

فصل

الكتريسيته ساكن

بار الکتریکی

با یک شانه پلاستیکی موهایتان را (هنگامی که کاملاً خشک هستند) شانه کنید. حالا این شانه را به خرده‌های کاغذ نزدیک کنید؛ می‌بینید که خرده‌های کاغذ به شانه می‌چسبند. این آزمایش و خیلی از پدیده‌های دیگر (مثل رعدوبرق)، جلوه‌ای از خاصیت الکتریکی (کهربایی^۱) موادند. در مثال زیر سه نمونه دیگر از این پدیده‌ها را نام برده‌ایم.

مثال کدام یک از پدیده‌های زیر بیانگر وجود ماهیت الکتریکی در مواد نیست؟

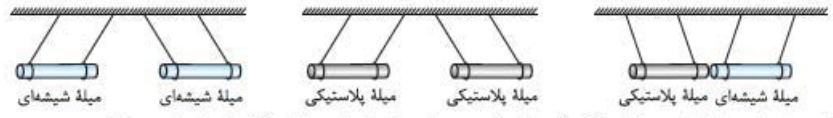
(۱) جهت‌یابی پرندگان مهاجر
(۲) بالا رفتن مارمولک از دیوار
(۳) انتقال پیام‌های عصبی در دستگاه اعصاب
(۴) تشکیل مولکول‌ها از به هم پیوستن اتم‌ها

پاسخ گزینه ۱ جهت‌یابی پرندگان مهاجر، مغناطیسی است. در واقع پرندگان مهاجر میدان مغناطیسی زمین را درک می‌کنند و از این توانایی برای جهت‌یابی استفاده می‌کنند. در سه گزینه دیگر، ماهیت الکتریکی مواد، بازیگر نقش اصلی است.

انواع بار الکتریکی

آزمایش زیر نشان می‌دهد که دو نوع بار الکتریکی داریم:

آزمایش: دو میله شیشه‌ای سبک را با پارچه ابریشمی و دو میله پلاستیکی سبک را با پارچه پشمی مالش می‌دهیم تا باردار شوند. سپس میله‌ها را مطابق شکل‌های زیر، نزدیک هم آویزان می‌کنیم. جهت‌گیری نخ‌ها، ربایش یا رانش دو میله را نشان می‌دهد. (در شکل‌های زیر به هم‌جنس یا غیرهم‌جنس بودن میله‌ها و نیروی رانش یا ربایش آن‌ها دقت کنید.)



توضیح شکل‌ها: این شکل‌ها نشان می‌دهند که میله‌های با بار غیرهم‌نام یکدیگر را جذب و میله‌های با بار هم‌نام یکدیگر را دفع می‌کنند. از این آزمایش دو نتیجه مهم می‌گیریم:

- دو نوع بار الکتریکی وجود دارد. چون اگر فقط یک نوع بار وجود داشت، بار همه میله‌ها یکسان می‌شد و میله‌ها بدون توجه به هم‌جنس بودن یا نبودنشان، باید یا فقط همدیگر را جذب می‌کردند یا فقط همدیگر را دفع می‌کردند.
- بارهای هم‌نام یکدیگر را می‌رانند و بارهای ناهم‌نام یکدیگر را می‌ربایند.

مثال دو میله شیشه‌ای سبک را با پارچه ابریشمی مالش داده، در نزدیکی هم قرار می‌دهیم و نیروهایی را که به هم وارد می‌کنند، بررسی می‌کنیم. از این آزمایش نتیجه می‌گیریم که بار الکتریکی داریم و دو جسم با بارهای هم‌نام یکدیگر را می‌کنند.

(۱) دو نوع - جذب (۲) دو نوع - دفع (۳) حداقل یک نوع - جذب (۴) حداقل یک نوع - دفع

پاسخ گزینه ۴ در این آزمایش مشاهده می‌کنیم این دو میله هم‌جنس که به طور مشابه باردار شده‌اند، یکدیگر را دفع می‌کنند. پس نتیجه می‌گیریم بارهای مشابه (هم‌نام) یکدیگر را دفع می‌کنند (پس گزینه‌های ۱ و ۳ مرخص‌اند)؛ اما برای این که مطمئن شویم دو نوع بار الکتریکی داریم، باید آزمایش دیگری را هم انجام دهیم؛ یعنی باید دو میله غیرهم‌جنس (مثل میله شیشه‌ای که با پارچه ابریشمی و میله پلاستیکی که با پارچه پشمی مالش داده شده) را به هم نزدیک کنیم و از جذب شدن آن‌ها بفهمیم که بارهای آن‌ها هم‌نام نیست. بنابراین با آزمایشی که در صورت سؤال آمده فقط می‌توانیم بگوییم که حداقل یک نوع بار الکتریکی وجود دارد.

چند نکته

۱) بار الکتریکی، یک کمیت فیزیکی است که آن را با حرف q نشان می‌دهیم و یکای آن در SI، کولن (C) است. البته 1C بار خیلی بزرگی است^۲ و معمولاً در مسائل، بار الکتریکی را برحسب میکروکولن (μC) یا نانوکولن (nC) یا پیکوکولن (pC) می‌دهند؛ به طوری که:

$$1\mu\text{C} = 10^{-6}\text{C}, 1\text{nC} = 10^{-9}\text{C}, 1\text{pC} = 10^{-12}\text{C}$$

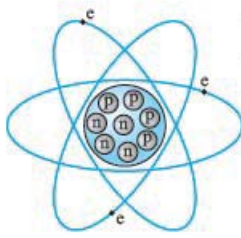
۲) بنیامین فرانکلین دو نوع بار الکتریکی را بار مثبت و بار منفی نام‌گذاری کرد. مثلاً در آزمایش بالا بار میله شیشه‌ای مثبت و بار میله پلاستیکی منفی است. خوبی این نام‌گذاری این است که ما می‌توانیم بارهای الکتریکی مثبت و منفی را با هم جمع جبری کنیم و این یعنی بارهای مثبت و منفی یکدیگر را خنثی می‌کنند.

منشأ بارهای الکتریکی و کوانتومی بودن آن‌ها

برای این که بفهمیم مواد ویژگی الکتریکی‌شان را از کجا آورده‌اند، باید ببینیم درون اتم چه خبر است و ذرات تشکیل‌دهنده آن چیست.

۱-واژه الکتریسیته از کلمه یونانی الکترون (elektron) به معنی کهربا گرفته شده. کهربا پس از مالش، خرده‌های کاه را می‌رباید، برای همین اسمش را کهربا (کامربا) گذاشته‌اند.
۲-باری از آخرخشی (صاعقه) که به زمین منتقل می‌شود از مرتبه 10C است.

ساختار اتم‌ها



می‌دانید که ذرات تشکیل‌دهندهٔ اتم، **الکترون‌ها**، **پروتون‌ها** و **نوترون‌ها** هستند. پروتون‌ها و نوترون‌ها در فضای کوچکی به نام هسته کنار هم قرار گرفته‌اند و الکترون‌ها در بیرون هسته به دور آن می‌چرخند. از میان این سه ذره، الکترون و پروتون دارای بار الکتریکی هستند. الکترون‌ها (e) بار منفی و پروتون‌ها (p) بار مثبت دارند و نوترون‌ها (n) هم خنثی (یعنی بدون بار الکتریکی) هستند.

نکته اندازهٔ بار الکتریکی هر پروتون دقیقاً برابر اندازهٔ بار الکتریکی هر الکترون است. مقدار بار الکتریکی یک پروتون برابر با $1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ و مقدار بار الکتریکی یک الکترون برابر با $-1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ است. مقدار $1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ را بار پایه می‌گوییم^۱ و آن را با نماد e نشان می‌دهیم.

حواستون‌باشه! نماد e فقط اندازهٔ بار الکتریکی پروتون و الکترون را نشان می‌دهد و نوع بار (علامت آن) را تعیین نمی‌کند. در جدول زیر بار الکتریکی و جرم ذرات تشکیل‌دهندهٔ اتم را با هم مقایسه کردیم. (نیازی به حفظ کردن جرم‌ها نیست.)

ذره	جرم (kg)	بار الکتریکی (C)
الکترون	$m_e = 9/11 \times 10^{-31}$	$q_e = -e = -1/6 \times 10^{-19}$
پروتون	$m_p = 1/673 \times 10^{-27}$	$q_p = +e = +1/6 \times 10^{-19}$
نوترون	$m_n = 1/675 \times 10^{-27}$	$q_n = 0$

نکته اگر در یک جسم:

$n_e > n_p \Rightarrow q < 0$

الف، تعداد الکترون‌ها بیشتر از پروتون‌ها باشد، بار جسم منفی است:

$n_p > n_e \Rightarrow q > 0$

ب، تعداد پروتون‌ها بیشتر از الکترون‌ها باشد، بار جسم مثبت است:

$n_e = n_p \Rightarrow q = 0$

پ، تعداد پروتون‌ها و الکترون‌ها یکسان باشند، بار جسم صفر است و اصطلاحاً می‌گوییم جسم خنثی است:

بار الکتریکی کمیته کوانتومی است



شاید ندانید که کمیت کوانتومی چه جور کمیته است. پس اول تعریفی از کمیت‌های کوانتومی داشته باشیم. **تعریف کوانتوم و کمیت‌های کوانتومی:** بعضی از کمیت‌ها، مضرب صحیحی از یک مقدار ثابت‌اند. به این مقدار ثابت، **کوانتوم** و به این نوع کمیت‌ها، **کوانتومی** می‌گویند. به زبان ریاضی کمیت‌های کوانتومی را به این صورت بیان می‌کنیم:

مثلاً در شکل روبه‌رو کپسول‌های آنتی‌بیوتیک درون جعبه، یک کمیت کوانتومی است.

با این تعریف بار الکتریکی، نمونهٔ خوبی برای کمیت‌های کوانتومی است؛ چرا که بار یک جسم همواره مضرب درستی از بار پایه (e) است. هرگاه از یک جسم خنثی n الکترون بگیریم، بار جسم برابر +ne و هرگاه به آن جسم n الکترون بدهیم، بار جسم برابر -ne می‌شود. بنابراین بار الکتریکی جسم (q) از رابطهٔ روبه‌رو به دست می‌آید:

$q = \pm ne$

نکته در رابطهٔ بالا $\pm n$ مضرب صحیح و e مقدار ثابت بار (کوانتوم بار) است.

مثال بار الکتریکی جسمی $-1 \mu\text{C}$ است. کدام گزینه دربارهٔ این جسم درست است؟

(۱) این جسم $6/25 \times 10^{12}$ الکترون دارد.

(۲) تعداد الکترون‌های این جسم $6/25 \times 10^{12}$ تا بیشتر از پروتون‌های آن است.

(۳) این جسم $6/25 \times 10^{18}$ الکترون دارد.

(۴) تعداد الکترون‌های جسم $6/25 \times 10^{18}$ تا بیشتر از پروتون‌های آن است.

پاسخ گزینهٔ «۲» هر میکروکولن بار، معادل 10^{-6} C است؛ پس داریم: $q = -ne \Rightarrow n = \frac{q}{-e} = \frac{-1 \times 10^{-6}}{-1/6 \times 10^{-19}} \Rightarrow n = 6/25 \times 10^{12}$

علامت منفی q نشان می‌دهد که تعداد الکترون‌های جسم (n) بیشتر از پروتون‌ها است.

مثال با مالش دادن یک میلهٔ شیشه‌ای ۸ سانتی‌متری به پارچهٔ ابریشمی، هر سانتی‌متر میلهٔ 5×10^9 الکترون از دست می‌دهد. بار میله چند نانوکولن می‌شود؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

$12/8$ (۴)

$1/28 \times 10^{-2}$ (۳)

$6/4$ (۲)

$6/4 \times 10^{-3}$ (۱)

پاسخ گزینهٔ «۲» طول میله ۸ cm است؛ پس میله در مجموع $n = 8 \times 5 \times 10^9$ الکترون از دست داده است (بار میله مثبت است). بنابراین

$q = +ne = +(8 \times 5 \times 10^9) \times (1/6 \times 10^{-19}) = 6/4 \times 10^{-9} \text{ C} = 6/4 \text{ nC}$

بار کل میله برابر است با:

۱- مقدار دقیق‌تر بار پایه $1/60217653 \times 10^{-19} \text{ C}$ است.

پایستگی بار الکتریکی

وقتی یک میله شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش دهیم، حدود یک میلیارد (10^9) الکترون از میله شیشه‌ای به پارچه ابریشمی منتقل می‌شود. در اثر این انتقال، بار الکتریکی پارچه $e \cdot 10^{-9}$ و بار الکتریکی میله شیشه‌ای $e \cdot 10^{-9} +$ خواهد شد. همین‌طور که می‌بینید جمع جبری بارهای میله شیشه‌ای و پارچه ابریشمی هم‌چنان صفر است. این پدیده ما را به این باور می‌رساند که:

«بار خالص در یک دستگاه بسته یا منزوی^۱ (مثل سیستم پارچه ابریشمی - میله شیشه‌ای) همواره ثابت است.»

این اصل پرکاربرد را در فیزیک، به عنوان «قانون پایستگی بار الکتریکی» می‌شناسیم. این قانون را این‌گونه می‌توان تفسیر کرد که: «بار الکتریکی نه آفریده می‌شود و نه نابود می‌شود؛ بلکه از جسمی به جسم دیگر منتقل می‌شود.» آنچه باعث می‌شود که در یک جسم، بار مثبت و در جسم دیگر بار منفی ظاهر شود، انتقال الکترون از یک جسم به جسم دیگر است (مانند انتقال الکترون از میله شیشه‌ای به پارچه ابریشمی).

مثال یک دستگاه بسته الکتریکی به ترتیب شامل سه جسم A، B و C با بارهای الکتریکی $q_A = -12 \mu C$ ، $q_B = +5 \mu C$ و $q_C = +4 \mu C$ است. برای آن که در اثر جابه‌جایی بار بین این سه جسم بار هر سه جسم یکسان شود، بار هر جسم چه قدر باید تغییر کند؟

$$\Delta q_A = -12 \mu C, \Delta q_B = 5 \mu C, \Delta q_C = 4 \mu C \quad (1) \quad \Delta q_A = 12 \mu C, \Delta q_B = -5 \mu C, \Delta q_C = -4 \mu C$$

$$\Delta q_A = 11 \mu C, \Delta q_B = -6 \mu C, \Delta q_C = -5 \mu C \quad (2) \quad \Delta q_A = -11 \mu C, \Delta q_B = +6 \mu C, \Delta q_C = 5 \mu C$$

پاسخ گزینه «۴» **گام اول** براساس قانون پایستگی بارهای الکتریکی، مجموع بار سه جسم ثابت می‌ماند؛ پس بار هر جسم بعد از جابه‌جایی برابر با یک سوم مجموع بارها است. یعنی:

$$q'_A = q'_B = q'_C = \frac{q_A + q_B + q_C}{3} = \frac{-12 + 5 + 4}{3} = -\frac{3}{3} = -1 \mu C$$

گام دوم بار هر کدام از جسم‌ها باید به $-1 \mu C$ برسد. پس تغییرات هر کدام برابر است با:

$$\Delta q_A = q'_A - q_A = -1 - (-12) = 11 \mu C$$

$$\Delta q_B = q'_B - q_B = -1 - (+5) = -6 \mu C$$

$$\Delta q_C = q'_C - q_C = -1 - (+4) = -5 \mu C$$

$$(\Delta q_A + \Delta q_B + \Delta q_C = 0 \text{ (همین‌طور که می‌بینید جمع تغییرات بارها برابر صفره، یعنی بار کل ثابت نموده.)})$$

رسانش الکتریکی

در علوم هشتم خوانده‌اید که اجسام از نظر توانایی عبور دادن بارهای الکتریکی به سه دسته تقسیم می‌شوند:

الف) اجسام رسانا: بعضی از اجسام مانند طلا، پلاتین، نقره، مس و سایر فلزات به راحتی بارهای الکتریکی را از خود عبور می‌دهند. به این اجسام رسانای الکتریکی می‌گوییم. دلیل رسانا بودن این اجسام این است که در ساختار مولکولی‌شان الکترون آزاد دارند.

ب) اجسام نارسانا: این اجسام چون الکترون آزاد ندارند، نمی‌توانند بارهای الکتریکی را از خود عبور دهند. اجسامی مثل چوب، لاستیک، تفلون، هوا و خیلی از نافلزات نارسانا هستند و از آن‌ها به عنوان عایق الکتریکی استفاده می‌شود.

پ) اجسام نیم‌رسانا: تعداد الکترون آزاد، در ساختمان سه ماده ژرمانیم، گرافیت و سیلیسیم، به فراوانی اجسام رسانا و نایابی اجسام نارسانا نیست. این اجسام نه رسانای خوبی هستند و نه نارسانای مطمئنی! برای همین به آن‌ها نیم‌رسانا می‌گویند.

۱ وفتش رسیده که اولین تست‌های فیزیک یازدهم رو ببینید، یعنی تستای ۱۹ تا ۲۱

روش‌های باردار کردن اجسام (مالش)

در کتاب درسی یازدهم فرض بر این گرفته شده که شما روش‌های باردار کردن اجسام رو از علوم هشتم فراموش نکرده‌اید. ولی از اون‌جایی که ما فوادمون آزماهای فراموشکاری هستیم، تصمیم گرفتیم این مبحث رو یادآوری کنیم و مفاهیم جدید کتاب یازدهم رو هم بازگو کنیم.

اجسام را به سه روش زیر می‌توانیم باردار کنیم:

۱ مالش

۲ القای الکتریکی

۳ تماس

حالا این روش‌ها را یکی یکی بررسی می‌کنیم.

۱- مالش

هر وقت سطح دو جسم را به هم مالش بدهیم، تعدادی الکترون از سطح یک جسم جدا (کنده) می‌شوند و به سطح جسم دیگر می‌چسبند. با این روش می‌توانیم هم اجسام رسانا و هم اجسام نارسانا را باردار کنیم؛ ولی حواسمان باید به چند نکته باشد:

۱- منظور از دستگاه منزوی در این‌جا دستگاهی است که نه از محیط اطراف خود بار بگیرد و نه به آن بار بدهد.

چند نکته

۱) روش مالش بهترین و راحت‌ترین روش برای باردار کردن اجسام نارسانا است؛ ولی برای باردار کردن اجسام رسانا روش‌های بهتری هم وجود دارد.

۲) در اجسام نارسانا، بارهای الکتریکی فقط در محل تماس (مالش) مستقر می‌شوند (چون این اجسام نارسانا هستند و بارها نمی‌توانند در آن‌ها جابه‌جا شوند).

سری الکتروسیستة مالشی (سری تریبولکتریک): یکی از دغدغه‌های ما این است که بدانیم وقتی یک جسم را به جسم دیگر مالش می‌دهیم، بار کدام یک مثبت و بار کدام یک منفی می‌شود. در واقع می‌خواهیم بدانیم کدام جسم الکترون از دست می‌دهد و کدام جسم الکترون می‌گیرد. برای همین اجسام را از نظر خاصیت الکترون‌خواهی در جدولی به نام «سری الکتروسیستة مالشی (سری تریبولکتریک)» مرتب می‌کنیم (جدول روبه‌رو). در این جدول هر چه از «انتهای مثبت» سری به «انتهای منفی» آن نزدیک می‌شویم، میزان الکترون‌خواهی زیاد می‌شود. در واقع اگر اجسام بالاتر را به اجسام پایین‌تر جدول مالش دهیم، جسم بالاتر الکترون از دست می‌دهد و مثبت می‌شود و جسم پایین‌تر الکترون می‌گیرد و منفی می‌شود. (به فبر فوب لازم نیست جدول تریبولکتریک رو فقط کنید).

چند مثال از مالش دو جسم را در جدول زیر آورده‌ایم:



دو جسمی که به هم مالش می‌دهیم	جسمی که بار آن مثبت می‌شود (یعنی الکترون از دست می‌دهد)	جسمی که بار آن منفی می‌شود (یعنی الکترون می‌گیرد)
میله شیشه‌ای و پارچه ابریشمی	میله شیشه‌ای	پارچه ابریشمی
میله پلاستیکی و پارچه پشمی	پارچه پشمی	میله پلاستیکی
روکش نایلونی و ظرف پلاستیکی	روکش نایلونی	ظرف پلاستیکی
موی انسان و شانه چوبی	موی انسان	شانه چوبی

مثال جسم A را به جسم B و جسم C را به جسم D مالش می‌دهیم. با توجه به جدول سری الکتروسیستة مالشی (سری تریبولکتریک) روبه‌رو کدام دو جسم یکدیگر را دفع می‌کنند؟

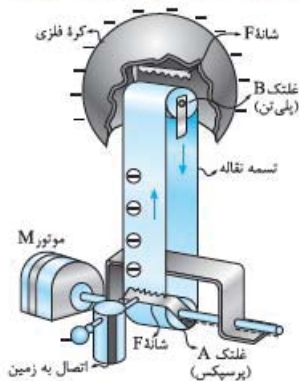
انتهای مثبت سری	انتهای منفی سری
A	D
B	C
C	B
D	A

بر اساس سری الکتروسیستة مالشی داده‌شده در صورت سؤال، بار هر کدام از جسم‌ها پس از مالش به صورت جدول زیر خواهد بود:

دو جسمی که به هم مالش می‌دهیم	جسمی که بار آن مثبت می‌شود (یعنی الکترون از دست می‌دهد)	جسمی که بار آن منفی می‌شود (یعنی الکترون می‌گیرد)
B و A	A	B
D و C	C	D

پس گزینه «۴» بر اساس گزینه «۴»

می‌دانید که اجسام با بار هم‌نام یکدیگر را دفع می‌کنند؛ یعنی A و C یا B و D پس گزینه (۴) درست است.



مولد وان دوگراف: شکل روبه‌رو نمونه‌ای از مولد وان دوگراف است. مولد وان دوگراف دستگاهی است که با باردار کردن کلاهک فلزی‌اش می‌توانیم آزمایش‌های الکتروستاتیکی جذابی را انجام دهیم. آن‌چه شما باید از این دستگاه بدانید در همین حد است که با چرخاندن تسمه لاستیکی آن با روش مالش کلاهک فلزی آن باردار می‌شود. این را هم اضافه‌تر بدانید که بعضی از مولدهای وان دوگراف برای ایجاد بار منفی و بعضی دیگر برای ایجاد بار مثبت ساخته شده‌اند.

برای این‌که متوجه بشید این درس‌نامه رو فوب یاد گرفتید یا نه تستای ۱۰ تا ۱۵ رو بررسی کنید.

روش‌های باردار کردن اجسام (القای الکتریکی و تماس)

۲- القای الکتریکی

این‌که بارهای هم‌نام یکدیگر را دفع و بارهای ناهم‌نام یکدیگر را جذب می‌کنند، اساس پدیده‌ی القای الکتریکی است. به شکل روبه‌رو نگاه کنید! وقتی یک میله‌ی شیشه‌ای با بار مثبت را به یک کره‌ی فلزی خنثی نزدیک می‌کنیم، الکترون‌های درون کره‌ی فلزی به طرف میله‌ی شیشه‌ای جذب می‌شوند. برای همین، بار یک سمت کره‌ی فلزی منفی و بار در طرف دیگر آن مثبت می‌شود. به این اتفاق **القای الکتریکی** می‌گوییم. در واقع القای الکتریکی جابه‌جاشدن بار الکتریکی درون یک جسم در اثر نیروی جاذبه یا دافعه‌ی الکتریکی است.

نکته در القای الکتریکی همیشه جسم القاکننده و جسم القا شونده همدیگر را جذب می‌کنند. در شکل روبه‌رو می‌بینید که درون کره‌ی فلزی بارهای مثبت به میله‌ی پلاستیکی (که بارش منفی است) نزدیک‌ترند؛ به همین دلیل نیروی جاذبه‌ی الکتریکی (F_1) از نیروی دافعه (F_2) قوی‌تر است؛ پس دو جسم همدیگر را جذب می‌کنند.

حالا می‌خواهیم ببینیم که چه‌طور با روش القا می‌توانیم اجسام رسانا را باردار کنیم: **باردار کردن یک جسم رسانا با روش القا**. در شکل‌های زیر، باردار کردن با این روش را از دو راه نشان داده‌ایم و توضیحش را هم زیر شکل‌ها آورده‌ایم (شکل‌ها را از راست به چپ ببینید):

راه اول:

شکل (الف)

دو کره‌ی رسانای A و B خنثی را به هم تماس می‌دهیم.

شکل (ب)

یک جسم باردار مثل میله‌ی پلاستیکی با بار منفی را از یک طرف به یکی از کره‌ها نزدیک می‌کنیم. همین‌طور که در شکل نشان داده‌ایم، آرایش بارها روی دو کره تغییر می‌کند.

شکل (پ)

در حالی که میله‌ی پلاستیکی هنوز در نزدیکی کره‌ی A قرار دارد، دو کره را از هم جدا می‌کنیم تا بارهای القا شده در دو کره به دام بیفتند.

شکل (ت)

با دور کردن میله، بار کره‌ی A مثبت و بار کره‌ی B منفی می‌ماند.

راه دوم:

شکل (الف)

یک جسم باردار (مثل میله‌ی شیشه‌ای با بار مثبت) را به یک کره‌ی فلزی نزدیک می‌کنیم. می‌بینید که الکترون‌ها به طرف میله‌ی مثبت کشیده می‌شوند و آرایش بارها روی کره تغییر می‌کند.

شکل (ب)

در حالی که میله‌ی شیشه‌ای در جای خود قرار دارد، یکی از نقطه‌های کره را به زمین اتصال می‌دهیم. در اثر این اتصال الکترون‌ها از زمین به سطح کره منتقل می‌شوند و بار منفی کره را افزایش می‌دهند.

شکل (پ)

هنوز جسم القاکننده (میله‌ی شیشه‌ای) را دور نکرده‌ایم که ارتباط با زمین را قطع می‌کنیم. به این ترتیب الکترون‌های افزوده‌شده به کره به دام می‌افتند.

شکل (ت)

حالا میله‌ی شیشه‌ای را هم دور می‌کنیم و به این ترتیب بار کره، منفی (مخالف بار میله) می‌شود.

حواستون باشه! در راه دوم، شکل (ب) فرقی نمی‌کنه که از کوم طرف کره رو به زمین متصل می‌کنیم. مثلاً آگه طرف منفی (سمت پ) رو هم به زمین اتصال بدم، باز هم الکترون از زمین به کره منتقل می‌شه.

چند نکته

- همین‌طور که می‌بینید در هر دو راه که در بالا نشان دادیم، جسم القاکننده (میله) با جسم القا شونده (کره‌ها) تماس نداشتند. برای همین به روش القای الکتریکی، روش باردار کردن **بدون تماس** هم می‌گوییم.
- در راه دوم که جسم رسانا را به زمین اتصال می‌دهیم، همیشه بار جسم القا شونده (کره‌ی رسانا) و جسم القاکننده (میله‌ی باردار) مخالف هم می‌شود.

مثال یک میله شیشه‌ای با بار مثبت روی سطح زمین قرار دارد. مطابق شکل دو میله مسی خنثی را به آرامی روی آن قرار می‌دهیم. اگر میله مسی A را برداریم، بار خالص میله A و بار خالص میله B خواهد شد. (در هنگام آزمایش دست خود را با دستکش عایق پوشانده‌ایم.)

(۱) مثبت - منفی (۲) منفی - مثبت (۳) مثبت - مثبت (۴) منفی - منفی

پاسخ گزینه ۱ بار مثبت میله شیشه‌ای، بارهای منفی میله‌های مسی را به سمت خود می‌کشاند. پس میله B منفی و میله A مثبت می‌شود (شکل روبه‌رو). حالا اگر میله A را برداریم، میله A مثبت و میله B منفی می‌ماند.

حواستون باشه! چون شیشه نارسانا است، جابه‌جایی بار بین میله‌های مسی و شیشه ناچیز است.

مثال مطابق شکل روبه‌رو یک میله پلاستیکی با بار منفی را به یک کره فلزی خنثی نزدیک می‌کنیم. سپس بدون آن که میله را دور کنیم برای مدت کوتاهی کره را به زمین اتصال می‌دهیم. در نهایت تجمع بارهای در سطح کره در طرف میله بیشتر بوده و بار کل کره می‌شود.

(۱) مثبت - خنثی (۲) مثبت - مثبت (۳) منفی - خنثی (۴) منفی - منفی

پاسخ گزینه ۲ **گام اول** مطابق شکل (الف) میله پلاستیکی منفی در اثر القای الکتریکی الکترون‌های سطح کره را دفع می‌کند؛ پس چه قبل از تماس کره با زمین و چه بعد از آن، بارهای مثبت روی سطح کره در طرف نزدیک به میله تجمع می‌کنند.

گام دوم وقتی کره را به زمین اتصال می‌دهیم، الکترون‌ها از میله پلاستیکی بیشتر فاصله می‌گیرند؛ یعنی از سطح کره به زمین منتقل می‌شوند (شکل ب). در نتیجه بار کل کره مثبت می‌شود (شکل پ).

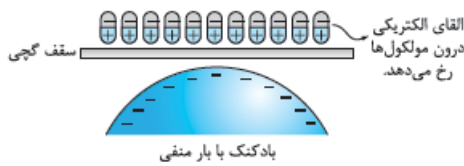
حواستون باشه! فرقی نمی‌کند که کدام نقطه کره را به زمین اتصال بدهیم. در هر صورت الکترون از کره به زمین منتقل می‌شود.

شاید این سؤال‌ها به فکر شما هم رسیده باشد که:

۱ آیا در اجسام نارسانا هم پدیده القای الکتریکی رخ می‌دهد؟

۲ آیا می‌توانیم اجسام نارسانا را هم با روش القا باردار کنیم؟

پاسخ به سؤال اول: در اجسام نارسانا هم القای الکتریکی دیده می‌شود؛ اما یک تفاوت عمده با القا در اجسام رسانا دارد. اجسام نارسانا برخلاف رساناها الکترون آزاد ندارند؛ در نتیجه الکترون‌ها روی سطح و داخل جسم جابه‌جا نمی‌شوند و القا فقط در درون ذره (مولکول یا اتم) رخ می‌دهد. یعنی در اثر القای الکترون‌های درون اتم جابه‌جا می‌شوند و یک طرف ذره را مثبت و طرف دیگر آن را منفی می‌کنند و به این ترتیب درون جسم دوقطبی‌های کوچک الکتریکی تشکیل می‌شود (شکل روبه‌رو).



بادکنک باردار در اثر القا، مولکول‌های سطح دیوار یا سقف را دوقطبی می‌کند و به این ترتیب بادکنک به سقف می‌چسبد.

حالا سؤال دوم را یک بار دیگر تکرار می‌کنیم: «آیا می‌توانیم اجسام نارسانا را هم با روش القا باردار کنیم؟» این دفعه پاسخ ما نه! است. می‌دانیم که نارساناها الکترون آزاد ندارند؛ پس نمی‌توانند با یک تماس معمولی به زمین الکترون بگیرند یا از دست بدهند. (یادرتون که ترفته! اجسام نارسانا با روش مالش باردار می‌شوند.)

چند نکته

۱ در شرایط یکسان، اثر القای الکتریکی در جسم رسانا شدیدتر از جسم نارسانا است؛ چون در جسم رسانا الکترون‌ها می‌توانند آزادانه حرکت کنند.

۲ در القای الکتریکی چه در اجسام رسانا و چه در اجسام نارسانا، جسم القاکننده (باردار) و جسم القاشونده (خنثی) یکدیگر را جذب می‌کنند؛ زیرا همیشه جسم القاکننده بار مخالفش را به سمت خودش می‌کشد.

مثال جسم A یک رسانا و جسم B یک نارسانا با مولکول‌های قطبی و جسم C یک نارسانا با مولکول‌های غیرقطبی است. هر سه جسم را نزدیک یک میلهٔ باردار قرار می‌دهیم. میلهٔ باردار (هر سه جسم خنثی هستند.)

- (۱) هر سه جسم را می‌ریاید.
 (۲) جسم A را می‌ریاید و بر جسم B و C بی‌اثر است.
 (۳) جسم‌های A و B را می‌ریاید و بر جسم C بی‌اثر است.
 (۴) جسم A را می‌راند، جسم B را می‌ریاید و بر جسم C بی‌اثر است.

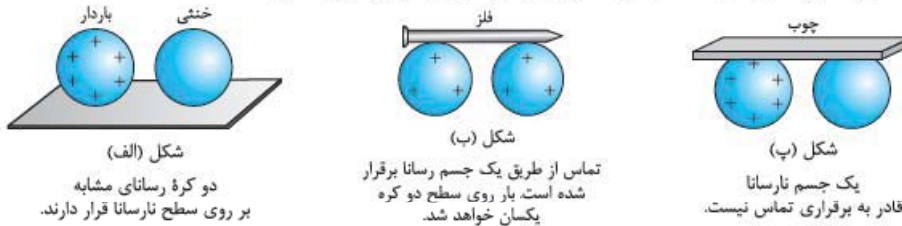
پاسخ گزینهٔ ۱: همین‌طور که گفتیم القای الکتریکی در همهٔ اجسام رخ می‌دهد و همیشه جسم القاگر، جسم خنثی را جذب می‌کند. **حواستون باشه!** در این تست اگر شکل و اندازهٔ جسم‌ها مشابه و فاصلهٔ هر سه از میلهٔ باردار به یک اندازه باشد، میلهٔ باردار جسم رسانا را با نیروی بزرگ‌تری جذب می‌کند؛ زیرا همان‌طور که گفتیم اثر القای الکتریکی در اجسام رسانا شدیدتر است.

گرده‌افشانی زنبور عسل: گرده‌افشانی زنبور عسل در اثر پدیدهٔ القای الکتریکی است. زنبور عسل در هنگام پرواز معمولاً دارای بار مثبت می‌شود. وقتی زنبور به گردهٔ بدون بار روی بساک گل نزدیک می‌شود، در آن بار الکتریکی القا می‌کند و در نتیجه آن را به سمت خودش می‌کشاند. گرده‌ها بر روی موپزه‌های ریز زنبور قرار می‌گیرند و زنبور آن‌ها را با خود حمل می‌کند. وقتی زنبور به کلالهٔ گل دیگری نزدیک شود، در آن بار منفی القا می‌کند. چون سطح زنبور مثبت و سطح کلاله منفی است، برای جذب گرده با هم رقابت می‌کنند. اگر گرده توسط کلاله جذب شود، گرده‌افشانی با موفقیت رخ داده است. (شکل‌ها را از راست به چپ ببینید.)



۳ تماس

تماس دو جسم رسانا به هم، راه را برای انتقال بار بین آن دو جسم باز می‌کند. برای همین اگر مانند شکل‌های زیر یک جسم رسانای باردار را به یک جسم رسانای خنثی تماس دهیم، بلافاصله جسم خنثی باری هم‌نام با جسم باردار پیدا می‌کند.



شکل (الف)
دو کرهٔ رسانای مشابه بر روی سطح نارسانا قرار دارند.

شکل (ب)
تماس از طریق یک جسم رسانا برقرار شده است. بار روی سطح دو کره یکسان خواهد شد.

شکل (پ)
یک جسم نارسانا قادر به برقراری تماس نیست.

چند نکته

۱. براساس قانون پایستگی بارهای الکتریکی، مجموع بار الکتریکی دو جسم قبل و بعد از تماس برابر است:

۲. اگر دو کرهٔ فلزی مشابه را به هم تماس دهیم (مثل شکل (ب))، بار الکتریکی به مقدار مساوی بینشان تقسیم می‌شود:

حواستون باشه! برای انتقال بار از روش تماس باید دو جسم و جسم اتصال‌دهنده، رسانا باشند. مثلاً در شکل (پ) بار الکتریکی منتقل نمی‌شود.

مثال دو کرهٔ فلزی مشابه که روی پایه‌های عایقی سوارند، دارای بارهای الکتریکی $q_1 = -2 \mu\text{C}$ و $q_2 = +10 \mu\text{C}$ هستند. اگر این دو کره را با هم تماس دهیم و سپس از هم جدا کنیم، بار الکتریکی هر یک چند میکروکولن می‌شود؟

پاسخ گزینهٔ ۳: مجموع بار دو کرهٔ مشابه، به نسبت مساوی بین آن‌ها تقسیم می‌شود. اگر بار الکتریکی دو کره را پس از تماس، q'_1 و q'_2 بنامیم، خواهیم داشت:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{-2 + 10}{2} \Rightarrow q'_1 = q'_2 = 4 \mu\text{C}$$

مثال کره‌های رسانای A و B به ترتیب حامل بار $+8 \mu\text{C}$ و $-2 \mu\text{C}$ هستند و کرهٔ رسانای C خنثی است. کره‌های A و C را با هم تماس داده، از هم جدا می‌کنیم؛ سپس کرهٔ C را به کرهٔ B تماس داده، جدا می‌کنیم. بار الکتریکی نهایی کره‌های A و B به ترتیب از راست به چپ چند میکروکولن است؟ (کره‌ها مشابه‌اند.)

پاسخ گزینهٔ ۳: **گام اول** ابتدا دو کرهٔ A و C را تماس می‌دهیم؛ دیگر با کرهٔ A کاری نداریم و بار آن همین مقدار $+4 \mu\text{C}$ باقی می‌ماند.

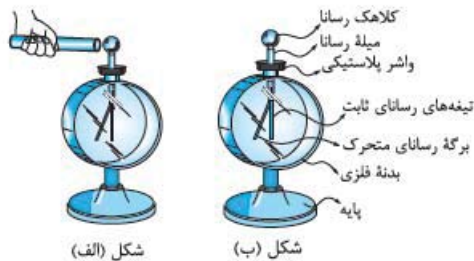
گام دوم حالا کرهٔ C را که بارش $+4 \mu\text{C}$ است به کرهٔ B که بارش $-2 \mu\text{C}$ است تماس می‌دهیم؛ بار نهایی کرهٔ B هم $+1 \mu\text{C}$ می‌شود.

۴ الکتروسکوپ (برق نما)

یکی از دستگاه‌های آزمایشگاهی ساده در الکتروسیسته ساکن، الکتروسکوپ (یا همان برق نما) است. این وسیله برای بررسی ماهیت الکتریکی مواد به کار می‌رود.

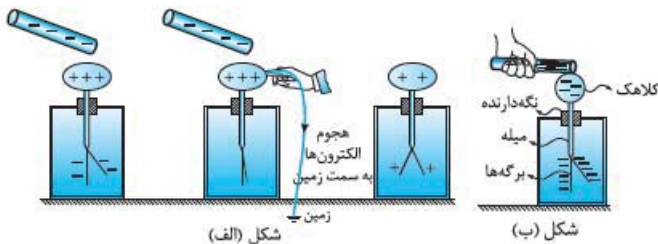
ساختمان الکتروسکوپ

در شکل (الف) تصویر یک الکتروسکوپ و در شکل (ب) اجزای تشکیل‌دهندهٔ این الکتروسکوپ را می‌بینید.



شکل (الف)

شکل (ب)



شکل (الف)

شکل (ب)

چگونه می‌توانیم یک الکتروسکوپ را باردار کنیم؟

پرسش

کنیم؟

پاسخ

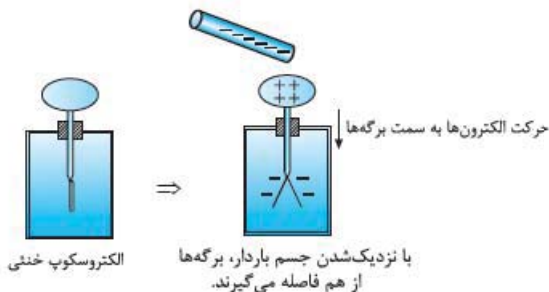
الکتروسکوپ را مثل یک جسم رسانا با روش القا یا روش تماس باردار کنیم. شکل‌های (الف) (از چپ به راست) باردار شدن یک الکتروسکوپ از روش القا و شکل (ب) باردار شدن یک الکتروسکوپ از روش تماس را نشان می‌دهد.

کاربردهای الکتروسکوپ

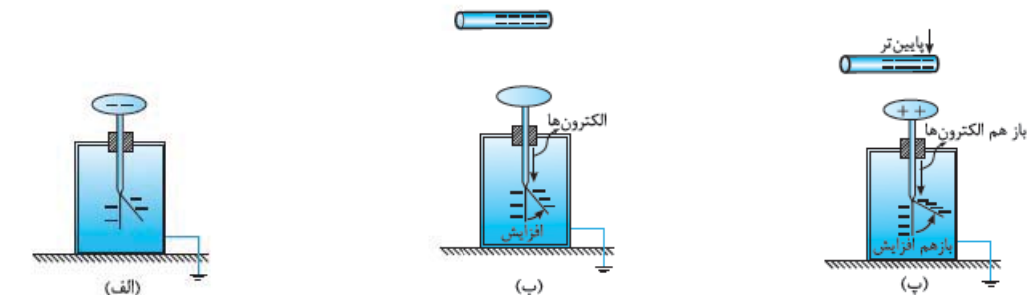
با چند آزمایش ساده کاربردهای الکتروسکوپ را بیان می‌کنیم.

۱- تشخیص وجود بار الکتریکی در یک جسم: برای این کار جسم موردنظر را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم؛ اگر با نزدیک کردن جسم، برگه‌ها از هم فاصله گرفتند، یعنی جسم باردار است (شکل روبه‌رو). علت این امر مهاجرت بارهای هم‌نام با جسم از کلاهک به برگه‌ها است. از آنجایی که بار برگه‌ها هم‌نام می‌شوند، این دو یکدیگر را می‌رانند.

۲- تشخیص نوع بار جسم: جسمی با بار نامعلوم را از فاصله نسبتاً دور، به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ که بار آن معلوم است نزدیک می‌کنیم. اگر مثل



شکل‌های (۱) از همان ابتدا برگه شروع به دورتر شدن از تیغه کرد، یعنی بار جسم هم‌نام بار الکتروسکوپ است؛ اما اگر مثل شکل‌های (۲) در ابتدا برگه به تیغه نزدیک شد و سپس دور شد، یعنی که بار جسم و الکتروسکوپ مخالف یکدیگر است.

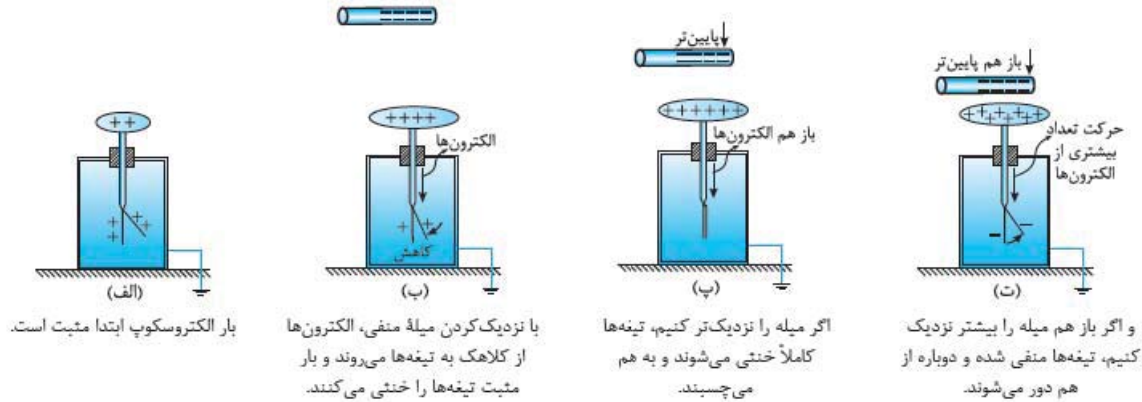


الف) بار الکتروسکوپ ابتدا منفی است.

ب) با نزدیک کردن میله با بار منفی، الکترون‌ها از کلاهک به تیغه‌ها مهاجرت می‌کنند.

پ) اگر میله را به کلاهک نزدیک کنیم، باز هم الکترون بیشتری از کلاهک به تیغه‌ها منتقل می‌شود (یعنی کلاهک مثبت می‌شود).

شکل‌های (۱)



شکل‌های (۲)

نکته در شکل‌های (۲) اگر جسم باردار را با سرعت به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنیم، ممکن است بسته شدن ابتدایی برگه‌ها را نبینیم و تنها با مشاهده باز شدن نهایی ورقه‌ها، بار جسم را به اشتباه مانند شکل‌های (۱) هم‌نام با بار الکتروسکوپ تشخیص دهیم.

مثال یک میله پلاستیکی با بار منفی را به طور ناگهانی به کلاهک یک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. زاویه بین برگه متحرک و تیغه الکتروسکوپ افزایش می‌یابد. بار الکتروسکوپ کدام است؟

- (۱) منفی (۲) خنثی (۳) مثبت (۴) نمی‌توان تعیین کرد

پاسخ گزینه «۴» این مثال رو آوردیم تا آله نکته بالا رو نفونین فتماً بظنون!

۳- تشخیص رسانا یا نارسانا بودن یک جسم: برای این که بفهمیم یک جسم رسانا هست یا نه، کافی است که یک سر جسم موردنظر را در دستمان (بدون دستکش) بگیریم و سر دیگر آن را به کلاهک الکتروسکوپ باردار تماس بدهیم. اگر جسم موردنظر رسانا باشد، تیغه‌های الکتروسکوپ به هم می‌چسبند؛ چون بار الکتریکی از طریق جسم و بدن ما به زمین منتقل می‌شود و الکتروسکوپ خنثی می‌شود.

بفش اول این فصل تموم شد. تستای مربوط به این درس نامه شماره‌های ۲۹ تا ۳۷ هستن.

پرسش‌های بخش ۱: مفاهیم اولیه الکتریسیته ساکن

بار الکتریکی

وفتسه که اولین تست‌های فیزیک یازدهم رو بررس کنید. آله درس نامه این بفش رو نفونید. دست به قلم نشید! اول درس نامه رو بظونید و بعد بیاید سراغ تست‌ها

۱- بار الکتریکی پروتون، نوترون و الکترون به ترتیب از راست به چپ چند کولن است؟

- (۱) $1/6 \times 10^{-19}$ ، $-1/6 \times 10^{-19}$ و صفر
 (۲) $-1/6 \times 10^{-19}$ ، $-1/6 \times 10^{-19}$ و $1/6 \times 10^{-19}$ و صفر
 (۳) $1/6 \times 10^{-19}$ ، صفر و $-1/6 \times 10^{-19}$
 (۴) $-1/6 \times 10^{-19}$ ، صفر و $1/6 \times 10^{-19}$

۲- هنگامی که یک صفحه فلزی دارای بار مثبت می‌شود، کدام یک از اتفاقات زیر رخ می‌دهد؟

- (۱) پروتون‌ها از یک جسم دیگر به صفحه فلزی منتقل می‌شوند.
 (۲) الکترون‌ها از صفحه فلزی به یک جسم دیگر منتقل می‌شوند.
 (۳) الکترون‌ها از صفحه فلزی به یک جسم دیگر منتقل می‌شوند و پروتون‌ها از یک جسم دیگر به صفحه فلزی منتقل می‌شوند.
 (۴) بستگی به این دارد که جسمی که بار را به صفحه فلزی انتقال می‌دهد، رسانا است یا عایق!

۳- بار الکتریکی در ماده همواره:

(۴۰ق)

- (۱) مضرب درستی از بار الکتریکی پایه است.
 (۲) کمیت پیوسته‌ای است که بی‌نهایت بار قابل تقسیم شدن است.
 (۳) مضربی از یک کولن است.
 (۴) کمیت پیوسته‌ای است که نمی‌تواند کم‌تر از بار الکتریکی پایه باشد.

(سراسری ریاضی ۹۵)

۴- چند الکترون باید از یک سکه خنثی خارج شود تا بار الکتریکی آن $+1 \mu\text{C}$ شود؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

- (۱) $1/6 \times 10^6$ (۲) $1/6 \times 10^{12}$ (۳) $6/25 \times 10^6$ (۴) $6/25 \times 10^{12}$
 ۵- به هر سانتی‌متر از یک میله عایق ۸ سانتی‌متری، 10^{10} الکترون می‌دهیم. بار این میله چند کولن می‌شود؟ (بار هر الکترون $1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ است.)

(۳۰ق)

- (۱) 2×10^{-8} (۲) -2×10^{-8} (۳) $12/8 \times 10^{-9}$ (۴) $-12/8 \times 10^{-9}$

۶- جسمی را به وسیله مالش باردار کرده‌ایم. کدام گزینه، نمی‌تواند گزارش درستی از مقدار بار این جسم باشد؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

- (۱) $3/2 \times 10^{-19} C$ (۲) $6/4 \times 10^{-20} C$ (۳) $8 \times 10^{-19} C$ (۴) $16 \times 10^{-20} C$

۷- بار الکتریکی یک کره فلزی $8 \mu C$ - است. اگر این کره فلزی الکترون بار آن خنثی می‌شود.

- (۱) 2×10^{13} بگیرد (۲) 2×10^{13} از دست بدهد (۳) 5×10^{13} بگیرد (۴) 5×10^{13} از دست بدهد

۸- عدد اتمی آهن برابر ۲۶ است. بار الکتریکی هسته اتم آهن و اتم آهن به ترتیب از راست به چپ چند کولن است؟

- (۱) صفر - صفر (۲) $41/6 \times 10^{-19}$ - $41/6 \times 10^{-19}$ (۳) $41/6 \times 10^{-19}$ - $41/6 \times 10^{-19}$ (۴) $83/2 \times 10^{-19}$ - $41/6 \times 10^{-19}$

۹- تعداد پروتون‌های یک جسم خنثی برابر a است. این جسم باید چند الکترون از دست بدهد تا بار آن $32 \mu C$ شود؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

- (۱) 2×10^{14} (۲) 2×10^{13} (۳) 2×10^{14} (۴) باید تعداد پروتون‌ها معلوم باشد.

روش‌های باردار کردن اجسام (مالش)

تو تستای این قسمت با عدد و رقم سروکار نداریم. اما دقت زیادی لازم داریم.

۱۰- وقتی دو جسم جامد در اثر مالش به یکدیگر دارای بار الکتریکی می‌شوند، در این عمل:

- (۱) پروتون‌ها و الکترون‌ها در دو جسم با هم مبادله می‌شوند. (۲) پروتون‌های یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شوند.
(۳) الکترون‌های یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شوند. (۴) یون‌های مثبت و منفی در دو جسم با هم مبادله می‌شوند.

۱۱- اگر یک میله شیشه‌ای خنثی را با یک پارچه پشمی مالش دهیم، میله دارای بار می‌شود؛ چرا که در اثر مالش، میله می‌یابد.

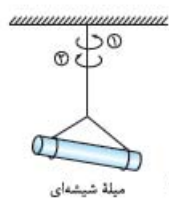
- (۱) منفی - الکترون‌های - افزایش (۲) مثبت - الکترون‌های - کاهش
(۳) منفی - پروتون‌های - کاهش (۴) مثبت - پروتون‌های - افزایش

۱۲- اگر یک خط‌کش چوبی را با پارچه ابریشمی و یک میله شیشه‌ای را با پارچه کتان مالش دهیم، بار کدام اجسام مثبت می‌شود؟

سری الکتروسیته مالشی

انتهای مثبت سری
شیشه
ابریشم
چوب
پارچه کتان
انتهای منفی سری

- (۱) خط‌کش چوبی - میله شیشه‌ای
(۲) پارچه ابریشمی - پارچه کتان
(۳) خط‌کش چوبی - پارچه کتان
(۴) پارچه ابریشمی - میله شیشه‌ای



میله شیشه‌ای میله پلاستیکی

انتهای مثبت سری
شیشه
پشم
ابریشم
پلاستیک
انتهای منفی سری

۱۳- یک میله پلاستیکی را با پارچه ابریشمی و یک میله شیشه‌ای را با پارچه پشمی مالش می‌دهیم. سپس مطابق شکل، میله پلاستیکی را به میله شیشه‌ای آویزان از سقف نزدیک می‌کنیم. در این آزمایش، میله پلاستیکی دارای بار است و میله شیشه‌ای در جهت می‌چرخد.

- (۱) مثبت - (۱) منفی - (۲) مثبت - (۲) منفی - (۳) مثبت - (۴) منفی -

۱۴- چند مورد از عبارتهای زیر نادرست است؟

- (الف) در روش مالش بین دو جسم، همواره بار یک جسم مثبت و بار جسم دیگر منفی می‌شود.
(ب) اگر دستمان را با موهای سرمان مالش دهیم، الکترون‌ها از پوست دست به موی سر منتقل می‌شوند.
(پ) وقتی دو میله پلاستیکی را با پارچه کتان مالش می‌دهیم، دو میله همدیگر را جذب می‌کنند.
(ت) اگر یک بادکنک پلاستیکی را با بدن گربه‌ای مالش دهیم، موهای گربه به دلیل گرفتن بار منفی برافراشته می‌شوند.

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

سری الکتروسیته مالشی

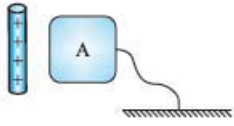
انتهای مثبت سری
موی انسان
موی گربه
پوست انسان
پارچه کتان
پلاستیک
انتهای منفی سری

۱۵- در یک جسم بار الکتریکی در محل ایجادشده باقی می‌ماند.

- (۱) مایع (۲) جامد (۳) نارسانا (۴) رسانا

روش‌های باردار کردن اجسام (القای الکتریکی و تماس)

کلی تست پالنب و قشنگ درباره القای بار الکتریکی طرح کردیم براتون. لذت ببرید ازشون

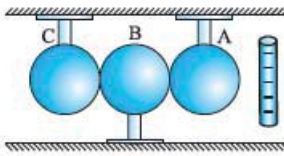


۱۶- مطابق شکل، یک میله پلاستیکی با بار الکتریکی مثبت را به جسم رسانای A نزدیک می‌کنیم. سپس بدون دور کردن میله، جسم A را به وسیله سیمی، برای چند لحظه به زمین وصل می‌کنیم. در این حالت جسم A:

- (۱) بار الکتریکی منفی پیدا می‌کند.
- (۲) بار الکتریکی مثبت پیدا می‌کند.
- (۳) بستگی به بار اولیه جسم A دارد.
- (۴) خنثی می‌ماند.

۱۷- یک میله پلاستیکی را به یک پارچه پشمی مالش می‌دهیم و آن را به یک کره فلزی خنثی که روی پایه عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم. در این وضعیت، اگر دست خود را روی کره بگذاریم و برداریم و سپس میله را از کره دور کنیم، کره از نظر بار الکتریکی چه وضعیتی خواهد داشت؟

- (۱) بار مثبت در سطح خارجی کره پخش می‌شود.
- (۲) بار منفی در سطح خارجی کره پخش می‌شود.
- (۳) بار مثبت یا منفی در یک طرف کره جمع می‌شود.
- (۴) کره خنثی می‌ماند.



۱۸- مطابق شکل سه گلوله فلزی A، B و C در تماس با هم قرار دارند. اگر میله باردار را به گلوله A نزدیک کنیم و سپس گلوله A و گلوله C را از گلوله B دور کنیم، بار گلوله‌های B و C چه خواهد بود؟

- (۱) خنثی - منفی
- (۲) خنثی - مثبت
- (۳) مثبت - منفی
- (۴) منفی - مثبت



۱۹- در شکل روبه‌رو گلوله فلزی باردار از نخ آویزان است. کره فلزی خنثی را که دارای دسته نارسانا است به گلوله نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود که گلوله می‌شود. وقتی تماس حاصل شد، کره را جدا می‌کنیم و دوباره به آرامی آن را به گلوله نزدیک می‌کنیم و ملاحظه می‌شود که گلوله می‌شود.

(سراسری تهرانی ۸۶)

- (۱) جذب - دفع
- (۲) دفع - جذب
- (۳) دفع - دفع
- (۴) جذب - جذب

تست‌های بعضی قبلی فوبن! باید فواستون به همه یزنیات باشه.

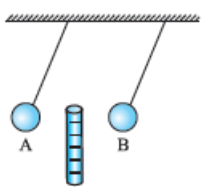
۲۰- سه جسم A، B و C را دوباره به یکدیگر نزدیک می‌کنیم. وقتی A و B به یکدیگر نزدیک می‌شوند، همدیگر را با نیروی الکتریکی جذب می‌کنند و اگر B و C را به یکدیگر نزدیک کنیم، یکدیگر را با نیروی الکتریکی دفع می‌کنند. کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند درست باشد؟

(سراسری تهرانی فارغ ۹۰)

- (۱) A و C بار هم‌نام و هم‌اندازه دارند.
- (۲) B و C بار غیرهم‌نام دارند.
- (۳) B بدون بار و C باردار است.
- (۴) A بدون بار و B باردار است.

۲۱- سه گلوله A، B و C را در اختیار داریم. اگر گلوله A، گلوله B را جذب و گلوله C را دفع کند، کدام نتیجه حاصل می‌شود؟

- (۱) گلوله A و B بار غیرهم‌نام دارند.
- (۲) گلوله B و C ممکن است همدیگر را جذب کنند.
- (۳) گلوله A ممکن است بدون بار (خنثی) باشد.
- (۴) یکی از گلوله‌های B و C الزاماً خنثی است.



۲۲- مطابق شکل، میله پلاستیکی باردار را در فاصله بین دو گلوله آویزان A و B قرار می‌دهیم. مشاهده می‌کنیم که گلوله‌ها به شکل مقابل درمی‌آیند. کدام گزینه درست است؟

- (۱) گلوله‌های A و B الزاماً دارای بار غیرهم‌نام هستند.
- (۲) گلوله B دارای بار مثبت است.
- (۳) گلوله A می‌تواند خنثی باشد.
- (۴) گلوله B می‌تواند خنثی باشد.

۲۳- کدام یک از جسم‌های زیر را می‌توان با روش القا باردار کرد؟

- (۱) رسانا
- (۲) نارسانا با مولکول‌های قطبی
- (۳) نارسانای غیرقطبی
- (۴) هر سه مورد

۲۴- هنگام گرده‌افشانی گل‌ها توسط زنبور عسل، چون سطح زنبور دارای بار الکتریکی است، در اثر گرده بدون بار را به سمت خود می‌کشد. هم‌چنین در هنگام انتقال گرده از زنبور به کلاله، بار الکتریکی سطح زنبور و کلاله است.

- (۱) القای الکتریکی - هم‌نام
- (۲) القای الکتریکی - ناهم‌نام
- (۳) مالش - هم‌نام
- (۴) مالش - ناهم‌نام

۲۵- اگر بادکنک باردار را به باریکه آب نزدیک کنیم، آب در اثر پدیده

- (۱) القای الکتریکی از بادکنک دور می‌شود.
- (۲) القای الکتریکی به طرف بادکنک خمیده می‌شود.
- (۳) رسانش الکتریکی از بادکنک دور می‌شود.
- (۴) رسانش الکتریکی به طرف بادکنک خمیده می‌شود.

۲۶- یک میله باردار را به تکه‌های ریز از یک فویل آلومینیمی و خرده‌های کاغذ نزدیک می‌کنیم. میله باردار به هر تکه آلومینیم نیروی F_1 و به هر تکه کاغذ، نیروی F_2 را وارد می‌کند. کدام گزینه درست است؟ (مساحت تکه آلومینیم و تکه کاغذ با هم برابر و هر دو خنثی هستند.)

- (۱) $F_1 > F_2$ - هر دو نیرو جاذبه‌اند.
- (۲) $F_1 < F_2$ - هر دو نیرو جاذبه‌اند.
- (۳) $F_1 > F_2$ - دافعه و F_2 جاذبه است.
- (۴) $F_1 < F_2$ - دافعه و F_2 جاذبه است.

به کم جمع و تفریق هم بر نیست!

۲۷- دو کره فلزی یکسان دارای بارهای الکتریکی $q_1 = +6 \mu C$ و $q_2 = -2 \mu C$ روی دو پایه عایق نصب شده‌اند. هرگاه این دو کره را با یکدیگر تماس داده و سپس از هم جدا سازیم، بار الکتریکی هر کره چند میکروکولن می‌شود؟

- (۱) ۴ (۲) ۲ (۳) ۸ (۴) ۶

۲۸- دو کره فلزی مشابه A و B روی پایه‌های عایقی قرار دارند. بار الکتریکی کره فلزی A، $12 \mu C$ و بار الکتریکی کره فلزی B، $-4 \mu C$ است. اگر این دو کره را با هم تماس دهیم، الکترون از کره می‌رود. (C) $(e = 1/6 \times 10^{-19})$

- (۱) B به $A - 2/5 \times 10^{13}$ (۲) A به $B - 2/5 \times 10^{13}$ (۳) B به $A - 5 \times 10^{13}$ (۴) A به $B - 5 \times 10^{13}$

الکتروسکوپ (برق‌نما)

با الکتروسکوپ فیلی گرا می‌شود که آله نمی‌دوئید، هتماً هتماً درس نامه رو بپونید.

۲۹- جسمی با بار مثبت را به کلاهک الکتروسکوپ خنثی نزدیک کرده و بدون تماس با آن در کنارش نگه می‌داریم. ملاحظه می‌شود ورقه‌های الکتروسکوپ باز شده است. در این حالت بار کلاهک و بار ورقه به ترتیب عبارت‌اند از:

(ق.۳)

- (۱) مثبت - مثبت (۲) مثبت - منفی (۳) منفی - مثبت (۴) منفی - منفی

۳۰- یک میله باردار منفی را آهسته به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می‌کنیم. هنگامی که این میله در نزدیکی کلاهک الکتروسکوپ قرار می‌گیرد، بار الکتریکی القاشده در کلاهک و ورقه‌ها به ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟

- (۱) منفی - منفی (۲) منفی - مثبت (۳) مثبت - منفی (۴) مثبت - مثبت

۳۱- یک میله را به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار تماس می‌دهیم و مشاهده می‌کنیم که ورقه‌های الکتروسکوپ باز می‌شوند. در مورد بار این میله چه می‌توان گفت؟

- (۱) بار میله مثبت است. (۲) بار میله منفی است. (۳) میله بدون بار است. (۴) میله حتماً باردار است.

۳۲- یک میله آلومینیومی بدون بار را به تدریج به کلاهک یک الکتروسکوپ باردار نزدیک می‌کنیم و مشاهده می‌کنیم که ورقه‌های الکتروسکوپ

- (۱) به آرامی باز می‌شوند. (۲) به آرامی بسته می‌شوند.

- (۳) تغییری نمی‌کنند. (۴) با توجه به نوع بار ممکن است باز یا بسته شوند.

۳۳- میله‌ای با بار الکتریکی مثبت را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. ورقه‌های الکتروسکوپ نخست بسته و سپس از هم باز می‌شوند. بار الکتریکی قبلی الکتروسکوپ از چه نوع بوده است؟

(ق.۳)

- (۱) مثبت (۲) منفی (۳) خنثی یا مثبت (۴) منفی یا خنثی

۳۴- یک میله رسانای بدون بار را به کلاهک یک الکتروسکوپ که بارش مثبت است، تماس می‌دهیم؛ سپس این میله را به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می‌کنیم. در این حالت، بار الکتریکی القاشده در کلاهک و ورقه‌های این الکتروسکوپ به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

- (۱) مثبت - منفی (۲) منفی - مثبت (۳) مثبت - مثبت (۴) منفی - منفی

۳۵- یک تکه چوب با بار الکتریکی منفی را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم. در همین حالت، یک میله فلزی بدون بار را با کلاهک الکتروسکوپ تماس می‌دهیم و جدا می‌کنیم. با دور کردن تکه چوب، ورقه‌ها دارای بار الکتریکی و می‌شوند.

- (۱) مثبت - از هم دور (۲) مثبت - به هم نزدیک (۳) منفی - از هم دور (۴) منفی - به هم نزدیک

۳۶- اگر یک میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش دهیم و آن را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ شکل روبه‌رو که بار مثبت دارد نزدیک کنیم، چه تغییری در انحراف ورقه‌های آن ایجاد می‌شود؟

(ق.۳)

- (۱) بسته می‌شود و به همان حال می‌ماند. (۲) قبل از تماس با کلاهک تغییری حاصل نمی‌شود.

- (۳) انحراف آن زیاده‌تر می‌شود. (۴) ابتدا به هم نزدیک و سپس دور می‌شود.

۳۷- ظرف استوانه‌ای شکل فلزی را روی کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار قرار داده و گلوله کوچک فلزی بارداری را که از نخ ابریشمی آویزان است، داخل ظرف کرده و آن را به نوسان درمی‌آوریم. ورقه الکتروسکوپ:

(ق.۳)

- (۱) اصلاً باز نخواهد شد. (۲) باز شده و به همین حالت باقی می‌ماند.

- (۳) فقط یک بار باز شده و سپس بسته خواهد شد. (۴) مرتب باز و بسته می‌گردد.

فالا وقتشه تستای عمیق‌تر و مفهومی‌تر و سخت‌تری رو ببینید!

سری Z

۳۸- بار الکتریکی دو جسم A و B یکسان است. اگر به کمک مالش $6/25 \times 10^{12}$ الکترون از جسم A به جسم B منتقل شود، بار جسم A دو برابر بار جسم B می‌شود. پس از انتقال این بار، بار جسم B چند میکروکولن می‌شود؟ (C) $(e = 1/6 \times 10^{-19})$

- (۱) -۲ (۲) -۳ (۳) ۳ (۴) ۲



۳۹- اگر سر یک قاشق چوبی را با یک قابلمهٔ تفلونی و انتهای آن را با در شیشه‌ای قابلمه مالش دهیم، چه اتفاقی رخ سری الکتریسیتهٔ مالشی می‌دهد؟

انتهای مثبت سری
شیشه
چوب
تفلون
انتهای منفی سری

(۱) سر قاشق بار مثبت و انتهای آن بار منفی می‌گیرد.

(۲) سر قاشق بار منفی و انتهای آن بار مثبت می‌گیرد.

(۳) بسته به مقدار بار قابلمه و در شیشه‌ای کل قاشق می‌تواند بار مثبت یا منفی بگیرد.

(۴) با توجه به این‌که در سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک)، چوب بین شیشه و تفلون قرار دارد، در نهایت تمام سطح قاشق خنثی می‌ماند.

۴۰- چهار جسم A، B، C و D را در اختیار داریم. اگر جسم A و C را با جسم B مالش دهیم، پس از مالش، جسم A و C یکدیگر را جذب می‌کنند. اما اگر همین دو جسم را با جسم D مالش دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند. با توجه به این اتفاق، سری الکتریسیتهٔ مالشی (تریبوالکتریک) این اجسام کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند باشد؟

انتهای مثبت سری
D
A
B
C
انتهای منفی سری

(۴)

انتهای مثبت سری
C
B
D
A
انتهای منفی سری

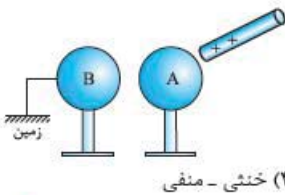
(۳)

انتهای مثبت سری
B
A
D
C
انتهای منفی سری

(۲)

انتهای مثبت سری
A
B
D
C
انتهای منفی سری

(۱)



در شرایط زیر، بار کرهٔ B به ترتیب در (الف) و (ب) چگونه خواهد بود؟

(الف) میلهٔ باردار را دور می‌کنیم، سپس اتصال زمین را قطع می‌کنیم.

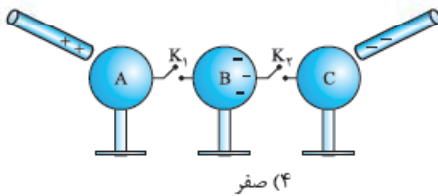
(ب) اتصال زمین را قطع می‌کنیم، سپس میلهٔ باردار را دور می‌کنیم.

(۱) خنثی - مثبت

(۲) مثبت - منفی

(۳) مثبت - خنثی

(۴) خنثی - منفی



(۱) -۱

(۲) ۲

(۳) -۲

(۴) صفر



(۱) منفی - منفی

(۲) منفی - مثبت

(۳) مثبت - منفی

(۴) مثبت - مثبت

پاسخ نامه تشریحی

از جمله اول تست نتیجه می‌گیریم که شار مغناطیسی گذرنده از حلقه A، ۲ برابر شار مغناطیسی گذرنده از حلقه B است.

۱- گزینه «۴»

یعنی $\frac{\Phi_A}{\Phi_B} = 2$. شعاع حلقه A هم ۲ برابر حلقه B است، پس طبق رابطه $A = \pi r^2$ برای مساحت حلقه، می‌توانیم بگوییم مساحت حلقه A، ۴ برابر مساحت حلقه B است. پس:

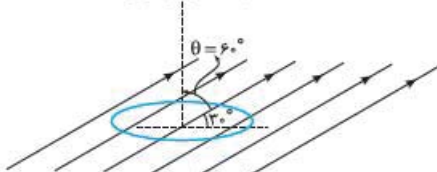
$$\frac{A_A}{A_B} = 4$$

$$\theta = 0 \Rightarrow \cos \theta = 1$$

$$\frac{\Phi_A}{\Phi_B} = \frac{B_A}{B_B} \times \frac{A_A}{A_B} \Rightarrow 2 = \frac{B_A}{B_B} \times 4 \Rightarrow \frac{B_A}{B_B} = \frac{1}{2}$$

حالا از رابطه $\Phi = BA \cos \theta$ به شکل مقایسه‌ای استفاده می‌کنیم:

نیم‌خط عمود بر سطح قاب



$$A = 50 \text{ cm}^2 = 50 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$B = 400 \text{ mT} = 400 \times 10^{-3} \text{ T}$$

$$\theta = 90 - 30 = 60^\circ$$

$$\Phi = BA \cos \theta = (50 \times 10^{-4}) \times (400 \times 10^{-3}) \times \left(\frac{1}{2}\right) = 10^{-3} \text{ Wb}$$

۲- گزینه «۴»
حتماً با خواندن درس‌نامه یاد گرفتید که شار عبوری از قابی به مساحت A در میدان مغناطیسی B از رابطه $\Phi = BA \cos \theta$ به دست می‌آید که θ زاویه بین خطوط میدان مغناطیسی با نیم‌خط عمود بر سطح قاب است. در حل تست‌ها هم به بیشترین چیزی که باید دقت کنید θ است. در این تست خطوط میدان مغناطیسی با سطح قاب زاویه 30° می‌سازند، پس زاویه بین خطوط میدان مغناطیسی با نیم‌خط عمود بر سطح قاب باید 60° باشد. بنابراین:

۳- گزینه «۲»

گام اول به کمک رابطه $\Phi = BA \cos \theta$ زاویه‌ای را که نیم‌خط عمود بر سطح با خط‌های میدان می‌سازد، پیدا می‌کنیم: (تبدیل

یکای مساحت از سانتی‌متر مربع به متر مربع فراموش نشود.) $\lambda \times 10^{-5} = 0/2 \times 5 \times 10^{-4} \times \cos \theta \Rightarrow \cos \theta = \frac{\lambda \times 10^{-5}}{1 \times 10^{-4}} = 0/8 \Rightarrow \theta = 37^\circ$

$$\alpha = 90^\circ - \theta = 90^\circ - 37^\circ = 53^\circ$$

گام دوم عهده فیزی به! چون سؤال، زاویه بین سطح با خط‌های میدان (یعنی α) را خواسته:

۴- گزینه «۲»

با سؤال ساده‌ای طرف هستیم. ترجمه جمله «شار مغناطیسی عبوری از حلقه نصف بیشینه شاری است که می‌تواند در این میدان از حلقه

عبور کند»، به زبان ریاضی می‌شود $\Phi = \frac{1}{2} \Phi_{\max}$ ، پس: $\Phi = \frac{1}{2} \Phi_{\max} \Rightarrow BA \cos \theta = \frac{1}{2} BA \Rightarrow \cos \theta = \frac{1}{2} \Rightarrow \theta = 60^\circ$. زاویه بین نیم‌خط عمود بر سطح حلقه با خطوط میدان ممکن است با خودتان فکر کنید که کار تمام شده و جواب تست گزینه (۳) است، ولی باید بدانید سخت در اشتباهید! θ زاویه بین نیم‌خط عمود بر سطح حلقه با خطوط میدان است، ولی سؤال چیز دیگری می‌خواهد. زاویه‌ای که خطوط میدان مغناطیسی با سطح حلقه می‌سازند برابر است با $90 - 60 = 30^\circ$! یعنی گزینه (۲) درست است.

۵- گزینه «۴»

حتماً می‌دانید که شار مغناطیسی عبوری از یک قاب وقتی بیشینه است که قاب بر خطوط میدان مغناطیسی عمود (یعنی $\theta = 0^\circ$) باشد

$$\Phi = BA \cos \theta \xrightarrow{\theta=0 \Rightarrow \cos \theta=1} \Phi_{\max} = BA$$

و اندازه این شار بیشینه برابر است با BA:

$$4 \times 10^{-3} = 0/2 \times A \Rightarrow A = 20 \times 10^{-2} \text{ m}^2 = 200 \text{ cm}^2$$

حالا:

۶- گزینه «۲»

$$B = \mu_0 \frac{N}{\ell} I = 4\pi \times 10^{-7} \times \frac{100}{20 \times 10^{-2}} \times 0/5 = \pi \times 10^{-4} \text{ T}$$

گام دوم حالا می‌توانیم خیلی ساده شار عبوری از سیم‌لوله را به دست آوریم. دقت کنید بچه‌ها! میدان مغناطیسی ناشی از سیم‌لوله، موازی محور سیم‌لوله

$$A = \pi r^2 = \pi \times 2^2 = 4\pi \text{ cm}^2 = 4\pi \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

است؛ پس خطوط میدان مغناطیسی بر سطح مقطع سیم‌لوله عمود است یعنی $\theta = 0^\circ$!

$$\theta = 0 \Rightarrow \cos \theta = 1$$

$$\Phi = BA \cos \theta = (\pi \times 10^{-4}) \times (4\pi \times 10^{-4}) \times 1 = 4\pi^2 \times 10^{-8} \text{ Wb} = 4 \times 10^{-7} \text{ Wb}$$

۷- گزینه «۳» تنها در دسر ما در حل این تست، تشخیص زاویه θ است. میدان مغناطیسی در جهت محور X است، یعنی با سطح قاب زاویه 37°

$$A = 30 \times 30 = 900 \text{ cm}^2 = 900 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

می‌سازد، بنابراین با نیم‌خط عمود بر سطح قاب زاویه $\theta = 90 - 37 = 53^\circ$ می‌سازد. حالا:

$$\theta = 53^\circ \Rightarrow \cos \theta = 0/6$$

$$B = 500 \text{ G} = 500 \times 10^{-4} \text{ T}$$

$$\Phi = BA \cos \theta = (500 \times 10^{-4}) \times (900 \times 10^{-4}) \times (0/6) = 2/7 \times 10^{-3} \text{ Wb} = 2/7 \text{ mWb}$$