲- هسته اتم آهن شعاعی در حدود $4 \times 10^{-15}m$ دارد و تعداد پروتون های آن ۲۶ عدد است.

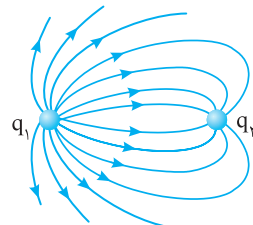
 الف) بزرگی نیروی دافعه بین دو پروتون این هسته که به فاصله $4 \times 10^{-15}m$ از هم قرار دارند چقدر است؟

 ب) اندازه میدان الکتریکی ناشی از هسته در فاصله $1 \times 10^{-10}m$ از مرکز هسته چقدر است؟

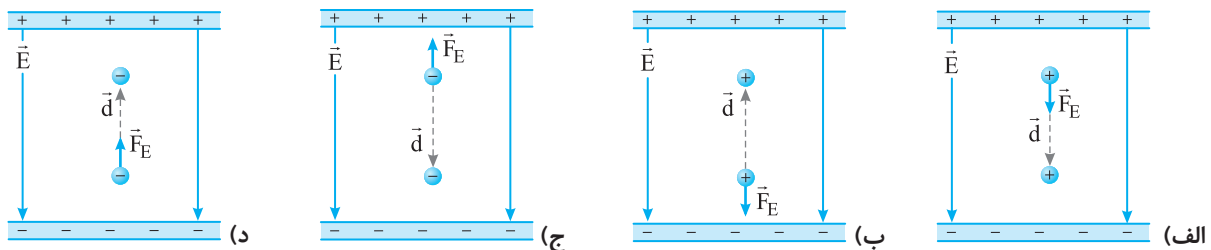
 ۳۳- شکل زیر، دو ذره باردار را نشان می دهد که در جای خود روی محور x ثابت شده اند. بارها در فاصله یکسان a از مبدأ مختصات (نقطه O) قرار دارند:

 الف) در کجای این محور (غیر از بی نهایت) نقطه ای وجود دارد که در آن جا میدان الکتریکی برایند برابر با صفر است؟
 ب) بزرگی و جهت میدان الکتریکی برایند در مبدأ مختصات را بیابید.

 ۳۴- در یک میدان الکتریکی یکنواخت به بزرگی $4/9 \times 10^5 N/C$ که جهت آن قائم و رو به پایین است، ذره بارداری به جرم $2/g$ معلق و به حال سکون قرار دارد. اگر $g = 9/8 N/kg$ باشد، اندازه و نوع بار الکتریکی ذره را مشخص کنید.

۳۵- خطوط میدان الکتریکی برای دو کره رسانای باردار کوچک در شکل زیر نشان داده شده است. نوع بار هر کره را تعیین کرده و اندازه آن ها را مقایسه کنید.



۳۶- در شکل های زیر، اندازه دوبار، یکسان ولی علامت آن ها مخالف هم است. کدام آرایش های خطوط میدان نادرست است؟ دلیل آن را توضیح دهید.


 ۳۷- دوبار الکتریکی نقطه ای غیرهمنام $q_1 = +1/nC$ و $q_2 = -1/nC$ مطابق شکل زیر به فاصله $6/cm$ از یکدیگر قرار دارند.

 الف) جهت و اندازه میدان الکتریکی را در نقطه های O و A به دست آورید.

ب) آیا بر روی محور، نقطه ای وجود دارد که میدان خالص در آن صفر شود؟

انرژی پتانسیل الکتریکی و پتانسیل الکتریکی

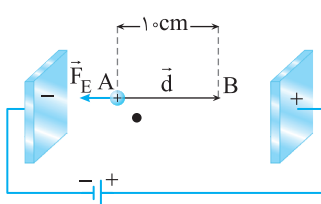
پرسش ۷-۱

۳۸- در هر یک از شکل‌های زیر، با توجه به علامت بار ذره جابه‌جا شده، و جهت میدان الکتریکی ($\vec{E}$)، جهت نیروی الکتریکی ($\vec{F}_E$) و جهت جابه‌جایی ذره ($\vec{d}$)، تعیین کنید که:

الف) کار نیروی الکتریکی (W_E) مثبت است یا منفی.

ب) انرژی الکتریکی (U_E) کاهش یافته است یا افزایش.

مثال ۹-۱



۳۹- در یک میدان الکتریکی یکنواخت $E = 2.0 \times 10^3 \text{ N/C}$ ، پروتونی از نقطه A با سرعت $\vec{v}$ در

خلاف جهت میدان الکتریکی پرتاب شده است. پروتون سرانجام در نقطه B متوقف می‌شود. بار پروتون

$1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ و جرم آن $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ است.

الف) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی پروتون در این جابه‌جایی چقدر است؟

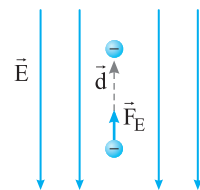
ب) تندی پرتاب پروتون را پیدا کنید. (از وزن پروتون و مقاومت هوا چشم‌پوشی شود).

تمرین ۸-۱

۴۰- در مثال ۹-۱ اگر جای قطب‌های باتری عوض شود و پروتون را در نقطه A از حالت سکون رها کنیم، پروتون با چه تندی‌ای به نقطه B

می‌رسد؟

مثال ۱۰-۱



۴۱- در نتیجه برخورد پرتوهای کیهانی با مولکول‌های هوا، الکترون‌هایی از این مولکول‌ها کنده می‌شوند. در نزدیکی

سطح زمین، میدان الکتریکی با بزرگی 150 N/C و جهت رو به پایین وجود دارد.

الف) اگر یکی از این الکترون‌ها، تحت تأثیر این میدان 5.0 m رو به بالا جابه‌جا شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چقدر

تغییر می‌کند؟

ب) اختلاف پتانسیل الکتریکی دو نقطه‌ای که الکترون بین آن‌ها جابه‌جا شده چقدر است؟

تمرین ۹-۱

۴۲- الف) نشان دهید در یک میدان الکتریکی یکنواخت، با حرکت در سوی خطوط میدان، بدون توجه به نوع بار، پتانسیل الکتریکی کاهش

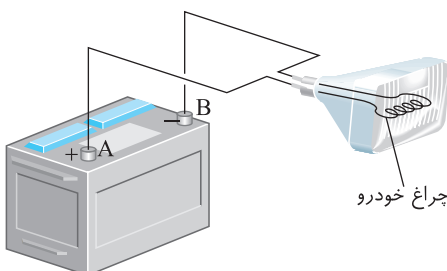
می‌یابد و بالعکس با حرکت در خلاف جهت خطوط میدان، بدون توجه به نوع بار، پتانسیل الکتریکی افزایش می‌یابد.

ب) نشان دهید در میدان الکتریکی یکنواخت، با حرکت در جهت عمود بر خطوط میدان، پتانسیل الکتریکی تغییر نمی‌کند.

تمرین ۱۰-۱

۴۳- اگر پایانه مثبت یک باتری ۱۲ ولتی را مرجع پتانسیل در نظر بگیریم، پتانسیل پایانه منفی آن چند ولت خواهد شد؟

مثال ۱۱-۱

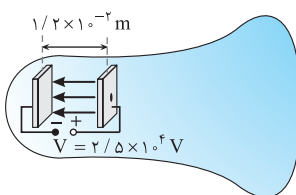


۴۴- اختلاف پتانسیل الکتریکی پایانه‌های باتری خودروی نشان داده شده در شکل برابر

12.0 V است. اگر بار الکتریکی -50 C از پایانه منفی به پایانه مثبت باتری جابه‌جا

شود، انرژی پتانسیل الکتریکی آن چقدر تغییر می‌کند؟

مثال ۱۲-۱

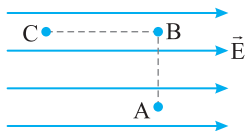


۴۵- لامپ‌های تصویر تلویزیون‌ها و نمایشگرهای قدیمی، لامپ پرتو - کاتدی (CRT) بودند. در این

لامپ، الکترون‌ها در میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه باردار، مطابق شکل، شتاب می‌گیرند و با

صفحه نمایشگر برخورد می‌کنند. اگر صفحه‌ها در فاصله $1/2 \times 10^{-2} \text{ m}$ از یکدیگر باشند و اختلاف پتانسیل

بین آن‌ها $2/5 \times 10^4 \text{ V}$ باشد، بزرگی میدان الکتریکی بین صفحه‌ها را تعیین کنید.



۴۶- مطابق شکل زیر، بار $q = +5.0 \text{ nC}$ را در میدان الکتریکی یکنواخت $E = 8.0 \times 10^5 \text{ N/C}$ نخست از نقطه A تا نقطه B و سپس تا نقطه C جابه‌جا می‌کنیم. اگر $AB = 0.2 \text{ m}$ و $BC = 0.4 \text{ m}$ باشد، مطلوب است:

الف) نیروی الکتریکی وارد بر بار q .

ب) کاری که نیروی الکتریکی در این جابه‌جایی انجام می‌دهد.

پ) تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی بار q در این جابه‌جایی.

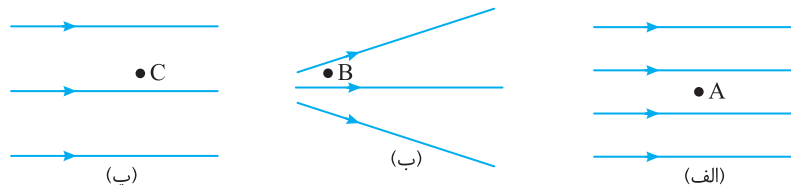
۴۷- در شکل زیر ذره باردار مثبت و کوچکی را از نقطه A به سمت کره باردار که روی پایه عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم و در نقطه B قرار می‌دهیم.

الف) در این جابه‌جایی، کار نیروی الکتریکی مثبت است یا منفی؟

ب) انرژی پتانسیل ذره باردار در این جابه‌جایی چگونه تغییر می‌کند؟

پ) پتانسیل نقطه‌های A و B را با هم مقایسه کنید.

۴۸- شکل زیر سه آرایش خطوط میدان الکتریکی را نشان می‌دهد. در هر آرایش، یک پروتون از حالت سکون در نقطه A رها می‌شود و سپس توسط میدان الکتریکی تا نقطه B شتاب می‌گیرد. نقطه‌های A و B در هر سه آرایش در فاصله‌های یکسانی از هم قرار دارند. در کدام شکل سرعت پروتون در نقطه B بیشتر است؟ توضیح دهید.



۴۹- دو صفحه رسانا با فاصله 2.0 cm را موازی یکدیگر قرار می‌دهیم و آن‌ها را به اختلاف پتانسیل 100 V وصل می‌کنیم. در نتیجه، یکی از صفحه‌ها به طور منفی و دیگری به طور مثبت باردار می‌شوند و میان دو صفحه میدان الکتریکی یکنواختی به وجود می‌آید. اندازه این میدان الکتریکی را حساب کنید و با توجه به جهت خطوط میدان الکتریکی در فضای بین دو صفحه توضیح دهید که کدام یک از دو صفحه پتانسیل الکتریکی بیشتری دارند.

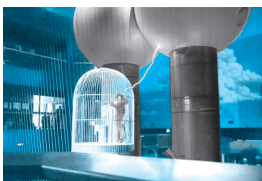
۵۰- بار الکتریکی $q = -4.0 \text{ nC}$ از نقطه‌ای با پتانسیل الکتریکی $V_1 = -40 \text{ V}$ تا نقطه‌ای با پتانسیل $V_2 = -10 \text{ V}$ آزادانه جابه‌جا می‌شود.

الف) انرژی پتانسیل الکتریکی بار q چه اندازه و چگونه تغییر می‌کند؟

ب) با توجه به قانون پایستگی انرژی، در مورد چگونگی تبدیل انرژی بار q در این جابه‌جایی توضیح دهید.

توزیع بار الکتریکی در اجسام رسانا

فعالیت ۱-۶



۵۱- در شکل شخصی را داخل یک قفس توری فلزی می‌بینید که نوعی از قفس فاراده است. در مورد قفس فاراده و کاربردهایش تحقیق و به کلاس گزارش کنید.

ب) چرا معمولاً شخصی که در داخل اتومبیل یا هواپیماست از خطر آذرخش در امان می‌ماند.

پ) با اعضای گروه خود آزمایش‌های دیگری را طراحی و اجرا کنید که نشان دهد بار اضافی داده شده به رسانا، روی سطح داخلی رسانا توزیع نمی‌شود.

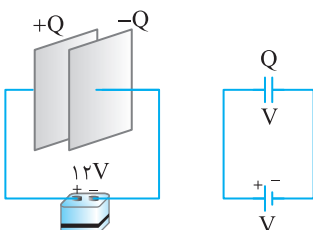
خازن

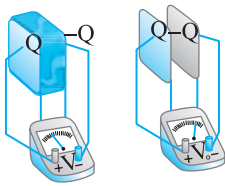
مثال ۱-۱۳

۵۲- صفحه‌های خازنی را مطابق شکل به پایانه‌های یک باتری با اختلاف پتانسیل 12 V وصل می‌کنیم. اگر بار خازن $24 \mu\text{C}$ شود،

الف) ظرفیت خازن را محاسبه کنید.

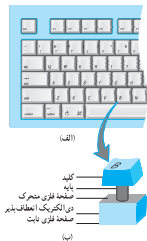
ب) اگر این خازن را به اختلاف پتانسیل 36 V وصل کنیم، بار الکتریکی آن چقدر می‌شود؟





۵۳- در شکل زیر صفحه‌های باردار یک خازن تخت را که بین آن‌ها هواست، به ولت‌سنج وصل می‌کنیم. با وارد کردن دی‌الکتریک در بین صفحه‌ها، اختلاف پتانسیل دو صفحه کاهش می‌یابد. علت آن را توضیح دهید (توجه کنید که این آزمایش با بیشتر ولت‌سنج‌های معمولی و رایج ممکن نیست).

مثال ۱-۱۴



۵۴- برخی از صفحه کلیدهای رایانه (شکل الف) بر مبنای تغییر ظرفیت خازن عمل می‌کنند. هر کلید این صفحه به یک سر پایه‌ای نصب شده است که سر دیگر آن به یک صفحه فلزی متحرک متصل است. این صفحه فلزی خود توسط یک دی‌الکتریک انعطاف‌پذیر از صفحه فلزی ثابت جدا شده است و در واقع این دو صفحه یک خازن تخت را تشکیل می‌دهند (شکل ب). با فشار دادن کلید، صفحه متحرک به صفحه ثابت نزدیک می‌شود و ظرفیت خازن افزایش می‌یابد. این تغییر ظرفیت به صورت سیگنالی الکتریکی توسط مدارهای الکترونیکی رایانه آشکار می‌شود و به این ترتیب، مشخص می‌شود که کدام کلید فشار داده شده است. فاصله بین صفحه‌ها عموماً $5 \times 10^{-3} \text{ m}$ است که این فاصله با فشار دادن کلید به $1.5 \times 10^{-3} \text{ m}$ می‌رسد. مساحت صفحه‌ها $9 \times 10^{-5} \text{ m}^2$ است و خازن از ماده‌ای با ثابت دی‌الکتریک $3/50$ پر شده است. تغییر ظرفیتی که با فشار دادن کلید، توسط مدارهای الکترونیکی رایانه آشکار می‌شود چقدر است؟

تمرین ۱-۱۱



۵۵- یک یاخته عصبی (نورون) را می‌توان با یک خازن تخت مدل‌سازی کرد، به‌طوری که غشای سلول به عنوان دی‌الکتریک و یون‌های باردار با علامت مخالف که در دو طرف غشا هستند به عنوان بارهای روی صفحه‌های خازن عمل کنند (شکل روبه‌رو). ظرفیت یک سلول عصبی و تعداد یون‌های لازم (با فرض آن که هر یون یک بار یونیده باشد)، برای آن که یک اختلاف پتانسیل 85 mV ایجاد شود چقدر است؟ فرض کنید غشا دارای ثابت دی‌الکتریک $\kappa = 3/50$ ، ضخامت 10 nm و مساحت سطح $1 \times 10^{-10} \text{ m}^2$ است.

۵۶- اگر ساختمان یک خازن را تغییر ندهیم، در هر یک از شرایط زیر ظرفیت خازن چگونه تغییر می‌کند؟
(الف) بار آن دو برابر شود.

(ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه‌های آن سه برابر شود.

۵۷- اختلاف پتانسیل بین دو صفحه یک خازن را از 28 V به 40 V افزایش می‌دهیم. اگر با این کار $15 \mu\text{C}$ بار ذخیره شده در خازن افزوده شود، ظرفیت خازن را حساب کنید.

۵۸- ظرفیت یک خازن تخت با فاصله صفحات 1 mm که بین صفحه‌های آن هوا قرار دارد، برابر 1 F است. مساحت صفحه‌های این خازن چقدر است؟ از این مسئله چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۵۹- یک خازن تخت به یک باتری بسته شده است تا باردار شود. پس از مدتی، در حالی که باتری همچنان به خازن متصل است، فاصله بین صفحه‌های خازن را دو برابر می‌کنیم. کدام یک از موارد زیر درست است؟

(الف) میدان الکتریکی میان صفحه‌ها نصف می‌شود.

(ب) اختلاف پتانسیل میان صفحه‌ها نصف می‌شود.

(پ) ظرفیت خازن دو برابر می‌شود.

(ت) بار روی صفحه‌ها تغییر نمی‌کند.

۶۰- مساحت هر یک از صفحه‌های خازن تختی، 1 m^2 و فاصله دو صفحه از هم، 500 mm است. عایقی با ثابت دی‌الکتریک $4/9$ بین دو صفحه قرار داده شده است. ظرفیت خازن را تعیین کنید.

انرژی خازن

مثال ۱-۱۵



۶۱- مدار یک فلاش عکاسی، انرژی را با ولتاژ 330 V ، در یک خازن $660 \mu\text{F}$ ، ذخیره می‌کند.

(الف) چه مقدار انرژی الکتریکی در این خازن ذخیره می‌شود؟

(ب) اگر تقریباً همه این انرژی در مدت 1 ms آزاد شود، توان متوسط خروجی فلاش چقدر است؟

مثال ۱-۱۶: دستگاه رفع لرزش نامنظم قلب (دفیبریلاتور)



۶۲- توانایی خازن برای ذخیره انرژی پتانسیل الکتریکی، اساس کار دستگاه‌های رفع لرزشی است که برای توقف لرزش بطنی افراد دچار حمله قلبی به کار می‌رود. در این بیماری، انقباض و انقباض ناهماهنگ قلب باعث می‌شود خون به درستی به مغز فرستاده نشود. در این دستگاه یک باتری، خازنی را تا اختلاف پتانسیل حدود 6 kV باردار می‌کند. صفحه‌های رابط (کفشک‌ها) روی قفسه سینه بیمار قرار داده می‌شوند و خازن بخشی از انرژی ذخیره شده خود را از طریق کفشک‌ها به بدن بیمار منتقل می‌کند. هدف از این کار این است

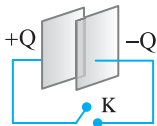
که قلب به طور موقت از کار بیفتد و پس از آن با آهنگ منظم و طبیعی خود به کار افتد. اگر ظرفیت خازن این دستگاه $11/0\text{ }\mu\text{F}$ باشد و با ولتاژ

$6/0\text{ kV}$ شارژ شود و سپس تمام انرژی آن از طریق کفشک‌ها به درون بدن بیمار تخلیه شود،

الف) چقدر انرژی در بدن بیمار تخلیه شده است؟

ب) چه مقدار بار الکتریکی از بدن بیمار عبور کرده است؟

پ) اگر تخلیه انرژی تقریباً در مدت $2/0\text{ ms}$ صورت پذیرفته باشد این انرژی با چه توان متوسطی در بدن بیمار تخلیه شده است؟



۶۳- دو صفحه خازن تخت بارداری را همانند شکل با بستن کلید به هم وصل می‌کنیم. در نتیجه جرقه‌ای زده می‌شود.

حال اگر دوبار صفحات را به همان اندازه باردار کنیم ولی فاصله آن‌ها را دو برابر کنیم و سپس دو صفحه را به هم وصل

کنیم، آیا جرقه حاصل بزرگ‌تر از قبل می‌شود، یا کوچک‌تر و یا تغییری نمی‌کند؟ توضیح دهید.

۶۴- ظرفیت خازن تختی 2 nF و بار الکتریکی آن 18 nC است.

الف) انرژی ذخیره شده در این خازن چقدر است؟

ب) بین صفحات خازن هواست. خازن را از باتری جدا و فاصله بین صفحه‌های آن را دو برابر می‌کنیم. انرژی ذخیره شده در خازن چقدر افزایش می‌یابد؟

۱

$$q = ne$$

$$\Rightarrow 1 \times 10^{-9} = n \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$n = 6 \times 10^9 \text{ الکترون}$$

۲

$$q = ne \Rightarrow q = 92 \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow q = 1.472 \times 10^{-17} \text{ C}$$

۳

مجموع بار الکتریکی الکترون‌های اتم اورانیوم بار هسته آن برابر است. $q = -1.472 \times 10^{-17} \text{ C}$. بار الکتریکی اتم اورانیوم صفر است.

۴

۵ با نزدیک کردن میله باردار برای مولکول‌های کاغذ قطبیدگی رخ می‌دهد در این حالت بار ناهمنام مولکول‌ها با میله به هم نزدیک‌تر بوده ربایش از رانش قوی بوده است خرده‌های کاغذ جذب میله باردار می‌شوند.

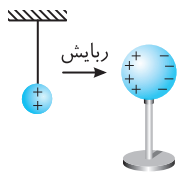
۶ به دلیل قطبیدگی مولکول‌های آب، این مولکول‌ها توسط بادکنک جذب می‌شوند که سبب منحرف شدن آب به سمت بادکنک می‌شود.

۷ الف) بنابه اصل پایستگی بار، مقدار بار مثبت و منفی ایجاد شده در دو جسم برابر است از این رو بار الکتریکی پارچه پشمی $+12/8 \text{ nC}$ می‌شود.

$$q = ne \Rightarrow 12/8 \times 10^{-9} = n \times (1.6 \times 10^{-19}) \Rightarrow n = 8 \times 10^8 \text{ الکترون (ب)}$$

۸ الف) بار الکتریکی اتم خنثی صفر است. $q = ne \Rightarrow q = 6 \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow q = +9.6 \times 10^{-19} \text{ C}$

ب) اتم یکبار یونیده یعنی اتمی که یک الکترون از دست داده باشد و دارای بار $q = +1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ است.



۹ در اثر القا، کره فلزی مطابق شکل دارای بار القایی مثبت و منفی شده با ترجمه به نزدیک‌تر بودن بارهای ناهمنام آونگ الکتریکی جذب کره فلزی شده و به سمت کره منحرف می‌شود. اگر مقدار انحراف به حدی زیاد باشد که آونگ با کره تماس پیدا کند، مقداری از بار الکتریکی آونگ به کره منتقل شده، کره و آونگ بارهای ناهمنام پیدا کرده یکدیگر را دفع می‌کند و آونگ به سمت چپ منحرف می‌شود.

۱۰ الف) با استفاده از قانون کولن برای بزرگی نیروی الکتریکی بین دو ذره باردار داریم:

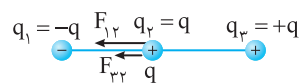
$$F = K \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = K \frac{|q_e||q_p|}{r^2} = (9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2) \frac{(1/6 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{(5/3 \times 10^{-11} \text{ m})^2} = 8/2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

$$F = K \frac{|q_p||q_p|}{r^2} = (9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2) \frac{(1/6 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{(2/4 \times 10^{-15} \text{ m})^2} = 4 \times 10^{-8} \text{ N}$$

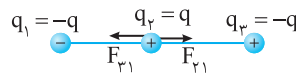
ب) با استفاده از قانون کولن داریم:

که به مراتب بزرگ‌تر از نیروی محاسبه شده در قسمت الف است. این نیروی بزرگ، از جنس دافعه است. بنابراین، هسته اتم باید فرو بپاشد. از اینجا نتیجه می‌گیریم که باید نیروی دیگری وجود داشته باشد که مانع فروپاشی هسته شود، به این نیرو، نیروی هسته‌ای گفته می‌شود.

۱۱ الف) جهت نیروی خالص مطابق شکل به سمت چپ است.



ب) نیروی خالص صفر می‌شود.



۱۲ نیروی الکتریکی خالصی که بر بار q_3 وارد می‌شود، برآیند دو نیرویی است که از طرف بارهای q_1 و q_2 بر آن وارد می‌شوند. برای محاسبه این نیرو، نیرویی را که هر یک از بارهای q_1 و q_2 بر آن وارد می‌شوند. برای محاسبه این نیرو، نیرویی را که هر یک از بارهای q_1 و q_2 بر آن وارد می‌شوند. برای محاسبه این نیرو، نیرویی را که هر یک از بارهای q_1 و q_2 بر آن وارد می‌شوند. می‌کنیم. نیروی الکتریکی وارد بر q_3 ، برآیند این دو نیرو است. فاصله بین بارهای q_1 و q_3 را با r_{13} نشان می‌دهیم. با استفاده از رابطه ۱-۲ داریم:

$$F_{13} = K \frac{|q_1||q_3|}{r_{13}^2} = (9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2) \frac{(2/5 \times 10^{-6} \text{ C})(4/5 \times 10^{-6} \text{ C})}{(6/5 \text{ m})^2} = 2/5 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_{23} = K \frac{|q_2||q_3|}{r_{23}^2} = (9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2) \frac{(1/5 \times 10^{-6} \text{ C})(4/5 \times 10^{-6} \text{ C})}{(2/5 \text{ m})^2} = 9/5 \times 10^{-3} \text{ N}$$

نیرویی که بار q_1 بر بار q_3 وارد می‌کند، دافعه و نیرویی که بار q_2 بر بار q_3 وارد می‌کند جاذبه است. مطابق شکل، نیروهای $\vec{F}_{13}$ و $\vec{F}_{23}$ در جهت‌های مخالف

یکدیگرند و برابری آنها برابر است با $\vec{F}_T = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$.

بنابراین اندازه نیروی برابری با تفاضل اندازه آنهاست. $F_T = F_{23} - F_{13} = 6 \times 10^{-3} \text{ N}$. و جهت آن در جهت نیروی بزرگتر ($\vec{F}_{23}$)، یعنی از سمت راست به طرف چپ، است. اگر محور x را روی خط واصل سه بار و جهت مثبت آن را به سمت راست در نظر بگیریم و بردار یکه محور x را، $\vec{i}$ بنامیم، داریم:

$$\vec{F}_T = (-6 \times 10^{-3} \text{ N}) \vec{i}$$



۱۳

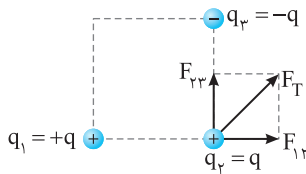
$$F_{12} = K \frac{|q_1||q_2|}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{2 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{(4)^2} \Rightarrow F_{12} = 14 \times 10^{-3} \text{ N}$$

$$F_{23} = K \frac{|q_2||q_3|}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{4 \times 10^{-6} \times 1 \times 10^{-6}}{(4)^2} \Rightarrow F_{23} = 9 \times 10^{-3} \text{ N}$$

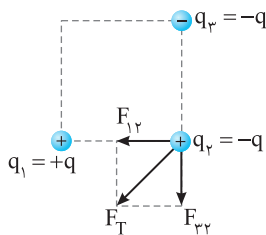
$$F_T = F_{12} - F_{23} = 14 \times 10^{-3} - 9 \times 10^{-3}$$

$$F_T = 5 \times 10^{-3} \text{ N}$$

۱۴ الف



ب



۱۵ نیروی الکتریکی بین بارهای q_1 و q_2 دافعه و نیروی بین بارهای q_1 و q_3 ، جاذبه است. با استفاده از رابطه ۱-۲ داریم:

$$F_{12} = K \frac{|q_2||q_1|}{r_{12}^2} = (9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2) \frac{(4 \times 10^{-6} \text{ C})(2 \times 10^{-6} \text{ C})}{(3 \times 10^{-2} \text{ m})^2} = 8 \times 10^{-3} \text{ N}$$

با توجه به دستگاه مختصات داده شده، $\vec{F}_{12}$ در جهت مثبت محور x است. بنابراین، $\vec{F}_{12} = (8 \times 10^{-3} \text{ N}) \vec{i}$ می‌شود. به همین ترتیب، برای نیروی بین بارهای q_2 و q_3

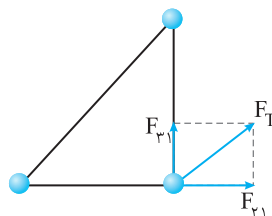
$$F_{23} = K \frac{|q_3||q_2|}{r_{23}^2} = (9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2) \frac{(3 \times 10^{-6} \text{ C})(2 \times 10^{-6} \text{ C})}{(3 \times 10^{-2} \text{ m})^2} = 6 \times 10^{-3} \text{ N}$$

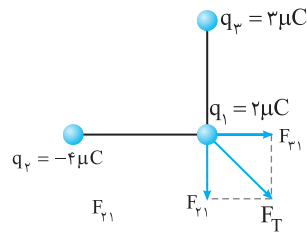
و q_1 داریم:

با توجه به دستگاه مختصات داده شده، $\vec{F}_{23}$ در جهت مثبت محور y است. بنابراین، $\vec{F}_{23} = (6 \times 10^{-3} \text{ N}) \vec{j}$ می‌شود. پس برابری نیروهای الکتریکی وارد بر بار q_1

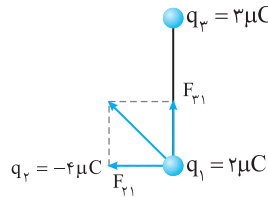
برابر است با $\vec{F}_T = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{23} = (8 \times 10^{-3} \text{ N}) \vec{i} + (6 \times 10^{-3} \text{ N}) \vec{j}$ و بزرگی آن با استفاده از رابطه فیثاغورس، چنین به دست می‌آید:

$$F_T = \sqrt{F_{12}^2 + F_{23}^2} = \sqrt{(8 \times 10^{-3} \text{ N})^2 + (6 \times 10^{-3} \text{ N})^2} = 10 \times 10^{-3} \text{ N}$$





ب) $q_2 = -4 \mu C$



پ) خیر. زیرا در قانون کولن $F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$ با قدر مطلق اندازه، بارها سروکار داریم نه علامت آن‌ها

۱۷ با هر یک از گوی‌ها بعد از برقراری تماس، یکسان و برابر میانگین بارهای الکتریکی است.

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} \Rightarrow q'_1 = q'_2 = \frac{2 + (-4)}{2} \Rightarrow q'_1 = q'_2 = -1 \text{ nC}$$

$$F = \frac{k|q'_1||q'_2|}{r^2} \Rightarrow F = 9 \times 10^9 \times \frac{10^{-9} \times 10^{-9}}{9 \times 10^{-2}} \Rightarrow F = 10^{-7} \text{ N}$$

چون دو گوی دارای بار همنام هستند نیروی بین آن‌ها رانشی (دافعه) است.

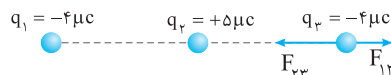
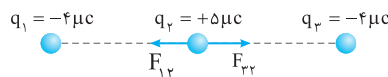
۱۸

$$\begin{cases} F_{23} = k \frac{|q_2||q_3|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{9} = 10^{-2} \text{ N} \\ F_{13} = k \frac{|q_1||q_3|}{r^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{9} = 10^{-2} \text{ N} \end{cases} \Rightarrow \vec{F}_t = 10^{-2} \vec{i} + 10^{-2} \vec{j}$$

۱۹ نیروی خالص وارد بر q_2 $F_{12} = F_{32} \Rightarrow F_{\text{net}} = 0$ صفر است زیرا دو نیروی F_{12} و F_{32} هم اندازه و خلاف جهت هم هستند.

$$F = k \frac{|q||q'|}{r^2} \Rightarrow \begin{cases} F_{12} = 9 \times 10^9 \times \frac{4 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-9}}{(1.6 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow F_{12} = 5.625 \times 10^{-6} \text{ N} \\ F_{23} = 9 \times 10^9 \times \frac{5 \times 10^{-9} \times 4 \times 10^{-9}}{(8 \times 10^{-2})^2} \Rightarrow F_{23} = 2.8125 \times 10^{-6} \text{ N} \end{cases} \Rightarrow F_2 = F_{12} - F_{23}$$

$$F_2 = 2.8125 \times 10^{-6} \text{ N}$$



۲۰ حالت معلق یعنی گوی در تعادل است و نیروهای وارد بر آن متوازن است. بنابراین نیروی دافعه بین دو بار با نیروی وزن وارد بر گوی بالایی برابر است:

$$F = W \Rightarrow k \frac{q^2}{r^2} = mg \Rightarrow 9 \times 10^9 \times \frac{q^2}{10^{-4}} = 0.25 \times 10^{-3} \times 10 \Rightarrow q^2 = \frac{0.25 \times 10^{-6}}{9 \times 10^9} = \frac{0.25}{9} \times 10^{-15} = 9$$

$$E = \frac{F}{q_0} = \frac{6/0 \times 10^{-5} \text{ N}}{3/0 \times 10^{-8} \text{ C}} = 2/0 \times 10^3 \text{ N/C}$$

۲۱ الف) بزرگی میدان الکتریکی با استفاده از رابطه ۳-۱ برابر است با



که جهت آن در همان سوی نیروی $\vec{F}$ نشان داده شده در شکل است.

(ب) دوباره با استفاده از رابطه ۱-۳ داریم: $F = q \cdot E = (12 \times 10^{-18} \text{ C})(2/0 \times 10^3 \text{ N/C}) = 24 \times 10^{-15} \text{ N}$ جهت این نیرو نیز در همان سوی نیروی $\vec{F}$ نشان داده شده در شکل است.



۲۲ بار الکتریکی پروتون $e = +1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ است. بنابراین میدان الکتریکی خواهد شد:

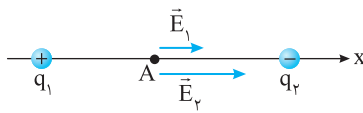
$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow E = 9 \times 10^9 \times \frac{1/6 \times 10^{-19}}{(\frac{5}{3} \times 10^{-11})^2} \Rightarrow E \approx 5 \times 10^{12} \text{ N/C}$$

$$E_P = E_{\text{مولد}} \Rightarrow k \frac{|q_P|}{r_P^2} = k \frac{|q_{\text{مولد}}|}{r^2} \Rightarrow \frac{1/6 \times 10^{-19}}{r_P^2} = \frac{3 \times 10^{-18}}{1}$$

(ب)

$$r_P^2 = \frac{1/6 \times 10^{-19}}{3} = \frac{16}{3} \times 10^{-12} \Rightarrow r_P = 5/3 \times 10^{-6} \text{ m}$$

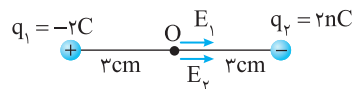
در غیاب هر یک از دو ذره، میدان حاصل از مجموعه دوبار، برآیند این دو میدان خواهد بود.



۲۳ الف) در شکل اگر بار آزمون را در نقطه A واقع در وسط خط واصل دو ذره قرار دهیم، بار q_1 آن را دفع و بار q_2 آن را جذب می کند. بنابراین، همان طور که شکل نشان می دهد، $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ در نقطه A هم جهت و به سوی بار q_2 (در سوی مثبت محور x) هستند. میدان خالص در نقطه A، برآیند میدان های $\vec{E}_1$ و $\vec{E}_2$ است:

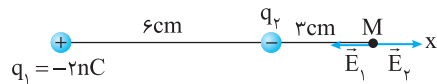
$$\vec{E}_A = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 = E_1 \vec{i} + E_2 \vec{i}$$

۲۴ میدان الکتریکی بار q_1 و q_2 در نقطه O هم جهت هستند.



$$E_T = E_1 + E_2 = k \frac{|q_1|}{r^2} + k \frac{|q_2|}{r^2} \Rightarrow E_T = 2k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow E_T = 2 \times 9 \times 10^9 \times \frac{2 \times 10^{-9}}{9 \times 10^{-4}} \Rightarrow E_T = 4 \times 10^4 \text{ N/C}$$

میدان الکتریکی بار q_1 و q_2 در نقطه M در خلاف جهت هستند.



$$E_t = k \frac{|q_2|}{r_2^2} + k \frac{|q_1|}{r_1^2} = 9 \times 10^9 \left(\frac{2 \times 10^{-9}}{9 \times 10^{-4}} - \frac{2 \times 10^{-9}}{11 \times 10^{-4}} \right) = 9 \times 10^9 \frac{(11-2) \times 10^{-9}}{11 \times 10^{-4}} \Rightarrow E_t = \frac{16}{11} \times 10^4 \text{ N/C}$$

۲۵ در نقطه O میدان های الکتریکی مانند شکل زیر می شوند: چون بارها با هم برابر و فاصله آنها تا نقطه O نیز یکسان است، پس اندازه میدان ها در این نقطه با هم برابرند:

$$E_1 = E_2 = K \frac{|q|}{r^2} = (9 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2) \frac{(5/0 \times 10^{-6} \text{ C})}{(3/0 \text{ m})^2} = 5/0 \times 10^3 \text{ N/C}$$

$$\vec{E}_1 = (-5/0 \times 10^3 \text{ N/C}) \vec{i} \text{ و } \vec{E}_2 = (-5/0 \times 10^3 \text{ N/C}) \vec{j}$$

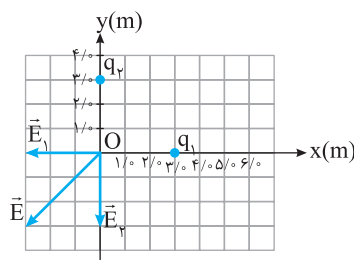
$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

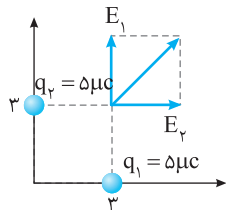
$$\vec{E} = (-5/0 \times 10^3 \text{ N/C}) \vec{i} + (-5/0 \times 10^3 \text{ N/C}) \vec{j}$$

$$E = \sqrt{(-5/0 \times 10^3 \text{ N/C})^2 + (-5/0 \times 10^3 \text{ N/C})^2} = 7/0 \times 10^3 \text{ N/C} \approx 7/1 \times 10^3 \text{ N/C}$$

در نتیجه میدان الکتریکی خالص برابر است با:

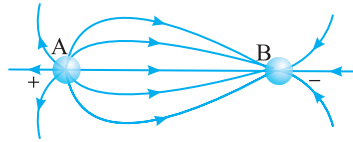
و از آنجا اندازه میدان الکتریکی خالص چنین می شود:



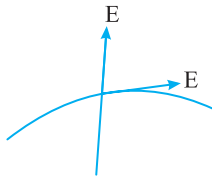


۲۶ اندازه میدان‌ها در نقطه A برابر اندازه میدان‌ها در نقطه O است از این رو:

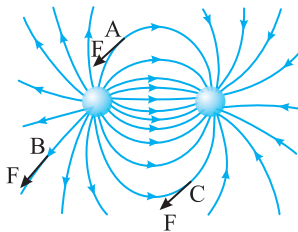
$$\vec{E}_T = \Delta \times 10^{-3} \vec{i} + \Delta \times 10^{-3} \vec{j} \Rightarrow E_T = \sqrt{(\Delta \times 10^{-3})^2 + (\Delta \times 10^{-3})^2} \Rightarrow E_T = \Delta \sqrt{2} \times 10^{-3} \text{ N/C}$$



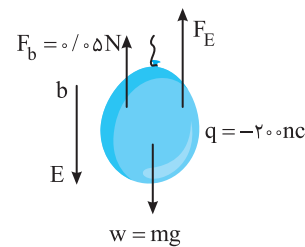
۲۷ خط‌های میدان از بار مثبت خارج و به بار منفی وارد می‌شود.



۲۸ در هر نقطه از فضا تنها یک میدان الکتریکی خالص وجود دارد. و این میدان بر خط میدان در آن نقطه مماس است. اگر دو خط یکدیگر را قطع کنند مطابق شکل در هر نقطه دو مماس وجود دارد یعنی در میدان الکتریکی خالص وجود دارد که ممکن نیست.



۲۹ نیروی وارد بر بار منفی در خلاف جهت بردار میدان و مماس بر خط میدان است.



۳۰ نیروی وزن را حساب می‌کنیم $W = mg = 1.0 \times 10^{-3} \times 1.0 \Rightarrow w = 1.0 \times 10^{-3} \text{ N}$
نیروی شناری رو به بالا و برابر 0.5 N است برای آن که بادکنک معلق بماند باید نیروی الکتریکی رو به بالا و برابر 0.5 N باشد.

$$F_E + F_b = w \Rightarrow F_E + 0.5 \text{ N} = 1.0 \text{ N} \Rightarrow F_E = 0.5 \text{ N} \Rightarrow E = \frac{F_E}{q} \Rightarrow E = \frac{0.5}{2.00 \times 10^{-9}} \Rightarrow E = 2.5 \times 10^8 \text{ N/C}$$

جهت میدان الکتریکی باید رو به پایین باشد تا بر بار منفی نیروی رو به بالا وارد کند.

۳۱ میدان الکتریکی در شکل یکنواخت است و اندازه میدان در تمام نقاط یکسان است. بنابراین نیرو وارد بر بار در نقاط A و B یکسان است. $\vec{F}_A = \vec{F}_B = q \vec{E}$

$$F = k \frac{|q_1||q_2|}{r^2} \Rightarrow F = 9 \times 10^9 \frac{(1.6 \times 10^{-19})^2}{(4 \times 10^{-15})^2} \Rightarrow F = 14.4 \text{ N}$$

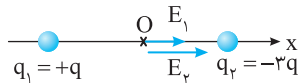
۳۲ نیروی کولنی بین دو پروتون خواهد شد:

$$E = k \frac{|q|}{r^2} \Rightarrow E = 9 \times 10^9 \frac{1.6 \times 10^{-19}}{(1 \times 10^{-10})^2} \Rightarrow E = 3.744 \times 10^{12} \text{ N/C}$$

میدان الکتریکی هسته با ۲۶ پروتون در فاصله بیان شده را حساب کنید.

۳۳ خارج از خط وصل کننده دو بار و نزدیک بار کوچک‌تر میدان صفر می‌شود بنابراین درست چپ بار +q میدان خالص می‌تواند صفر شود.

(ب) جهت میدان الکتریکی برآیند در نقطه O به سمت راست است.

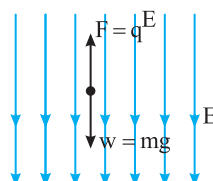


$$E_T = E_1 + E_2 = k \frac{|q_1|}{r^2} + k \frac{|q_2|}{r^2} \Rightarrow E_T = k \frac{q}{a^2} + k \frac{3q}{a^2} \Rightarrow E_T = 4k \frac{q}{a^2}$$

۳۴ ذره در حال تعادل و سکونی است بنابراین نیروی وزن و نیروی الکتریکی هم‌اندازه و خلاف جهت هم است. جهت F_E رو به بالا و خلاف جهت میدان الکتریکی

است بنابراین بار ذره منفی است.

$$F = W \Rightarrow |q|E = mg \Rightarrow |q| \times 4 \times 10^5 = 2 \times 10^{-3} \times 9.8 \Rightarrow |q| = 4 \times 10^{-8} \text{ C} \Rightarrow q = -4 \times 10^{-8} \text{ C}$$





۳۵ خطوط میدان از بار q_2 خارج و به بار q_1 وارد می‌شود بنابراین q_2 مثبت و q_1 منفی است. تراکم خطوط میدان در نزدیکی q_2 بیشتر است در نتیجه $|q_2| > |q_1|$

۳۶ الف) نادرست خطوط میدان به بار منفی وارد می‌شوند و از بار مثبت به سوی بار منفی که در این شکل چنین نیست
ب) نادرست (خط میدان از بار مثبت به سوی بار منفی در اطراف دو بار خطوط خمیده است).
پ) نادرست (خط میدان از $+q$ به $-q$ باید باشد)

۳۷

۳۸ الف) شکل الف - کار مثبت $W_E = F_E d \cos 0^\circ$

شکل ب - کار منفی $W_E = F_E d \cos \pi^\circ$

شکل پ - کار منفی $W_E = F_E d \cos \pi^\circ$

شکل ت - کار مثبت $W_E = F_E d \cos 0^\circ$

ب) شکل الف - کاهش: $\Delta U_E = -W_E \xrightarrow{W_E > 0} \Delta U_E < 0$

شکل ب - افزایش: $\Delta U_E = -W_E \xrightarrow{W_E < 0} \Delta U_E > 0$

شکل پ - افزایش $\Delta U_E = -W_E \xrightarrow{W_E < 0} \Delta U_E > 0$

شکل ت - کاهش $\Delta U_E = -W_E \xrightarrow{W_E > 0} \Delta U_E < 0$

۳۹ الف) با توجه به رابطه ۸-۱ داریم:

$$\Delta U_E = -W_E = -|q|Ed \cos \theta = -(1/6 \times 10^{-9} \text{ C})(2 \times 10^3 \text{ N/C})(1 \times 10^{-2} \text{ m})(\cos 18^\circ) = 3/2 \times 10^{-17} \text{ J}$$

ب) طبق قضیه کار - انرژی جنبشی می‌توان نوشت:

$$W_E = \Delta K \Rightarrow -\Delta U_E = \frac{1}{2} m(v_f^2 - v_i^2)$$

$$-3/2 \times 10^{-17} \text{ J} = \frac{1}{2} (1/6 \times 10^{-27} \text{ kg})(-v_i^2) \Rightarrow v_i = 1/96 \times 10^5 \text{ m/s} = 2 \times 10^5 \text{ m/s}$$

$$\Delta u_{AB} = \Delta k_{AB} \Rightarrow |q|E|d| = \frac{1}{2} m v_B^2$$

۴۰ با همان تندی $v_B = 2 \times 10^5 \text{ m/s}$ به نقطه B می‌رسد. زیرا

تمام اعداد یکسان هستند بنابراین $v_B = 2 \times 10^5 \text{ m/s}$ می‌شود.

۴۱ الف) با استفاده از رابطه ۸-۱ برای تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی الکترون داریم:

$$\Delta U_E = -W_E = -|q|Ed \cos \theta = -(1/6 \times 10^{-19} \text{ C})(15 \text{ N/C})(5 \times 10^{-8} \text{ m}) \cos 0^\circ = -1/2 \times 10^{-14} \text{ J}$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} = \frac{-1/2 \times 10^{-14} \text{ J}}{-1/6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 7/5 \times 10^4 \text{ V} = 75 \text{ kV}$$

ب) با استفاده از رابطه ۹-۱ برای اختلاف پتانسیل داریم:

۴۲

۴۳

$$\Delta V = V^+ - V^- \Rightarrow 12 \text{ V} - V^- \Rightarrow V^- = -12 \text{ V}$$

$$\Delta V = \frac{\Delta U_E}{q} \Rightarrow \Delta U = q \Delta V = q(V_+ - V_-) = (-5 \times 10^{-19} \text{ C})(+12 \text{ V}) = -6 \times 10^{-18} \text{ J}$$

بنابراین، انرژی پتانسیل الکتریکی این بار به اندازه $6 \times 10^{-18} \text{ J}$ کاهش یافته است.

۴۵ با استفاده از رابطه ۱۱-۱ داریم:

$$E = \frac{|\Delta V|}{d} = \frac{2/5 \times 10^4 \text{ V}}{1/2 \times 10^{-2} \text{ m}} = 2/5 \times 10^6 \text{ V/m} \approx 2/5 \text{ MV/m}$$

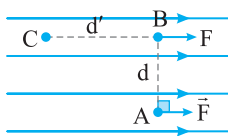
$$F = qE \Rightarrow F = 5 \times 10^{-9} \times 2 \times 10^6 \Rightarrow F = 0/4 \text{ N}$$

۴۶ الف)

ب) در مسیر A تا B نیروی F بر مسیر عمود است و F کار نیرو صفر است در مسیر BC زاویه بین نیرو و جابه‌جایی 180° است بنابراین

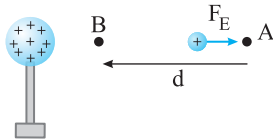
$$W_{BC} = Fd' \cos 180^\circ \Rightarrow W_{BC} = 0/4 \times 0/4 \times (-1) \Rightarrow W_{BC} = -18 \times 10^{-2} \text{ J}$$

$$W_{E_{ABC}} = W_{E_{AB}} + W_{E_{BC}} = 0 + (-1/6 \times 10^{-2}) \Rightarrow W_{E_{ABC}} = -1/6 \times 10^{-2} \text{ J}$$



$$\Delta U_E = -W_E \Rightarrow \Delta U_E = +1/6 \times 10^{-2} \text{ J}$$

(ب)



۴۷ الف) نیرو و جابه‌جایی در خلاف جهت هم هستند و کار نیرو الکتریکی صافی است.

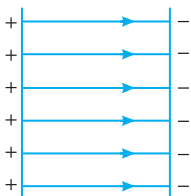
(ب) افزایش می‌یابد.

(پ) $V_B > V_A$ است. (هرگاه در خلاف جهت خطوط میدان حرکت کنیم پتانسیل الکتریکی نقاط فضا افزایش می‌یابد.

۴۸ تراکم خطوط میدان در شکل الف بیشتر و در شکل ب کمترین است بنابراین

$$\begin{aligned} E_{\text{الف}} > E_{\text{ب}} > E_{\text{پ}} &\Rightarrow E_{\text{الف}} > E_{\text{ب}} > E_{\text{پ}} \xrightarrow{W=F \cdot d} \\ \Rightarrow W_{\text{الف}} > W_{\text{ب}} > W_{\text{پ}} &\xrightarrow{W_f = \Delta k} \\ \Rightarrow k_{\text{الف}} > k_{\text{ب}} > k_{\text{پ}} &\xrightarrow{k = \frac{1}{2}mv^2} \\ v_{\text{الف}} > v_{\text{ب}} > v_{\text{پ}} \end{aligned}$$

در نتیجه سرعت پروتون در شکل الف در نقطه B بیشتر است.



$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow E = \frac{100}{2 \times 10^{-2}} \Rightarrow E = 5 \times 10^3 \text{ V/m}$$

۴۹ میدان الکتریکی یکنواخت از رابطه زیر به دست می‌آید:

خطوط میدان مطابق شکل از صفحه مثبت به سوی صفحه منفی است و هرگاه در جهت خطوط میان جابه‌جا شویم پتانسیل الکتریکی کاهش می‌یابد بنابراین پتانسیل صفحه مثبت بیشتر است.

۵۰ با توجه به تعریف پتانسیل الکتریکی:

$$\begin{aligned} \Delta V &= \frac{\Delta U}{q} \Rightarrow V_f - V_i = \frac{\Delta U}{q} \\ -10 - (-40) &= \frac{\Delta U}{-40 \times 10^{-9}} \Rightarrow \Delta U = -1/2 \times 10^{-6} \text{ J} = -1/2 \text{ UJ} \end{aligned}$$

انرژی پتانسیل الکتریکی کاهش یافته است.

(ب) با کاهش انرژی پتانسیل الکتریکی حرکت آزادانه بار، انرژی پتانسیل الکتریکی به انرژی جنبشی بار تبدیل می‌شود (بنا به قانون پایستگی انرژی) و سبب افزایش سرعت بار می‌شود.

۵۱

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{24 \times 10^{-6} \text{ C}}{12 \text{ V}} = 2 \times 10^{-6} \text{ F} = 2 \mu\text{F}$$

۵۲ با استفاده از رابطه ۱-۱۲ داریم:

(ب) با توجه به اینکه ظرفیت خازن همواره مقدار ثابتی است از ظرفیت به دست آمده در قسمت الف استفاده می‌کنیم. آن‌گاه با استفاده از رابطه ۱-۱۲ می‌توان نوشت:

$$Q = CV = (2 \times 10^{-6} \text{ F})(36 \text{ V}) = 72 \times 10^{-6} \text{ C} = 72 \mu\text{C}$$

۵۳ بار الکتریکی روی صفحات خازن ثابت است. با قرار دادن دی‌الکتریک ظرفیت خازن افزایش می‌یابد و با توجه به تعریف ظرفیت خازن خواهیم داشت:

$$\downarrow V = \frac{Q}{C} \uparrow \text{ ثابت}$$

۵۴ با استفاده از رابطه‌های ۱-۱۳ و ۱-۱۴ ظرفیت خازن پیش از فشار دادن کلید برابر است با

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} = 3/50 (8/85 \times 10^{-12} \text{ F/m}) \frac{(9/50 \times 10^{-5} \text{ m}^2)}{(5/00 \times 10^{-3} \text{ m})}$$

پس از فشردن کلید، فاصله بین صفحه‌ها به $1/50 \times 10^{-3} \text{ m}$ می‌رسد و با محاسبه‌ای مشابه به $C = 19/6 \times 10^{-12} \text{ F} = 19/6 \text{ pF}$ می‌رسیم. بنابراین، تغییر ظرفیت خازن که به صورت سیگنالی آشکار می‌شود از تفاضل دو مقدار بالا به دست می‌آید:

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C = 3 \times 8/85 \times 10^{-12} \frac{10^{-10}}{10^{-9}} \Rightarrow C = 2/655 \times 10^{-12} \text{ F} \sim 2/7 \times 10^{-12}$$

۵۵ ظرفیت خازن را به دست می‌آوریم.

$$Q = CV \Rightarrow Q = 2/7 \times 10^{-12} \times 85 \times 10^{-3} \Rightarrow Q = 2/295 \times 10^{-13} \text{ C} \sim 2/3 \times 10^{-13} \text{ C}$$

بار روی صفحات خازن را حساب می‌کنیم

$$Q = ne \Rightarrow 2/3 \times 10^{-12} = n \times 1/6 \times 10^{-19}$$

تعداد یون‌ها خواهد شد

$$56 \quad \text{ظرفیت خازن به بار روی صفحات آن و ولتاژ بین صفحات آن بستگی ندارد و به ساختمان خازن بستگی دارد.} \quad (C = \kappa \frac{\epsilon_0 A}{d})$$

(الف) ثابت می‌ماند (ب) ثابت می‌ماند.

$$Q_1 = CV_1 \Rightarrow Q_2 - Q = C(V_2 - V_1) \Rightarrow 15 = C(140 - 28) \Rightarrow C = \frac{15}{112} \Rightarrow C = 1/25 \mu C$$

57 با توجه به فرض مسئله

58 به کمک رابطه ساختمانی خازن، مساحت صفحات را به دست می‌آوریم.

$$C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow 1 = 8/85 \times 10^{-12} \frac{A}{10^{-3}} \Rightarrow A = \frac{1}{8/85 \times 10^{-9}} \Rightarrow A = \frac{10^9}{8/85} \Rightarrow A \sim 1/3 \times 10^8 m^2 = 1/3 \times 10^4 km^2$$

نتیجه می‌گیریم ظرفیت 1F بسیار بزرگ است.

59 با اتصال خازن به باتری، اختلاف پتانسیل دو سر خازن ثابت می‌ماند. با دو برابر شدن فاصله منفی است خازن، ظرفیت خازن نصف می‌شود.

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

$$\uparrow Q = \uparrow CV_{\text{ثابت}} \Rightarrow Q' = 2Q \quad \text{(ب) نادرست (ت) نادرست (پ) نادرست می‌ماند. (الف) درست} \quad \begin{matrix} E = \frac{V}{d} \Rightarrow \frac{E}{E} = \frac{1}{2} \\ E = \frac{V}{2d} \end{matrix}$$

$$C = \kappa \epsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C = 4/9 \times 8/85 \times 10^{-12} \frac{1}{0/5 \times 10^{-3}} \Rightarrow C = 86/73 \times 10^{-9} \Rightarrow C \approx 1.17 nC$$

60

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} (660 \times 10^{-6} F) (330 V)^2 = 35/9 J$$

61 با توجه به رابطه ۱-۱۵ داریم:

$$P_{av} = \frac{U}{t} = \frac{35/9 J}{1/10 \times 10^{-3} s} = 3/6 \times 10^4 J/s = 36 kW$$

با توجه به تعریف توان داریم:

که این در تأیید گفته‌ای است که در ابتدای بخش ۱-۱۰ در مورد خازن بیان کردیم و گفتیم یک خازن باردار می‌تواند انرژی را با آهنگ بسیار بیشتری از یک باتری برای فلاش دوربین مهیا کند.

62 (الف) انرژی ذخیره شده در خازن با استفاده از رابطه ۱-۱۵ به دست می‌آید:

$$U = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} (1/10 \times 10^{-6} F) (600 \times 10^3 V)^2 = 198 J$$

با توجه به فرض مسئله این همان انرژی تخلیه شده در بدن بیمار است.

$$Q = CV \Rightarrow Q = (1/10 \times 10^{-6} F) (600 \times 10^3 V) = 6/6 \times 10^{-2} C$$

(ب) بار اولیه روی صفحات خازن برابر است با

با توجه به فرض مسئله، این همان باری است که از بدن بیمار عبور کرده است.

$$P_{av} = \frac{U}{t} = \frac{198 J}{2/10 \times 10^{-3} s} = 99/0 kW$$

(پ) توان متوسط انرژی تخلیه‌شده در بدن بیمار برابر است با

$$\begin{cases} C' = \epsilon_0 \frac{A}{2d} \Rightarrow C' = \frac{1}{2} C \\ C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \end{cases}$$

63 وقتی فاصله بین صفحات دو برابر می‌شود ظرفیت خازن نصف می‌شود

$$\begin{cases} U' = \frac{Q^2}{2C'} \Rightarrow \frac{U'}{U} = \frac{C}{C'} \Rightarrow \frac{U'}{U} = \frac{C}{\frac{C}{2}} \Rightarrow U' = 2U \\ U = \frac{Q^2}{2C} \end{cases}$$

بار خازن در دو حالت یکسان است بنابراین

در نتیجه انرژی ذخیره شده در خازن دو برابر شده است و هنگام و کلید جرقه حاصل بزرگ‌تر می‌شود.

$$U = \frac{Q^2}{2C} \Rightarrow U = \frac{(180 \times 10^{-9})^2}{2 \times 2 \times 10^{-9}} \Rightarrow U = \frac{180 \times 180}{2 \times 2} \times 10^{-9} \Rightarrow U = 810 \times 10^{-9} J \Rightarrow U = 810 nJ$$

64 انرژی ذخیره شده در خازن:

(ب) خازن از باتری جدا شده است و بار روی صفحات آن ثابت می‌ماند.

$$\frac{C'}{C} = \frac{\epsilon_r \frac{A}{d}}{\epsilon_r \frac{A}{d}} \Rightarrow \frac{C'}{C} = \frac{1}{2} \Rightarrow C' = 1 \text{ nF}$$

$$\frac{U'}{U} = \frac{\frac{Q}{C'}}{\frac{Q}{C}} \Rightarrow \frac{U'}{U} = \frac{C}{C'} = 2 \Rightarrow \frac{U'}{1.6} = 2 \Rightarrow U' = 1.6 \text{ nJ}$$

انرژی ۸۱۰-۸۱۰-۱۶۲۰ نانوذول افزایش می‌یابد.