

تقديم به

این کتاب رو به ترتیب تقديم می کنیم

به دو نفر:

اول: G . R . K دوم: C . R . 7

سخن ناشر

بعضی از آدم‌ها خیلی مغزشان کار می‌کند. همه‌اش با عدد و رقم صحبت می‌کنند و چیزهای کلی و کیفی برایشان خیلی معنی ندارد و تندتند یک راه پیدا می‌کنند برای کمی کردن چیزهایی که توی مغزشان است. خب حتمن این‌طوری خیلی بهتره و می‌شود حرفت را هم راحت‌تر به آدم‌های دیگر بگویی و بفهمانی. من ولی از بچگی تا آن‌جایی که فکر می‌کنم! عاشق کمیت‌های غیرکوانتیده بودم. مثلاً این که ایستادن در مسیر باد چه قدر باحال است؛ صدای این آدم که می‌خواند چه قدر حس خوب می‌دهد؛ الانم که با یک خودکار نصفه و نیمه می‌نویسم، چه قدر حس خوبی ندارد 😊 این چه قدرها خیلی کمی نشده‌اند دیگر! به نظرم یک آسیبی (!) که علم امروز به زندگی ما زده این است دیگر! آن قدر که سراغ کمیت‌ها رفته، خیلی سراغ کیفیت‌ها نرفته (چی گفتم؟! البته بنده خدا تقصیری ندارد، از بچگی همین‌طوری بزرگش کرده‌اند.

تقریبین سراغ چیزهایی رفته که برایشان توضیح عددی می‌توانسته بدهد 😊 خیلی برایش مهم نبوده که مثلاً حال الکترون‌هایی که پشت یک صفحه خازن گیر کرده‌اند خوب است یا نه؟ شاید اصلن بنده‌های خدا راضی نباشن اونجا باشن!

یا اصلن این‌همه تکنولوژی و ... که برای آدم‌ها ساخته، الان حال آدم‌ها کلن بهتر شده یا نه! یک کلیپی بود که چندوقت پیش پخش شده بود و یک نفر، از آدمی که بچه بود، ولی فکر کنم خیلی بیشتر از همه می‌فهمید پرسیده بود: برای خوشحال شدن باید چی کار کنیم؟

آن بچه رند و دانا هم گفت: باید خوشحالی بخریم؛ از مغازه خوشحال‌فروشی! 😊 نمی‌دانم سرفصل خوشحالی در کدام علم، کدام کتاب رفرائس و کدام دانشگاه دنیاست؛ ولی هر چی که هست، جایش واقعن خالی است!

ممنون از مؤلفان و همه همکاران عزیزم در تولید این کتاب، خصوصن رضای عزیز که با جد و جهد زیاد برای تألیف یک کتاب فاخر دیگر در سبد فیزیک خیلی سبز کوشید.

● و تشکر می‌کنیم از دانش‌آموزان سخت‌کوشی که در بی‌غلط‌شدن این کتاب به ما کمک کردند: علیرضا محمدزاده اصل، دنیا خان زاده، پوریا باقری.

مرسی که هستین!

این کتاب شامل محتوای تکمیلی است. ✓



توی بعضی از صفحه‌های این کتاب آیکون  رو می‌بینی. هر کدوم از این آیکون‌های شماره‌دار ممکنه کلید یه گنج باشن، فقط کافیه دستورالعمل ساده زیر رو اجرا کنی تا به گنج برسی.

۱ QR CODE پشت جلد کتاب رو اسکن کن.

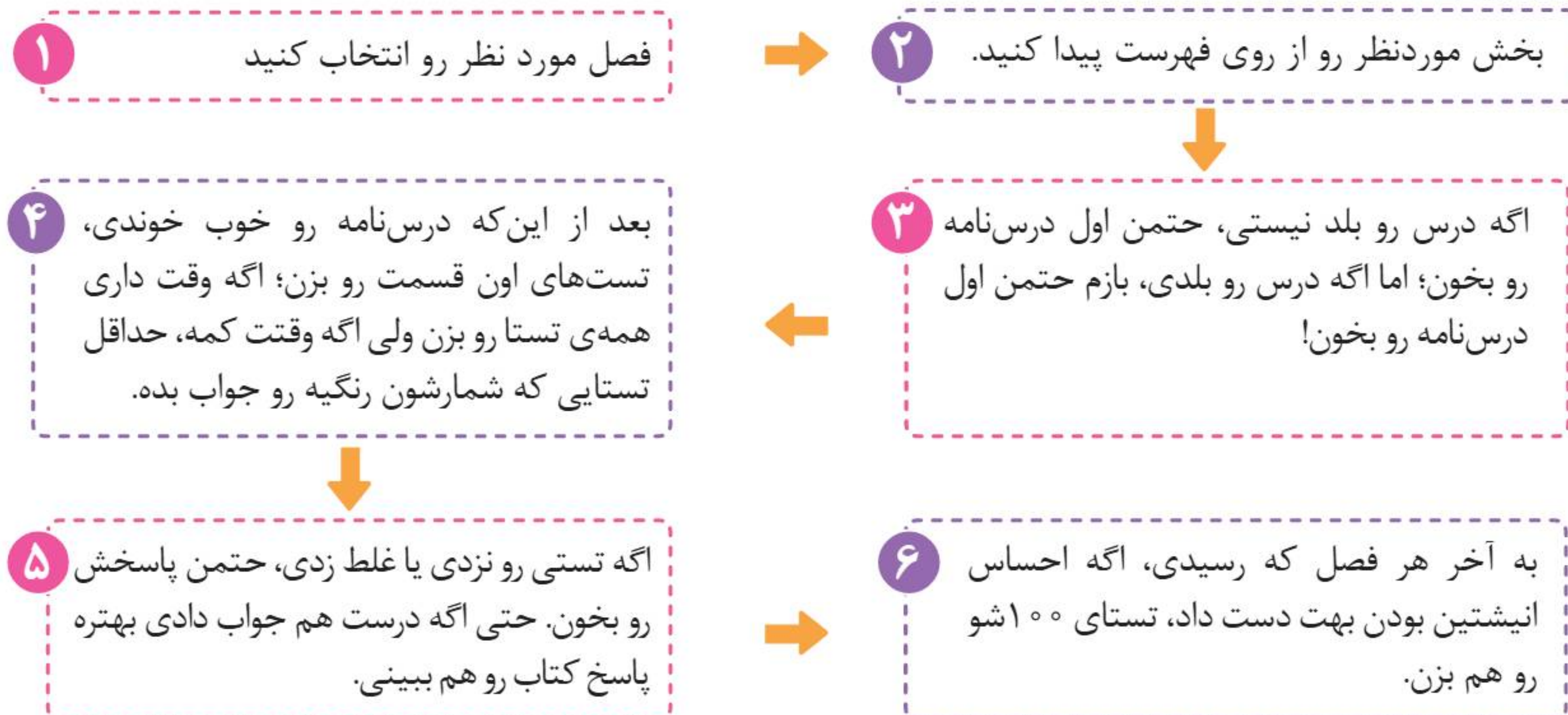
۲ شماره آیکون رو در باکس «جستجوی گد» وارد کن و دکمه جستجو رو بزن و محتوای تکمیلی رو ببین. محتوای تکمیلی این کتاب شامل آزمون‌های بخش، آزمون‌های جامع فصل و پاسخ تشریحی تست‌های صدشو است.

مقدمه مؤلفان

۱ دانشمندان دو دسته‌اند. دانشمندان تأثیرگذار در پیشرفت بشر و دانشمندان تأثیرنگذار در پیشرفت بشر! در ۱۲ مارس ۱۸۲۴ در کونیگزبرگ آلمان (کالنین گراد روسیه فعلی) یکی از همین دانشمندان تأثیرگذار در پیشرفت بشر چشم به جهان گشود و در ۱۷ اکتبر ۱۸۸۷ در برلین چشم از جهان فرو بست. او در حد فاصل اولین چشم‌گشودن و آخرین چشم‌بستنش دوتا قانون مهم درباره مدارهای الکتریکی، سه تا قانون درباره اسپکتروسکوپی و یک قانون در مورد ترموشیمی ارائه کرد و چندتا کشف مهم و کلی تحقیق و مقاله و زحمت و تلاش علمی هم داشت. رسم است در همه جای دنیا به احترام هر دانشمندی اسمش را کنار قانونش می‌آورند. تا همین دو سه سال قبل، در کتاب درسی فیزیک سوم دبیرستان ما هم همین‌طوری بود، اما امسال در کتاب یازدهم قانون‌های او هست ولی اسمش نیست! ما طبق سنت بشری با احترام و افتخار نام او را در مقدمه کتابمان می‌آوریم و کتابمان را به او تقدیم می‌کنیم: گوستاو روبرت کیرشهف (Gustav Robert Kirchhoff) می‌دونیم که خیلی از شما (دختر و پسر) عشق فوتبالیست. نسل ما و شما از این لحاظ خوش‌شانسیم، چون در زمانی زندگی می‌کنیم که بازی شگفت‌انگیزان فوتبال رو به صورت زنده تماشا می‌کنیم و کیف می‌کنیم. درست زمانی که می‌گفتن «دیگه دوره سوپرمن‌های فوتبال گذشته»، دوتا اعجوبه چهره شدن: لیونل مسی و کریستیانو رونالدو، دو فوتبالیستی که مجموعاً ۱۳ بار (از ۲۰۰۸ تا ۲۰۲۳) بهترین فوتبالیست جهان شدن. طرفدار هر کدومشون که باشی نمی‌تونی توانایی‌ها و قابلیت‌های اون یکی رو انکار کنی. روی جلد این کتاب به دلیلی که خودت باید کشف کنی و به ربط بی‌ربطی! به مباحث این کتاب داره، تصویر لیونل مسی رو گذاشتیم. ولی نمی‌شه از اسم کریستیانو هم گذشت، چون او اسطوره انگیزه، مبارزه و تلاش؛ سه ویژگی مهم که هر آدمی برای موفقیت لازم داره. به همین دلیل و برای این که عدالت رو رعایت کرده باشیم، به عنوان دومین نفر کتابمون رو تقدیم می‌کنیم به: کریستیانو رونالدو دوس سانتوس آویرو (Cristiano Ronaldo dos Santos Aveiro) اما چندتا چیز مهم هست که باید راجع به این کتاب بدونید.

اول: دستورالعمل خوندن این کتابه که مثل کتاب دهم تست خیلی سبزه!

یعنی این‌طوری:



دوم: داخل درس‌نامه‌ها مثال‌های خیلی خوبی هست که حتماً بخونیدشون. بعضی وقتا اثر آموزشی این مثال‌ها از خود درس‌نامه‌ها بیشتره. سوم: جلوی بعضی از تست‌نوشتیم «ق.م.»! «ق.م.» یعنی «قبل از میلاد» که منظورمون تستای قدیمی کنکور سراسریه (قبل از میلاد خود شما!) چهارم: شماره بعضی تستارو قرمز کردیم. اگر به وقت نتونستین همه تستارو بزنین، اقل کم اونارو بزنین! اینا از واجباتن. پنجم: آخر هر فصل، آزمون گذاشتیم که در واقع برای مرور سریع فصل خیلی مفید و پرخاسته. ششم: تستای سخت یا کم کاربرد رو هم بردیم آخر فصل و اسمشون رو گذاشتیم صدشو.

ممنونیم از:

دکتر ابودر نصری - دکتر کامیل نصری - مهندس مهدی بقایی - آقای سهیل سمایی و برویچه‌های تولید - خانم ملیکا مهری و خانم میترا حسامی - همکار پرتلاش و کاردارستمون در واحد تالیف خانم مریم گلی حسنلو و ... هر کدوم به دلیلی که خودشون می‌دونن. از عزیزانی که با تماس‌های خود در رفع اشکالات این کتاب در چاپ جدید ما را یاری کردند، تشکر می‌کنیم: خانم‌ها: تینا داوودزاده، غزل پوراسفندیار، آقایان: امین امینی، محمد ترکاشوند، مهدی محمدیاری، عماد رحیمی، علی رضایی، حسن حاجی‌آبادی، فرحان ارشاد و مهدی فردوسی و چمران معینی. دست همه‌تون مریزاد

فهرست مطالب

فصل اول: الکتریسیته ساکن

- بخش ۱: مفاهیم اولیه الکتریسیته ساکن ۸
- بخش ۲: قانون کولن و میدان‌های الکتریکی ۲۱
- بخش ۳: الکتریسیته ساکن با طعم کار و انرژی ۵۸
- بخش ۴: خازن ۸۱

فصل دوم: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

- بخش ۱: جریان الکتریکی و مقاومت الکتریکی ۱۰۰
- بخش ۲: مدارهای تک حلقه ۱۱۵
- بخش ۳: انرژی و توان الکتریکی ۱۲۷
- بخش ۴: مدارهای تک حلقه چند مقاومتی ۱۳۹

فصل سوم: مغناطیس

- بخش ۱: مفاهیم اولیه مغناطیس ۱۸۹
- بخش ۲: اثر میدان مغناطیسی بر بارهای الکتریکی متحرک ۱۹۵
- بخش ۳: جریان الکتریکی میدان مغناطیسی ایجاد می‌کند ۲۱۱
- بخش ۴: ساختمان مواد مغناطیسی ۲۲۶
- بخش ۵: پدیده القای الکترومغناطیسی (قانون لنز - فاراده) ۲۳۰
- بخش ۶: پدیده خود - القاوری ۲۶۳
- بخش ۷: کاربردهایی از القای الکترومغناطیسی (جریان متناوب - مبدل) ۲۷۰

پاسخ‌نامه تشریحی ۲۸۶

پاسخ‌نامه کلیدی ۴۶۳

فصل اول



الکتریسیته ساکن

صفحه

۸

بخش ۱: مفاهیم اولیه الکتریسیته ساکن

۲۱

بخش ۲: قانون کولن و میدان‌های الکتریکی

۵۸

بخش ۳: الکتریسیته ساکن با طعم کار و انرژی

۸۱

بخش ۴: خازن

فهرست فصل

بخش ۱ مفاهیم اولیه الکتریسیته ساکن

درس ۱: بار الکتریکی

با یک شانه پلاستیکی موهیتان 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) موادند. در مثال زیر سه نمونه دیگر از این پدیده‌ها را که در کتاب درسی‌تان آمده نام برده‌ایم.

(برگرفته از کتاب درسی)

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

(۲) بالارفتن مارمولک از دیوار

(۱) جهت‌یابی پرندگان مهاجر

(۴) تشکیل مولکول‌ها از به هم پیوستن اتم‌ها

(۳) انتقال پیام‌های عصبی در دستگاه اعصاب

پاسخ 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

منشأ خاصیت الکتریکی مواد، بارهای الکتریکی هستند. 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: در این شکل‌ها می‌بینیم که میله‌های غیرهم‌جنس (یعنی میله شیشه‌ای و میله پلاستیکی) یکدیگر را جذب و میله‌های هم‌جنس مثلاً دو میله شیشه‌ای یکدیگر را دفع می‌کنند.

از این آزمایش دو نتیجه مهم می‌گیریم:

۱ از این که میله‌ها دو رفتار متفاوت (رانش و ربایش) نشان دادند، می‌فهمیم که دو نوع بار الکتریکی وجود دارد. چون اگر فقط یک نوع بار وجود داشت و بار همه میله‌ها یکسان می‌شد، میله‌ها (بدون توجه به جنسشان)، یک رفتار از خودشان نشان می‌دادند؛ یعنی یا فقط همدیگر را جذب می‌کردند یا فقط همدیگر را دفع می‌کردند.

۲ از این که میله‌های هم‌جنس یکدیگر را دفع و میله‌های غیرهم‌جنس یکدیگر را جذب کردند می‌فهمیم که بارهای همنام یکدیگر را می‌رانند و بارهای ناهمنام یکدیگر را می‌ربایند.

حواستون باشه: اگر آزمایش بالا رو فقط با یک نوع میله انجام می‌دادیم، نتیجه آزمایش ناقص می‌شد. مثال زیر رو ببینید.

تست: 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 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^۱ و معمولاً در مسائل، بار الکتریکی را برحسب میکروکولن (μC) یا نانوکولن (nC) یا پیکوکولن (pC) می‌دهند؛ به طوری که:

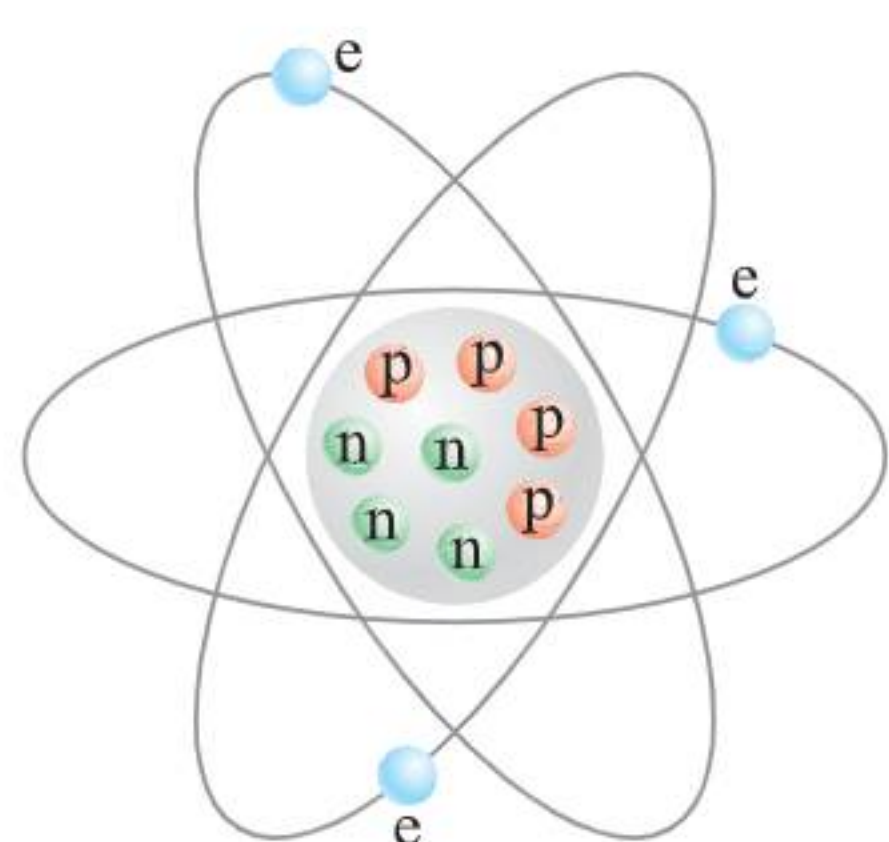
$$1\mu\text{C} = 10^{-6}\text{C}, 1\text{nC} = 10^{-9}\text{C}, 1\text{pC} = 10^{-12}\text{C}$$

۲ بنیامین فرانکلین دو نوع بار الکتریکی را بار مثبت و بار منفی نام‌گذاری کرد. مثلاً در آزمایش صفحه قبل 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 از این طریق نشان دهیم که بارهای مثبت و منفی یکدیگر را خنثی می‌کنند.

منشأ بارهای الکتریکی

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

ساختار اتم‌ها



می‌دانید که ذرات تشکیل‌دهنده اتم، **الکترون‌ها، پروتون‌ها و نوترون‌ها** هستند. مانند شکل روبه‌رو 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: اندازه بار الکتریکی هر پروتون دقیقاً برابر اندازه بار الکتریکی هر الکترون است. بار الکتریکی یک پروتون

برابر با $1/6 \times 10^{-19}\text{C}$ و بار الکتریکی یک الکترون برابر با $-1/6 \times 10^{-19}\text{C}$ است. به مقدار $1/6 \times 10^{-19}\text{C}$ **بار پایه**

می‌گوییم^۲ و آن را با نماد e نشان می‌دهیم. (لطفاً مقدار بار پایه رو حفظ کنید!)

حواستون باشه: نماد e فقط اندازه بار الکتریکی پروتون و الکترون را نشان می‌دهد و نوع بار (علامت آن) را تعیین نمی‌کند. در جدول زیر بار الکتریکی و جرم ذرات تشکیل‌دهنده اتم را با هم مقایسه کردیم. (نیازی به حفظ کردن جرم‌ها نیست، فقط همین قدر بدوید که جرم پروتون و نوترون تقریباً یکسان و جرم الکترون خیلی خیلی کم‌تر از نوترون و پروتون است.)

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

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

(پ) تعداد پروتون‌ها و الکترون‌ها یکسان باشند، بار خالص جسم صفر است و اصطلاحاً می‌گوییم جسم خنثی (یا بدون بار خالص الکتریکی) است:

$$n_e = n_p \Rightarrow q = 0$$

حواستون باشه: فرق نوترون و اجسام خنثی این است که نوترون ذاتاً یک ذره خنثی است ولی اجسام خنثی با وجود داشتن الکترون و پروتون، خنثی هستند.

بار الکتریکی کمیتی کوانتومی است

شاید ندانید که کمیت کوانتومی چه جور کمیتی 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:

$$\text{کوانتوم کمیت} \times \text{مضرب صحیح} = \text{مقدار کمیت کوانتومی}$$

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

با این تعریف، بار الکتریکی نمونه خوبی برای کمیت‌های کوانتومی است؛ چرا که بار یک جسم همواره مضرب درستی از بار پایه (e) است. هرگاه از یک جسم

خنثی n تا الکترون بگیریم، بار جسم برابر $+ne$ و هرگاه به آن جسم n تا الکترون بدهیم، بار جسم برابر $-ne$ می‌شود. بنابراین بار الکتریکی جسم (q) از

رابطه روبه‌رو به دست می‌آید:

$$q = \pm ne$$

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

۱- برای این که بفهمید بار 1C چه قدر بزرگ است همین بس که بدانید، باری که از آذرخش (صاعقه) به زمین منتقل می‌شود از مرتبه 10C است.

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

تست: بار الکتریکی جسمی $1 \mu C$ - است. کدام گزینه درباره این جسم درست است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

- (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 (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.

تست: فرض کنید با مالش دادن یک میله شیشه‌ای ۸ سانتی‌متری به پارچه ابریشمی، هر سانتی‌متر میله 5×10^9 الکترون از دست بدهد. بار میله چند نانوکولن می‌شود؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

- (۱) $6/4 \times 10^{-3}$ (۲) $6/4$ (۳) $1/28 \times 10^{-2}$ (۴) $12/8$

پاسخ (۲) طول میله ۸ cm است؛ پس میله در مجموع $n = 8 \times 5 \times 10^9$ تا الکترون از دست داده است (بار میله مثبت است). بنابراین بار کل میله برابر است با:

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

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 $10^9 e$ - و بار الکتریکی میله شیشه‌ای $10^9 e$ + 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» (مثل مجموعه پارچه ابریشمی - میله شیشه‌ای) همواره ثابت است.»

این قانون 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.»

نکته: 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).

تست: 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؟

(۱) $\Delta q_A = 11 \mu C$ ، $\Delta q_B = +6 \mu C$ ، $\Delta q_C = -5 \mu C$ (۲) $\Delta q_A = -11 \mu C$ ، $\Delta q_B = -6 \mu C$ ، $\Delta q_C = 5 \mu C$

(۳) $\Delta q_A = -11 \mu C$ ، $\Delta q_B = +6 \mu C$ ، $\Delta q_C = 5 \mu C$ (۴) $\Delta q_A = 11 \mu C$ ، $\Delta q_B = -6 \mu C$ ، $\Delta q_C = -5 \mu C$

پاسخ (۴) 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:

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

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

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

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

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

(همین‌طور که می‌بینید جمع تغییرات بارها برابر صفره؛ یعنی بار کل ثابت مونه. $\Delta q_A + \Delta q_B + \Delta q_C = 0$)

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.

◀ وقتش رسیده که اولین تست‌های فیزیک یازدهم رو ببینید، یعنی تست‌های ۱ تا ۱۲!

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



درس ۲: 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 اون بایستی که ما فودمون آزمایش فراموشکاری هستیم، تصمیم گرفتیم این مبحث رو یادآوری کنیم و مفاهیم جدید کتاب یازدهم رو هم بازگو کنیم.

اجسام را به سه روش مقابل 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:

- 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 الکتریسیته مالشی (سری تریبو الکتریک): 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 الکتریسیته مالشی (سری تریبو الکتریک)» 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 بدهیم، جسم بالاتر الکترون از دست می‌دهد و مثبت می‌شود و جسم پایین‌تر الکترون می‌گیرد و منفی می‌شود. (به فبر فوب! لازم نیست جدول تریبو الکتریک رو حفظ کنید) با توجه به سری تریبو الکتریک 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



تست: میله شیشه‌ای A را به موی سر خودمان و میله شیشه‌ای B را به پارچه کتان مالش می‌دهیم و دو میله را به هم نزدیک می‌کنیم. بار میله شیشه‌ای A و دو میله یکدیگر را می‌کنند.

- ۱) مثبت، دفع
۲) مثبت، جذب
۳) منفی، دفع
۴) منفی، جذب

پاسخ ۴) در جدول سری تریبو الکتریک موی انسان نسبت به شیشه به انتهای مثبت نزدیک‌تر است. پس در مالش میله شیشه‌ای A به موی انسان، بار میله A منفی و بار مو مثبت می‌شود. اما کتان نسبت به شیشه به انتهای منفی جدول نزدیک‌تر است، پس در مالش میله شیشه‌ای B به پارچه کتان، بار میله B مثبت و بار پارچه منفی می‌شود. با توجه به این که بار دو میله شیشه‌ای A و B ناهمنام است، این دو یکدیگر را جذب می‌کنند.

تست: جسم A را به جسم B و جسم C را به جسم D مالش می‌دهیم. با توجه به جدول سری الکتریسیته مالشی (سری تریبو الکتریک) روبه‌رو کدام دو جسم یکدیگر را دفع می‌کنند؟

- ۱) A و B
۲) A و D
۳) B و C
۴) B و D

انتهای مثبت سری

موی انسان

شیشه

کتان

انتهای منفی سری

انتهای مثبت سری

A

B

C

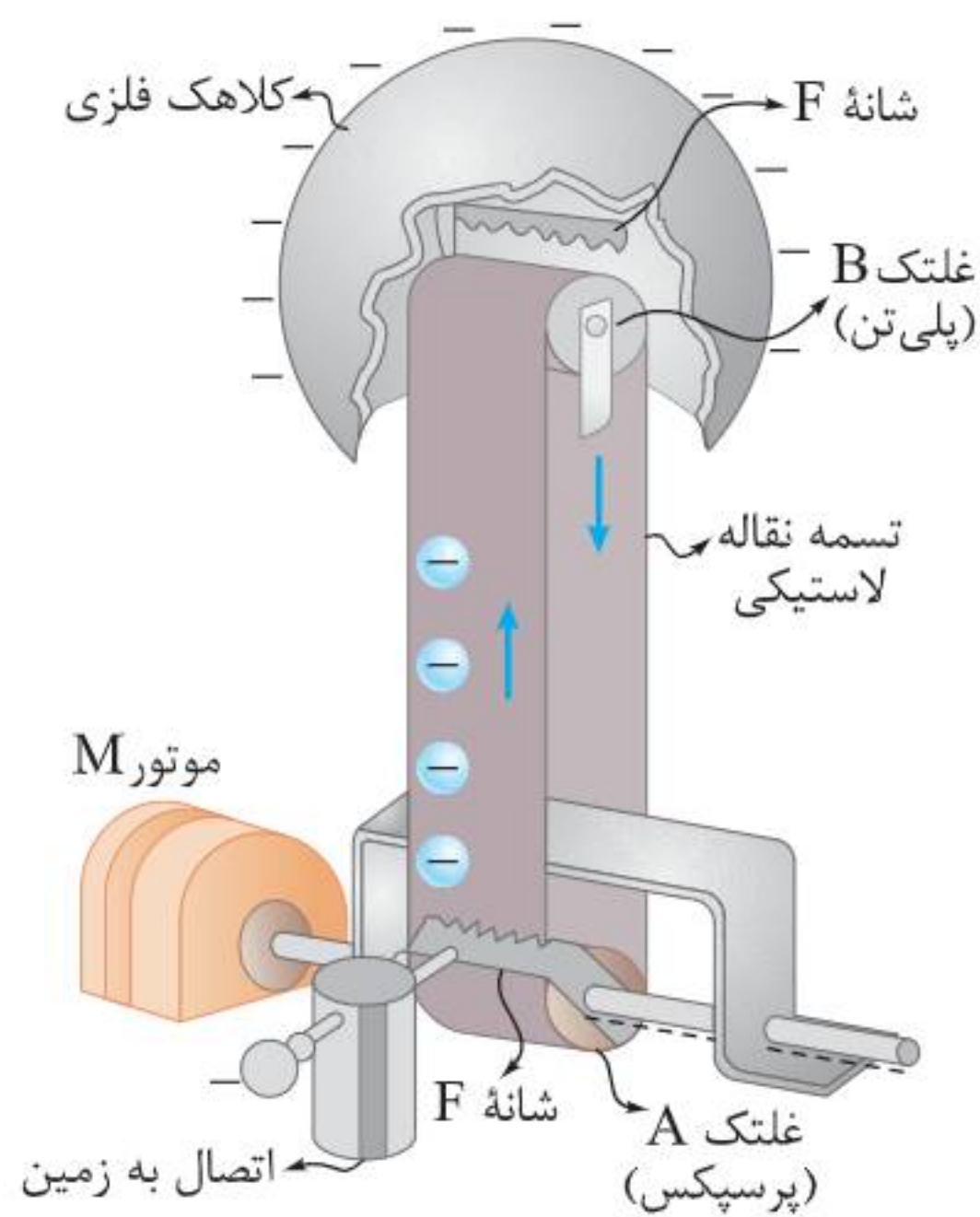
D

انتهای منفی سری

پاسخ (۴) براساس سری الکتریسیته مالشی داده شده در صورت سؤال، بار هر کدام از جسم‌ها پس از مالش به صورت جدول زیر خواهد بود:

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

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

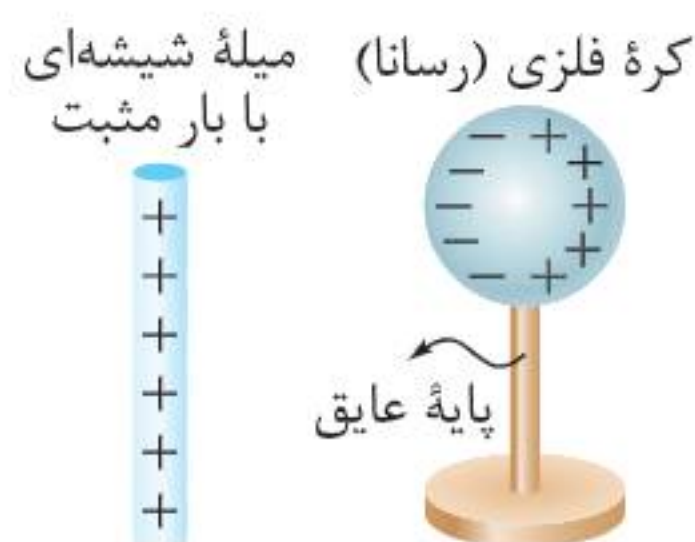


مولد وان دوگراف: شکل روبه‌رو نمونه‌ای از مولد وان دوگراف است. مولد وان دوگراف دستگاهی است که با باردار کردن کلاهک فلزی‌اش می‌توانیم آزمایش‌های الکتروستاتیکی جذابی را انجام دهیم. آن چه شما باید از این دستگاه بدانید در همین حد است که با چرخاندن تسمه نقاله لاستیکی با روش مالش کلاهک فلزی آن باردار می‌شود.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

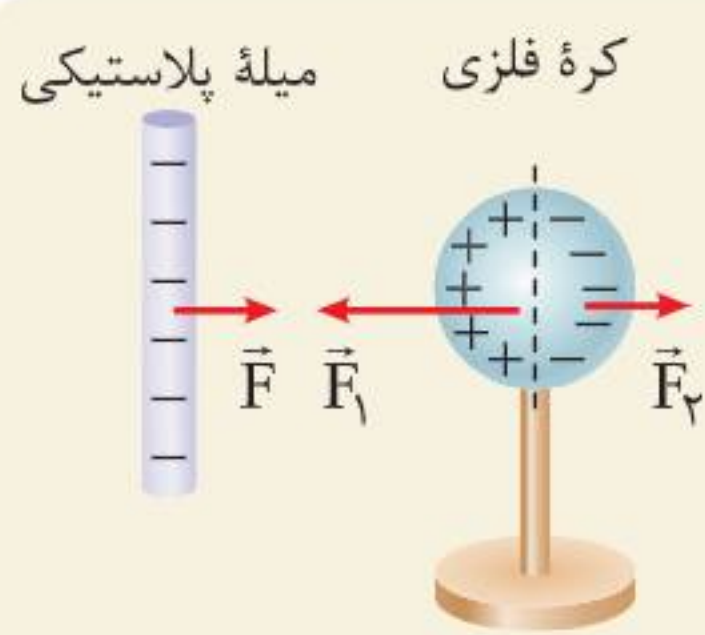
برای این که متوجه بشید این درس نامه رو خوب یاد گرفتید یا نه، تستای ۱۳ تا ۲۰ رو بررسی کنید.

درس ۳: ادامه روش‌های باردار کردن اجسام (القای الکتریکی و تماس)

۲- القای الکتریکی



این که بارهای همنام یکدیگر را دفع و بارهای ناهمنام یکدیگر را جذب می‌کنند، اساس پدیده القای الکتریکی است. به شکل روبه‌رو نگاه کنید! وقتی یک میله شیشه‌ای با بار مثبت را به یک کره فلزی خنثی نزدیک می‌کنیم، الکترون‌های درون کره فلزی به طرف میله شیشه‌ای جذب می‌شوند. برای همین، بار یک سمت کره 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 دافعه الکتریکی است. **حواستون باشه:** در پدیده القا نیازی به تماس دو جسم (القاکننده و القاشونده) نیست.

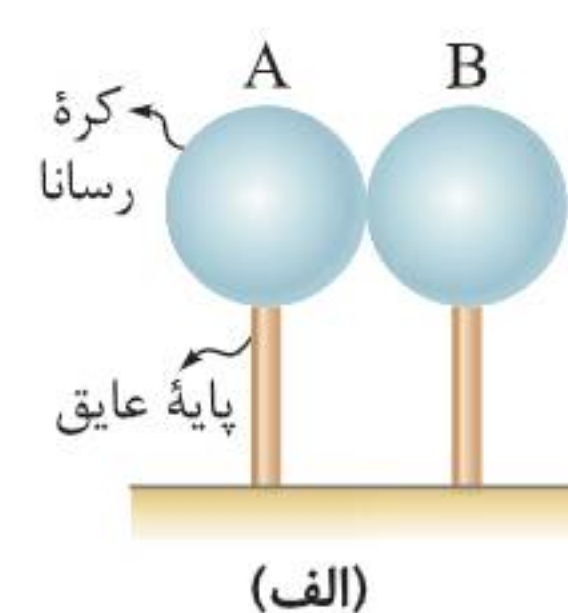


نکته: در القای الکتریکی همیشه جسم القاکننده و جسم القاشونده همدیگر را جذب می‌کنند. در شکل روبه‌رو می‌بینید که درون کره فلزی بارهای مثبت به میله پلاستیکی (که بارش منفی است) نزدیک‌ترند؛ به همین دلیل نیروی جاذبه الکتریکی (F_1) از نیروی دافعه (F_2) قوی‌تر است؛ پس دو جسم همدیگر را جذب می‌کنند.

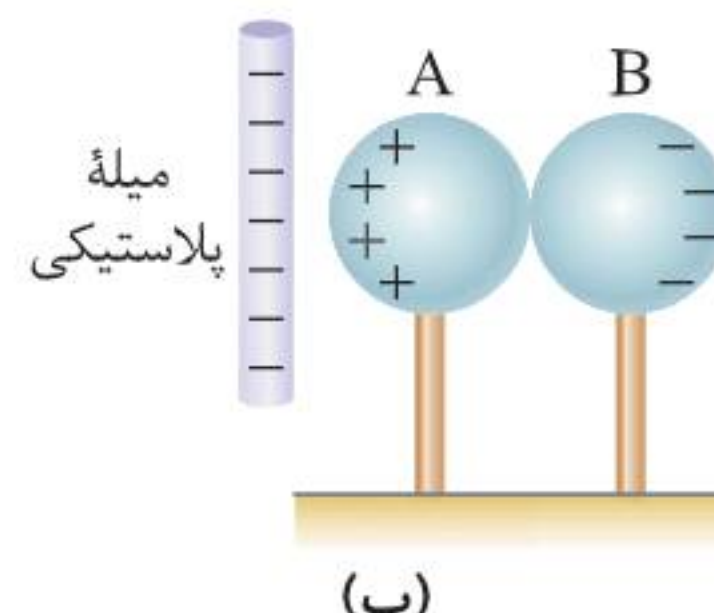
حالا می‌خواهیم ببینیم که چه‌طور با روش القا می‌توانیم اجسام رسانا را باردار کنیم:

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):

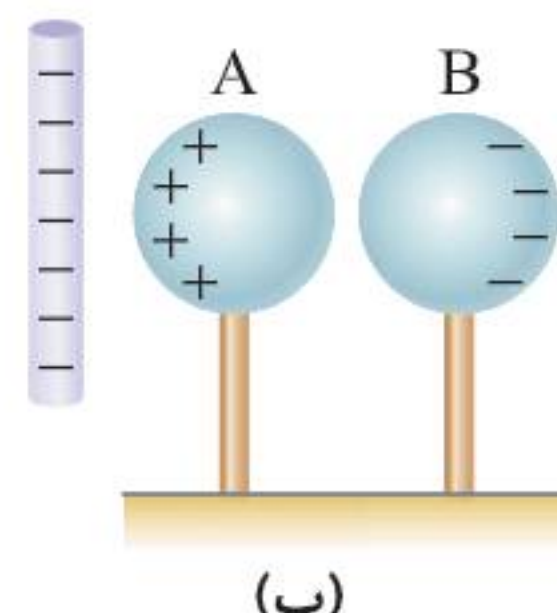
راه اول:



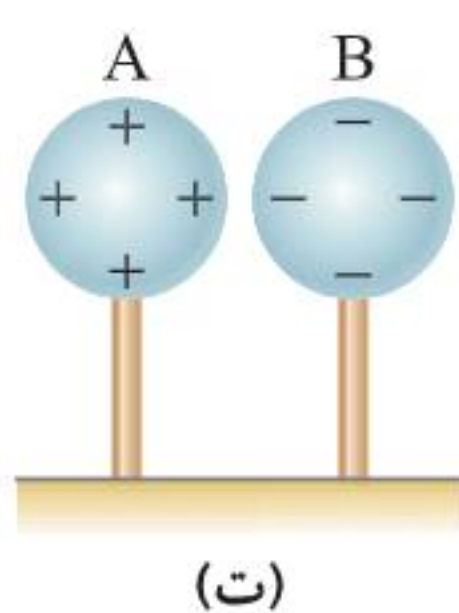
دو کره رسانای A و B خنثی را به هم تماس می‌دهیم.



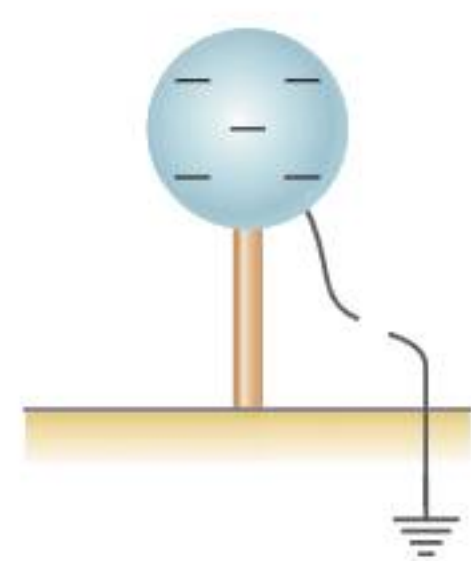
یک جسم باردار مثل میله پلاستیکی با بار منفی را از یک طرف به یکی از کره‌ها نزدیک می‌کنیم. همین‌طور که در شکل نشان داده‌ایم، آرایش بارها روی دو کره تغییر می‌کند.



در حالی که میله پلاستیکی هنوز در نزدیکی کره A قرار دارد، دو کره را از هم جدا می‌کنیم تا بارهای القاشده در دو کره به دام بیفتند.

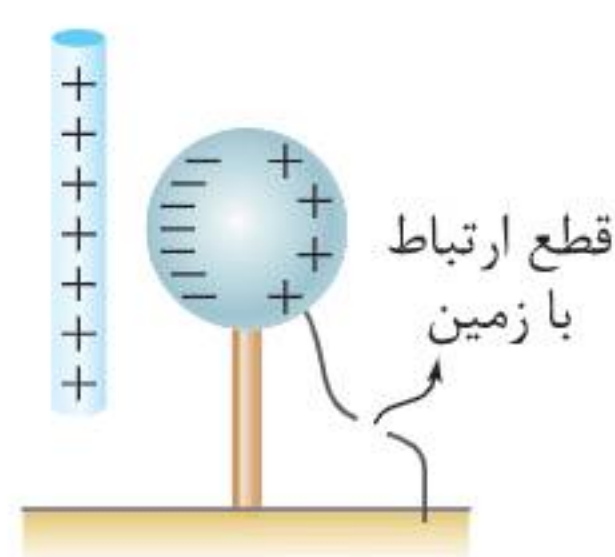


با دور کردن میله، بار کره A مثبت و بار کره B منفی می‌ماند.



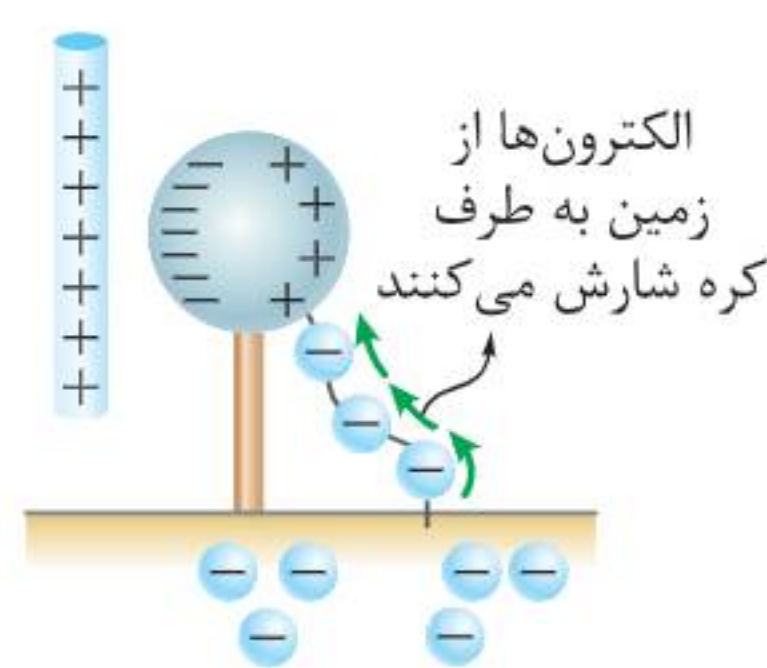
(الف)

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



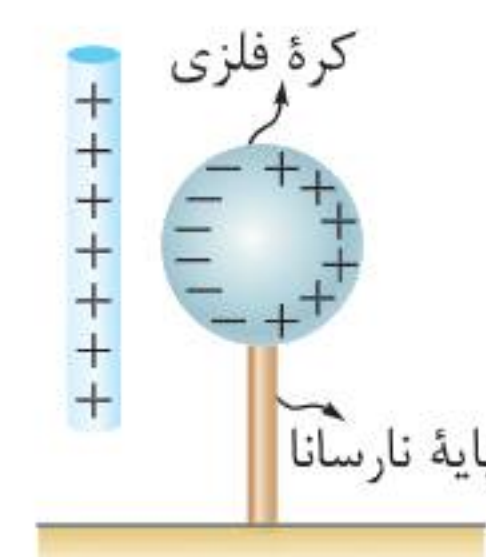
(ب)

در حالی که میله 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.



(پ)

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



(ت)

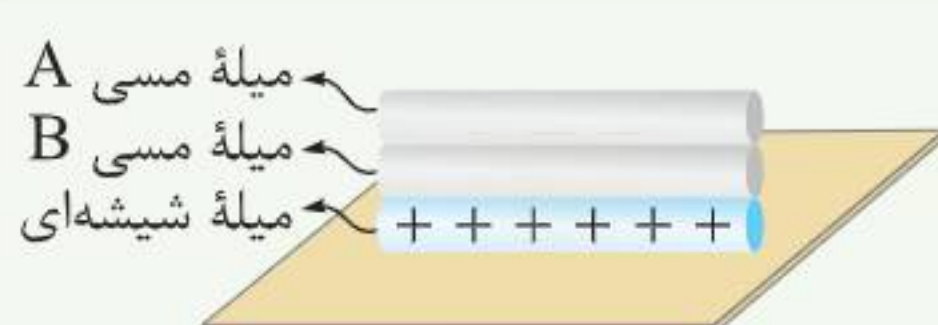
حالا میله شیشه‌ای را هم دور می‌کنیم و به این ترتیب بار کره، منفی (مخالف بار میله) می‌شود.



حواستون باشه: در شکل (ب) راه دوم، فرقی نمی‌کنه که از کدوم طرف کره رو به زمین متصل می‌کنیم. مثلاً آگه طرف منفی (سمت پپ) رو هم به زمین اتصال بدیم، 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 القاشونده (کره‌ها) تماس نداشتند. برای همین به روش القای الکتریکی، روش باردارکردن **بدون تماس** هم می‌گوییم.
- در راه دوم که جسم رسانا را به زمین اتصال می‌دهیم، همیشه بار جسم القاشونده (کره رسانا) و جسم القاکننده (میله باردار) مخالف هم می‌شود.



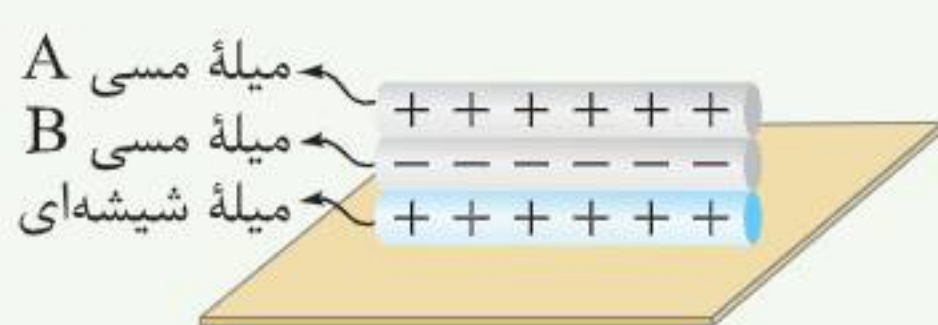
تست: یک میله شیشه‌ای با بار مثبت روی سطح زمین قرار دارد. مطابق شکل دو میله مسی خنثی را به آرامی روی آن قرار می‌دهیم. اگر میله مسی A را برداریم، بار خالص میله A و بار خالص میله B خواهد شد. (در هنگام آزمایش دست خود را با دستکش عایق پوشانده‌ایم.)

(۱) مثبت - منفی

(۲) منفی - مثبت

(۳) مثبت - مثبت

(۴) منفی - منفی



پاسخ ۱: بار مثبت میله شیشه‌ای، بارهای منفی میله‌های مسی را به سمت خود می‌کشد. 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.



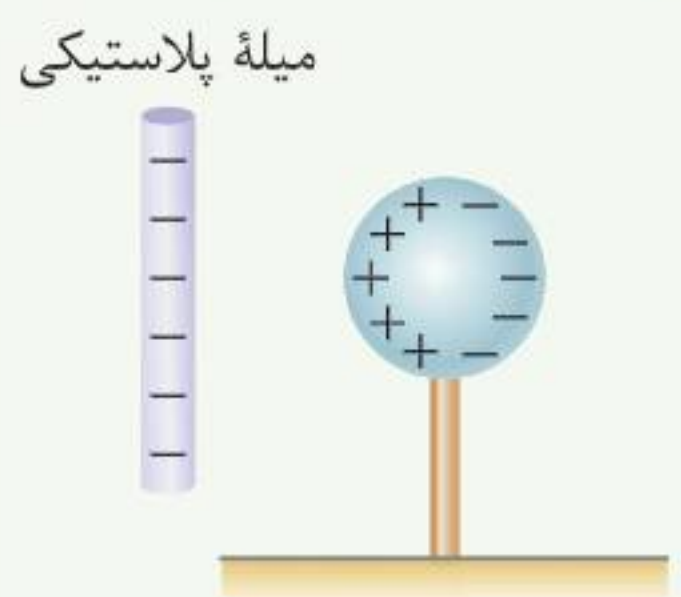
تست: مطابق شکل روبه‌رو یک میله پلاستیکی با بار منفی را به یک کره فلزی خنثی نزدیک می‌کنیم. سپس بدون آن که میله را دور کنیم برای مدت کوتاهی کره را به زمین اتصال می‌دهیم. در نهایت تجمع بارهای در سطح کره در طرف میله بیشتر بوده و بار کل کره می‌شود.

(۱) مثبت - خنثی

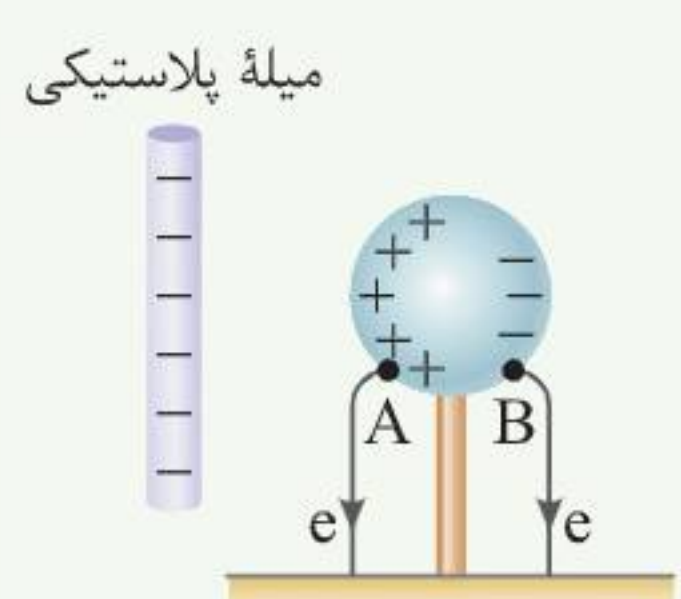
(۲) مثبت - مثبت

(۳) منفی - خنثی

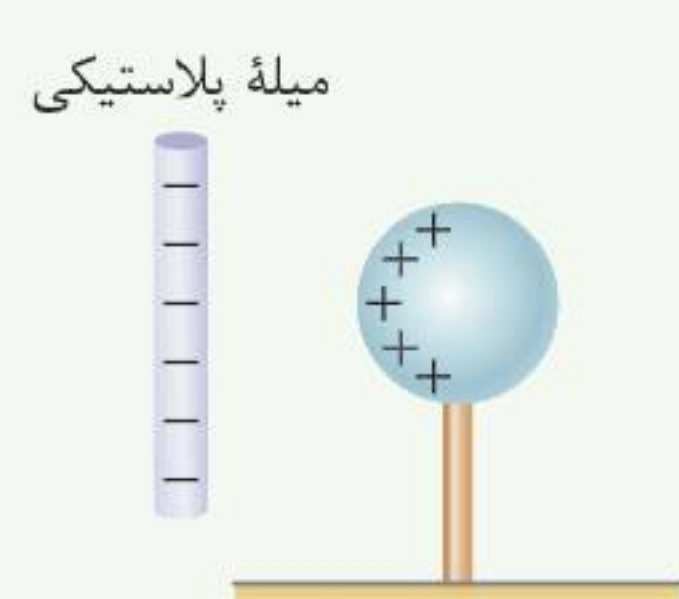
(۴) منفی - منفی



پاسخ ۲: 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.



(الف)



(ب)

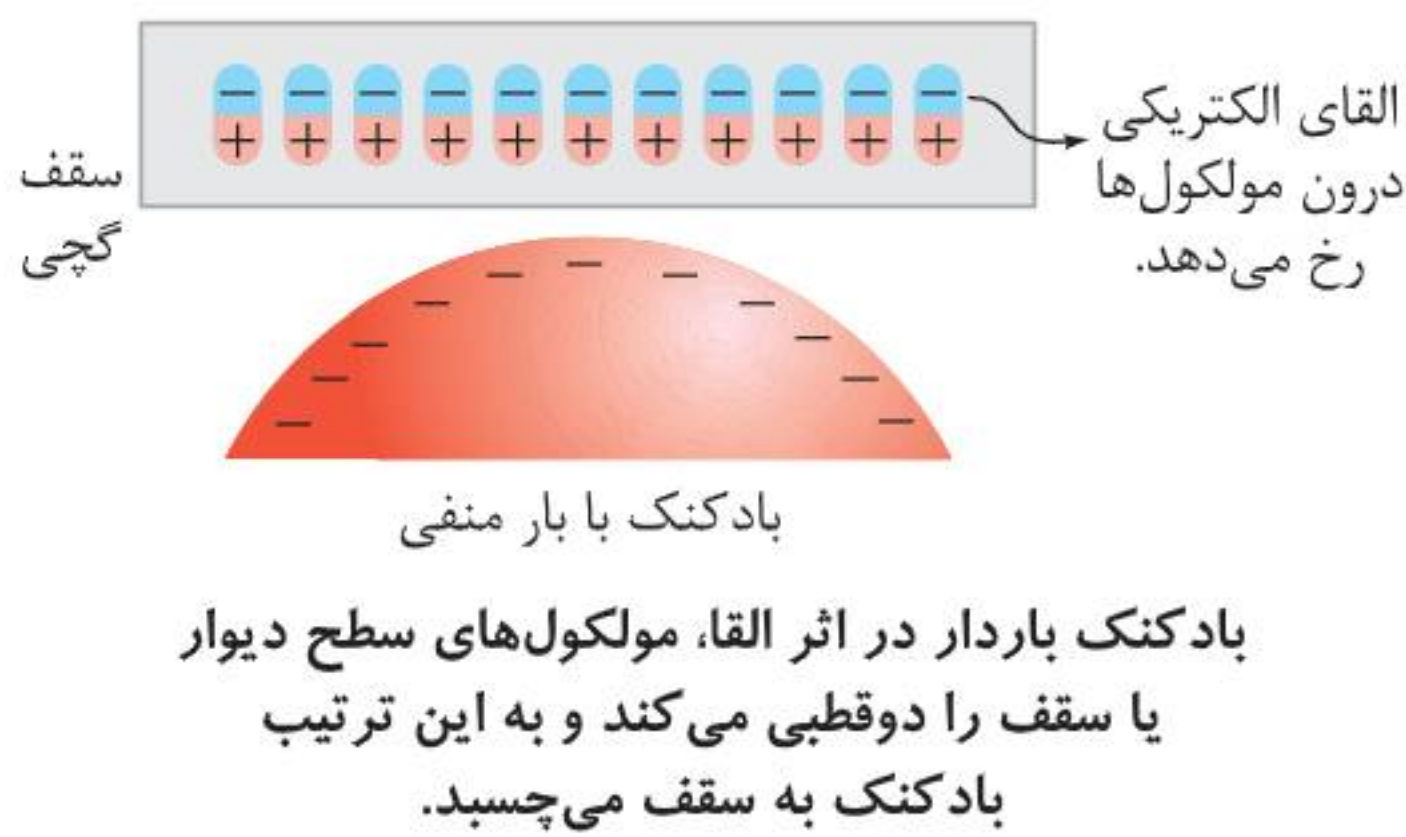
گام ۱: وقتی کره را به زمین اتصال می‌دهیم، الکترون‌ها از میله پلاستیکی بیشتر فاصله می‌گیرند؛ یعنی از سطح کره به زمین منتقل می‌شوند (شکل ب). در نتیجه بار کل کره مثبت می‌شود (شکل پ).

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 القا، 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. مثلاً در شکل روبه‌رو، بادکنک باردار در اثر القا، مولکول‌های سطح سقف را دوقطبی کرده است.

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. (یادتون که نرفته! 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.

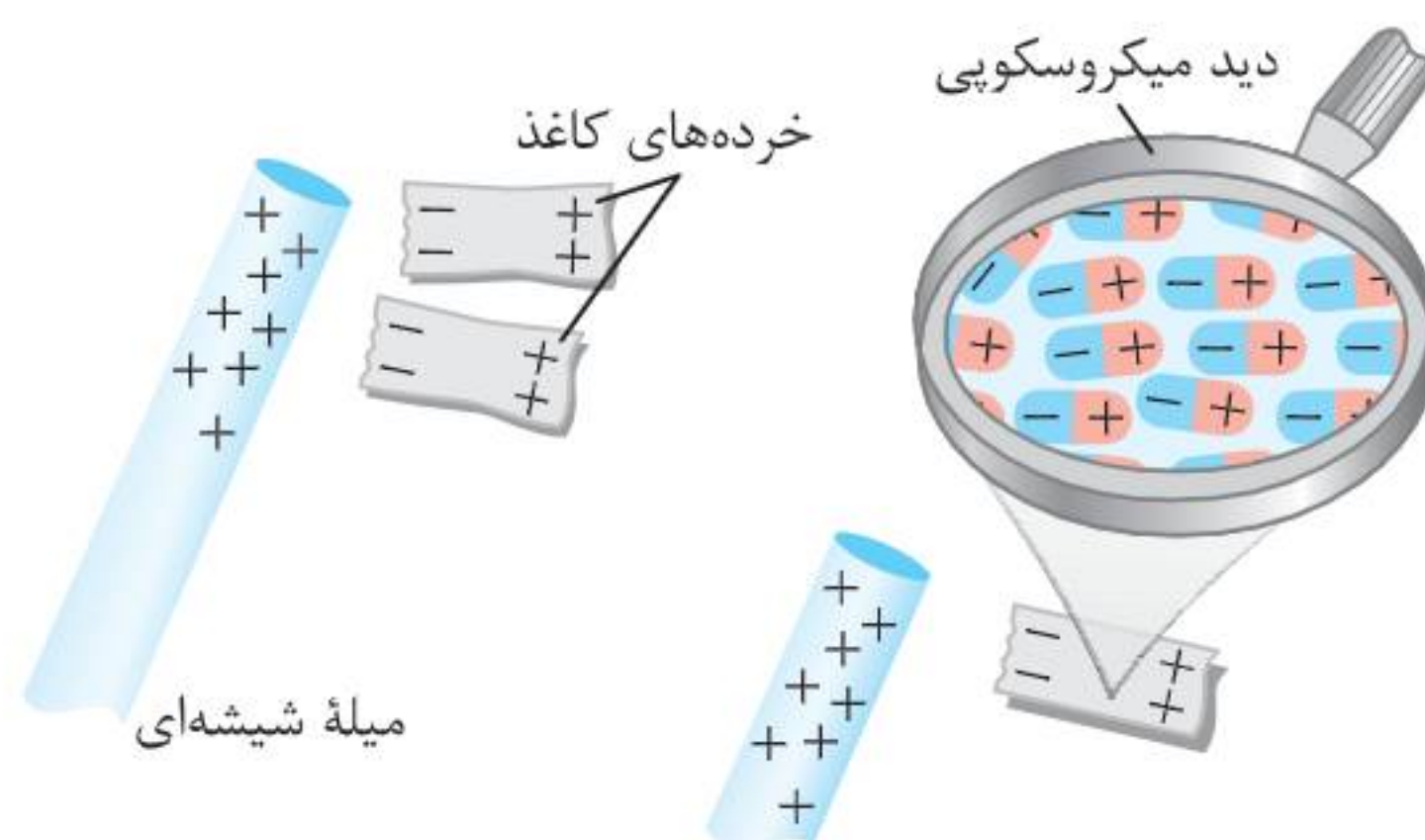
تست: جسم A یک رسانا و جسم B یک نارسانا با مولکول‌های قطبی و جسم C یک نارسانا با مولکول‌های غیرقطبی است. هر سه جسم را نزدیک یک میله باردار قرار می‌دهیم. میله باردار (هر سه جسم خنثی هستند).

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

نمونه‌هایی از پدیده القای الکتریکی

(الف) جذب خرده‌های کاغذ توسط میله باردار:



یک میله باردار خرده‌های کاغذ را در اثر القای الکتریکی، جذب می‌کند. در شکل روبه‌رو می‌بینید که با نزدیک کردن میله شیشه‌ای باردار به خرده‌های کاغذ، مولکول‌های کاغذ به صورت دوقطبی‌های منظم در کنار هم قرار می‌گیرند. (در دید میکروسکوپی می‌بینید که چه‌طور میله شیشه‌ای در اثر القا، مولکول‌های کاغذ را به صورت دوقطبی‌های الکتریکی کنار هم منظم می‌کند.) با توجه به جهت دوقطبی‌های الکتریکی درون خرده‌های کاغذ، آن سمت کاغذ که به میله شیشه‌ای با بار مثبت نزدیک‌تر است، منفی می‌شود و در نتیجه میله شیشه‌ای خرده‌های کاغذ را جذب می‌کند.

(ب) انحراف باریکه آب توسط بادکنک باردار:

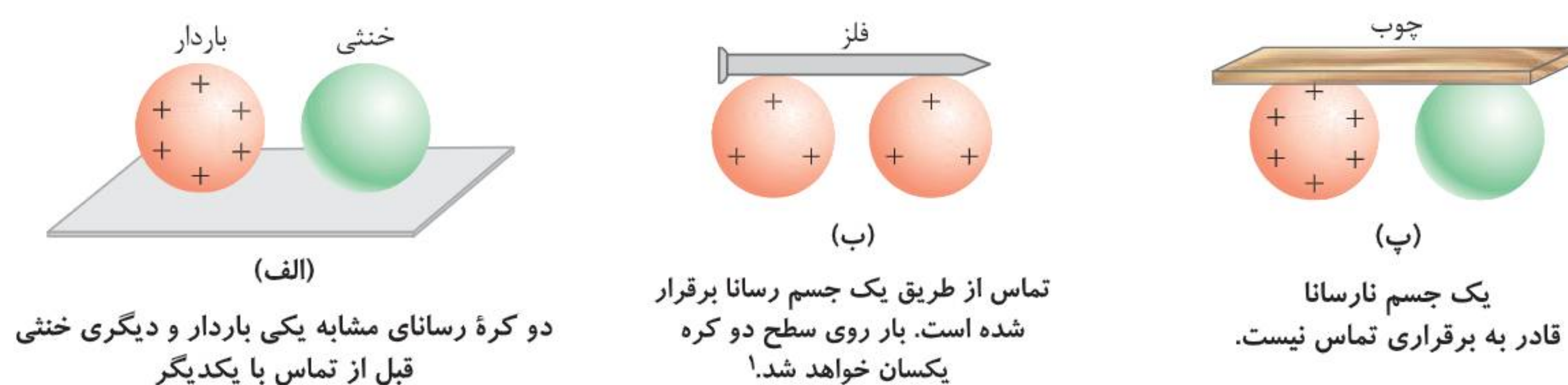


همین‌طور که در شکل می‌بینید با نزدیک کردن بادکنک باردار به باریکه آب، مسیر باریکه به سمت بادکنک خم می‌شود. دلیل این پدیده هم القای الکتریکی است. مولکول‌های آب خودشان ذاتاً دوقطبی هستند و القای الکتریکی فقط باعث می‌شود طرف مثبت مولکول‌ها به سمت بادکنک منفی قرار بگیرند و در نتیجه باریکه آب به طرف بادکنک تغییر مسیر دهد.

۳- تماس

تماس دو جسم رسانا به هم، راه را برای انتقال بار بین آن دو جسم باز می‌کند مثلاً اگر کره‌های رسانای شکل (الف) را مانند شکل (ب) به کمک یک جسم رسانا به هم تماس دهیم. بلافاصله کره خنثی باری همنام با جسم باردار پیدا می‌کند.

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



۱- در این شکل از باری که روی میخ باقی می‌ماند چشم‌پوشی کردیم.



چند نکته: ۱ براساس قانون پایستگی بارهای الکتریکی، مجموع بار الکتریکی دو جسم قبل و بعد از تماس برابر است: $q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$

۲ اگر دو کره فلزی مشابه را به هم تماس دهیم (مثل شکل (ب))، بار الکتریکی به مقدار مساوی بینشان تقسیم می‌شود: $q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$

تست: دو کره فلزی مشابه که روی پایه‌های عایقی سوارند، دارای بارهای الکتریکی $q_1 = -2 \mu C$ و $q_2 = +10 \mu C$ هستند. اگر این دو کره را با هم

تماس دهیم و سپس از هم جدا کنیم، بار الکتریکی هر یک چند میکروکولن می‌شود؟

(۱) $+6$ (۲) -6 (۳) $+4$ (۴) -4

پاسخ ۳ مجموع بار دو کره 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:

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

تست: کره‌های رسانای A و B به ترتیب حامل بار $+8 \mu C$ و $-2 \mu C$ هستند و کره رسانای C خنثی است. کره‌های A و C را با هم تماس داده، از هم جدا

می‌کنیم؛ سپس کره C را به کره B تماس داده، جدا می‌کنیم. بار الکتریکی نهایی کره‌های A و B به ترتیب از راست به چپ چند میکروکولن است؟ (کره‌ها مشابه‌اند.)

(۱) $+2, +2$ (۲) $+2, +4$ (۳) $+1, +4$ (۴) $+1, +2$

$$q'_A = q'_C = \frac{q_A + q_C}{2} = \frac{+8 + 0}{2} = +4 \mu C$$

پاسخ ۳ ابتدا دو کره A و C را تماس می‌دهیم:

دیگر با کره A کاری نداریم و بار آن همین مقدار $+4 \mu C$ باقی می‌ماند.

۴ حالا کره C را که بارش $+4 \mu C$ است به کره B که بارش $-2 \mu C$ است تماس می‌دهیم:

$$q'_B = q''_C = \frac{q_B + q'_C}{2} = \frac{-2 + 4}{2} = +1 \mu C$$

بار نهایی کره B هم $+1 \mu C$ می‌شود.

تست‌های ۲۱ تا ۳۴ پی‌صبرانه منتظر شما هستن!

درس ۴: الکتروسکوپ (برق‌نما)

یکی از دستگاه‌های آزمایشگاهی ساده در الکتریسیته ساکن، الکتروسکوپ (یا همان برق‌نما) است.

ساختمان الکتروسکوپ

در شکل روبه‌رو تصویر یک الکتروسکوپ و اجزای تشکیل‌دهنده آن را می‌بینید.



نکته: در حالتی که جسم بارداری نزدیک کلاهک الکتروسکوپ نباشد:

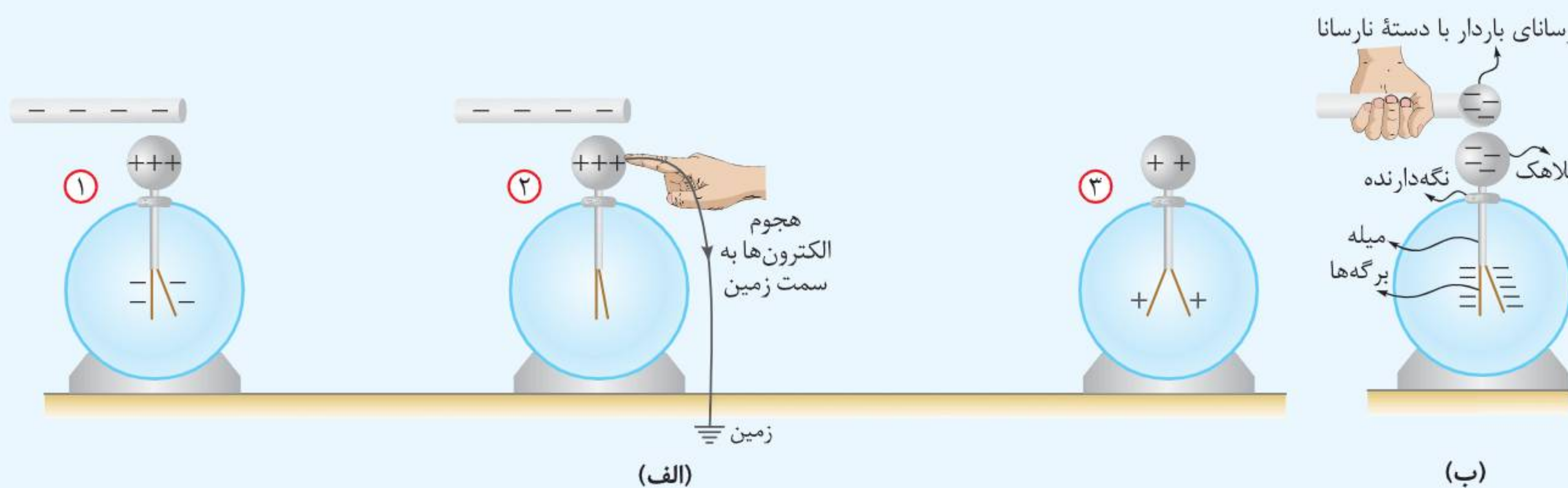
(الف) اگر الکتروسکوپ خنثی باشد تیغه‌ها (یا تیغه و برگه) به هم می‌چسبند.

(ب) اگر الکتروسکوپ باردار باشد، تیغه‌ها (یا تیغه و برگه) از هم فاصله می‌گیرند.

پرسش: چگونه می‌توانیم یک الکتروسکوپ را باردار کنیم؟

پاسخ: الکتروسکوپ را مثل یک جسم رسانا می‌توانیم 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.



میلۀ باردار را به کلاهک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم تا در اثر القا، بارها در الکتروسکوپ جابه‌جا شوند.

در حالی که میلۀ باردار را هنوز دور نکرده‌ایم کلاهک را به زمین تماس می‌دهیم تا الکتروسکوپ باردار شود.

ابتدا تماس با زمین را قطع و سپس میلۀ را دور می‌کنیم.

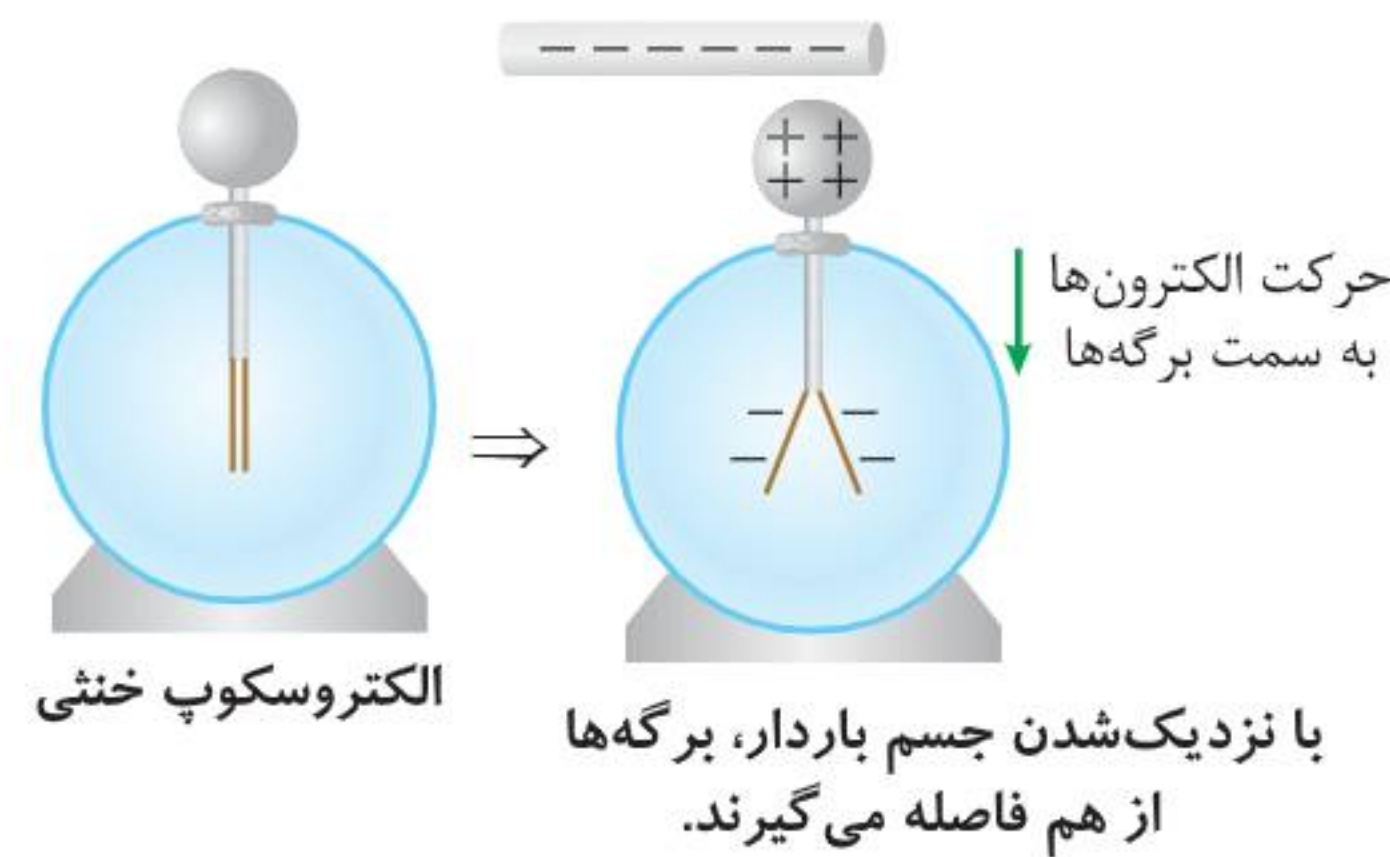
حواستون باشه: در روش القا، بار الکتروسکوپ مخالف بار جسم القاکننده و در روش تماس، بار الکتروسکوپ همانم بار جسم رسانا می‌شود.

کاربردهای الکتروسکوپ

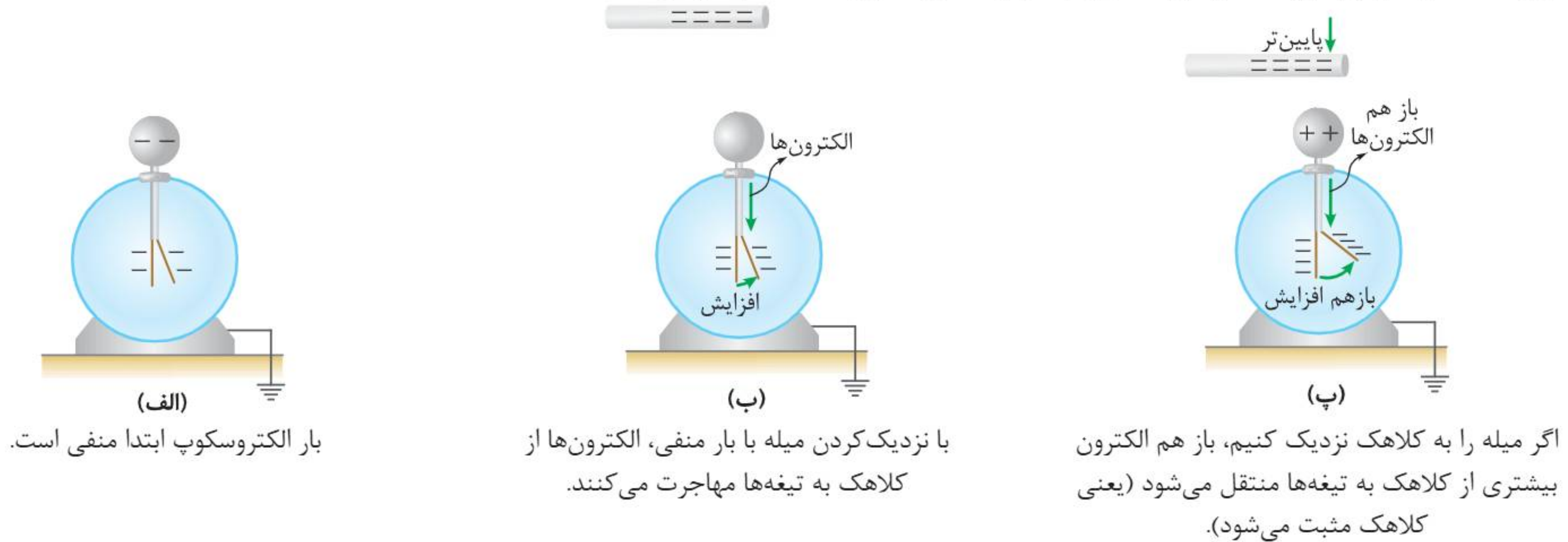
با چند آزمایش ساده کاربردهای الکتروسکوپ را بیان می‌کنیم.

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 آن جایی که بار برگه‌ها همنام می‌شوند، این دو یکدیگر را می‌رانند.

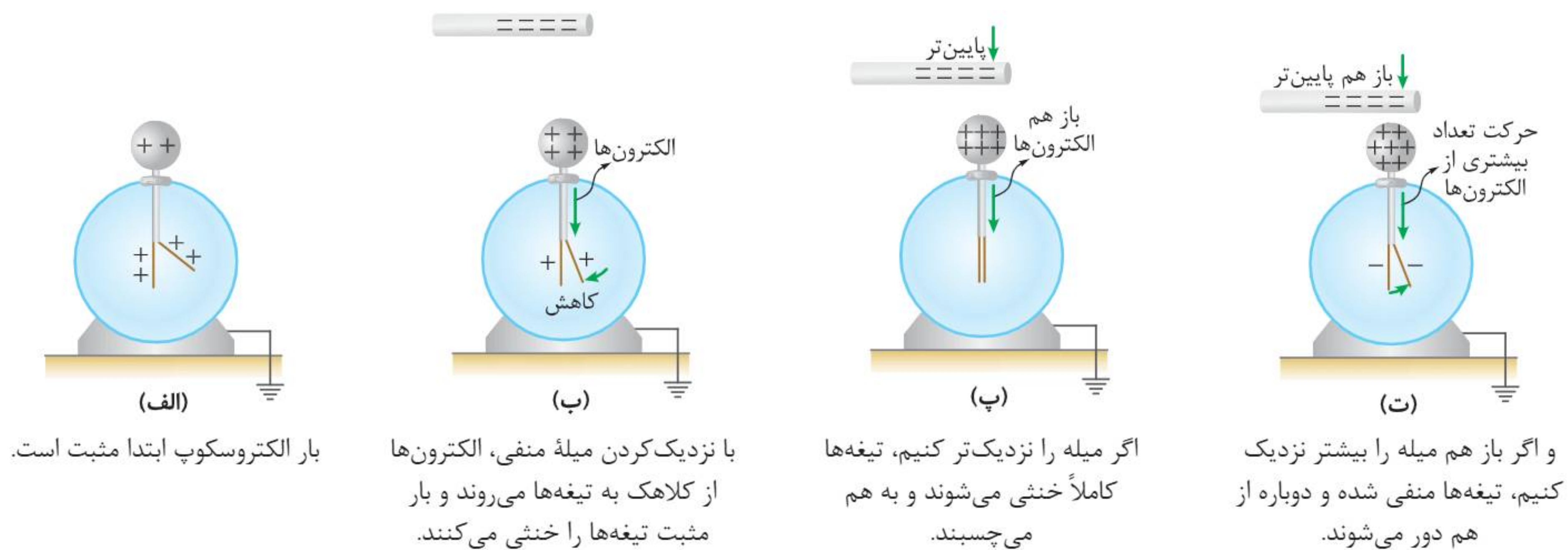
۲- تشخیص نوع بار جسم: جسمی با بار نامعلوم را از فاصله نسبتاً دور، به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ که بار آن معلوم است نزدیک می‌کنیم. اگر مثل



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.



شکل‌های (۱)



شکل‌های (۲)

نکته: در شکل‌های (۲) اگر جسم باردار را خیلی سریع 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.

تست: 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 خالص الکتروسکوپ کدام است؟

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

پاسخ (۴) این مثال رو آوردیم تا آله نکتۀ بالا رو نفوذین هتاً بفونین!

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 دستان (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 ۳۵ تا ۴۱ هستن.



پرسش‌های چهارگزینه‌ای

درس ۱: بار الکتریکی

وقتشه که اولین تست‌های فیزیک یازدهم رو بررسی کنید. آگه درس‌نامه این بخش رو نخونید، دست به قلم نشید! اول درس‌نامه رو بخونید 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 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- در یک آزمایش، یک صفحه فلزی دارای بار مثبت می‌شود. دلیل مثبت شدن بار صفحه فلزی کدام است؟

(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 و پروتون‌ها از یک جسم دیگر به صفحه فلزی منتقل می‌شوند.

(۴) پروتون‌ها از صفحه فلزی به یک جسم دیگر و الکترون‌ها از یک جسم دیگر به صفحه فلزی منتقل می‌شوند.

۳- بار الکتریکی در ماده همواره:

(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.

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

(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 $1/6 \times 10^{-19} C$ است.)

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

(ق.م)

۶- یک میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش می‌دهیم. پس از مالش، بار الکتریکی میله پلاستیکی $12/8 nC$ می‌شود. به ترتیب بار الکتریکی ایجاد شده در

پارچه پشمی چند نانوکولن و تعداد الکترون‌های منتقل شده از پارچه پشمی به میله پلاستیکی چقدر است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

(آزمون‌های آزمایشی خیلی سبز و برگرفته از کتاب درسی)

(۱) $-12/8$ ، $1/25 \times 10^9$ (۲) $12/8$ ، $1/25 \times 10^9$ (۳) $-12/8$ ، 8×10^{10} (۴) $12/8$ ، 8×10^{10}

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- دو جسم خنثای A و B در اثر مالش جداگانه با جسم خنثای C به ترتیب بار الکتریکی $2 nC$ و $-8 nC$ پیدا می‌کنند. کدام مورد درست است؟

($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

(۱) $1/25 \times 10^9$ الکترون از A به C و 5×10^2 پروتون از B به C منتقل شده است.

(۲) $1/25 \times 10^9$ الکترون از A به C و 5×10^2 الکترون از C به B منتقل شده است.

(۳) $1/25 \times 10^{10}$ الکترون از A به C و 5×10^{10} پروتون از B به C منتقل شده است.

(۴) $1/25 \times 10^{10}$ الکترون از A به C و 5×10^{10} الکترون از C به B منتقل شده است.

۹- بار الکتریکی هسته اتم کربن یک بار یونیده ($^{12}C^+$) چند برابر بار الکتریکی اتم کربن یک بار یونیده ($^{12}C^+$) است؟

(۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۵ (۴) ۶

۱۰- بار الکتریکی هسته یون X^{+3} برابر با $2/08 \times 10^{-18} C$ است. مجموع بار الکتریکی الکترون‌های این یون، چند میکروکولن است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

(آزمون‌های آزمایشی خیلی سبز)

(۱) $-1/6 \times 10^{-12}$ (۲) $-1/6 \times 10^{-13}$ (۳) $-1/6 \times 10^{-18}$ (۴) $-1/6 \times 10^{-17}$

۱۱- بار الکتریکی هسته اتمی ۶ برابر بار آن اتم در حالت یونیده است. اگر این اتم در حالت خنثی ۱۲ الکترون داشته باشد، بار آن در این حالت یونیده چند نانوکولن

(آزمون‌های آزمایشی خیلی سبز)

است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

(۱) $3/2 \times 10^{-19}$ (۲) $3/2 \times 10^{-10}$ (۳) $10/8 \times 10^{-19}$ (۴) $10/8 \times 10^{-10}$

۱۲- اگر از جسم رسانایی که بار آن برابر $-q$ است، 8×10^{13} الکترون بگیریم، بار آن q خواهد شد. q چند میکروکولن است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$ و $q > 0$)

(۱) $3/75$ (۲) $7/5$ (۳) $9/6$ (۴) $19/2$

درس ۲: روش‌های باردار کردن اجسام (مالش)

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

(ق.م)

۱۳- 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.

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

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

۱۵- اگر دو جسم خنثی که یکی رسانا و دیگری نارسانا است را به هم مالش دهیم، و در جسم بار الکتریکی در محل مالش داده‌شده باقی می‌ماند.

- (۱) هر دو جسم باردار می‌شوند، نارسانا
- (۲) هر دو جسم باردار می‌شوند، رسانا
- (۳) فقط جسم نارسانا باردار می‌شود، نارسانا
- (۴) فقط جسم رسانا باردار می‌شود، رسانا

سری الکتریسیته مالشی

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

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

انتهای مثبت سری

شیشه

ابریشم

چوب

پارچه کتان

انتهای منفی سری

انتهای مثبت سری

B

C

A

انتهای منفی سری

۱۷- در اثر مالش دو جسم خنثای A و B، 4×10^8 الکترون بین دو جسم منتقل می‌شود. با توجه به سری الکتریسیته مالشی

شکل روبه‌رو، بار جسم A پس از مالش برابر چند نانوکولن می‌شود؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$) (آزمون‌های آزمایشی خیلی سبز)

- (۱) $6 / 4 \times 10^{-2}$
- (۲) $-6 / 4 \times 10^{-2}$
- (۳) $6 / 4 \times 10^{-3}$
- (۴) $-6 / 4 \times 10^{-3}$

انتهای مثبت سری

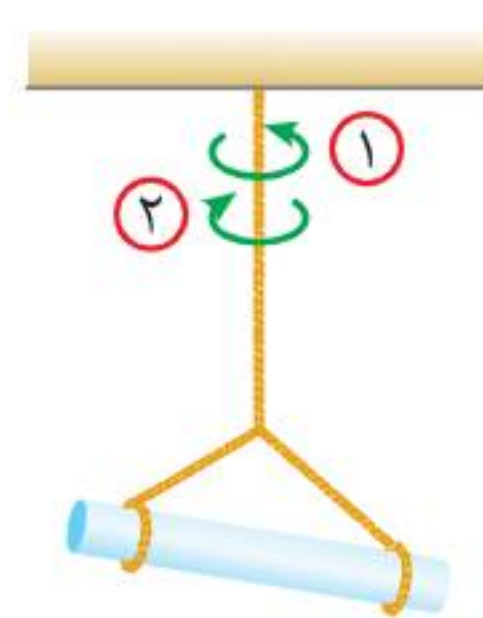
شیشه

پشم

ابریشم

پلاستیک

انتهای منفی سری



میله شیشه‌ای



میله پلاستیکی

۱۸- 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)
- (۲) منفی - (۱)
- (۳) مثبت - (۲)
- (۴) منفی - (۲)

۱۹- 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 الکتریسیته مالشی

انتهای مثبت سری

موی انسان

موی گربه

پوست انسان

پارچه کتان

پلاستیک

انتهای منفی سری



انتهای مثبت سری
B
C
A
انتهای منفی سری

۲۰- بار الکتریکی دو جسم A و B، به ترتیب q_A و $-1/4 \text{ nC}$ است. در اثر مالش این دو جسم به یکدیگر، $2/5 \times 10^9$ الکترون از یک جسم به جسم دیگر منتقل شده و بار دو جسم برابر می شود. q_A چند نانوکولن است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)
(آزمون های آزمایشی خیلی سبز)

(۲) $-2/2$

(۱) $-0/6$

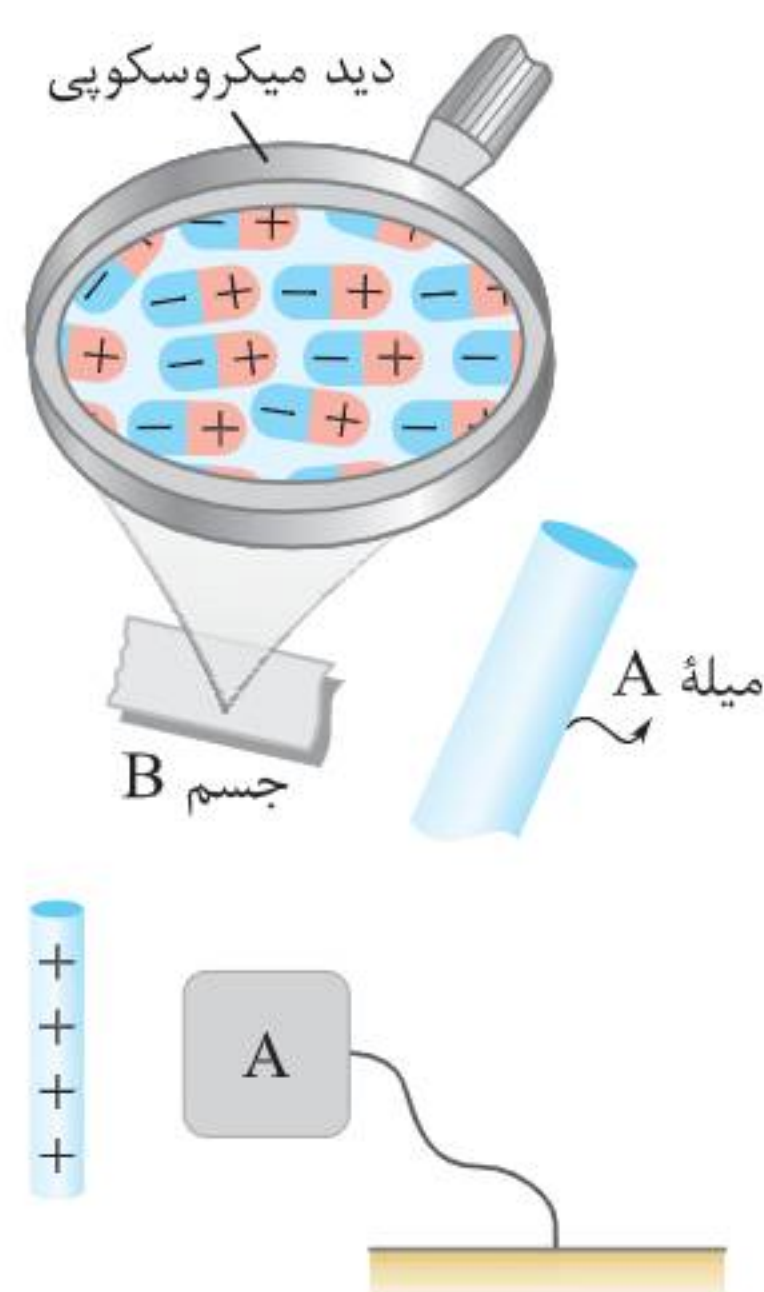
(۴) $-1/4$

(۳) -1

درس ۳: ادامه روش های باردار کردن اجسام (القای الکتریکی و تماس)

چندتا تست جالب و قشنگ درباره القای بار الکتریکی طرح کردیم براتون. لذت ببرید ازشون.

۲۱- در شکل روبه رو میله A را به جسم B نزدیک کرده ایم. با توجه به آرایش ذرات تشکیل دهنده جسم B، این جسم است.
(برگرفته از کتاب درسی)



(۱) رسانا، مثبت

(۲) رسانا، منفی

(۳) نارسا، مثبت

(۴) نارسا، منفی

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

(۱) بار الکتریکی منفی پیدا می کند.

(۲) بار الکتریکی مثبت پیدا می کند.

(۳) بستگی به بار اولیه جسم A دارد.

(۴) خنثی می ماند.

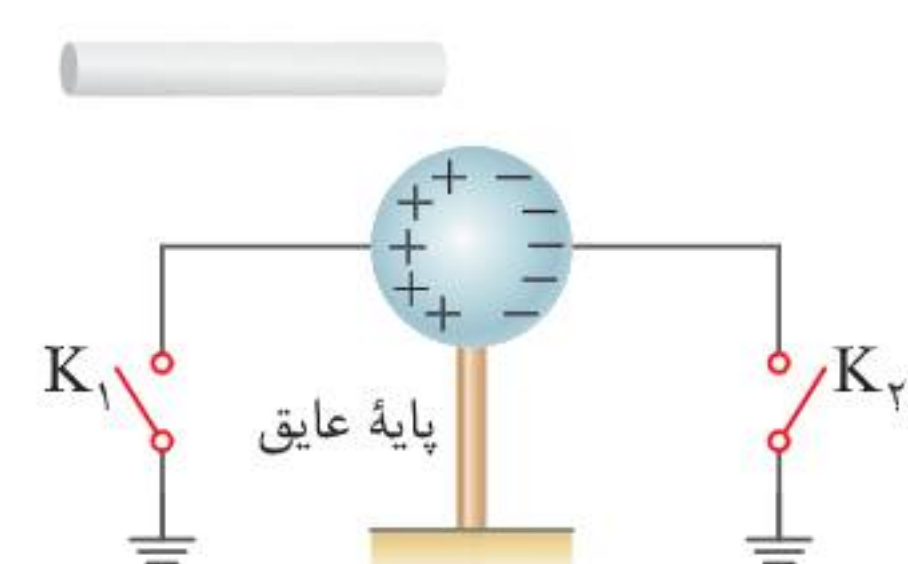
۲۳- در شکل زیر، میله ای باردار در فاصله کمی از یک کره رسانا که بار خالص آن صفر است، قرار دارد. کدام یک از موارد زیر درست است؟
(آزمون های آزمایشی خیلی سبز)

الف) با بستن کلید K_1 ، تعدادی الکترون از زمین به جسم منتقل می شوند.

ب) با بستن کلید K_1 ، تعدادی الکترون از جسم به زمین منتقل می شوند.

پ) با بستن کلید K_2 ، تعدادی الکترون از زمین به جسم منتقل می شوند.

ت) با بستن کلید K_2 ، تعدادی الکترون از جسم به زمین منتقل می شوند.



(۴) ب و ت

(۳) الف و پ

(۲) ب و پ

(۱) الف و ت

۲۴- یک میله پلاستیکی را به یک پارچه پشمی مالش می دهیم و آن را به یک کره فلزی خنثی که روی پایه عایقی قرار دارد، نزدیک می کنیم. 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 کره پخش می شود.
(۲) بار منفی در سطح کره پخش می شود.
(۳) بار مثبت یا منفی در یک طرف کره جمع می شود.
(۴) کره خنثی می ماند.

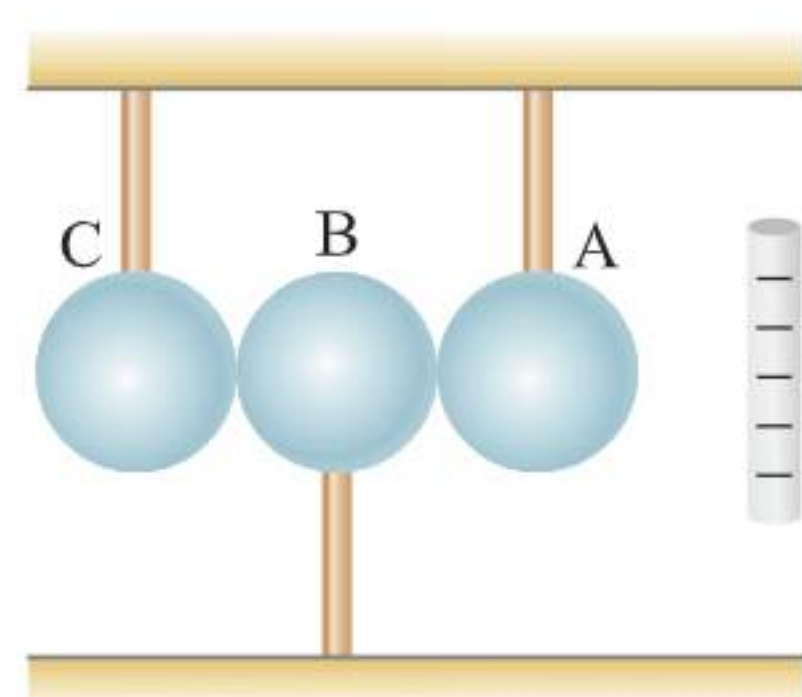
۲۵- مطابق شکل سه گلوله فلزی A، B و C در تماس با هم قرار دارند. اگر میله باردار را به گلوله A نزدیک کنیم و سپس گلوله B را از گلوله های A و C دور کنیم، بار گلوله های B و C چه خواهد بود؟

(۱) خنثی - منفی

(۲) خنثی - مثبت

(۳) مثبت - منفی

(۴) منفی - مثبت



در تست های بعدی باید حواستون به همه جزئیات باشه. مثلاً باید دقت کنید که نیروی دافعه و جاذبه الکتریکی بین چه اجسامی ایجاد می شه.

۲۶- سه جسم A، B و C را دوبه دو به یکدیگر نزدیک می کنیم. وقتی A و B به یکدیگر نزدیک می شوند، همدیگر را با نیروی الکتریکی جذب می کنند و اگر B و C را به یکدیگر نزدیک کنیم، یکدیگر را با نیروی الکتریکی دفع می کنند. کدام یک از عبارات های زیر می توانند درست باشند؟
(تجربی خارج ۹۰ با تغییر)

الف) A و C بار ناهمنام و هم اندازه دارند.

ب) B و C بار غیرهمنام دارند.

پ) B بدون بار و C باردار است.

ت) A بدون بار و B باردار است.

(۴) ب و ت

(۳) ب و پ

(۲) الف و ت

(۱) الف و پ

۲۷- 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 همواره درست است؟

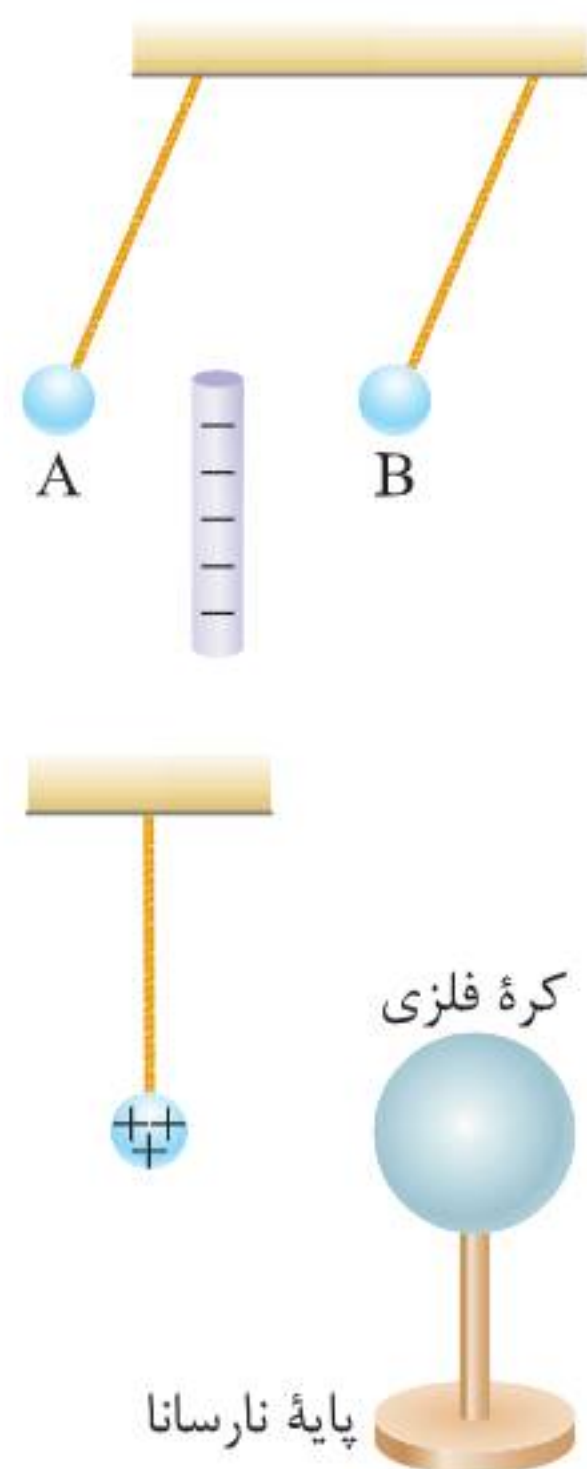
(۱) گلوله های A و B بار غیرهمنام دارند.

(۲) گلوله های B و C حتماً همدیگر را جذب می کنند.

(۳) گلوله A ممکن است بدون بار (خنثی) باشد.

(۴) یکی از گلوله های B و C الزاماً خنثی است.

۲۸- مطابق شکل، میله پلاستیکی بارداری را در فاصله بین دو گلوله آویزان A و B قرار می دهیم. مشاهده می کنیم که گلوله ها به شکل زیر درمی آیند. کدام گزینه درست است؟



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

۲۹- مطابق شکل مقابل یک کره فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایه نارسانی قرار دارد، به آونگ الکتریکی بارداری نزدیک می کنیم تا با آن تماس پیدا کند. در این آزمایش آونگ در چه جهتی منحرف می شود؟ (برگرفته از کتاب درسی)

- (۱) به سمت راست منحرف شده و در همان حالت باقی می ماند.
- (۲) به سمت چپ منحرف شده و در همان حالت باقی می ماند.
- (۳) ابتدا به سمت راست، سپس به سمت چپ منحرف می شود.
- (۴) ابتدا به سمت چپ، سپس به سمت راست منحرف می شود.

۳۰- کدام یک از جسم های زیر را می توان با روش القا باردار کرد؟

- (۱) رسانا
- (۲) نارسانا با مولکول های قطبی
- (۳) نارسانی غیرقطبی
- (۴) هر سه مورد

(برگرفته از کتاب درسی)

۳۱- اگر بادکنک بارداری را به باریکه آب نزدیک کنیم، آب در اثر پدیده ،

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

۳۲- یک میله باردار را به تکه های ریز از یک فویل آلومینیمی و خرده های کاغذ نزدیک می کنیم. میله باردار به هر تکه آلومینیم نیروی F_1 و به هر تکه کاغذ، نیروی F_2 را وارد می کند. 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 جاذبه اند.
- (۲) $F_1 < F_2$ ، هر دو نیرو جاذبه اند.
- (۳) $F_1 > F_2$ ، دافعه و F_2 جاذبه است.
- (۴) $F_1 < F_2$ ، دافعه و F_2 جاذبه است.

آگه دو کره فلزی مشابه رو به هم تماس بدیم، چی می شه؟ موضوع دو تست بعدی همینه.

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

- (۱) ۴
- (۲) ۲
- (۳) ۸
- (۴) ۶

۳۴- دو کره فلزی مشابه A و B روی پایه های 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 می رود. ($e = 1/6 \times 10^{-19} C$)

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

درس ۴: الکتروسکوپ (برق نما)

با الکتروسکوپ خیلی کارا می شه کرد. آگه نمی دونید، حتماً درس نامه رو بخونید.

۳۵- یک میله باردار منفی را آهسته به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می کنیم. هنگامی که این میله در نزدیکی کلاهک الکتروسکوپ قرار می گیرد، بار الکتریکی القاشده در کلاهک و ورقه ها به ترتیب از راست به چپ کدام اند؟

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

۳۶- یک میله آلومینیمی بدون بار را به تدریج به کلاهک یک الکتروسکوپ باردار نزدیک می کنیم و مشاهده می کنیم که ورقه های الکتروسکوپ

- (۱) به آرامی باز می شوند.
- (۲) به آرامی بسته می شوند.
- (۳) تغییری نمی کنند.
- (۴) با توجه به نوع بار ممکن است باز یا بسته شوند.

۳۷- میله ای با بار الکتریکی مثبت را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک می کنیم. ورقه های الکتروسکوپ نخست بسته و سپس از هم باز می شوند. بار الکتریکی قبلی الکتروسکوپ از چه نوع بوده است؟ (ق.م)

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

۳۸- یک میله رسانای بدون بار را به کلاهک یک الکتروسکوپ که بارش مثبت است، تماس می دهیم؛ سپس این میله را به کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می کنیم. در این حالت، بار الکتریکی القاشده در کلاهک و ورقه های این الکتروسکوپ به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

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



۳۹- 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

انتهای مثبت سری
A
B
انتهای منفی سری

۴۰- دو جسم خنثی و نارسانای A و B را به هم مالش می‌دهیم. سپس در آزمایش اول جسم A و در آزمایش دوم جسم B را به کلاهک الکتروسکوپ با بار مثبت نزدیک می‌کنیم. کدام یک از موارد زیر درباره فاصله بین ورقه‌های الکتروسکوپ درست است؟

(الف) در آزمایش اول، کاهش می‌یابد. (ب) در آزمایش اول، افزایش می‌یابد.
(پ) در آزمایش دوم، ابتدا کاهش می‌یابد و در ادامه ممکن است افزایش یابد. (ت) در آزمایش دوم، ابتدا افزایش می‌یابد و در ادامه ممکن است کاهش یابد.

(۱) الف و ت (۲) الف و پ (۳) ب و ت (۴) ب و پ

انتهای مثبت سری
سرب
ابریشم
چوب
نقره
پلاستیک
انتهای منفی سری

۴۱- میله‌ای را با پارچه ابریشمی مالش داده و آن را از فاصله دور و به تدریج به کلاهک الکتروسکوپ بارداری نزدیک می‌کنیم. مشاهده می‌شود که زاویه بین ورقه‌های الکتروسکوپ کاهش می‌یابد. با توجه به سری تریوالکتریک مقابل، به ترتیب جنس میله و بار اولیه الکتروسکوپ کدام می‌تواند باشد؟

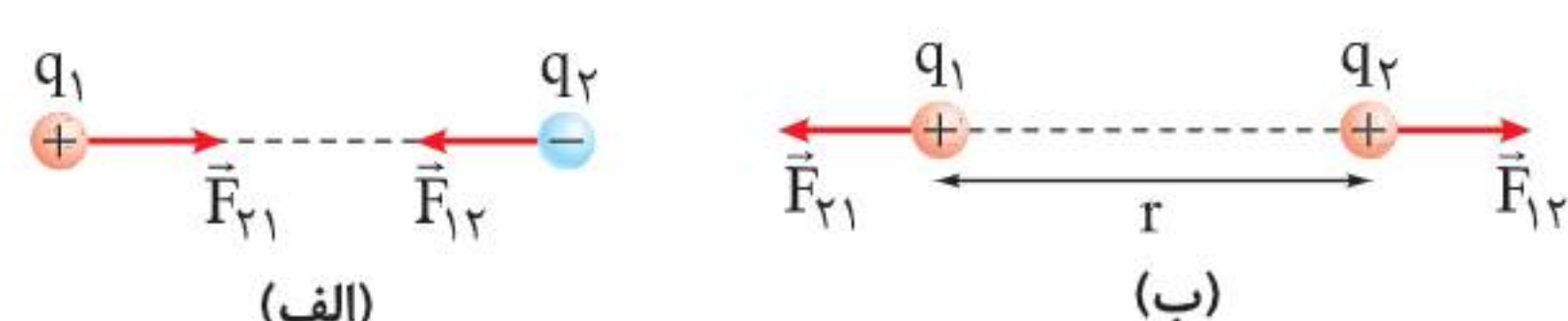
(۱) چوب - منفی
(۲) سرب - مثبت
(۳) پلاستیک - منفی
(۴) نقره - مثبت



برای دیدن آزمون بخش ۱، QRcode پشت جلد کتاب رو اسکن کن و کد آیکون روبه‌رو رو در باکس جست‌وجوی کد وارد کن و دکمه جست‌وجو رو بزنی.

بخش ۲ قانون کولن و میدان‌های الکتریکی

درس ۵: قانون کولن



در این شکل‌ها نیرویی که q_1 به q_2 وارد می‌کند، با $\vec{F}_{12}$ و نیرویی را که q_2 به q_1 اثر می‌دهد با $\vec{F}_{21}$ نشان داده‌ایم.

در بخش قبل خواندید که بارهای هم‌نام یکدیگر را می‌رانند و بارهای غیرهم‌نام یکدیگر را می‌ربایند. نیروی الکتریکی‌ای که بارها بر هم اثر می‌دهند، کنش و واکنش‌اند (شکل‌های روبه‌رو)؛ یعنی نیروهایی که دو بار نقطه‌ای بر هم اثر می‌دهند:
الف در راستای خط مستقیم گذرنده از آن‌ها است. **ب** هم‌اندازه‌اند. **پ** در خلاف جهت هم‌اند.
خلاصه این که $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$ و $|\vec{F}_{12}| = |\vec{F}_{21}|$ است.

کولن با ترازوی پیچشی‌اش نشان داد که نیروی الکتریکی که دو ذره باردار برهم وارد می‌کنند به چه عواملی بستگی دارد. شکل مقابل و توضیحات آن را عیناً از کتاب درسی آورده‌ایم.

در یک سر یک میله نارسانای سبک افقی یک گوی باردار مثبت کوچک و در سر دیگر آن، یک قرص قرار دارد و میله از وسط توسط یک رشته سیم کشسان و نازک آویخته شده است. یک گوی با بار منفی از حفره‌ای به داخل استوانه شیشه‌ای برده می‌شود. درجه‌هایی بر سطح استوانه حک شده است که زاویه چرخش میله را نشان می‌دهد. نیروی مؤثر بین این بارها از اندازه‌گیری زاویه چرخش تا رسیدن به حالت تعادل به دست می‌آید.

با این مقدمه بریم سر اصل مطلب ببینیم قانون کولن چی میگه،

قانون کولن

کولن با ترازوی پیچشی‌اش نشان داد که «اندازه نیروی الکتریکی (الکتروستاتیکی) F که دو بار نقطه‌ای ساکن بر هم اثر می‌دهند، با حاصل ضرب اندازه دو بار ($|q_1||q_2|$) رابطه مستقیم و با مربع فاصله دو بار از یکدیگر (r^2) رابطه وارون دارد» (شکل‌های (الف) و (ب) بالای صفحه).

$$\begin{cases} F \propto |q_1||q_2| \\ F \propto \frac{1}{r^2} \end{cases} \Rightarrow F \propto \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

لطفاً به پرسشای صفحه بعد ذهنی جواب بدین!



۱۰- گزینه ۱ می‌دانیم در یون X^{+3} تعداد الکترون‌ها ۳ تا از تعداد پروتون‌ها کم‌تر است. پس قدرمطلق مجموع بار الکتریکی الکترون‌ها $3e$ کم‌تر از بار هسته است:

$$|q_e| = q_{\text{هسته}} - 3e = 2.08 \times 10^{-18} - 3 \times 1.6 \times 10^{-19} = 2.08 \times 10^{-19} - 4.8 \times 10^{-19} = -2.72 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$\rightarrow q_e = -1.6 \times 10^{-19} \times 10^6 \mu\text{C} = -1.6 \times 10^{-13} \mu\text{C} = -1.6 \times 10^{-12} \mu\text{C}$$

۱۱- گزینه ۲ می‌دانیم تعداد پروتون‌های هسته برابر تعداد الکترون‌های اتم در حالت خنثی است؛ پس بار الکتریکی هسته برابر است با:

$$q_{\text{هسته}} = n_p \times e \xrightarrow{n_p = n_e = 12} q_{\text{هسته}} = 12 \times 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

طبق گفته سؤال، بار الکتریکی هسته ۶ برابر بار اتم در حالت یونیده است؛ پس داریم:

$$q_{\text{اتم یونیده}} = \frac{q_{\text{هسته}}}{6} = \frac{12 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6} = 3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$= 3.2 \times 10^{-19} \times 10^9 \text{ nC} = 3.2 \times 10^{-10} \text{ nC}$$

۱۲- گزینه ۳ تغییرات بار الکتریکی جسم رسانا را به دست می‌آوریم:

$$\Delta q = q_2 - q_1 = \frac{1}{3}q - (-q) = \frac{4}{3}q$$

۱۳- گزینه ۳ بار جسم رسانا با از دست دادن 8×10^{13} الکترون، $\frac{4}{3}q$ تغییر می‌کند. بنابراین:

$$ne = \frac{4}{3}q \Rightarrow 8 \times 10^{13} \times 1.6 \times 10^{-19} = \frac{4}{3}q$$

$$\Rightarrow 12.8 \times 10^{-6} = \frac{4}{3}q \Rightarrow q = 9.6 \times 10^{-6} \text{ C} = 9.6 \mu\text{C}$$

۱۳- گزینه ۳ عامل باردار شدن اجسام در مالش، انتقال الکترون بین دو جسم است.

۱۴- گزینه ۲ در مالش میله شیشه‌ای با پارچه پشمی، میله به خاطر الکترون‌خواهی کم‌تر در مقایسه با پارچه پشمی، دارای بار مثبت می‌شود؛ چرا که در اثر مالش، الکترون‌های میله کاهش می‌یابد.

۱۵- گزینه ۱ در اثر مالش دو جسم خنثی به یکدیگر الکترون از یک جسم به دیگری منتقل می‌شود. در نتیجه هر دو جسم باردار می‌شوند. هم‌چنین در یک جسم نارسانا بار الکتریکی در محل مالش داده شده باقی می‌ماند، اما در یک جسم رسانا به همه قسمت‌های سطح خارجی جسم منتقل می‌شود.

۱۶- گزینه ۴ با توجه به جدول سری الکتروسیته مالشی (تریبو الکتریک)، بار اجسام پس از مالش به صورت زیر خواهد بود:

مالش اجسام	جسمی که بار آن مثبت می‌شود	جسمی که بار آن منفی می‌شود
خط کش چوبی با پارچه ابریشمی	پارچه ابریشمی	خط کش چوبی
میله شیشه‌ای با پارچه کتان	میله شیشه‌ای	پارچه کتان

۱۷- گزینه ۲ از آنجایی که در سری تریبو الکتریک جسم A به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است، هنگام مالش دو جسم A و B، الکترون از جسم B به جسم A منتقل می‌شود. پس جسم A بار الکتریکی منفی پیدا می‌کند. در نتیجه بار جسم A برابر است با:

$$q_A = -ne = -(4 \times 10^8) \times (1.6 \times 10^{-19})$$

$$= -6.4 \times 10^{-11} \text{ C} = -6.4 \times 10^{-2} \text{ nC}$$

۱- گزینه ۳ اول این که می‌دانیم بار الکتریکی پروتون، مثبت، بار الکتریکی الکترون منفی و نوترون بدون بار است. دوم هم این که اندازه بار پروتون و الکترون برابر بار بنیادی (e) یعنی $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ است.

۲- گزینه ۲ برای آن که صفحه فلزی دارای بار مثبت شود، باید تعداد پروتون‌ها بیشتر از الکترون‌ها باشد؛ پس باید الکترون‌ها به یک جسم دیگر کوچ کنند.

تذکر: پروتون‌ها داخل هسته هستند و نمی‌توانند به جسم دیگری بروند!

۳- گزینه ۱ همان‌طور که گفتیم، بار الکتریکی یک کمیت گسسته یا کوانتومی است؛ یعنی مضرب درستی از بار الکتریکی پایه که برابر $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ است.

۴- گزینه ۴ برای محاسبه تعداد الکترون‌ها، باید از رابطه $q = ne$ ، n را به دست آوریم:

$$q = ne \Rightarrow 1 \times 10^{-6} \text{ C} = n \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$\Rightarrow n = \frac{10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}} = 6.25 \times 10^{12}$$

۵- گزینه ۴ واضح است که اگر به هر سانتی‌متر میله 10^{10} الکترون بدهیم، به میله ۸ سانتی‌متری 8×10^{10} الکترون منتقل می‌شود. با این حساب بار میله برابر است با:

$$q = -ne = -8 \times 10^{10} \times 1.6 \times 10^{-19} = -12.8 \times 10^{-9} \text{ C}$$

۶- گزینه ۴ طبق اصل پایستگی بار الکتریکی، بار الکتریکی ایجاد شده در پارچه پشمی با بار الکتریکی ایجاد شده در میله پلاستیکی هم‌اندازه و مختلف‌العلامت است. یعنی:

$$q_{\text{پارچه}} + q_{\text{میله}} = 0$$

$$\Rightarrow q_{\text{پارچه}} = -q_{\text{میله}} = -(-12.8 \text{ nC}) = 12.8 \text{ nC}$$

۷- گزینه ۴ تعداد الکترون‌های منتقل شده به میله پلاستیکی به صورت زیر به دست می‌آید:

$$q_{\text{میله}} = -ne \Rightarrow -12.8 \times 10^{-9} = -n \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$\Rightarrow n = \frac{12.8 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}} = 8 \times 10^{10}$$

۷- گزینه ۴ اول این که بار کره منفی است؛ پس کره برای خنثی شدن باید الکترون از دست بدهد! دوم این که تعداد الکترون‌های لازم برای خنثی شدن از رابطه $q = ne$ به دست می‌آید:

$$q = ne \Rightarrow n = \frac{q}{e} = \frac{8 \times 10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}} = 5 \times 10^{13}$$

۸- گزینه ۴ هنگام مالش دو جسم، پروتونی بین آن‌ها منتقل نمی‌شود. پس (۱) و (۳) کنار می‌روند. بعد از مالش، بار جسم A مثبت و بار جسم B منفی شده است. پس A الکترون از دست داده و B الکترون دریافت کرده است. تعداد الکترون‌های مبادله شده در هر کدام را به دست می‌آوریم:

$$q_A = n_A e \Rightarrow n_A = \frac{q_A}{e} = \frac{2 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}} = 1.25 \times 10^{10}$$

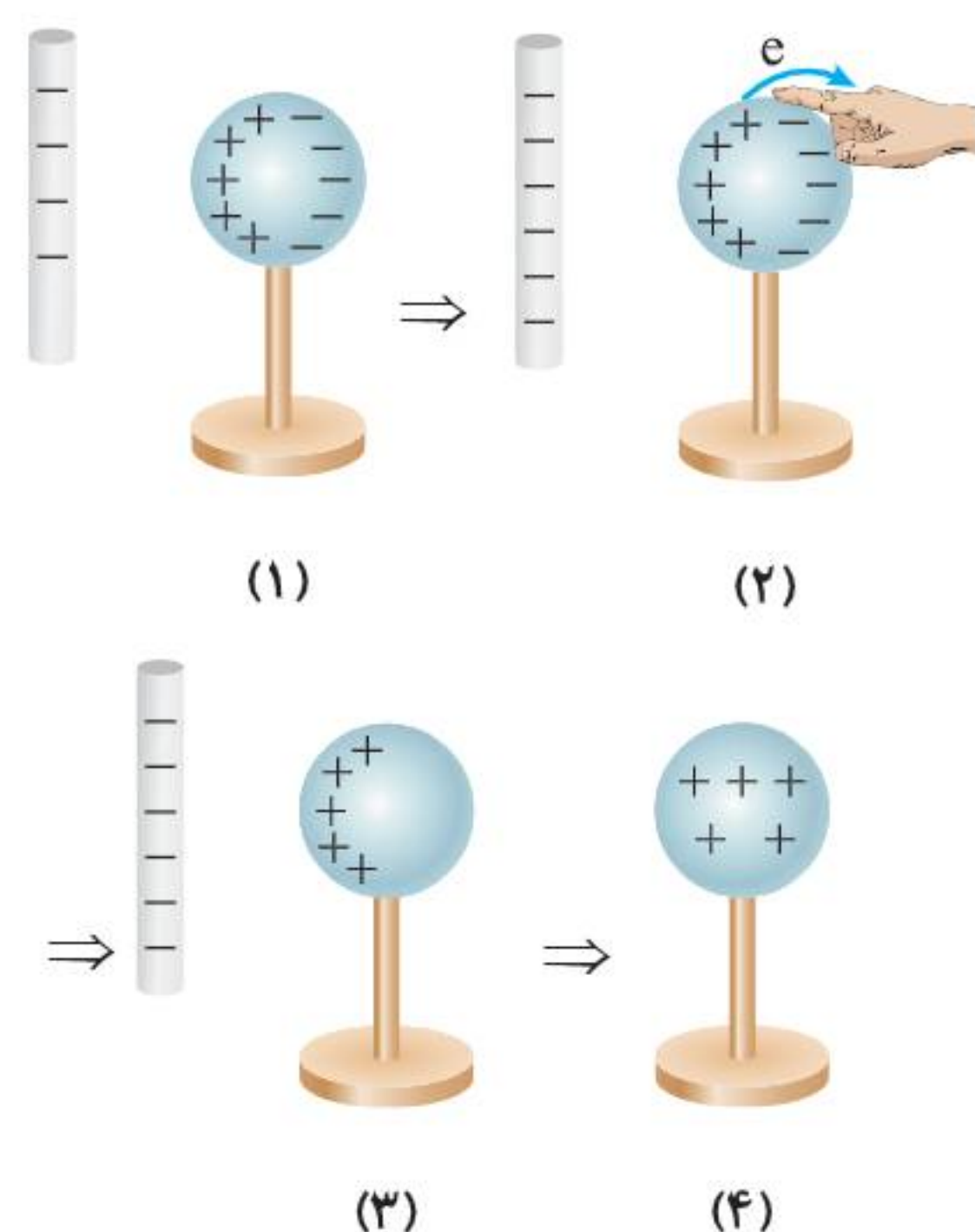
$$q_B = -n_B e \Rightarrow n_B = \frac{-q_B}{e} = \frac{8 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}} = 5 \times 10^{10}$$

۹- گزینه ۴ هسته اتم کربن (${}^{12}_6\text{C}$) ۶ تا پروتون دارد؛ پس بار هسته اتم کربن $+6e$ است. هم‌چنین بار الکتریکی اتم یک بار یونیده X^+ برابر $+e$ است؛ پس داریم:

$$\frac{\text{بار الکتریکی هسته اتم کربن}}{\text{بار الکتریکی اتم کربن یک بار یونیده}} = \frac{+6e}{+e} = 6$$

گام ۱ می‌دانیم وقتی یک میله منفی را به یک کره فلزی نزدیک می‌کنیم، الکترون‌های درون کره تمایل دارند از هر پاره‌ای که از کره خارج شوند؛ پس با بستن هر کدام از کلیدهای K_1 یا K_2 ، الکترون‌ها از کره به زمین منتقل می‌شوند. **حواستون باشه:** این که در سمت راست کره بار مثبت القا شده، دلیل بر این نمی‌شه که اگر کلید K_1 رو ببندیم، الکترون از زمین به کره منتقل بشه. در واقع نوع بار میله تعیین می‌کنه الکترون از کجا به کجا بره.

۲۴- گزینه ۱ در اثر مالش میله پلاستیکی با پارچه پشمی، میله به دلیل الکترون‌خواهی بیشتر دارای بار منفی می‌شود. مطابق شکل با نزدیک کردن میله به کره، الکترون‌ها از میله دور می‌شوند. حالا اگر دست خود را روی کره بگذاریم، بار منفی به دست منتقل و بار کره مثبت می‌شود. با دور کردن دست و سپس میله، بار روی کره مثبت می‌ماند که این بار روی سطح خارجی کره پخش می‌شود.



۲۵- گزینه ۱ در این وضعیت، گلوله B در نقش یک واسطه عمل می‌کند و باردار نمی‌شود؛ یعنی $q_B = 0$. پس با نزدیک کردن میله به کره A، الکترون‌ها از کره A به سمت کره C می‌روند. با برداشتن کره B، کره C که الکترون گرفته بود، دارای بار منفی و کره A با از دست دادن الکترون دارای بار مثبت می‌شود؛ یعنی: $q_A > 0, q_C < 0$.

۲۶- گزینه ۲ جسم‌های B و C یکدیگر را با نیروی الکتریکی دفع می‌کنند. B و C هر دو باردار و همنام‌اند.

گام ۱ جسم‌های B و A یکدیگر را با نیروی الکتریکی جذب می‌کنند. چون B باردار است، ← بار جسم A می‌تواند خنثی یا ناهمنام با بار B و C باشد. حالا با توجه به نتیجه‌هایی که در گام اول و دوم گرفتیم، عبارت‌ها را یکی یکی بررسی می‌کنیم:

الف) A و C می‌توانند ناهمنام باشند. اندازه بارها هم مهم نیست؛ پس عبارت (الف) می‌تواند درست باشد. ✓

ب و پ) در گام اول گفتیم B و C هر دو حتماً باردار و همنام‌اند. ✗

ت) با توجه به این که B حتماً باردار است، A می‌تواند بدون بار یا باردار باشد. ✓ **۲۷- گزینه ۲** با توجه به وضع گلوله A و C، در مورد باردار بودن و همنام بودن بار این دو گلوله مطمئن هستیم؛ اما در مورد گلوله B نمی‌دانیم که بار غیرهمنام با جسم A دارد یا بدون بار است! با توجه به این موضوع، تنها (۲) می‌تواند درست باشد.

۲۸- گزینه ۴ در منفی بودن بار گلوله A شک نداریم؛ چرا که از میله دور شده! می‌ماند گلوله B همان‌طور که می‌بینید گلوله B به میله نزدیک شده! پس یا بدون بار است یا دارای بار مثبت! با توجه به گزینه‌ها گلوله B می‌تواند خنثی باشد.

۱۸- گزینه ۴ با مالش میله پلاستیکی با پارچه ابریشمی، میله پلاستیکی به خاطر الکترون‌خواهی بیشتر دارای بار منفی می‌شود. میله شیشه‌ای هم در اثر مالش با پارچه پشمی به خاطر الکترون‌خواهی کم‌تر دارای بار مثبت می‌شود. پس بار میله پلاستیکی و شیشه‌ای مخالف هم می‌شود و با نزدیک کردن میله پلاستیکی، میله شیشه‌ای تمایل به جذب دارد؛ برای همین در جهت (۲) می‌چرخد.

۱۹- گزینه ۴ عبارت‌ها را به ترتیب بررسی می‌کنیم: الف) نه لزوماً! مثلاً اگر جنس دو جسم یکسان باشد، دیگر این اتفاق رخ نمی‌دهد. (نادرست)

ب) الکترون‌خواهی پوست بیشتر از مو است؛ پس باید الکترون‌ها از مو سر به پوست دست بروند! (نادرست)

پ) با مالش دو میله پلاستیکی با پارچه کتان بار هر دو میله همنام می‌شود؛ بنابراین باید همدیگر را دفع کنند. (نادرست)

ت) با توجه به سری الکتریسیته مالشی (تریبو الکتریک) در مالش بادکنک (پلاستیک) با بدن گربه، بدن گربه دارای بار مثبت می‌شود. (نادرست)

۲۰- گزینه ۱ ابتدا بینیم مقدار باری که بین دو جسم منتقل شده است، چه قدر است:

$$\Delta q = ne \quad n = 2/5 \times 10^9, e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C} \rightarrow \Delta q = 2/5 \times 10^9 \times 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$= 4 \times 10^{-10} \times 10^9 \text{ nC} = 0/4 \text{ nC}$$

مطابق جدول تریبو الکتریک داده شده در صورت سؤال، جسم B به انتهای مثبت سری و جسم A به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است؛ پس در اثر مالش دو جسم به یکدیگر، جسم B الکترون از دست می‌دهد و بار آن $+0/4 \text{ nC}$ تغییر می‌کند و جسم A می‌گیرد و بار الکتریکی‌اش $-0/4 \text{ nC}$ تغییر می‌کند. یعنی:

$$q'_B = q_B + 0/4, \quad q'_A = q_A - 0/4$$

گام ۱ در صورت سؤال گفته شده است که در نهایت بار دو جسم برابر می‌شود:

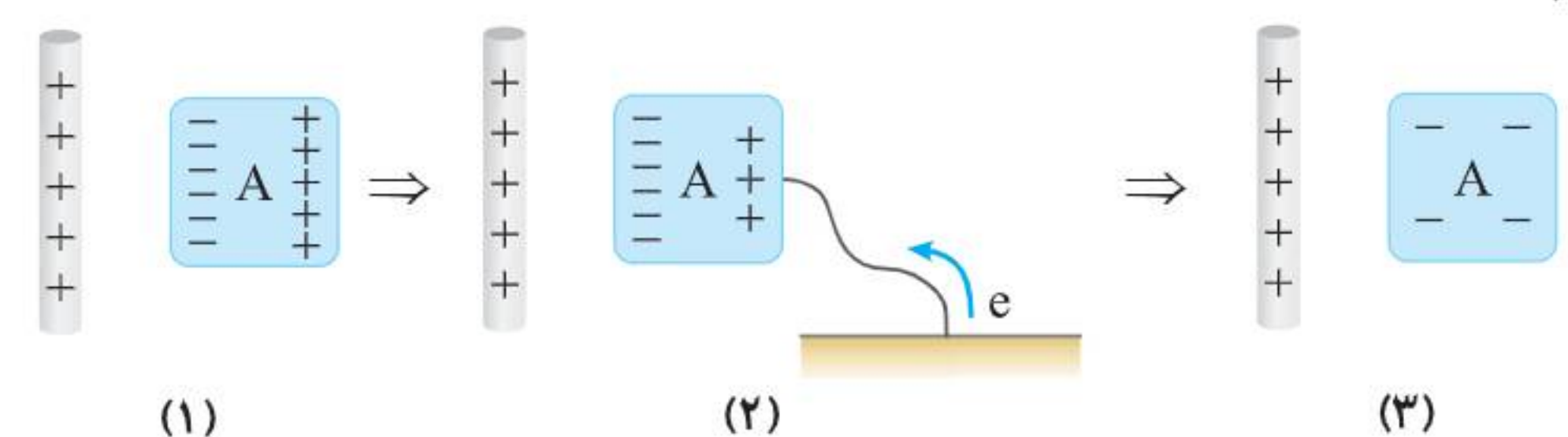
$$q'_A = q'_B \Rightarrow q_A - 0/4 = q_B + 0/4$$

$$q_B = -1/4 \text{ nC} \rightarrow q_A = -1/4 + 0/4 + 0/4 = -0/6 \text{ nC}$$

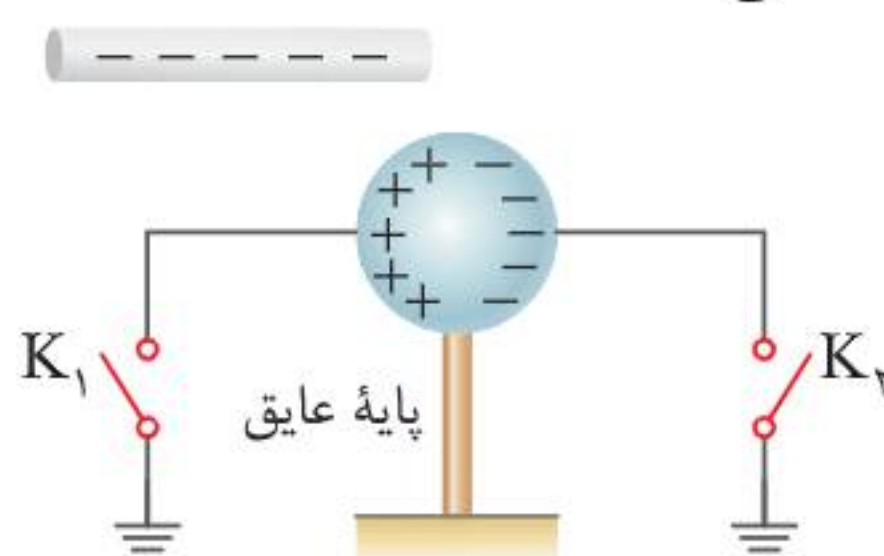
۲۱- گزینه ۴ اول این که در جسم B الکترون‌ها فقط در درون ذرات (مولکول‌ها) جابه‌جا شده‌اند و دوقطبی الکتریکی ایجاد کرده‌اند (یعنی الکترون در جسم آزادانه حرکت نمی‌کند). پس جسم B نارسا است.

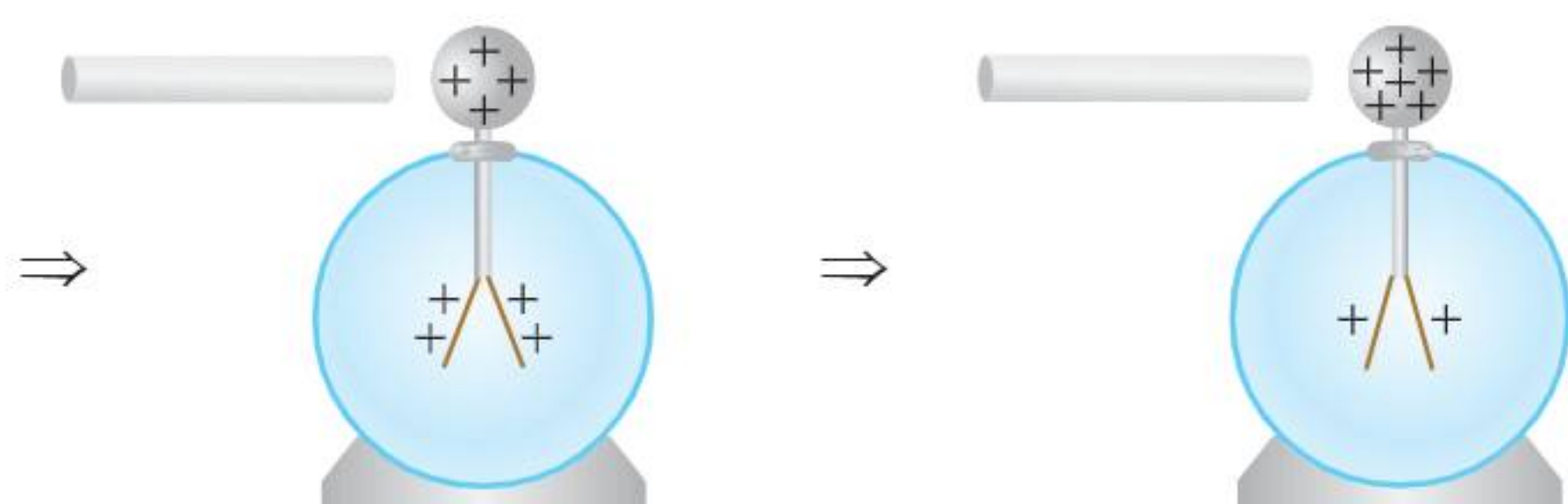
دوم این که میله A طرف مثبت دوقطبی‌های الکتریکی در جسم B را جذب و طرف منفی را دفع کرده است، پس بار میله A منفی است.

۲۲- گزینه ۱ مطابق شکل زیر، به خاطر نزدیک شدن میله با بار مثبت به جسم A، الکترون‌ها به سمت میله حرکت می‌کنند و در سمت چپ جسم A تجمع می‌کنند. با وصل کردن جسم A به زمین، الکترون‌ها از زمین به کره منتقل می‌شوند. در نهایت با جدا کردن سیم از زمین، جسم، بار الکتریکی منفی پیدا می‌کند.

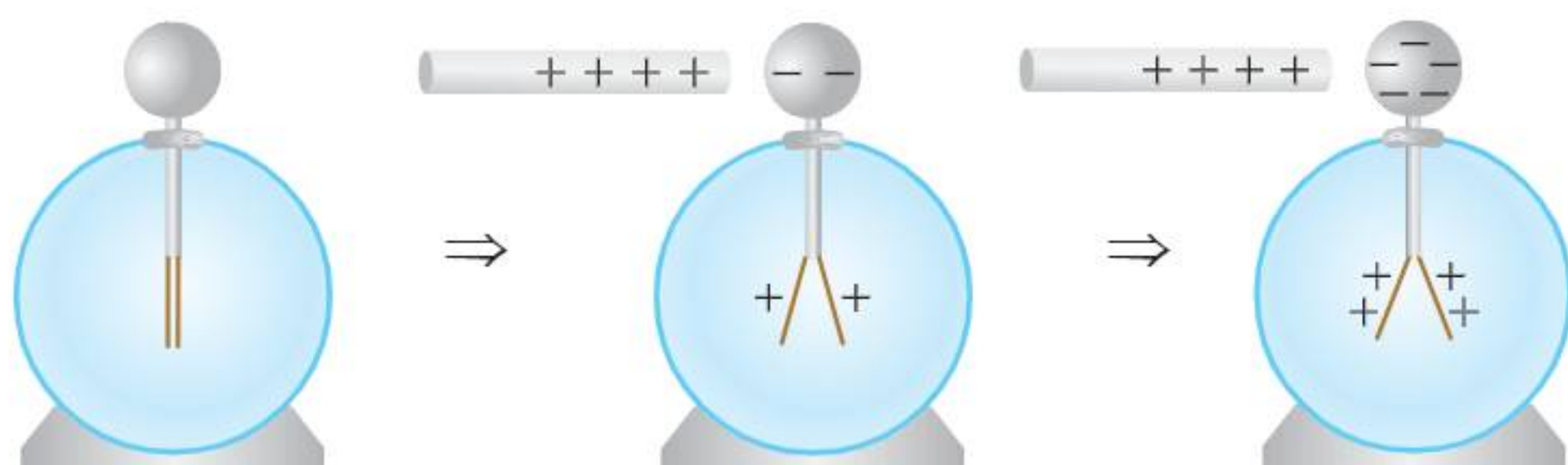


۲۳- گزینه ۴ در شکل زیر می‌بینیم که درون کره رسانا، بارهای مثبت در سمت چپ و بارهای منفی در سمت راست القا شده‌اند. این آرایش به ما می‌گوید که بار میله منفی است.

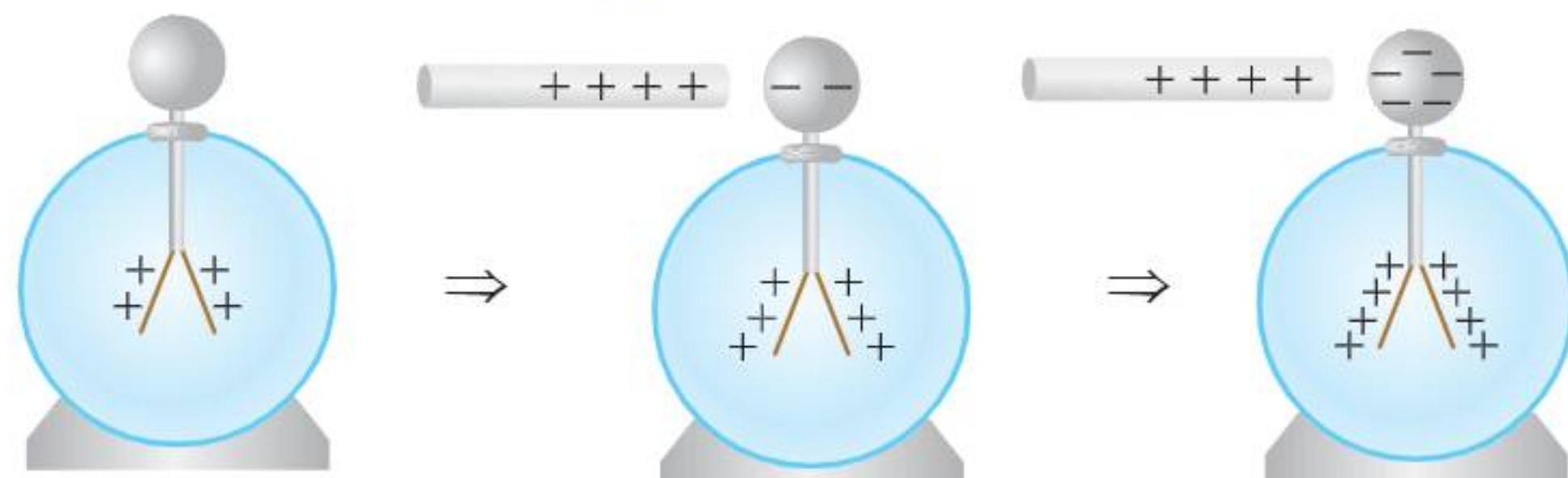




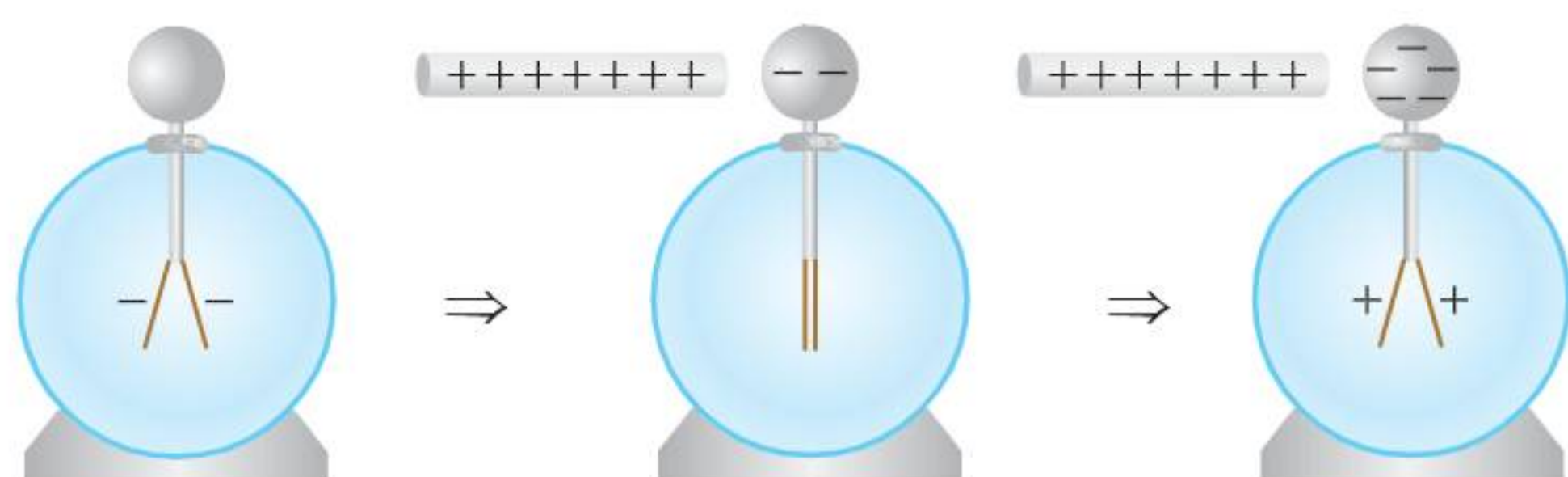
۳۷- گزینه ۲ وقتی الکتروسکوپ بدون بار باشد، ورقه‌ها از همان اول بسته‌اند. هر چه قدر میله باردار به الکتروسکوپ نزدیک شود، ورقه‌ها از یکدیگر بیشتر فاصله می‌گیرند؛ پس (۳) و (۴) حتماً نادرست‌اند. این موضوع را در شکل زیر می‌بینید:



حالا فرض کنیم بار ورقه‌های الکتروسکوپ مثبت است. در این صورت با نزدیک کردن میله با بار مثبت تعداد بیشتری بار مثبت روی ورقه‌ها القا می‌شود و در نتیجه فاصله ورقه‌ها بیشتر می‌شود؛ پس (۱) هم نادرست است.



حالا به بررسی تنها حالت باقی‌مانده یعنی (۲) می‌پردازیم. مطابق شکل زیر با نزدیک کردن میله با بار مثبت، بار منفی تیغه به کلاهک می‌رود و در نتیجه بار آن خنثی و تیغه‌ها بسته می‌شوند. با نزدیک کردن میله، الکترون بیشتری به کلاهک می‌رود؛ در نتیجه بار تیغه مثبت می‌شود. با مثبت شدن بار تیغه، تیغه‌ها دوباره از هم فاصله می‌گیرند.



۳۸- گزینه ۲ با تماس میله رسانای بدون بار به کلاهک الکتروسکوپ مثبت، بار میله مثل بار الکتروسکوپ، مثبت می‌شود. با نزدیک کردن این میله به کلاهک الکتروسکوپ بدون بار، بارهای منفی از ورقه به سمت کلاهک می‌روند؛ پس بار کلاهک منفی و بار ورقه‌ها مثبت می‌شود.

۳۹- گزینه ۱ در این تست، به نوعی الکتروسکوپ را به روش القا باردار می‌کنیم؛ پس بار القاشده در الکتروسکوپ مخالف بار تکه چوب خواهد بود؛ یعنی ورقه‌ها دارای بار مثبت و از هم دور می‌شوند.

۴۰- گزینه ۴ با توجه به جدول تریبو الکتریک داده شده در صورت سؤال، در اثر مالش دو جسم A و B به یکدیگر، جسم A مثبت و جسم B منفی می‌شود. **۴۱- گزینه ۳** در آزمایش اول جسم A را که بار آن مثبت است، به کلاهک الکتروسکوپ که بار آن هم مثبت است، نزدیک می‌کنیم، در نتیجه مطابق شکل‌های (الف) و (ب)، بارهای مثبت کلاهک دفع می‌شوند و به ورقه‌ها منتقل می‌شوند. در نتیجه ورقه‌ها که از قبل مثبت بودند، مثبت‌تر می‌شوند و از هم بیشتر فاصله می‌گیرند. (تا این جا عبارت (ب) درست و عبارت (الف) نادرست است.)



۲۹- گزینه ۳ تا قبل از تماس کره با گلوله آونگ الکتریکی، همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید، آونگ به دلیل جاذبه ناشی از القای بار الکتریکی در کره به سمت راست منحرف می‌شود.



بعد از تماس گلوله آونگ که بار مثبت دارد، با کره فلزی خنثی، کره هم بار مثبت پیدا می‌کند و به دلیل دافعه ناشی از بارهای مثبت، آونگ مطابق شکل مقابل به سمت چپ منحرف می‌شود.

۳۰- گزینه ۱ فقط در اجسام رسانا قابلیت جداسازی الکترون‌ها از هسته با روش القا وجود دارد. به عبارت دیگر همه اجسام چه رسانا و چه نارسنا دچار القای الکتریکی می‌شوند، اما فقط اجسام رسانا هستند که می‌توانند از این طریق باردار شوند.

۳۱- گزینه ۲ از آن جا که بادکنک باردار است، به خاطر پدیده القا، آب دوست دارد به بادکنک نزدیک شود!

۳۲- گزینه ۱ اول این که چون میله باردار و تکه آلومینیم و تکه کاغذ خنثی هستند، هر دو نیرو جاذبه‌اند. ضمناً چون آلومینیم رسانا و تکه کاغذ خنثی است، $F_1 > F_2$ است؛ چرا که نیروی بین دو رسانا به خاطر وجود الکترون‌های آزاد و شارش بیشتر جریان، قوی‌تر است.

۳۳- گزینه ۲ چون دو کره مثل هم هستند، پس از تماس بار هر کره

$$\frac{q_1 + q_2}{2} \text{ می‌شود. یعنی: } q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{6 - 2}{2} = 2 \mu\text{C}$$

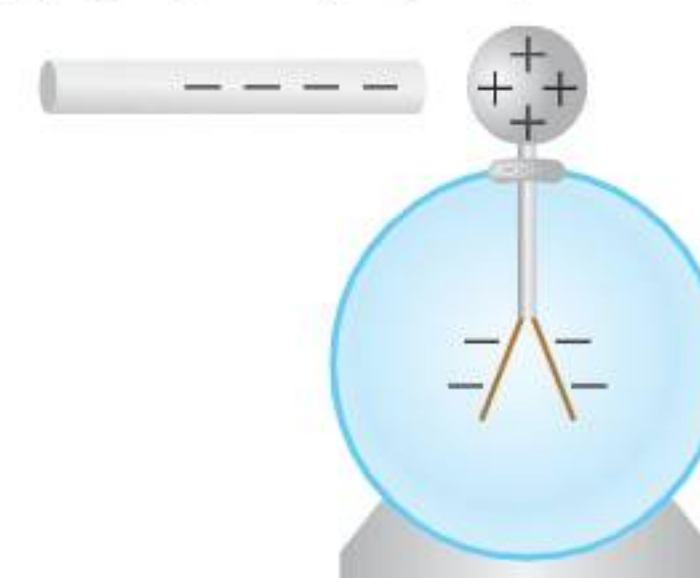
۳۴- گزینه ۴ ابتدا ببینیم بار هر کره پس از تماس، چند میکروکولن می‌شود:

$$q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2} = \frac{12 - 4}{2} = 4 \mu\text{C}$$

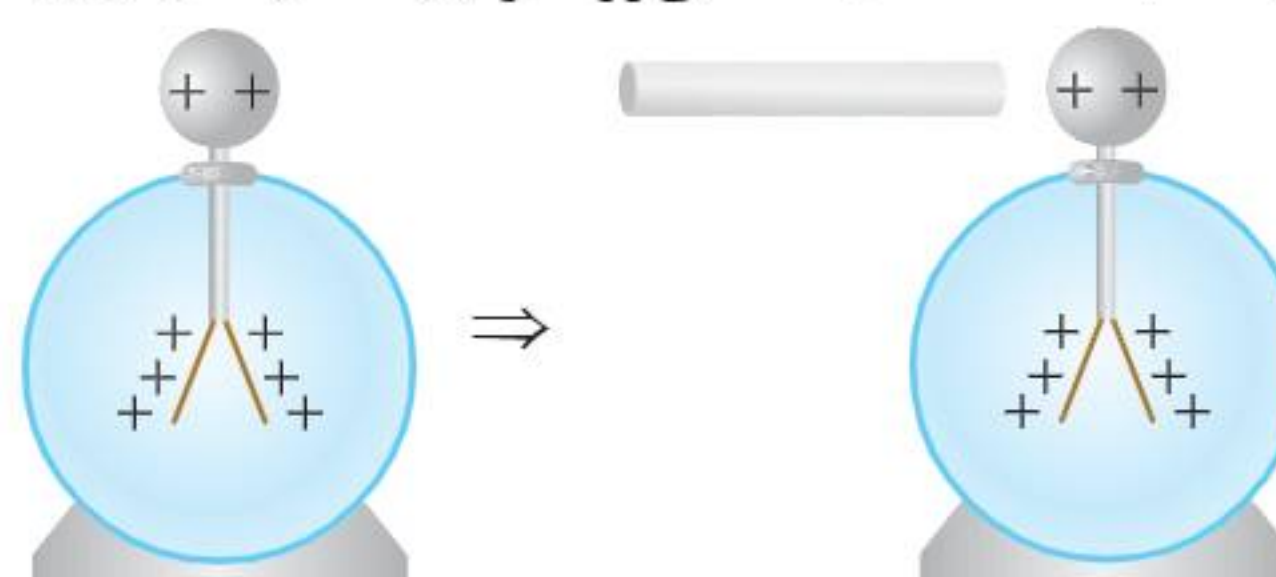
۴۵- گزینه ۳ برای آن که بار کره B از $4 \mu\text{C}$ به $-4 \mu\text{C}$ برسد باید به اندازه $8 \mu\text{C}$ الکترون از کره B به کره A برود (تا این جا (۱) و (۳) کنار رفتند)، اما چند الکترون؟ رابطه $q = ne$ ، تعداد الکترون‌ها را به ما می‌گوید:

$$q = ne \Rightarrow 8 \times 10^{-6} = n \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 5 \times 10^{13}$$

۳۵- گزینه ۳ مطابق شکل، با نزدیک کردن میله با بار منفی، الکترون‌های الکتروسکوپ از کلاهک به سمت ورقه‌ها می‌روند. بنابراین همان‌طور که در شکل می‌بینید، بار الکتریکی کلاهک مثبت و بار الکتریکی ورقه‌ها منفی می‌شود.



۳۶- گزینه ۲ چون الکتروسکوپ باردار است، وقتی میله آلومینیمی بدون بار را به تدریج به کلاهک نزدیک می‌کنیم، در میله بار مخالف القا می‌شود و بارهای الکتروسکوپ جذب میله می‌شوند. مطابق شکل با جذب بار توسط میله، بارهای روی ورقه‌ها به سمت کلاهک می‌روند و ورقه‌ها به آرامی بسته می‌شوند.



۴۴- گزینه ۱ با توجه به رابطه $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ ، اول این که با افزایش فاصله،

نیرو کاهش می‌یابد؛ پس (۳) و (۴) کنار می‌روند. دوم این که بین فاصله و نیرو رابطه خطی وجود ندارد؛ پس (۲) هم کنار می‌رود.

۴۵- گزینه ۴ برای سادگی محاسبات، k را برابر 90 قرار می‌دهیم تا فاصله

برحسب سانتی‌متر به دست آید:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow 18 = 90 \times \frac{5 \times 4}{r^2} \Rightarrow r^2 = 100 \Rightarrow r = 10 \text{ cm}$$

۴۶- گزینه ۱ با یک جای‌گذاری ساده طرفیم! دقت کنید که برای سادگی در محاسبات، باز هم k را برابر 90 قرار دادیم:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \xrightarrow{q_1 = q_2 = q} 90 = 90 \times \frac{q^2}{16}$$

$$\Rightarrow q^2 = 16 \Rightarrow q = 4 \mu\text{C}$$

۴۷- گزینه ۱ چون نیروی الکتریکی بین دو بار دافعه است، بار الکتریکی دو ذره باید همان‌نام باشد؛ پس بار الکتریکی نقطه دیگر حتماً مثبت است (۳) و (۴) حذف می‌شوند. حالا ببینیم که مقدار این بار چه قدر است:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow 0.18 = 90 \times \frac{4 q_2}{900} \Rightarrow q_2 = 2 \mu\text{C}$$

(از تکنیک $k = 90 \frac{\text{N}(\text{cm})^2}{(\mu\text{C})^2}$ استفاده کردیم.)

۴۸- گزینه ۴ داده‌ها را در رابطه نیروی الکتریکی جای‌گذاری می‌کنیم. برای راحتی بیشتر در محاسبه، فاصله را برحسب سانتی‌متر و k را برابر 90 قرار می‌دهیم تا q_1 برحسب میکروکولن به دست آید:

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \Rightarrow 0.02 = 90 \times \frac{5 q_1^2}{(300)^2} \Rightarrow 5 q_1^2 = 20$$

$$\Rightarrow q_1^2 = 4 \Rightarrow q_1 = 2 \mu\text{C}$$

۴۹- گزینه ۳ داده‌های سؤال را به زبان ریاضی می‌نویسیم:

$$\begin{cases} \text{فاصله را برحسب سانتی‌متر و } k \text{ را برابر } 90 \text{ قرار دادیم تا (۱)} & 25 = 90 \times \frac{q_1 q_2}{3600} \\ \text{بارها برحسب میکروکولن باشند} & \\ \text{فرض می‌کنیم } q_1 > q_2 \text{ است. (۲)} & q_1 - q_2 = 30 \Rightarrow q_1 = q_2 + 30 \end{cases}$$

حالا دو معادله و دو مجهول داریم که باید حلش کنیم. بهترین کار جای‌گذاری معادله (۲) در معادله (۱) است:

$$25 = 90 \times \frac{(q_2 + 30)(q_2)}{3600} \Rightarrow 1000 = (q_2 + 30)(q_2)$$

با توجه به گزینه‌ها، اگر $q_2 = 20 \mu\text{C}$ و $q_1 = 50 \mu\text{C}$ باشد، معادله درست خواهد بود.

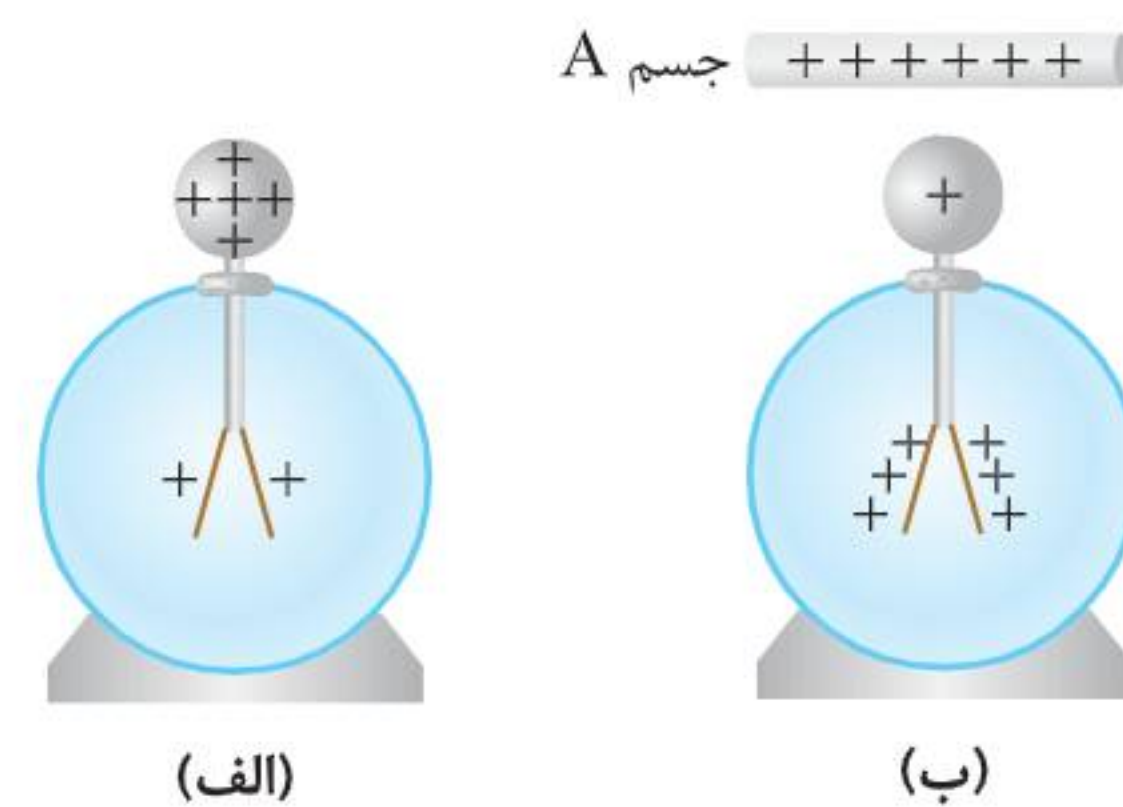
۵۰- گزینه ۴ جواب این تست را قانون سوم نیوتون می‌دهد؛ این قانون می‌گوید که: «اگر بار q_1 نیروی F را به بار q_2 وارد کند، بار q_2 هم همان نیروی F را به بار q_1 وارد می‌کند اما در خلاف جهت!»

۵۱- گزینه ۱ با توجه به قانون سوم نیوتون، اندازه نیرویی که دو ذره بر هم وارد می‌کنند با هم برابر است؛ یعنی $F_A = F_B$. برای مقایسه جرم دو جسم با هم، از رابطه $F = ma$ استفاده می‌کنیم:

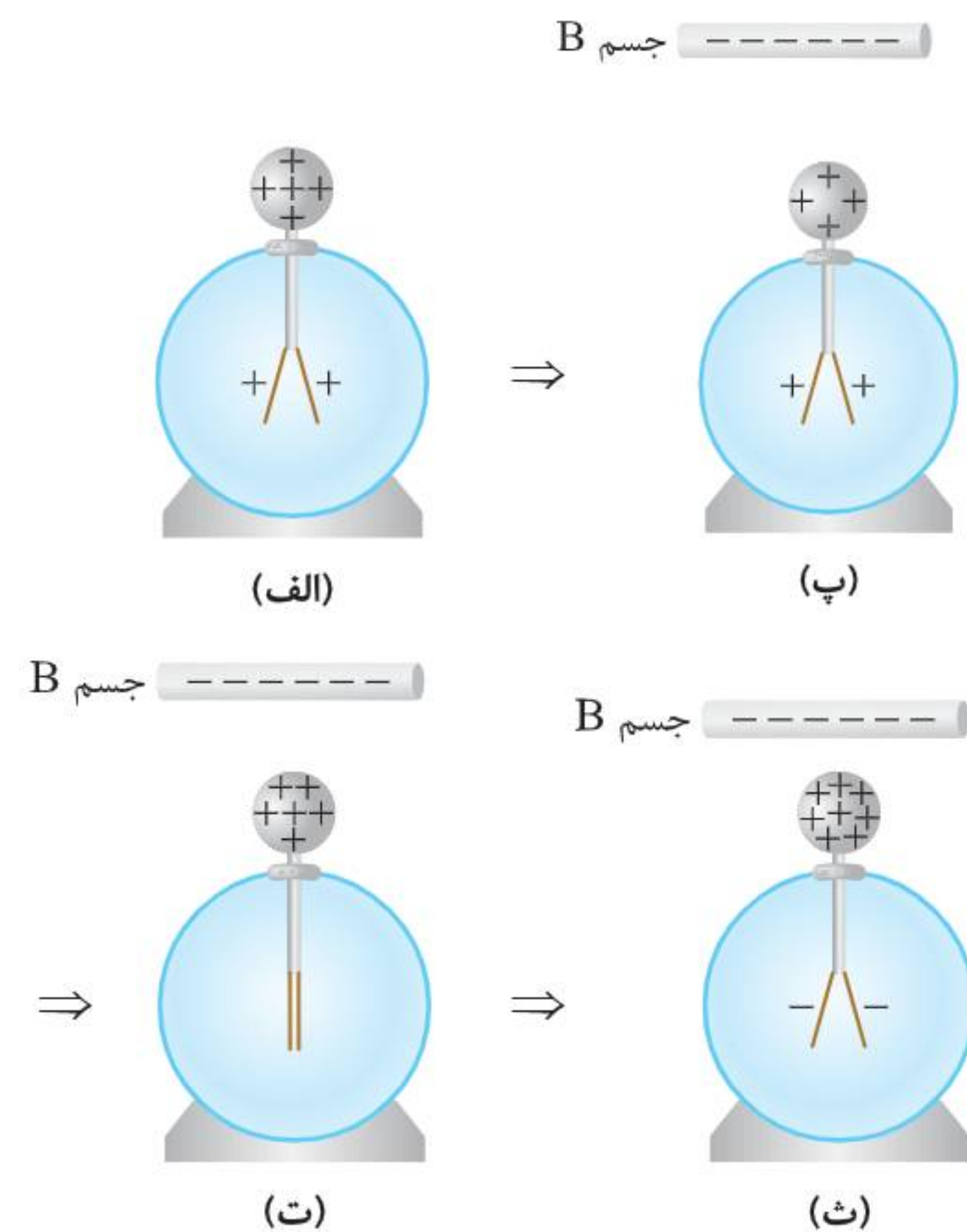
$$F_A = F_B \Rightarrow m_A a_A = m_B a_B$$

$$\xrightarrow{a_A = 2a_B} m_A \times 2a_B = m_B a_B \Rightarrow m_A = \frac{1}{2} m_B$$

توجه: بار الکتریکی ذرات تأثیری بر جواب نداشت!



گام ۱ در آزمایش دوم جسم B را که بار آن منفی است، به کلاهک الکتروسکوپ با بار مثبت نزدیک می‌کنیم. این دفعه مطابق شکل (پ)، از بار مثبت ورقه‌ها کم می‌شود و به بار مثبت کلاهک افزوده می‌شود. اگر جسم B را بیشتر به کلاهک نزدیک کنیم، مانند شکل‌های (ت) و (ث) بار مثبت ورقه‌ها ابتدا به صفر می‌رسد و سپس منفی می‌شود. در واقع در این آزمایش ابتدا ورقه‌ها به هم نزدیک و سپس از هم دور می‌شوند. (عبارت (پ) هم درست است.)



۴۱- گزینه ۴ زاویه بین ورقه‌های الکتروسکوپ کاهش یافته، در نتیجه بار میله و بار اولیه الکتروسکوپ باید مخالف یکدیگر باشد. با توجه به سری تریبو الکتریک، میله‌های چوبی، نقره‌ای و پلاستیکی هنگام مالش با پارچه ابریشمی دارای بار منفی شده (چون نسبت به ابریشم به انتهای منفی سری نزدیک‌ترند) و بنابراین بار الکتروسکوپ باید مثبت باشد (نادرستی (۱) و (۳) و درستی (۴)). هم‌چنین بار میله سربی هنگام مالش با پارچه ابریشمی مثبت شده (چون نسبت به ابریشم به انتهای مثبت سری نزدیک‌تر است) و بنابراین بار الکتروسکوپ باید منفی باشد (نادرستی (۲)).

۴۲- گزینه ۲ مطابق رابطه $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ ، بزرگی نیروی الکتریکی بین

دو ذره با حاصل ضرب اندازه بار الکتریکی دو ذره (اندازه بار هر یک از آن‌ها) نسبت مستقیم و با مربع فاصله بین آن‌ها نسبت وارون دارد.

۴۳- گزینه ۴ (۱) از رابطه $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ ، k را برحسب دیگر کمیت‌ها به

دست می‌آوریم و سپس یکاها را جای‌گذاری می‌کنیم تا یکای k مشخص شود:

$$k = \frac{F r^2}{q_1 q_2} \Rightarrow \text{یکای } k \equiv \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2}$$

(۲) از آنجایی که بین k و ϵ_0 رابطه $k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$ برقرار است، می‌فهمیم که

$$\text{یکای } \epsilon_0 \text{ معکوس یکای } k \text{ است؛ یعنی } \epsilon_0 \equiv \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}$$