

راستی حال فیزیکت چطوره؟ بیشتر از یک ساله که باهاش (به عنوان یک درس مستقل) آشنا شدی. حالا اگه یکی ازت بپرسه «حال فیزیکت چطوره؟» بهش چی می‌گی؟ «عالی! من آخر فیزیکم و خیلی خفنم!» یا «برو عمو! اگه میتونستم بلاکش می‌کردم!» یا «هیچی نگو! من و فیزیک فقط دوست معمولی‌ایم! (Just friend!)». شاید بگی: «من دلم می‌خواد حال فیزیکم خوب باشه ولی نمی‌دونم چه کار کنم!»

اگه از من بپرسی، می‌گم کار خاصی نمی‌خواد بکنی؛ فقط خوب درکش کن! یعنی با دقت بخونش، بفهمش و به اندازه کافی مسئله‌هاش رو حل کن. کم‌کم احساس می‌کنی که وقتی اسمش میاد، بند دلت پاره می‌شه. اونم در عوض یه حس خفنیّت خاص بهت القا می‌کنه (تو فیزیک القا زیاد داریم مثل القای الکتریکی، القای الکترومغناطیسی و ...). البته با این حرف هم موافقم که کتابی که می‌خونی، باید کتاب باحال و جذابی باشه؛ (مثل همین کتاب فیزیک ماجراها 📖) تا آدم بتونه باهاش ارتباط بزنه. این رو هم بگم که کتاب خوب نوشتن، کار سخت و طاقت‌فرسائییه و اگه یه وقت کتاب خوبی دیدین، بدونین مولفش خیلی دوستون داره.

این کتاب رو دو نفر از مؤلفای خوب خیلی‌سبز نوشتن که حرفه‌ای و آدم‌حسابی‌ان. یکی مهدی هاشمی که با مهدی هاشمی‌های دیگه هیچ نسبتی نداره و خودش برای خودش یه مهدی هاشمیه و یکی دیگه علی انواری که خیلی آقا و گله و خوش‌اخلاق‌ترین و سخت‌کوش‌ترین انواریه که ما تا حالا دیدیم. ما شاهدیم این دو نفر برای تألیف این کتاب بسیار وقت و فکر گذاشتن. دستشون درست!

اما تا یه کتاب بخواد کتاب بشه، به‌جز مؤلفا خیلای دیگه هم زحمت می‌کشن که ما قدردان همه‌شون هستیم. ولی همیشه چند نفر هستن که زحمت‌تر می‌کشن! و نمی‌شه راحت از اسمشون گذشت:

خانم انسیه‌سادات میرجعفری واقعا خسته نباشی، از این همه پیگیری و پیگیری و پیگیری.

برویچه‌های واحد تولید که حماسه می‌آفرینن و خیلی وقتا از صبح کله سحر تا ساعت یازده دوازده شب بی‌وقفه کار می‌کنن تا کتابارو به بهترین شکل ممکن برسونن. از دم، دم همه‌تون گرم.

و برای تو رفیق یازدهمی خودم آرزو می‌کنم با فیزیکت ماجراهای خوبی داشته باشی و حال خودت و فیزیکت همیشه خوب باشه.

از آن جایی که درس فیزیک هم در امتحان نهایی ها و هم در کنکور نقش فعالی را بازی می کند! باید یک بار برای همیشه این درس را به طور عمیق و کامل یاد بگیرید. از طرفی این را باید بدانید که در امتحان نهایی فیزیک باید راه حل هایی را بنویسید که در کتاب درسی به آن اشاره شده است و نمی توانید از روش های تستی در آن استفاده کنید. این موضوعات باعث شد ما تصمیم بگیریم که کتاب ماجرای بیست فیزیک ۱۱ را طوری بنویسیم که شما با خواندن آن و تمرین و تکرار روی آن به اهداف زیر برسید:

۱ یادگرفتن و حفظ شدن تمام تعاریف، مفاهیم و حفظیات آشکار و پنهان کتاب درسی ۲ یادگرفتن و حفظ شدن تمامی فرمول های فیزیک ۱۱ ۳ نحوه به کار بردن مفاهیم و فرمول ها در حین مواجهه با پرسش ها و مسئله ها ۴ کسب مهارت حل مسئله ۵ تسلط روی مثال ها، پرسش ها و تمرین های کتاب درسی کتاب ماجرای بیست فیزیک شامل ۴ بخش عمده است که هر کدام را به طور مختصر برایتان توضیح می دهیم:

بخش ۱: درس نامه

ما هر فصل را به قسمت های کوچک تری تقسیم کرده ایم و برای هر کدام از آن قسمت های کوچک یک درس نامه خوب و کاربردی نوشته ایم. در این بخش تمامی مفاهیم، تعاریف، فرمول ها و نکات ریز و درشت کتاب درسی بیان شده است و با مثال های فراوان به آن ها عمق بخشیده شده است تا با خواندن آن همه چیز را برای امتحان نهایی یاد گرفته باشید.

تیترها، کادرها و آیکن های مورد استفاده در درس نامه

تیتتر اصلی این تیتتر موضوع اصلی یک قسمت از درس نامه را مشخص می کند. مثلاً: **بار الکتریکی**

تیتتر فرعی این تیتتر موضوع بخشی از یک تیتتر اصلی را بیان می کند. مثلاً: **نماد و یکای بار الکتریکی**

تیتتر جزئی این تیتتر موضوع یک مبحث از تیتتر فرعی را بیان می کند. مثلاً: **چرا مثبت و منفی بله؟ چرا کامران و هومن نه؟! کادרהای «فرمول» و «تعریف»:** همه فرمول ها و تعریف هایی را که شما باید حفظ باشید، داخل کادر قرار داده ایم. مثل تعریف و فرمول تندی متوسط:

اصل کوانتیده بودن بار: همیشه بار الکتریکی مشاهده شده در اجسام، مضرب درستی (صحیحی) از بار بنیادی (e) است (یعنی $q = \pm ne$).

کادر «این رو بخون که یاد بگیری»: در این کادرها به شما گفته ایم چه طور از فرمول یا تعریفی که یاد گرفته اید، استفاده کنید؛ مثلاً در کادر زیر به شما گفته ایم که چه طور می توانید از فرمول $q = \pm ne$ برای به دست آوردن مقدار بار الکتریکی در یک مسئله استفاده کنید.

این رو بخون که یاد بگیری

(در صفحه ۸ کتاب مشاهده کنید.)

کادر «حالا خودت جواب بده»: نوبتی هم باشه نوبت شماست! ما تعریف، فرمول و نحوه به کار بردن آن ها را برایتان گفتیم، حالا شما باید خودتان دست به کار شوید و آن ها را در یک سؤال به کار ببرید. این شما و این کادر حالا خودت جواب بده.

حالا خودت جواب بده

(در صفحه ۸ کتاب مشاهده کنید.)

کادر «کتاب درسی زیر ذره بین»: بعضی از جزئیات در کتاب درسی رفتن گوشه - کنارها مخفی شدن. در این کادر به این موارد پرداختیم. **آیکن ها:** در درس نامه به آیکن هایی مثل **نکته**، **توجه**، **تذکره** و ... برخورد می کنید. همان طور که از اسمشان مشخص است باید دقتتان هنگام خواندن این جا چند برابر شود.

بخش ۲: سؤال های امتحانی

بعد از درس نامه هر درس سؤال های امتحانی آن درس قرار گرفته است. این سؤال ها شامل سؤال های امتحان نهایی های سال های گذشته به صورت طبقه بندی شده، سؤال های مشابهت سازی شده مثال ها و تمرین های کتاب درسی و سؤال های تألیفی سخت و پیشرو است که به شما این اطمینان را بدهد که هر سؤالی که در امتحان نهایی فیزیکتان می آید، عین آن و یا مشابهش را قبلاً در کتاب فیزیک یازدهم ماجرای بیست دیده اید.

بخش ۳: پاسخ تشریحی

تمام سؤال های امتحانی این کتاب پاسخ تشریحی دارند تا هر موقع نتوانستید که سؤالی را حل کنید، با خیال راحت بروید سراغ بخش پاسخ تشریحی و آن جا مشکلاتان را حل کنید.

بخش ۴: امتحان های نوبت اول و دوم

۲ امتحان نوبت اول و ۳ امتحان نوبت دوم (که یکیش طراحی شده توسط دبیرخانه کشوری فیزیک است و ۲ تاش هم امتحان نهایی خرداد ۱۴۰۳ و خرداد ۱۴۰۴) به همراه پاسخ در انتهای کتاب قرار گرفته است که چیزی برای ۲۰ گرفتن در امتحان نوبت اول و امتحان نهایی کم نداشته باشید!

فهرست

فصل اول: الکتریسیته ساکن

۷	درس اول: مفاهیم اولیه بار الکتریکی
۱۱	درس دوم: روش‌های باردار کردن اجسام
۱۹	درس سوم: قانون کولن
	درس چهارم: اصل برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی و بررسی این اصل برای نیروهای هم‌راستا
۲۵	درس پنجم: بررسی اصل برهم‌نهی نیروهای الکتروستاتیکی برای بارهای غیرهم‌راستا
۲۹	درس ششم: میدان الکتریکی
۳۲	درس هفتم: اصل برهم‌نهی میدان‌های الکتریکی
۳۷	درس هشتم: خطوط میدان الکتریکی
۴۳	درس نهم: نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی در میدان الکتریکی و آزمایش میلیکان
۴۶	درس دهم: انرژی پتانسیل الکتریکی
۵۰	درس یازدهم: پتانسیل الکتریکی
۵۶	درس دوازدهم: میدان الکتریکی در داخل رسانا
۶۵	درس سیزدهم: چگالی سطحی بار الکتریکی
۷۰	درس چهاردهم: خازن
۷۲	درس پانزدهم: انرژی خازن و بررسی تأثیر تغییرات ساختمان خازن بر کمیت‌های مختلف
۷۹	

فصل دوم: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم

۸۴	درس اول: جریان الکتریکی چیست؟
۸۹	درس دوم: مقاومت الکتریکی
۹۴	درس سوم: عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی
۹۸	درس چهارم: اثر دما بر مقاومت اجسام

درس پنجم: انواع مقاومت‌ها و کدهای رنگی مقاومت‌های

۱۰۳	کربنی
۱۰۶	درس ششم: مقاومت‌های خاص
۱۱۰	درس هفتم: نیروی محرکه الکتریکی
۱۱۲	درس هشتم: مدار تک‌حلقه
	درس نهم: اختلاف پتانسیل دو سر یک منبع نیروی محرکه الکتریکی واقعی
۱۱۸	درس دهم: توان الکتریکی
۱۲۴	درس یازدهم: توان در منبع نیروی محرکه الکتریکی
۱۳۰	درس دوازدهم: به هم بستن متوالی (سری) مقاومت‌ها
۱۳۵	درس سیزدهم: قاعده انشعاب
۱۳۹	درس چهاردهم: به هم بستن موازی مقاومت‌ها
۱۴۲	درس پانزدهم: اتصال مختلط مقاومت‌ها
۱۴۹	

فصل سوم: مغناطیس

۱۵۷	درس اول: مغناطیس
۱۶۰	درس دوم: میدان مغناطیسی
	درس سوم: نیروی وارد بر ذره باردار متحرک در میدان مغناطیسی
۱۶۵	درس چهارم: نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان
۱۷۱	درس پنجم: میدان مغناطیسی حاصل از جریان الکتریکی
۱۷۶	درس ششم: نیروی بین سیم‌های حامل جریان
۱۸۰	درس هفتم: میدان مغناطیسی ناشی از حلقه دایره‌ای و پیچ مسطح حامل جریان
۱۸۲	درس هشتم: میدان مغناطیسی حاصل از سیم لوله‌حامل جریان
۱۸۶	درس نهم: ویژگی‌های مغناطیسی مواد
۱۹۱	

امتحانات

۳۰۶	 نمونه امتحان نوبت اول (امتحان شماره ۱)
۳۰۸	 نمونه امتحان نوبت اول (امتحان شماره ۲)
۳۱۰	 نمونه امتحان نوبت دوم (امتحان شماره ۳)
۳۱۲	 نمونه امتحان نوبت دوم (نهایی خرداد ۱۴۰۳)
۳۱۴	 نمونه امتحان نوبت دوم (نهایی خرداد ۱۴۰۴)
۳۱۷	 پاسخ سؤال‌های امتحانی

فصل چهارم: القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب

۱۹۷	 درس اول: القای الکترومغناطیسی
۱۹۹	 درس دوم: قانون القای الکترومغناطیسی فاراده
۲۰۸	 درس سوم: قانون لنز
۲۱۲	 درس چهارم: القاگرها
۲۱۹	 درس پنجم: جریان متناوب

پاسخ‌نامه تشریحی

۲۲۹

درس ۱: مفاهیم اولیه بار الکتریکی

بیایید فصل را با یک خاطره مشترک آغاز کنیم. خیلی از ماها، در دوران کودکی جوراب پایمان می‌کردیم، کف پایمان را روی فرش می‌کشیدیم و سپس نوک انگشتانمان را به دستگیره در می‌زدیم و از ایجاد جرقه و صدای آن لذت می‌بردیم. شاید آن موقع نمی‌دانستیم که منشأ این موضوع چیست، ولی آن را تجربه کرده بودیم. فیلسوفان یونانی باستان هم تجربه‌های مشابهی داشتند. آن‌ها هم وقتی خرده‌های کاه را با کهربا مالش می‌دادند و می‌دیدند که کهربا و خرده‌های کاه یکدیگر را جذب می‌کنند، مثل ما در دوران کودکی‌مان، علت آن را نمی‌دانستند. البته الان شما می‌دانید که منشأ هر دو پدیده یکسان است و آن چیزی نیست جز بار الکتریکی. *درسته که یونانیان باستان بر خلاف شما افراد آگاهی نبودند!* اما مشاهدات آن‌ها پایه‌گذار علمی شد که اسم آن از واژه کهربا در یونانی گرفته شده است. کهربا در یونانی می‌شود الکترون!

بار الکتریکی

بار الکتریکی خاصیتی است که برخی از ذرات بنیادی (یعنی ذرات سازنده جهان) دارند. یکی از این ذرات الکترون است که بار منفی دارد. ذرات دیگری هم وجود دارند که بار مثبت دارند. در حالت عادی مقدار بار منفی و مثبت اجسام برابر است و جسم خنثی است. اما وقتی این تعادل به هم بریزد، اجسام باردار می‌شوند. یادتان باشد که بسیاری از پدیده‌هایی که در اطرافمان می‌بینیم، منشأ الکتریکی دارند که چند نمونه از آن‌ها را در زیر می‌بینید:

نمونه: به هم پیوستن اتم‌ها به هم و ایجاد مولکول، پیام‌های عصبی در اعصاب، چسبیدن سلوفان به ظرف پلاستیکی، بالارفتن یک مارمولک از دیوار و ... همگی منشأ الکتریکی دارند.

نماد و یکای بار الکتریکی

بار الکتریکی که در فیزیک آن را با حرف q یا Q نشان می‌دهیم، مانند بیشتر کمیت‌های فیزیکی دیگر، یکا دارد. این یکا در SI، کولن نامیده می‌شود که آن را با C نمایش می‌دهیم. یکای کولن بسیار بزرگی است. به همین خاطر بیشتر بارهایی که ما با آن‌ها سروکار داریم، در حدود میکروکولن ($1 \mu C = 10^{-6} C$) و نانوکولن ($1 nC = 10^{-9} C$) هستند.

نکته: بار الکتریکی یک کمیت فرعی است و یکای آن یعنی کولن برحسب دو یکای اصلی آمپر و ثانیه تعریف می‌شود. یک کولن برابر است با: $1 A \cdot s$ (این موضوع را برایتان به طور کامل در فصل ۲ بررسی خواهیم کرد)

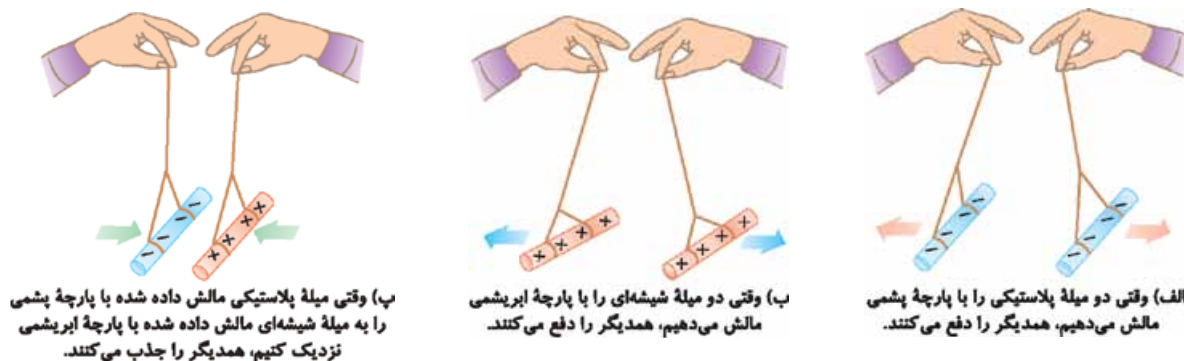


نمونه: آذرخش (مثل آذرخشی که در عکس روبه‌رو به آنتن برج میلاد برخورد کرده است)، حدود $10^9 C$ بار دارد. این موضوع بیانگر بزرگ بودن یکای کولن است.

نمونه: موقع شانه‌کردن موهایتان با یک شانه پلاستیکی، بارهای منتقل شده از مرتبه نانوکولن ($1 nC$) هستند.

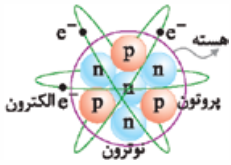
از کجا فهمیدیم دو نوع بار داریم؟

یکی از پدیده‌هایی که در مورد اجسام باردار مشاهده می‌کنیم، این است که آن‌ها به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. آزمایش‌هایی مانند آزمایش‌های شکل زیر، نشان دادند که نیروی الکتریکی بین اجسام باردار به دو صورت جاذبه و دافعه است. این موضوع بیانگر این است که بار اجسام باردار نباید از یک نوع باشند؛ چون، اگر بار اجسام مختلف از یک نوع بود، اجسام باردار یا یکدیگر را جذب یا یکدیگر را دفع می‌کردند و هر دو حالت رخ نمی‌داد. به همین خاطر دانشمندان دو نوع بار ناهم‌نام مثبت و منفی در نظر گرفتند که این موضوع را توجیه کنند. آن‌ها فهمیدند که: بارهای هم‌نام (مثبت و مثبت / منفی و منفی) یکدیگر را دفع و بارهای ناهم‌نام (مثبت و منفی) یکدیگر را جذب می‌کنند.



چرا مثبت و منفی بله؟ چرا کامران و هومن نه؟! نام‌گذاری بارهای الکتریکی به صورت مثبت و منفی، از کارهای بنیامین فرانکلین دانشمند آمریکایی بود. او می‌توانست هر نام دیگری برای این دو نوع بار انتخاب کند، ولی انتخاب او خوبی‌هایی دارد. یکی از خوبی‌های این نام‌گذاری این است که در یک جسم خنثی که به مقدار مساوی از بارهای مثبت و منفی وجود دارد، جمع جبری بارهای جسم صفر می‌شود و برای سایر اجسام می‌توانیم بارها را با زبان ریاضی بیان کنیم.

بار اجزای اتم و انتقال بار



هر اتم از دو جزء اصلی یعنی هسته (با بار مثبت) و الکترون‌ها (با بار منفی) تشکیل شده است. همان‌طور که در شکل مقابل می‌بینید، خود هسته‌ها هم از دو نوع ذره ریز تشکیل شده‌اند:

۱ نوترون‌ها که بدون بار هستند.

۲ پروتون‌ها که بار هسته حاصل از بار مثبت آن‌ها است.

اندازه بار اجزای اتم اندازه بار یک الکترون و یک پروتون بدون در نظر گرفتن علامت آن‌ها با هم برابر است. این مقدار تقریباً برابر با $e \approx 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$ است و به آن بار بنیادی یا بار پایه گفته می‌شود. بار هر الکترون برابر با $-e$ و بار هر پروتون برابر با $+e$ است.

نکته در یک اتم خنثی، تعداد الکترون‌ها برابر تعداد پروتون‌ها است؛ در نتیجه همان‌طور که انتظار داریم، جمع جبری بارها صفر می‌شود.

الکترون عامل انتقال بار زمانی که یک میله پلاستیکی را به یک پارچه پشمی مالش می‌دهیم، هر دو جسم باردار می‌شوند. در موقع انجام این کار، تعدادی الکترون از سطح پارچه کنده و به سطح جسم پلاستیکی منتقل می‌شوند؛ اما، هسته‌ها و در نتیجه پروتون‌ها جابه‌جا نمی‌شوند. به خاطر این موضوع، پارچه پشمی که با از دست دادن الکترون، تعداد پروتون‌هایش بیشتر از تعداد الکترون‌هایش شده، دارای بار خالص مثبت می‌شود. از طرف دیگر، بار میله پلاستیکی با گرفتن الکترون، منفی می‌شود؛ چون، تعداد الکترون‌های آن بیشتر از تعداد پروتون‌هایش شده است.

یادآوری: به تعداد پروتون‌های یک اتم عدد اتمی می‌گوییم و آن را با نماد Z نمایش می‌دهیم. عدد اتمی برای یک نوع اتم، مقدار ثابتی است و تغییر نمی‌کند.

جمع‌بندی

$n_e = n_p \Rightarrow q = 0$	مساوی بودن تعداد الکترون‌ها و تعداد پروتون‌ها	خنثی بودن جسم
$n_e > n_p \Rightarrow q < 0$	بیشتر شدن تعداد الکترون‌ها از تعداد پروتون‌ها	منفی شدن بار جسم
$n_e < n_p \Rightarrow q > 0$	کم‌تر شدن تعداد الکترون‌ها از تعداد پروتون‌ها	مثبت شدن بار جسم

بار کوانتیده است

اول بگوییم که **کوانتیده‌بودن** یعنی **گسسته‌بودن**. مثلاً تعداد خودکارهای شما کوانتیده است؛ یعنی شما می‌توانید آن‌ها را دانه‌دانه بشمارید و مثلاً شما نمی‌توانید $2/7$ خودکار داشته باشید، یا 2 تا خودکار دارید یا 3 تا! در واقع کوانتیده‌بودن در مقابل پیوسته‌بودن است. مثلاً زمان پیوسته است و شما نمی‌توانید آن را دانه‌دانه بشمارید.

با توجه به مطالب بیان‌شده، می‌فهمیم که مقدار بار الکتریکی یک جسم، با تعداد الکترون‌هایی که جسم می‌گیرد یا از دست می‌دهد، متناسب است و داریم:

$$q = \pm ne \begin{cases} \Rightarrow q = +ne & \text{از دست دادن } n \text{ الکترون} \\ \Rightarrow q = -ne & \text{گرفتن } n \text{ الکترون} \end{cases}$$

در رابطه بالا، n باید اعداد حسابی یعنی $0, 1, 2, \dots$ باشد و نمی‌تواند اعدادی مثل $2/5, 2/3, \sqrt{2}, \dots$ باشد؛ چون الکترون ناقص نداریم. به همین خاطر می‌گوییم که بار کوانتیده است و این موضوع را به صورت اصل زیر بیان می‌کنیم:

اصل کوانتیده‌بودن بار: همیشه بار الکتریکی مشاهده‌شده در اجسام، مضرب درستی (صحیحی) از بار بنیادی (e) است (یعنی $q = \pm ne$).

نکته از مطالب بالا می‌فهمیم که اندازه کوچک‌ترین باری که می‌تواند به طور مستقل وجود داشته باشد، برابر با بار بنیادی یعنی $1e$ است.

این روبخون که یادگیری

مثال اگر بار الکتریکی یک میله پلاستیکی -128 nC باشد، یعنی این میله 8×10^{11} الکترون گرفته و تعداد الکترون‌های آن 8×10^{11} تا بیشتر از تعداد پروتون‌هایش شده است.

حالا خودت جواب بده

مثال بار الکتریکی جسمی $-1/6 \mu\text{C}$ است. تعداد پروتون‌های این جسم از تعداد الکترون‌هایش بیشتر است یا کمتر؟ چقدر؟

پاسخ بار منفی است؛ پس جسم الکترون گرفته و تعداد پروتون‌ها از الکترون‌ها کمتر است؛ اما، برای این که بفهمیم جسم چقدر پروتون کمتر از الکترون دارد، باید از رابطه $q = -ne$ کمک بگیریم:

$$q = -ne \Rightarrow -1/6 \times 10^{-6} \text{ C} = -n \times 1/6 \times 10^{-19} \text{ C} \Rightarrow n = \frac{10^{-6} \text{ C}}{10^{-19} \text{ C}} = 10^{13}$$

یعنی تعداد پروتون‌های جسم 10^{13} تا کمتر از تعداد الکترون‌های آن است!

مثال عدد اتمی اکسیژن ۸ است ($Z = 8$):

(الف) در حالت خنثی چند پروتون در هسته و چند الکترون در اطراف هسته وجود دارد؟

(ب) بار هسته یون O^{2-} را برحسب نانوکولن به دست آورید.

(پ) مجموع بار الکترون‌های یون O^{2-} چند کولن است؟

(ت) بار خالص یون O^{2-} برحسب میکروکولن چه قدر است؟

پاسخ الف عدد اتمی بیانگر تعداد پروتون‌های داخل هسته است؛ بنابراین تعداد پروتون‌های اتم اکسیژن ۸ تا است. از طرفی در حالت خنثی تعداد الکترون‌ها با تعداد پروتون‌ها مساوی است؛ پس تعداد الکترون‌های اتم اکسیژن خنثی همان ۸ تا است.

ب وقتی یک اتم تبدیل به یون می‌شود، فقط تعداد الکترون‌های آن تغییر می‌کند و تعداد پروتون‌های آن ثابت می‌ماند؛ پس تعداد پروتون‌های یون O^{2-} همان ۸ تا است. از طرفی می‌دانیم که بار پروتون $C = +1/6 \times 10^{-19}$ است؛ پس:

$$q_{\text{هسته}} = +n_p e = 8 \times 1/6 \times 10^{-19} C = 12/8 \times 10^{-19} C = 1/28 \times 10^{-9} nC$$

پ در یون O^{2-} تعداد الکترون‌ها ۲ تا بیشتر از پروتون‌ها است؛ پس تعداد الکترون‌های یون O^{2-} برابر با $8 + 2 = 10$ است. بار این تعداد الکترون برابر است با:

$$q_{\text{الکترون‌ها}} = -n_e e = -10 \times 1/6 \times 10^{-19} C = -16 \times 10^{-19} C = -1/6 \times 10^{-18} C$$

ت بار خالص یون O^{2-} برابر با اختلاف تعداد پروتون‌ها و الکترون‌ها ضرب در بار پایه است. با توجه به این که یون O^{2-} ، ۲ تا الکترون بیشتر دارد، داریم:

$$q_{\text{خالص}} = -ne = -2 \times 1/6 \times 10^{-19} C = -3/2 \times 10^{-19} C = -3/2 \times 10^{-13} \mu C$$

همان‌طور که در زیر می‌بینید، این مقدار برابر با مجموع بار هسته و بار الکترون‌های اطراف آن است.

$$q_{\text{خالص}} = q_{\text{هسته}} + q_{\text{الکترون‌ها}} = 12/8 \times 10^{-19} C + (-16 \times 10^{-19} C) = -3/2 \times 10^{-19} C = -3/2 \times 10^{-13} \mu C$$

دستگاه منزوی: در میحث الکتریسیته، به دستگاهی منزوی می‌گوییم که نه از محیط اطراف خود بار بگیرد و نه به آن بار بدهد.

اصل پایستگی بار

دیدید که در آزمایش مالش پارچه پشمی با میله پلاستیکی، الکترون از پارچه به میله منتقل می‌شود. در این آزمایش شبیه همه آزمایش‌های دیگر، بار فقط منتقل می‌شود و هیچ‌گاه به وجود نمی‌آید و یا از بین نمی‌رود. این موضوع بیانگر **اصل پایستگی بار** است که به صورت زیر بیان می‌شود:

اصل پایستگی بار: مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی، ثابت است؛ یعنی بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود، ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots = q'_1 + q'_2 + q'_3 + \dots$$

پس براساس اصل پایستگی بار الکتریکی، در یک دستگاه منزوی داریم:

این رو بخون که یادگیری

مثال یک دستگاه منزوی شامل دو جسم A و B داریم که بار الکتریکی آن‌ها به ترتیب $q_A = 4 nC$ و $q_B = 15 nC$ است. فرض کنید جسم A به تعداد 5×10^{10} الکترون از دست بدهد و این الکترون‌ها را جسم B بگیرد. چون این دستگاه منزوی است، براساس اصل پایستگی بار الکتریکی، مجموع بارهای الکتریکی در حالت‌های اول و دوم برابر است و داریم:

$$\underbrace{q_A}_{4 nC} + \underbrace{q_B}_{15 nC} = q'_A + q'_B = 19 nC$$

و اگر بخواهیم بار هر یک از اجسام را در حالت دوم به دست آوریم، به کمک اصل کوانتیده‌بودن بار برای q'_A داریم:

$$q'_A = q_A + ne = 4 \times 10^{-9} C + 5 \times 10^{10} \times 1/6 \times 10^{-19} C = 12 \times 10^{-9} C = 12 nC$$

↓
الکترون از دست داده است.

$$q'_B = q_B - ne = 15 \times 10^{-9} C - 5 \times 10^{10} \times 1/6 \times 10^{-19} C = 7 \times 10^{-9} C = 7 nC$$

↓
الکترون گرفته است.

البته با توجه به اصل پایستگی بار الکتریکی هم می‌توانستیم، مقدار q'_B را تعیین کنیم:

$$19 nC = q'_A + q'_B \Rightarrow 19 nC = 12 nC + q'_B \Rightarrow q'_B = 7 nC$$

سؤال‌های امتحانی

درستی یا نادرستی عبارتهای زیر را مشخص کنید.

- ۱- یکای بار الکتریکی در SI کولن است که یکای کوچکی است.
- ۲- جسمی که تعداد الکترون‌هایش کم‌تر از تعداد پروتون‌های آن می‌شود، بار الکتریکی خالص مثبت پیدا می‌کند.
- ۳- نام‌گذاری بار به صورت مثبت و منفی تنها راه برای نام‌گذاری بار بوده است.

۴- اجسام با بار مثبت یکدیگر را جذب و اجسام با بار منفی یکدیگر را دفع می‌کنند.

(نهایی ریاضی فرداد ۱۴۰۳^۱)

۵- بار الکتریکی یک جسم، نمی‌تواند هر مقدار دلخواهی را داشته باشد.

۶- بار الکتریکی در ماده همواره کمیتی پیوسته است که نمی‌تواند کمتر از بار الکتریکی پایه باشد.

۷- در مالش شانه پلاستیکی با موهای سر، بارهای منتقل شده از مرتبه میکروکولن است.

■ جاهای خالی را با کلمه‌های مناسب کامل کنید.

(نهایی ریاضی ۲)

۸- بار الکتریکی به وجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود، به این بیان گفته می‌شود.

۹- بار الکتریکی از یک بار پایه است که به آن بار بنیادی می‌گوییم.

■ در جمله‌های زیر، عبارت درست را از داخل پرانتز انتخاب کنید.

(نهایی تهری فرداد ۱۴۰۳)

۱۰- جمله «مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است.» بیانگر اصل (پایستگی / کوانتیده بودن) بار است.

(نهایی ریاضی فرداد ۱۴۰۴)

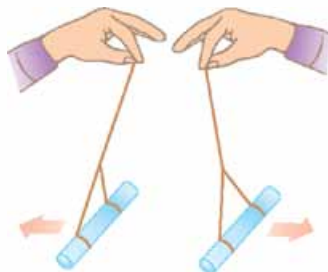
۱۱- طبق اصل (پایستگی / کوانتیده بودن) بار، همواره بار الکتریکی جسم، مضرب درستی از بار بنیادی e است.

۱۲- کمیت بار الکتریکی یک کمیت (فرعی / اصلی) است.

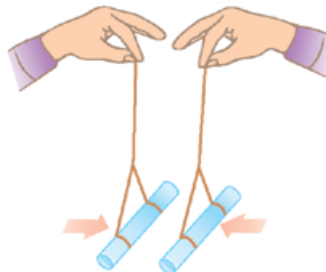
۱۳- در یک آذرخش باری از مرتبه $(10^6 \text{ TC} / 10^6 \text{ C})$ به زمین منتقل می‌شود.

■ به پرسش‌ها و مسئله‌های زیر پاسخ دهید.

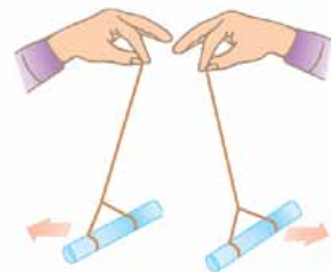
۱۴- آزمایش مربوط به شکل‌های زیر بیانگر کدام موضوع فیزیکی است؟



ب) وقتی دو میله شیشه‌ای را با پارچه ابریشمی مالش می‌دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.



ب) وقتی میله پلاستیکی مالش داده شده با پارچه پشمی را به میله شیشه‌ای مالش داده شده با پارچه ابریشمی نزدیک کنیم، همدیگر را جذب می‌کنند.



الف) وقتی دو میله پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش می‌دهیم، همدیگر را دفع می‌کنند.

۱۵- اصل پایستگی بار را تعریف کنید.

۱۶- دستگاه منزوی را در علم الکتریسیته تعریف کنید.

۱۷- در یک آزمایش، یک جسم دارای بار الکتریکی شده است. کدام گزینه زیر می‌تواند مقدار بار الکتریکی آن برحسب کولن باشد؟ (اندازه بار الکتریکی هر الکترون را $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ در نظر بگیرید.)

$$8 \times 10^{-19} \text{ (ب)}$$

$$4 \times 10^{-19} \text{ (ا)}$$

۱۸- اگر اندازه بار یک الکترون $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ باشد، برای این که بار یک جسم 1 C شود، چند الکترون باید منتقل شود؟

۱۹- چند مورد از پدیده‌های زیر منشأ الکتریکی دارند؟

ب) چسبیدن نوار سلوفان به در ظروف

الف) انتقال پیام‌های عصبی در دستگاه عصبی انسان

ت) پیوند اتم‌ها به یکدیگر در مولکول‌ها

پ) بالاتر رفتن یک مارمولک از دیوار

۲۰- 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.)

(مشابه تمرین کتاب درسی)

۲۱- عدد اتمی لیتیم ۳ است:

الف) بار هسته لیتیم چند کولن است؟

ب) مجموع بار الکتریکی الکترون‌های یون لیتیم یک بار مثبت (لیتیم یک بار یونیده یا Li^+) چند کولن است؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

۲۲- در یک دستگاه منزوی شامل دو جسم A و B با بارهای q_A و $q_B = -\frac{4}{5}q_A$ ، مجموع بار الکتریکی درون دستگاه 20 nC است. در طی آزمایشی، جسم A، 2 nC بار از دست می‌دهد. اگر در ابتدا بار جسم B منفی باشد، در پایان این آزمایش بار جسم B چند نانوکولن می‌شود؟

۲۳- بار الکتریکی جسمی با بار اولیه منفی، با از دست دادن 10^4 الکترون، مثبت می‌شود. اگر با از دست دادن این تعداد الکترون، اندازه بار جسم

۷۵ درصد کاهش یابد، بار اولیه جسم چند کولن بوده است؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

۱- دانش‌آموزان گرامی سؤال‌های امتحان نهایی برگزار شده پس از سال ۱۴۰۳ با آدرس کامل در کتاب قرار گرفته‌اند.

۲- برای آدرس سؤال‌های امتحان نهایی برگزار شده قبل از سال ۱۴۰۳ تنها به رشته اشاره شده است.

درس ۲: روش‌های باردارکردن اجسام

در علوم هشتم با سه روش باردارکردن اجسام یعنی مالش، تماس و القا آشنا شدید. در این درس‌نامه، می‌خواهیم آن‌ها را برایتان یادآوری کنیم و اگر جایی نیاز به مطالب تکمیلی‌تر بود، آن‌ها را به شما بگوییم. با روش مالش شروع می‌کنیم؛ اما قبل از آن به نکته و تعاریف زیر توجه کنید، چون از این به بعد با آن‌ها خیلی کار داریم:

نکته زمین منبع بار الکتریکی است؛ یعنی هر چه قدر از آن بار بگیریم و یا به آن بار بدهیم، مشکلی با آن ندارد و قبول می‌کند! بنابراین اگر جسم رسانای بارداری را با سیم به زمین وصل کنیم و یا با آن تماس دهیم، بار آن تخلیه می‌شود.

الکترون آزاد: به الکترون‌هایی می‌گوییم که وابستگی بسیار کمی به هسته اتم دارند و به راحتی می‌توانند در ماده حرکت کنند. الکترون‌های آزاد عامل انتقال بار الکتریکی هستند.

رسانا: در بعضی از مواد مثل مس، تعداد زیادی الکترون آزاد وجود دارد. به همین دلیل بار الکتریکی به راحتی می‌تواند در آن‌ها منتقل شود. این نوع مواد را رسانا می‌نامیم.

نارسانا: به موادی مثل شیشه، چوب و ... که الکترون‌های آن‌ها نمی‌توانند آزادانه حرکت کنند و در نتیجه نمی‌توانند بار الکتریکی را از خود عبور دهند، نارسانا می‌گوییم.

باردارکردن اجسام به روش مالش

ابتدا به نمونه‌های زیر توجه و آن‌ها را حفظ کنید:

نمونه ۱: اگر یک میله شیشه‌ای بدون بار را با پارچه ابریشمی بدون بار مالش دهید، الکترون‌هایی از میله شیشه‌ای به پارچه ابریشمی منتقل می‌شوند. این اتفاق، باعث ایجاد بار مثبت در میله شیشه‌ای و بار منفی در پارچه ابریشمی می‌شود.

نمونه ۲: اگر یک میله پلاستیکی بدون بار را با پارچه پشمی بدون بار مالش دهید، الکترون‌هایی از پارچه پشمی به میله پلاستیکی منتقل می‌شوند. این موضوع، باعث ایجاد بار مثبت در پارچه پشمی و بار منفی در میله پلاستیکی می‌شود.

همان‌طور که در نمونه‌ها دیدید، در اثر مالش دو جسم بدون بار با جنس‌های متفاوت، الکترون‌هایی از یک جسم کنده و به جسم دیگر منتقل می‌شوند. در این صورت، هر دو جسم باردار خواهند شد و بار آن‌ها هم‌اندازه اما ناهم‌نام است.

نکته با روش مالش هم می‌توانیم اجسام نارسانا را باردار کنیم و هم اجسام رسانا. این روش بهترین روش برای باردارکردن اجسام نارسانا است.

سری الکتریسیته مالشی یا تریبوالکتریک شاید بپرسید که در هنگام باردارکردن اجسام به روش مالش، چه‌طوری بفهمیم که کدام جسم الکترون می‌گیرد و کدام جسم الکترون از دست می‌دهد؟ این موضوع با توجه به جدولی که به سری الکتریسیته مالشی یا تریبوالکتریک معروف است، تعیین می‌شود. همان‌طور که در جدول روبه‌رو می‌بینید، برای مواد دو انتها در نظر گرفته شده است: یکی انتهای مثبت سری و دیگری انتهای منفی سری. هر چه جسم به انتهای مثبت نزدیک‌تر باشد، تمایل بیشتری برای از دست دادن الکترون دارد. از طرفی هر چه جسم به انتهای منفی سری نزدیک‌تر باشد، تمایل بیشتری به گرفتن الکترون دارد؛ پس:

در سری تریبوالکتریک، هر چه از انتهای مثبت سری به انتهای منفی سری نزدیک می‌شویم، الکترون‌خواهی مواد زیاده‌تر می‌شود.

سری الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک)

انتهای مثبت سری

موی انسان

شیشه

نایلون

سلفون

پشم

موی گربه

سرب

ابریشم

آلومینیوم

پوست انسان

کاغذ

چوب

پارچه کتان

کهربا

برنج، مس

پلاستیک، پلی‌اتیلن

لاستیک

تفلون

انتهای منفی سری

افزایش الکترون‌خواهی

مثلن بیایید با توجه به آن چه که یاد گرفتیم، دو نمونه ابتدای این مبحث را در یک جدول با هم مرور کنیم:

نتیجه مالش	ماده نزدیکتر به انتهای منفی	ماده نزدیکتر به انتهای مثبت	نمونه ۱: مالش میله شیشه‌ای بدون بار به پارچه ابریشمی بدون بار
	الکترون خواهی بیشتر	الکترون دهی بیشتر	
میله شیشه‌ای که الکترون دهی بیشتری دارد، الکترون از دست می‌دهد و بار آن مثبت می‌شود. پارچه ابریشمی که الکترون خواهی بیشتری دارد، این الکترون‌ها را جذب می‌کند و بار آن منفی می‌شود.	ابریشم	شیشه	نمونه ۲: مالش میله پلاستیکی بدون بار به پارچه پشمی بدون بار
بار میله شیشه‌ای مثبت	بار پارچه ابریشمی منفی		
پارچه پشمی که الکترون دهی بیشتری دارد، الکترون از دست می‌دهد و بار آن مثبت می‌شود. میله پلاستیکی که الکترون خواهی بیشتری دارد، این الکترون‌ها را جذب می‌کند و بار آن منفی می‌شود.	پلاستیک	پشم	
بار میله پلاستیکی منفی	بار پارچه پشمی مثبت		

مثلن فرض کنید یک نایلون خنثی را به یک پارچه کتان خنثی مالش دهیم و بین آن‌ها $3/2 \text{ nC}$ بار جابه‌جا شود. چون پارچه کتان نسبت به نایلون به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است و الکترون خواهی بیشتری دارد، به تعداد $2 \times 10^{10} = \frac{3/2 \times 10^{-9} \text{ C}}{1/6 \times 10^{-19} \text{ C}} = n$ الکترون دریافت می‌کند و بارش منفی می‌شود ($q_{\text{کتان}} = -3/2 \text{ nC}$)؛ نایلون هم به همین تعداد الکترون از دست می‌دهد و بارش مثبت می‌شود ($q_{\text{نایلون}} = +3/2 \text{ nC}$).

حالا خودت جواب بده

مثال در مالش یک قطعه کهرای بدون بار به یک تکه پشم بدون بار، 10^7 الکترون از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شود. ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)
 الف) با توجه به سری الکتریسیته مالشی، بار کدام ماده منفی و بار کدام ماده مثبت می‌شود؟
 ب) بار هر کدام چند پیکوکولن می‌شود؟
 پ) اگر لاستیک بدون باری را به کاغذ بدون باری مالش دهیم، کهرای آزمایش بالا کدام را جذب و کدام را دفع می‌کند؟
پاسخ الف) با توجه به سری الکتریسیته مالشی، بار کهرای با گرفتن الکترون منفی می‌شود؛ چون به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است. بار پشم هم با از دست دادن الکترون مثبت می‌شود.
ب) بار پشم که 10^7 الکترون از دست داده است، به صورت زیر به دست می‌آید:

$$q_{\text{پشم}} = +ne \xrightarrow{e=1/6 \times 10^{-19} \text{ C}} q_{\text{پشم}} = 10^7 \times 1/6 \times 10^{-19} \text{ C} = 1/6 \times 10^{-12} \text{ C} = 1/6 \text{ pC}$$

با توجه به پایستگی بار و این که هر دو در ابتدا خنثی بوده‌اند، پس از مالش، بار کهرای برابر منفی بار پشم است؛ پس: $q_{\text{کهرای}} = -q_{\text{پشم}} = -1/6 \text{ pC}$
پ) اگر به سری الکتریسیته مالشی نگاه کنید، می‌فهمید که لاستیک الکترون خواهی بیشتری دارد؛ بنابراین الکترون جذب می‌کند و بارش منفی می‌شود. از طرفی با جدا شدن الکترون از کاغذ، بار آن مثبت می‌شود؛ بنابراین کهرای که بار منفی دارد، کاغذ را جذب و لاستیک را دفع می‌کند.

انتقال بار الکتریکی به روش تماس

از روش تماس، برای باردار کردن اجسام رسانا استفاده می‌کنیم. در این روش، مانند شکل زیر، با تماس یک جسم رسانای باردار به یک جسم رسانای خنثی، جسم خنثی را باردار می‌کنیم.



یادآوری: براساس اصل پایستگی بار الکتریکی، در یک دستگاه منزوی، مجموع بار دو جسم، قبل و بعد از تماس برابر است؛ یعنی اگر قبل تماس بار

جسم (۱)، q_1 و بار جسم (۲)، q_2 باشد و پس از تماس، بار جسم (۱)، q'_1 و بار جسم (۲)، q'_2 شود، خواهیم داشت:

$$q_1 + q_2 = q'_1 + q'_2$$

نکته: اگر دو جسم رسانایی که به هم تماس داده می‌شوند، کاملاً مشابه باشند، پس از تماس، مقدار بار هر کدام برابر با میانگین بارهای اولیه آن‌ها است:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2}$$

این رو بخون که یادگیری

مثال: فرض کنید دو کره فلزی مشابه روی پایه‌های عایق داریم که بار خالص یکی از آن‌ها -8 nC و دیگری خنثی است. با رسم شکل، به طور کیفی نشان دهید که اگر دو کره را با هم تماس دهیم، چه اتفاقی می‌افتد.



هر -4 nC را با یک $(-)$ نشان می‌دهیم.

چون دو کره مشابه هستند، پس از تماس، بار بین آن‌ها به صورت مساوی تقسیم می‌شود و مطابق شکل‌های روبه‌رو داریم:

حالا خودت جواب بده

مثال: دو کره رسانای مشابه با بارهای $q_1 = -8 \text{ } \mu\text{C}$ و $q_2 = 24 \text{ } \mu\text{C}$ را با یک سیم رسانا به هم وصل می‌کنیم و سپس جدا می‌کنیم. ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

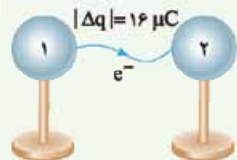
(الف) بار هر یک از کره‌ها چه قدر می‌شود؟

(ب) کدام کره و به چه تعداد الکترون می‌گیرد؟

پاسخ الف: کره‌ها مشابه‌اند؛ پس بار الکتریکی آن‌ها پس از اتصال، با هم برابر و مساوی $\frac{q_1 + q_2}{2}$ می‌شود. اگر بار الکتریکی دو کره را پس از تعادل q'_1 و q'_2 بنامیم، داریم:

$$q'_1 = q'_2 = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{-8 \text{ } \mu\text{C} + 24 \text{ } \mu\text{C}}{2} = 8 \text{ } \mu\text{C}$$

ب: بار کره (۱) منفی و بار کره (۲) مثبت است؛ بنابراین با تماس دو کره، الکترون‌ها از کره (۱) به کره (۲) می‌روند. از طرفی تعداد الکترون‌هایی که کره (۲) می‌گیرد، به مقدار بار جابه‌جاشده بستگی دارد که برابر با $\Delta q_2 = q'_2 - q_2$ است؛ پس اول بار جابه‌جاشده را به دست می‌آوریم:



$$\Delta q_2 = q'_2 - q_2 = 8 \text{ } \mu\text{C} - (24 \text{ } \mu\text{C}) = -16 \text{ } \mu\text{C}$$

حالا که مقدار بار منتقل شده به کره (۲) را داریم، به دست آوردن تعداد الکترون‌هایی که کره (۲) گرفته است، اصلاً کاری ندارد:

$$\Delta q = -ne \Rightarrow -16 \text{ } \mu\text{C} = -n \times (1/6 \times 10^{-19} \text{ C}) \Rightarrow -16 \times 10^{-6} \text{ C} = -n \times (1/6 \times 10^{-19} \text{ C}) \Rightarrow n = \frac{16 \times 10^{-6} \text{ C}}{1/6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 10^{14}$$

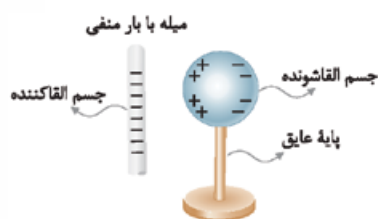
بنابراین کره (۲)، 10^{14} الکترون از کره (۱) می‌گیرد.

باردار کردن اجسام به روش القا

به روشی که در آن اجسام رسانا بدون تماس با یک جسم باردار، دارای بار می‌شوند، روش القای بار الکتریکی می‌گوییم.

برای این که این روش را به طور کامل متوجه شوید، ابتدا باید با پدیده القای الکتریکی آشنا شوید.

پدیده القای الکتریکی: اگر مطابق شکل روبه‌رو، یک میله با بار منفی را به یک کره فلزی خنثی نزدیک کنیم، الکترون‌های درون کره فلزی، از این میله دور می‌شوند. برای همین، مثل آن چه در شکل روبه‌رو می‌بینید، بار یک طرف کره مثبت و بار طرف دیگر کره منفی می‌شود. به این پدیده، القای الکتریکی می‌گوییم.



نکات ۱: برای القای الکتریکی نیاز به تماس دو جسم نیست.

۲: در پدیده القای الکتریکی، دو جسم القا کننده و القا شونده همواره یکدیگر را جذب می‌کنند.

۳: برای این که باردار کردن اجسام به روش القای الکتریکی را به خوبی یاد بگیرید، باید آن را در دو حالت بررسی کنیم:

حالت اول: ایجاد بار الکتریکی در یک رسانا به روش القا

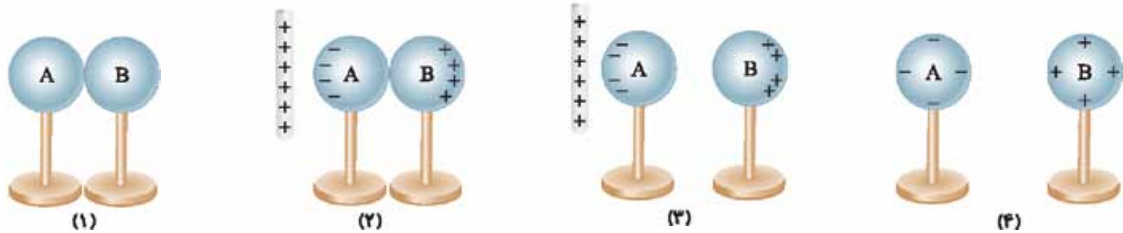
۱: میله‌ای با بار مثبت را به یک کره فلزی خنثی که بر روی پایه عایقی قرار دارد، نزدیک می‌کنیم. این کار باعث می‌شود، الکترون‌های کره که بار منفی دارند، توسط میله جذب شوند. مانند آن چه در شکل (۱) می‌بینید، این اتفاق باعث می‌شود که در یک طرف کره بار مثبت و در طرف دیگر آن بار منفی القا شود.

- ۲ مطابق شکل (۲)، زمان بسیار کوتاهی، کره را به زمین وصل می‌کنیم. به خاطر حضور میله با بار مثبت، الکترون‌ها از زمین جذب رسانا می‌شوند؛ این موضوع باعث می‌شود، تعداد الکترون‌های رسانا از پروتون‌های آن بیشتر شود و در نتیجه جسم، بار منفی پیدا کند.
- ۳ مانند آنچه که در شکل (۳) می‌بینید، اتصال کره با زمین را قطع می‌کنیم.
- ۴ در نهایت میله را دور می‌کنیم و مطابق شکل (۴)، یک کره رسانای باردار داریم.

نکته در این روش، بار جسم رسانا مخالف بار میله می‌شود؛ یعنی اگر بار میله مانند شکل بالا مثبت باشد، بار جسم رسانا منفی می‌شود و اگر بار میله منفی باشد، بار جسم رسانا مثبت می‌شود.

حالت دوم: ایجاد بار الکتریکی ناهم‌نام روی دو رسانا به روش القا

- ۱ ابتدا مانند شکل (۱)، دو کره فلزی خنثی را که بر روی پایه‌های عایق قرار دارند، در تماس با هم قرار می‌دهیم.
- ۲ سپس مطابق شکل (۲)، میله‌ای با بار مثبت را به کره A نزدیک می‌کنیم. در نتیجه الکترون‌های آزاد کره‌ها، به طرف میله جذب می‌شوند؛ بنابراین تعداد الکترون‌های آزاد در کره B کم شده و بار خالص آن مثبت می‌شود و کره A بار خالص منفی پیدا می‌کند.
- ۳ سپس مثل آنچه در شکل (۳) می‌بینید، در حضور میله، کره‌ها را جدا می‌کنیم.
- ۴ در نهایت اگر مطابق شکل (۴) میله را برداریم، بارهای الکتریکی ناهم‌نام روی دو کره پخش می‌شوند.



نکته احتمالاً با توجه به شکل‌های بالا، خودتان فهمیده‌اید که بار رسانای نزدیک‌تر به میله (این‌جا کره A) مخالف بار میله می‌شود و بار رسانای دورتر، هم‌نام بار میله می‌شود.

نکته در این روش، بار کره‌ها ناهم‌نام اما هم‌اندازه خواهد بود.

نکته همان‌طور که دیدید، در هر دو حالت فقط از کره‌های رسانا استفاده شد. در واقع ایجاد بار به روش القا مختص اجسام رسانا است.

حالا خودت جواب بده

مثال مطابق شکل روبه‌رو، میله‌ای با بار الکتریکی مثبت را به سه کره رسانای A، B و C که در تماس با هم قرار دارند و در ابتدا خنثی هستند، نزدیک می‌کنیم و نگه می‌داریم. اگر در این حالت، کره B را از بین دو کره خارج کنیم و سپس میله باردار را دور کنیم، علامت بار کره‌های A، B و C را تعیین کنید. (پایه همه کره‌ها عایق است).

پاسخ اول بگوییم که در این سؤال کره B فقط نقش یک رابط را بازی می‌کند (مثل سیم) و باردار نمی‌شود. حالا که تکلیفمان با کره B روشن شده، به سراغ دو کره A و C می‌رویم.

با نزدیک شدن میله با بار مثبت به کره A، مطابق شکل مقابل، الکترون‌های آزاد جذب می‌شوند و طرف چپ کره A بار منفی و طرف راست کره C بار مثبت القا می‌شود:

با برداشتن کره B از بین کره‌ها، کره A که الکترون گرفته بود، دارای بار منفی و کره C که الکترون از دست داده بود، دارای بار مثبت می‌شود.

الکتروسکوپ یا برق‌نما



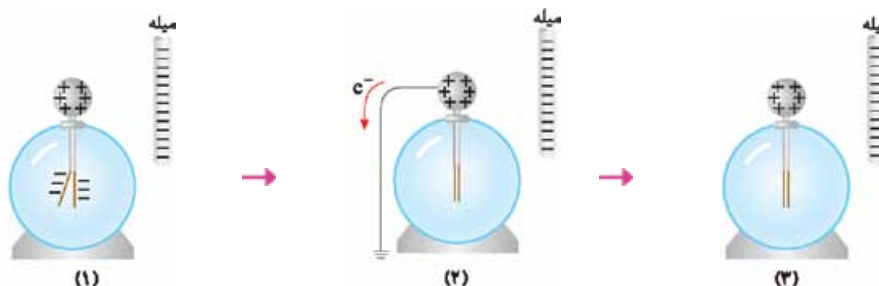
شکل روبه‌رو ساختمان یک الکتروسکوپ را نشان می‌دهد. همان‌طور که می‌بینید، الکتروسکوپ یک کلاهک رسانا و دو تیغه (یا ورقه) رسانا دارد که یکی از تیغه‌ها ثابت و دیگری متحرک است. وقتی الکتروسکوپ بدون بار و دور از هرگونه جسم باردار دیگری است، تیغه‌های آن کاملاً به هم نزدیک هستند؛ اما، وقتی که الکتروسکوپ باردار می‌شود و یا در آن بار الکتریکی القا می‌شود، تیغه‌های آن از هم دور می‌شوند.

معمولاً به دو روش تماس و القا یک الکتروسکوپ را باردار می‌کنیم.

روش تماس اگر یک میله باردار را به کلاهک یک الکتروسکوپ تماس دهیم، الکتروسکوپ باردار می‌شود. در این شیوه، بار الکتروسکوپ نیز هم‌نام بار میله خواهد بود. در شکل زیر، پس از تماس میله منفی با کلاهک الکتروسکوپ، بار الکتروسکوپ منفی می‌شود.



روش القا روش القا را مرحله به مرحله بررسی می‌کنیم:



۱ مطابق شکل (۱)، میله بارداری با بار منفی را به کلاهک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم؛ اما، تماس نمی‌دهیم! با این کار الکترون‌ها می‌خواهند در بیشترین فاصله از میله قرار بگیرند؛ پس به سمت تیغه‌های الکتروسکوپ حرکت می‌کنند. با این اتفاق بار تیغه‌ها منفی شده و این موضوع باعث می‌شود که ورقه‌ها از هم دور شوند. (به همان اندازه بار مثبت روی کلاهک باقی می‌ماند و الکتروسکوپ هنوز خنثی است.)

۲ سپس مثل شکل (۲)، در حالی که میله هنوز نزدیک کلاهک است، برای چند لحظه کلاهک را با یک سیم به زمین وصل می‌کنیم. با این کار الکترون‌های آزاد به سمت زمین حرکت می‌کنند. با خارج شدن بارهای منفی از روی تیغه‌ها، تیغه‌ها به هم نزدیک می‌شوند. با این اتفاق، تعداد الکترون‌های روی کلاهک و تیغه‌ها نسبت به تعداد پروتون‌ها کاهش می‌یابد.

۳ سپس مانند آنچه در شکل (۳) می‌بینید، در حالی که میله هم‌چنان نزدیک الکتروسکوپ است، سیم را قطع می‌کنیم. با این کار الکتروسکوپ باردار خواهد ماند و بار آن مخالف بار میله خواهد بود.

۴ در نهایت میله را از الکتروسکوپ دور می‌کنیم. بار الکتروسکوپ مانند شکل (۴) روی کلاهک و تیغه‌های آن قرار می‌گیرد.



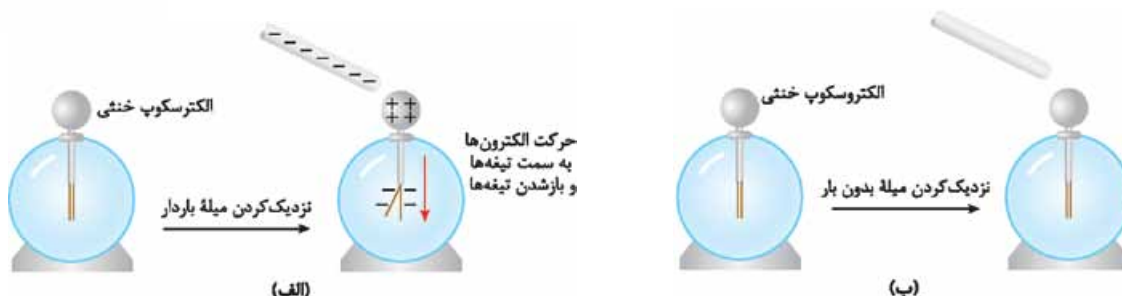
نکته اگر در مرحله ۳ اول میله دور می‌شد و بعد اتصال به زمین قطع می‌شد، الکتروسکوپ خنثی می‌شد.

کاربردهای الکتروسکوپ

با الکتروسکوپ می‌توانیم سه مورد زیر را تعیین کنیم:

- ۱ باردار بودن یا نبودن جسم
- ۲ نوع بار جسم باردار
- ۳ رسانا یا نارسانا بودن جسم

۱. **تشخیص وجود بار الکتریکی در یک جسم** برای این کار جسم موردنظر را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم؛ اگر مانند شکل (الف)، با نزدیک کردن جسم، تیغه متحرک از تیغه ثابت فاصله گرفت، یعنی جسم باردار است. علت این اتفاق، رفتن بارهای هم‌نام با بار جسم از کلاهک به تیغه‌ها است. از آنجایی که بار تیغه‌ها هم‌نام می‌شود، این دو یکدیگر را می‌رانند. اما اگر جسم خنثی باشد، مانند شکل (ب)، اتفاقی رخ نمی‌دهد و ورقه‌ها ثابت می‌مانند.

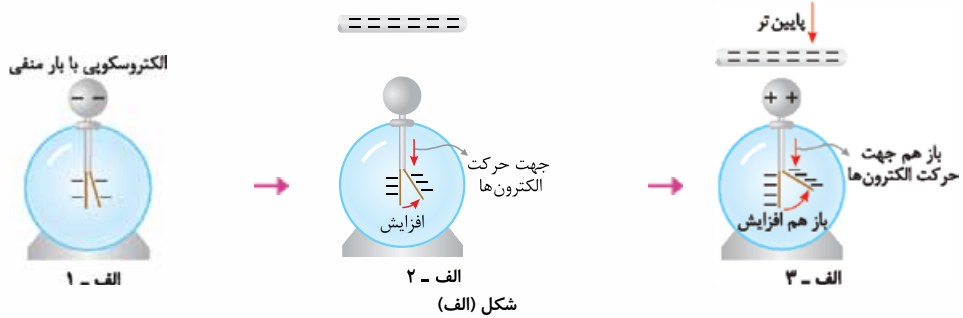


(الف)

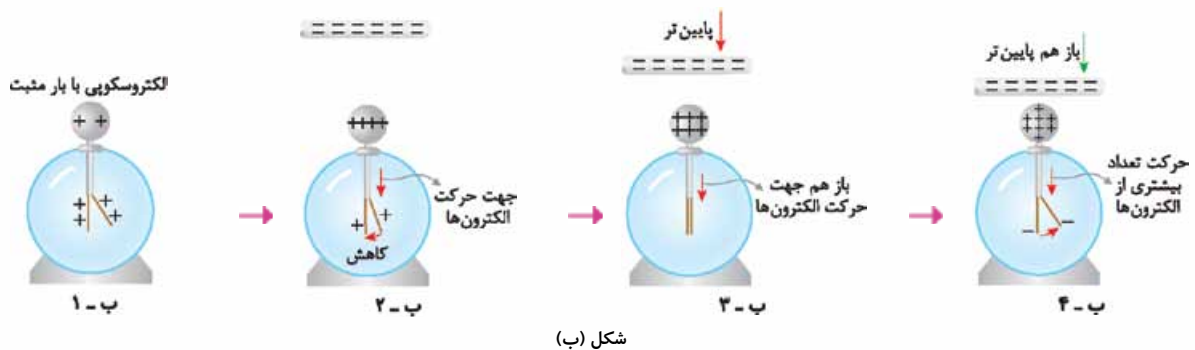
(ب)

۲. تشخیص نوع بار جسم مطابق شکل‌های زیر، جسمی با بار نامعلوم را از فاصله نسبتاً دور، به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ با بار معلوم نزدیک می‌کنیم. با این کار دو حالت رخ می‌دهد:

۱ اگر مانند شکل (الف)، با نزدیک شدن میله، همواره تیغه‌ها از هم دور شوند؛ یعنی بار جسم، هم‌نام بار الکتروسکوپ است.



۲ اگر مانند شکل «ب» در ابتدا تیغه‌ها به هم نزدیک شوند و سپس با خیلی نزدیک شدن جسم باردار، تیغه‌ها از هم دور شوند، بار جسم و الکتروسکوپ مخالف یکدیگرند.



حواستون باشه: در شکل‌های (ب)، اگر جسم باردار را با سرعت به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنیم، ممکن است بسته شدن ابتدایی تیغه‌ها را نبینیم و تنها با مشاهده باز شدن نهایی تیغه‌ها، بار جسم را به اشتباه مانند شکل‌های (الف) هم‌نام با بار الکتروسکوپ تشخیص دهیم.

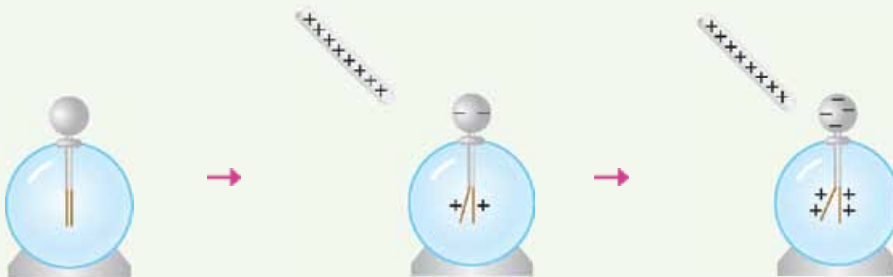
۳. تشخیص رسانا یا نارسانا بودن یک جسم برای تشخیص رسانا بودن یا نبودن اجسام هم می‌توان از الکتروسکوپ باردار استفاده کرد. یک نقطه از جسم بدون باری را که در دست داریم، به کلاهک الکتروسکوپ تماس می‌دهیم. اگر انحراف تیغه‌ها تغییر محسوس نکند، جسم نارسانا است. اگر جسم رسانا باشد، تماس آن به کلاهک باعث تخلیه بار الکتروسکوپ می‌شود و تیغه‌ها بسته می‌شوند.

حالا خودت جواب بده

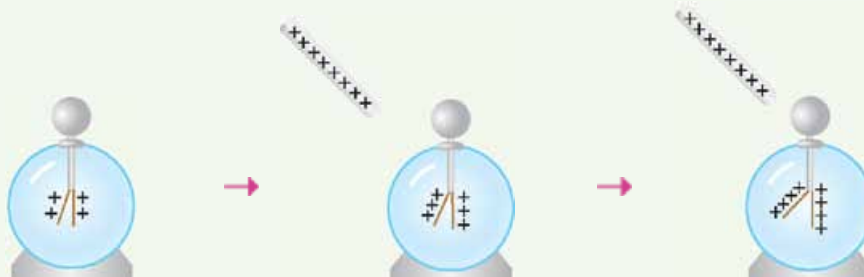
مثال میله‌ای با بار الکتریکی مثبت را به تدریج به کلاهک یک الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم. ملاحظه می‌شود که تیغه‌ها به تدریج بسته و سپس باز می‌شوند. بار تیغه‌ها قبل از آزمایش چه بوده است؟

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

پاسخ وقتی الکتروسکوپ بدون بار باشد، تیغه‌ها از همان اول بسته‌اند. هر چه قدر میله باردار به الکتروسکوپ نزدیک شود، تیغه‌ها از یکدیگر بیشتر فاصله می‌گیرند؛ پس گزینه‌های (۱) و (۲) حتماً نادرست‌اند. این موضوع را در شکل‌های زیر می‌بینید:



حالا فرض کنید، بار تیغه‌های الکتروسکوپ مثبت است. در این صورت با نزدیک کردن میله با بار مثبت، مقدار بیشتری بار مثبت روی تیغه‌ها القا می‌شود و در نتیجه فاصله تیغه‌ها بیشتر می‌شود؛ پس مطابق شکل‌های صفحه بعد گزینه (۴) هم نادرست است.



حالا به بررسی تنها حالت باقی مانده؛ یعنی گزینه (۳) می پردازیم. مطابق شکل های زیر، با نزدیک کردن میله با بار مثبت، بار منفی تیغه به سمت کلاهک می رود و در نتیجه بار آن خنثی و تیغه ها بسته می شوند. با نزدیک تر کردن میله، الکترون بیشتری به کلاهک می رود، در نتیجه بار تیغه مثبت می شود. با مثبت شدن بار تیغه، تیغه ها دوباره از هم فاصله می گیرند.



کتاب درسی زیر ذره بین

اساس کار دستگاه های فتوکپی، نیروی الکتریکی بین بارهای مثبت و منفی است.

سؤال های امتحانی

درستی یا نادرستی عبارت های زیر را مشخص کنید.

۲۴- با مالش یک میله شیشه ای به پارچه ابریشمی، الکترون ها از میله شیشه ای به پارچه ابریشمی منتقل می شوند.

۲۵- در سری الکتریسیته مالشی (تریو الکتریک)، پلاستیک از پشم به انتهای مثبت نزدیک تر است.

۲۶- اساس کار دستگاه های فتوکپی، نیروی الکتریکی بین بارهای مثبت و منفی است.

۲۷- ایجاد بار به روش القا مختص رساناها است.

۲۸- بر اثر مالش دو جسم خنثی با جنس های متفاوت که هر دو به انتهای منفی سری الکتریسیته مالشی نزدیک هستند، بار دو جسم منفی می شود.

جاهای خالی را با کلمه های مناسب کامل کنید.

۲۹- نوع بار یک جسم باردار را می توانیم به کمک تعیین کنیم.

۳۰- بر اثر مالش دو جسم، جسمی که الکترون خواهی دارد، الکترون از دست می دهد.

به ۷ سؤال زیر در مورد الکتروسکوپ پاسخ دهید.

۳۱- سه کاربرد الکتروسکوپ را نام ببرید.

۳۲- چگونه با یک برق نما (الکتروسکوپ) تشخیص می دهیم یک میله دارای بار الکتریکی است؟

۳۳- چگونه با یک الکتروسکوپ می توانیم رسانا بودن یا رسانا نبودن یک جسم را تعیین کنیم؟

۳۴- اگر الکتروسکوپ دارای بار مثبت باشد و پس از نزدیک کردن جسم باردار به کلاهک، ورقه ها به هم نزدیک شوند، یعنی جسم دارای بار (مثبت - منفی) است.

۳۵- یک میله نارسانا را که بار الکتریکی آن مثبت است، به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می کنیم و در این حالت دست دیگر خود را به کلاهک می زنیم و جدا می کنیم. با دور کردن میله باردار از کلاهک، کلاهک دارای بار الکتریکی می شود و ورقه ها با بار از هم دور می شوند.

۳۶- با ذکر دلیل بگویید که اگر به وسیله دستکش عایق، یک میله فلزی خنثی را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ باردار نزدیک کنیم، برای ورقه های الکتروسکوپ چه اتفاقی رخ می دهد؟

۳۷- به کمک دو نی پلاستیکی و پارچه پشمی آزمایشی طراحی کنید که مشخص کند دو جسم باردار به هم نیرو وارد می کنند.

■ با توجه به جدول روبه‌رو، به سؤالات ۳۸ تا ۴۶ پاسخ دهید.

۳۸- جدول روبه‌رو به چه منظور استفاده می‌شود؟

۳۹- نایلون نسبت به کاغذ الکترون‌خواهی بیشتری دارد یا کم‌تر؟

۴۰- درستی یا نادرستی عبارات‌های زیر را تعیین کنید.

(الف) در اثر مالش بادکنک پلاستیکی به پوست دست، الکترون‌های بادکنک افزایش می‌یابد.

(ب) اگر دو جسم مسی را روی نایلون بمالیم، آن دو جسم مسی دارای بار مثبت شده و همدیگر را دفع می‌کنند.

(پ) اگر از یک حولهٔ کتان برای خشک کردن موی سر استفاده کنیم، الکترون از مو به حوله منتقل می‌شود.

۴۱- اگر یک بادکنک پلاستیکی را به یک کاغذ مالش دهیم، کدام جسم بارش منفی می‌شود؟ اگر با این کار 10^9 الکترون منتقل شود، بار هر جسم چند کولن است؟ ($e = 1/6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

۴۲- با توجه به جدول، توضیح دهید که چرا وقتی روکش سلفونی را روی یک ظرف پلاستیکی می‌کشید و آن را در لبه‌های ظرف فشار می‌دهید، روکش در جای خود ثابت می‌ماند؟

۴۳- متن زیر را کامل کنید.

با مالش یک گربه به سرتان، چون الکترون‌خواهی کم‌تر است، بار گربه می‌شود.

از طرفی وقتی پارچهٔ کتان شلوارتان را به چوب مالش می‌دهید، چون الکترون‌خواهی چوب از پارچهٔ کتان است، بار چوب می‌شود و در نتیجه گربه را می‌کند.

۴۴- میلهٔ شیشه‌ای را با پارچهٔ ابریشمی مالش می‌دهیم، سپس آن را به کلاهک الکتروسکوپی با بار مثبت نزدیک می‌کنیم. ورقه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک‌تر می‌شوند یا دورتر؟ چرا؟

(نهایی ریاضی فرداد ۱۴۰۳)

سری الکتروسیتهٔ مالشی (تربیبوالکتریک)
انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
نایلون
سلفون
پشم
موی گربه
سُرب
ابریشم
آلومینیم
پوست انسان
کاغذ
چوب
پارچه کتان
کهرپا
برنج، مس
پلاستیک، پلی اتیلن
لاستیک
تفلون
انتهای منفی سری

۴۵- یک جسم شیشه‌ای را به یک جسم برنجی مالش می‌دهیم و سپس جسم شیشه‌ای را به کلاهک یک الکتروسکوپ که بار منفی دارد، به تدریج نزدیک می‌کنیم. اگر اندازهٔ بار جسم شیشه‌ای از اندازهٔ بار الکتروسکوپ خیلی بیشتر باشد، صفحات الکتروسکوپ چگونه تغییر می‌کنند؟

(مکمل دشوارتر نهایی ریاضی فرداد ۱۴۰۳)



۴۶- ابتدا میلهٔ شیشه‌ای را به پارچهٔ ابریشمی مالش می‌دهیم و سپس مطابق شکل روبه‌رو، به یک کرهٔ فلزی

نزدیک می‌کنیم. اگر کلید را ببندیم و سپس باز کنیم، بار میله و کرهٔ فلزی از چه نوعی می‌شود؟

■ به پرسش‌ها و مسئله‌های زیر پاسخ دهید.

۴۷- در آزمایشی، چهار جسم متفاوت A، B، C و D داریم. اگر در این آزمایش شرایط زیر رخ دهد، سری

الکتروسیتهٔ مالشی مقابل را برای این چهار جسم تکمیل کنید. (هر آزمایش را به طور جداگانه و با اجسام خنثی انجام می‌دهیم.)

(I) اگر دو جسم B و C را به D مالش دهیم، یکدیگر را دفع می‌کنند.

(II) اگر دو جسم B و D را به A مالش دهیم، یکدیگر را جذب می‌کنند.

(III) اگر دو جسم B و C را به A مالش دهیم، یکدیگر را جذب می‌کنند.

(IV) اگر دو جسم A و D را به هم مالش دهیم، بار جسم A مثبت و بار جسم D منفی می‌شود.

۴۸- 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 تدریج به کلاهک الکتروسکوپی با بار مثبت نزدیک می‌کنیم. با توجه به جدول سری الکتروسیتهٔ

مالشی مقابل، کدامیک از موارد زیر دربارهٔ زاویهٔ 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.

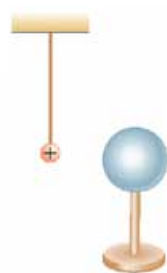
(آزمون‌های آزمایشی فیلی سبز)

سری الکتروسیتهٔ مالشی
انتهای مثبت سری
(۱)
(۲)
(۳)
(۴)
انتهای منفی سری

انتهای مثبت سری
A
B
انتهای منفی سری

۴۹- گلوله سبک و رسانایی از نخ عایقی آویزان است. ابتدا آن را با دست لمس می‌کنیم، بعد میله‌ای با بار منفی را به آن نزدیک می‌کنیم، چه اتفاقی روی می‌دهد؟ توضیح دهید.

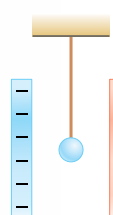
(نهایی تهری)



۵۰- یک کره فلزی بدون بار الکتریکی را که روی پایه نارسانایی قرار دارد، به آونگ الکتریکی بارداری نزدیک می‌کنیم. با ذکر دلیل، توضیح دهید که چه اتفاقی می‌افتد (فاصله کره و گلوله در ابتدا خیلی زیاد بوده است و در پایان کمتر از طول طناب می‌شود).

۵۱- در محیط اطراف ما، جاذبه‌های الکتریکی بیشتر از دافعه‌های الکتریکی مشاهده می‌شوند. با ذکر دلیل، علت آن را توضیح دهید.

(نهایی ریاضی)



۵۲- در شکل مقابل، گلوله رسانای سبک و بدون باری توسط نخ عایقی میان دو صفحه باردار آویزان است. اگر آن را یک بار به یکی از صفحه‌ها تماس داده و رها کنیم، دائماً بین دو صفحه نوسان می‌کند (به صفحه‌های چپ و راست برخورد می‌کند). علت را توضیح دهید و بنویسید تا چه زمانی این کار ادامه دارد؟

(نهایی تهری)

۵۳- سه جسم A، B و C را دوبه‌دو به یکدیگر نزدیک می‌کنیم. وقتی A و B به یکدیگر نزدیک شوند، 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؟

(کنکور سراسری)

(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.

۵۴- دو کره فلزی کاملاً مشابه A و B دارای بارهای الکتریکی $q_A = 20 \mu C$ و $q_B = -8 \mu C$ هستند و روی پایه‌های عایق قرار گرفته‌اند. اگر این دو کره را به هم تماس دهیم و سپس از هم دور کنیم، بار هر کدام چند میکروکولن می‌شود؟

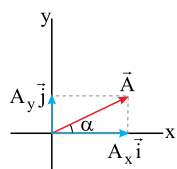
۵۵- دو کره فلزی مشابه A و B که روی پایه‌های عایق قرار گرفته‌اند، در اختیار داریم. اگر در ابتدا کره A دارای بار $5 \mu C$ - و کره B دارای بار $9 \mu C$ - باشد، پس از تماس دو کره به یکدیگر: $(e = 1.6 \times 10^{-19} C)$

الف) کدام کره الکترون می‌گیرد؟
ب) در این تماس چند الکترون جابه‌جا می‌شود؟

درس ۳: قانون کولن

قبل این‌که بریم سراغ اصل مطلب، باین مبث بردار رو باهم مرور کنیم.

یادآوری بردار و جمع برداری



یک بردار در صفحه $x-y$ را می‌توانیم برحسب بردارهای یک نمایش دهیم؛ یعنی اگر بردار $\vec{A}$ در صفحه $x-y$ قرار داشته باشد، می‌توانیم آن را به صورت $\vec{A} = A_x \vec{i} + A_y \vec{j}$ نشان دهیم. $\vec{i}$ بردار یک در جهت محور x و $\vec{j}$ بردار یک در جهت محور y است. همان‌طور که در شکل روبه‌رو می‌بینید، A_x و A_y به ترتیب مؤلفه‌های متناظر $\vec{A}$ بر روی محورهای x و y هستند.

نکته اندازه بردار $\vec{A} = A_x \vec{i} + A_y \vec{j}$ را با A نشان می‌دهیم و آن را از رابطه $A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$ به دست می‌آوریم.

تعیین بردار $\vec{A}$ با استفاده از اندازه آن و زاویه‌ای که با محور x می‌سازد اگر مقدار A و زاویه‌ای را که بردار $\vec{A}$ با جهت مثبت محور x می‌سازد بدانیم، با توجه به شکل قبل، می‌توانیم A_x و A_y را تعیین کنیم:

$$\begin{cases} A_x = A \cos \alpha \\ A_y = A \sin \alpha \end{cases}$$

$$\frac{A_y}{A_x} = \frac{A \sin \alpha}{A \cos \alpha} = \tan \alpha$$

نتیجه: اگر A_y را به A_x تقسیم کنیم، خواهیم داشت:

در رابطه بالا، α زاویه بردار با محور x است؛ بنابراین با داشتن A_x و A_y می‌توانیم زاویه بردار $\vec{A}$ با محور x را نیز به دست آوریم. اما شاید بپرسید: «معادله بالا دو جواب به ما می‌دهد، کدام را باید انتخاب کنیم؟» پاسخ این است که با توجه به این‌که بردار در کدام ناحیه صفحه مختصات قرار دارد، مقدار زاویه را تعیین می‌کنیم.

۲۲. گام اول: مجموع بار در دستگاه برابر با 20 nC است؛ پس:

$$q_A + q_B = 20 \text{ nC} \xrightarrow{q_B = -\frac{4}{5}q_A} -\frac{4}{5}q_B + q_B = 20 \text{ nC}$$

$$\Rightarrow -\frac{1}{5}q_B = 20 \text{ nC} \Rightarrow q_B = -100 \text{ nC}$$

گام دوم: دستگاه منزوی است؛ پس طبق اصل پایستگی بار داریم:

$$q_A + q_B = q'_A + q'_B$$

به مقدار q_A مثبت است و A به مقدار 2 nC بار از دست می‌دهد.

$$\xrightarrow{\text{دیگر معادله منتقل می‌کنیم.}} q_A + (-100 \text{ nC}) = (q_A - 2 \text{ nC}) + q'_B$$

$(q_A - 2 \text{ nC})$ را به طرف دیگر معادله منتقل می‌کنیم.

$$\Rightarrow q'_B = q_A - 100 \text{ nC} - q_A + 2 \text{ nC} = -98 \text{ nC}$$

۲۳. گام اول: بار الکتریکی جسم را در حالت اول q_1 و در حالت دوم q_2 می‌نامیم. در مورد q_1 و q_2 دو مورد زیر را می‌دانیم:

(۱) q_1 منفی و q_2 مثبت است.

(۲) $|q_2| = |q_1| - \frac{75}{100} |q_1| = \frac{25}{100} |q_1|$

بنابراین داریم:

$$q_2 = -\frac{25}{100} q_1 \Rightarrow q_2 = -\frac{1}{4} q_1$$

گام دوم: می‌دانیم تغییرات بار الکتریکی جسم، حاصل از دست دادن 10^4 الکترون است؛ پس:

$$\Delta q = +ne \Rightarrow q_2 - q_1 = (10^4)(1.6 \times 10^{-19} \text{ C})$$

الکترون از دست داده.

$$\Rightarrow -\frac{1}{4} q_1 - q_1 = 1.6 \times 10^{-15} \text{ C}$$

$$\Rightarrow -\frac{5}{4} q_1 = 1.6 \times 10^{-15} \text{ C} \Rightarrow q_1 = -1.28 \times 10^{-15} \text{ C}$$

۲۴. درست

۲۵. نادرست؛ وقتی میله پلاستیکی را به پارچه پشمی مالش می‌دهیم، میله پلاستیکی بارش منفی می‌شود؛ پس باید به انتهای منفی سری نزدیک‌تر باشد.

۲۶. درست

۲۸. نادرست؛ گفتیم در اثر مالش دو جسم خنثی به هم، حتماً دو جسم بار مخالف با هم پیدا می‌کنند، طوری که جسمی که به انتهای منفی سری نزدیک‌تر باشد، دارای بار منفی و دیگری، دارای بار مثبت می‌شود.

۲۹. الکتروسکوپ (برق‌نما)

۳۰. کم‌تری

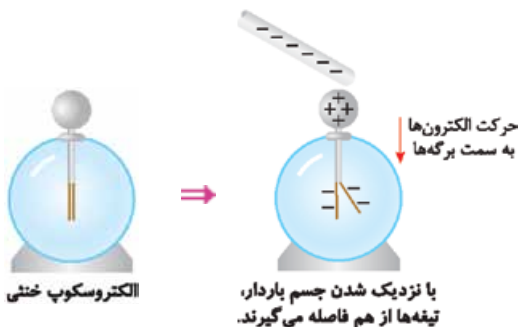
۳۱. تشخیص سه مورد زیر:

(۱) باردار بودن یا نبودن جسم

(۲) نوع بار جسم باردار

(۳) رسانا یا نارسانا بودن جسم

۳۲. برای این کار، جسم مورد نظر را به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی نزدیک می‌کنیم؛ اگر با نزدیک کردن جسم، تیغه‌ها از هم فاصله گرفتند، یعنی جسم باردار است (شکل زیر). علت این امر حرکت بارهای همنام با جسمی از کلاهک به تیغه‌ها است. از آنجایی که بار تیغه‌ها همنام می‌شوند، این دو یکدیگر را می‌رانند.



۱. نادرست؛ یک کولن مقدار بار الکتریکی بسیار زیادی است، به طوری که بار الکتریکی‌ای که توسط آذرخش تخلیه می‌شود، در حدود 10 C است.

۲. درست

۳. نادرست؛ مثبت و منفی بودن فقط یک نام‌گذاری است و می‌تواند هر اسم دیگری داشته باشد، ولی مزیت نام‌گذاری به صورت مثبت و منفی این است که یک جسم که به مقدار مساوی از بار مثبت و منفی داشته باشد، بار خالصش صفر می‌شود.

۴. نادرست؛ اجسام با بار هم‌نام، یکدیگر را دفع می‌کنند و اجسام با بار ناهم‌نام، یکدیگر را جذب می‌کنند.

۵. درست

۶. نادرست؛ بار الکتریکی یک کمیت کوانتیده است و همیشه مضرب صحیحی از بار پایه است.

۷. نادرست. در مالش شانه پلاستیکی با موهای سر، بارهای منتقل شده از مرتبه نانو کولن هستند.

۸. اصل پایستگی بار

۹. مضرب صحیحی

۱۰. پایستگی

۱۱. کوانتیده بودن

۱۲. فرعی

۱۳. 10 C

۱۴. بیانگر این موضوع است که دو نوع بار الکتریکی (مثبت و منفی) داریم.

۱۵. اصل پایستگی بار؛ مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی، ثابت است؛ یعنی بار می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود، ولی هرگز امکان تولید یا نابودی یک بار خالص وجود ندارد.

پس براساس اصل پایستگی بار الکتریکی، در یک دستگاه منزوی داریم:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots = q'_1 + q'_2 + q'_3 + \dots$$

۱۶. در مبحث الکتریسیته، به دستگاهی منزوی می‌گوییم که نه از محیط اطراف خود بار بگیرد و نه به آن بار بدهد.

۱۷. ۲ بار الکتریکی باید مضرب صحیحی از $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ باشد.

باید بررسی کنیم که کدام گزینه مضرب صحیحی از بار پایه می‌شود. برای این کار، بار هر گزینه را تقسیم بر $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ می‌کنیم.

$$n = \frac{4 \times 10^{-19} \text{ C}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = \frac{4}{1.6} = 2.5$$

۱

2.5 مضرب صحیح نیست.

$$n = \frac{8 \times 10^{-19} \text{ C}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = \frac{8}{1.6} = 5$$

۲

که این مقدار مضرب صحیح است.

۱۸. برای به دست آوردن تعداد الکترون‌های منتقل شده، باید 1 C را تقسیم بر $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ کنیم:

$$n = \frac{1 \text{ C}}{1.6 \times 10^{-19} \text{ C}} = 6.25 \times 10^{18} = 6.25 \times 10^{18}$$

۱۹. هر چهار مورد منشأ الکتریکی دارند.

۲۰. گام اول: ابتدا تعداد الکترون‌های کل میله را به دست می‌آوریم:

$$n = 8 \times 10^{10}$$

گام دوم: حالا مقدار بار را به دست می‌آوریم:

$$q = -ne = -8 \times 10^{10} \times (1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) = -1.28 \times 10^{-8} \text{ C}$$

۲۱. الف تعداد پروتون‌های هر هسته برابر با عدد اتمی است؛ پس:

$$n = Z = 3$$

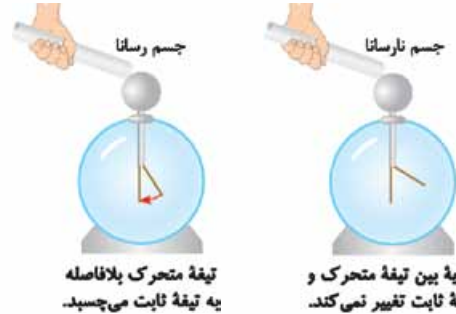
$$q = ne = 3 \times (1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) = 4.8 \times 10^{-19} \text{ C}$$

ب یون Li^+ یک الکترون خود را نسبت به حالت خنثی از دست داده است؛

$$q = -ne = -2 \times (1.6 \times 10^{-19} \text{ C}) = -3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$$

پس:

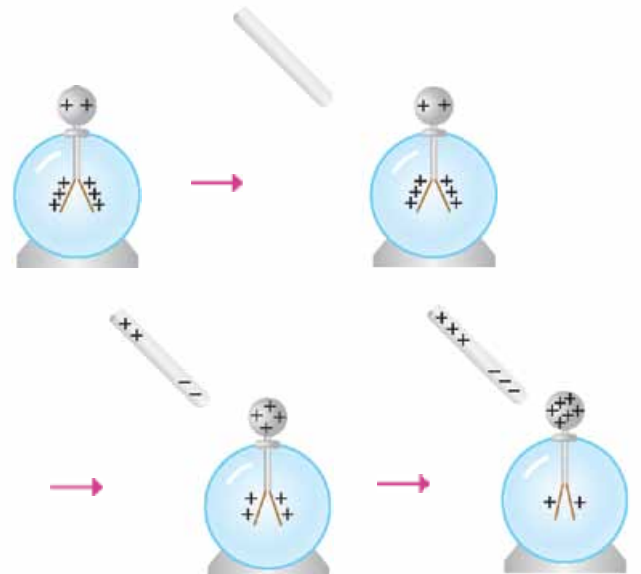
۳۳. برای این که بفهمیم یک جسم رسانا هست یا نه، کافی است همانند شکل های زیر یک سر جسم مورد نظر را در دستان (بدون دستکش) بگیریم و سر دیگر آن را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ باردار تماس بدهیم. اگر جسم مورد نظر رسانا باشد، تیغه های الکتروسکوپ خیلی سریع به هم می چسبند؛ چون بدن ما رسانای الکتریکی است و بار الکتریکی از طریق جسم و بدن ما به زمین منتقل می شود و الکتروسکوپ خنثی می شود، اما اگر جسم نارسا باشد، تیغه ها به هم نمی چسبند.



۳۴. منفی - وقتی با نزدیک کردن یک جسم باردار به یک الکتروسکوپ باردار، ورقه های الکتروسکوپ به هم نزدیک می شوند، حتماً بار جسم مخالف بار الکتروسکوپ است.

۳۵. منفی - منفی: در واقع داریم الکتروسکوپ را به روش القا باردار می کنیم. در درس نامه باردار کردن به روش القا، خواندید که در این روش جسم باردار شده، بارش مخالف میله است؛ پس بار الکتروسکوپ منفی می شود. با دور کردن میله باردار، این بار روی کلاهک و تیغه ها پخش می شود.

۳۶. چون الکتروسکوپ باردار است، وقتی یک میله خنثی را به آرامی به کلاهک نزدیک می کنیم، در سر نزدیک تر میله بار مخالف القا می شود؛ از این رو بارهای الکتروسکوپ توسط میله جذب می شوند. با جذب بار توسط میله، بارهای روی تیغه ها به روی کلاهک می آیند و فاصله تیغه ها به تدریج کم می شود.



۳۷. مطابق شکل روبه رو، دو نی پلاستیکی را از نزدیکی یک انتهای آن ها خم می کنیم؛ سپس آن ها را با پارچه پشمی مالش می دهیم. با این کار، با توجه به سری الکتریسیته مالشی، هر دو نی بار منفی می گیرند. اگر دو نی را مانند آن چه که در شکل روبه رو می بینید به هم نزدیک کنیم، نیروی دافعه بین آن ها را کاملاً حس می کنیم.



۳۸. برای مشخص کردن این که وقتی دو جسم را به هم مالش می دهیم، کدام جسم الکترون می گیرد و کدام یک الکترون از دست می دهد.

۳۹. کم تر - چون به انتهای مثبت سری نزدیک تر است.

۴۰. الف درست

ب نادرست - با توجه به نزدیک تر بودن مس به انتهای منفی سری، با مالش مس به نایلون، جسم های مسی دارای بار منفی می شوند.

پ درست

۴۱. بادکنک پلاستیکی - با این کار بادکنک پلاستیکی 10^9 الکترون دریافت می کند و کاغذ 10^9 الکترون از دست می دهد؛ پس:

$$C = -1/6 \times 10^{-19} \times 10^9 = -10^{-10} \text{ C} \quad \text{بار پلاستیک}$$

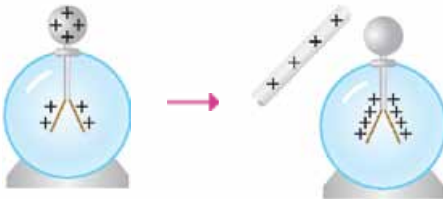
$$C = 1/6 \times 10^{-19} \times 10^9 = 10^{-10} \text{ C} \quad \text{بار کاغذ}$$

۴۲. با توجه به سری الکتریسیته مالشی (تریبولکتریک)، روکش سلفونی با برخورد به لبه های ظرف پلاستیکی الکترون از دست می دهد و بار مثبت پیدا می کند. پلاستیک هم الکترون می گیرد و بار منفی پیدا می کند. با توجه به مثبت و منفی بودن بار دو جسم، آن ها یکدیگر را می ربایند و سلفون به ظرف می چسبد.

۴۳. موی انسان - منفی - کم تر - مثبت - جذب

۴۴. گام اول: با توجه به سری الکتریسیته مالشی، با مالش میله شیشه ای به پارچه ابریشمی، بار شیشه مثبت و بار ابریشم منفی می شود.

گام دوم: الکتروسکوپ بار مثبت دارد؛ بنابراین مطابق شکل زیر، اگر جسمی با بار مثبت را به کلاهک الکتروسکوپ نزدیک کنیم، تعدادی از الکترون های آزاد تیغه ها به سمت کلاهک حرکت می کنند و بار مثبت بیشتری روی تیغه ها القا می شود. با افزایش بار مثبت روی تیغه ها، فاصله تیغه ها از هم بیشتر می شود. (تیغه ها از هم دور می شوند.)

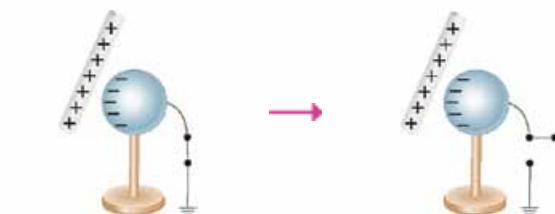


۴۵. الکترون خواهی برنج بیشتر است؛ بنابراین وقتی یک جسم شیشه ای را به یک جسم برنجی مالش می دهیم، بار شیشه مثبت و بار برنج منفی می شود؛ همان طور که در درس نامه گفتیم، اگر یک جسم باردار را به الکتروسکوپ با بار مخالف نزدیک کنیم، در صورتی که بار جسم از بار الکتروسکوپ خیلی بیشتر باشد، صفحات الکتروسکوپ ابتدا به تدریج بسته و سپس دوباره باز می شود.

۴۶. گام اول: با توجه به سری الکتریسیته مالشی، با مالش میله شیشه ای به پارچه ابریشمی، میله بار مثبت و پارچه بار منفی می گیرد.

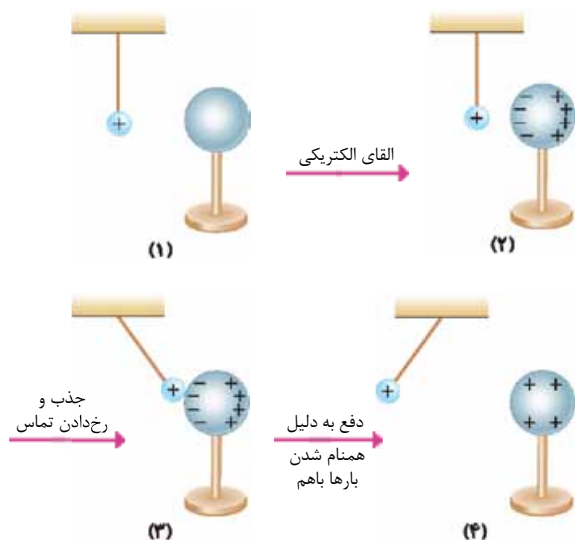
گام دوم: با نزدیک کردن میله با بار مثبت به کره، مطابق شکل روبه رو، الکترون های آزاد سطح کره به سمت میله کشیده می شوند.

گام سوم: با بستن کلید، الکترون های آزاد از زمین وارد کره می شوند و بارهای مثبت تجمع یافته در طرف راست کره را خنثی می کنند. با این اتفاق، بار خالص کره منفی می شود و با باز کردن کلید، بار کره منفی می ماند.



۴۹. وقتی به گلوله دست می‌زنیم، گلوله بدون بار می‌شود. زمانی که میله را به گلوله نزدیک می‌کنیم، الکترون‌های آزاد از طرفی که میله به آن نزدیک شده است، دور می‌شوند؛ بنابراین در آن قسمت گلوله بار مثبت القا می‌شود و جذب میله می‌شود. اگر گلوله با میله برخورد کند، چون بار خالص منفی می‌گیرد، پس از تماس دفع می‌شود.

۵۰. مطابق آن چه که در شکل‌های زیر می‌بینید، ابتدا به دلیل حضور آونگ الکتریکی، در کره بدون بار، القای الکتریکی رخ می‌دهد. (شکل (۲)) القای الکتریکی باعث جذب و در نهایت تماس گلوله با کره می‌شود. (شکل (۳)) در نهایت با همنام شدن بار کره و گلوله، این دو یکدیگر را دفع می‌کنند.



۵۱. دلیل اول: معمولاً اطراف ما، اجسام بدون بار (خنثی) زیادی هستند و می‌دانیم اجسام باردار با نزدیک شدن به اجسام بدون بار، در آن‌ها بار مخالف القا می‌کنند و در نتیجه بر آن‌ها نیروی جاذبه وارد می‌کنند.

دلیل دوم: بارهای الکتریکی محیط اطراف ما، اکثراً به روش‌های مالش ایجاد می‌شوند، یعنی بارها ناهم‌نام هستند و یکدیگر را جذب می‌کنند.

۵۲. با تماس دادن گلوله به یکی از صفحه‌ها، بار همنام آن صفحه را گرفته و از آن دفع شده و به طرف صفحه مقابل با بار مخالف می‌رود و با آن برخورد می‌کند. بعد از تماس، به علت همنام شدن بار گلوله با آن صفحه، دوباره به طرف صفحه مقابل می‌رود و به صفحه مقابل برخورد می‌کند. این عمل تا زمانی که بار روی صفحه‌ها خنثی شود، ادامه دارد.

۵۳. در سؤال‌های قبل دیدیم که اگر یک جسم باردار را به یک جسم بدون بار نزدیک کنیم، به خاطر القای بار در جسم بدون بار، دو جسم یکدیگر را جذب می‌کنند. بنابراین دو جسم رسانا اگر یکدیگر را دفع کنند، حتماً باید باردار باشند و بار همنام داشته باشند. اما اگر دو جسم همدیگر را جذب کنند، یا می‌توانند دو جسم با بارهای ناهم‌نام باشند و یا یکی از آن‌ها باردار و دیگری بدون بار باشد؛ پس جسم‌های B و C باید بار همنام داشته باشند، ولی دلیلی وجود ندارد که بار این دو جسم هم‌اندازه باشد. از طرفی با توجه به توضیحات بالا، جسم A می‌تواند بدون بار باشد؛ بنابراین **۴** پاسخ این سؤال است.

۵۴. چون دو کره مشابه هستند، بارشان بعد از تماس با یکدیگر برابر می‌شود و داریم:

$$q'_A = q'_B = \frac{q_A + q_B}{2} = \frac{20 \mu C + (-8 \mu C)}{2} = 6 \mu C$$

۵۵. الف کره A؛ چون بار آن در ابتدا $5 \mu C$ - بوده و پس از تماس بارش منفی‌تر و برابر $q'_A = \frac{q_A + q_B}{2} = \frac{(-5 \mu C) + (-9 \mu C)}{2} = -7 \mu C$ می‌شود.

ب ابتدا مقدار بار منتقل شده را حساب می‌کنیم:

$$\Delta q_A = q'_A - q_A = -7 \mu C - (-5 \mu C) = -2 \mu C$$

سری الکتریسیته مالشی

انتهای مثبت سری

A

D

انتهای منفی سری

۴۷. گام اول: با عبارت آخر که تکلیفش مشخص است، شروع می‌کنیم. طبق این عبارت، با مالش دادن دو جسم A و D به هم، بار جسم A مثبت و بار جسم D منفی می‌شود؛ پس همواره باید A بالاتر از D قرار گیرد:

گام دوم: حالا به سراغ دیگر عبارت‌ها می‌رویم. اول به سراغ عبارتی می‌رویم که با هر دوی A و D سروکار داشته باشد؛ یعنی عبارت (II):

سری الکتریسیته مالشی

انتهای مثبت سری

B

A

D

انتهای منفی سری

در این عبارت گفته شده که اگر دو جسم B و D را به A مالش دهیم، یکدیگر را جذب می‌کنند؛ پس با مالش B و D به A دو جسم B و D بار مخالف هم می‌گیرند. این موضوع وقتی رخ می‌دهد که در سری یکی از اجسام بالاتر از A و دیگری پایین‌تر از A قرار گیرد. جایگاه D که از قبل پایین‌تر از A بود، پس B حتماً بالاتر از A است.

گام سوم: حالا عبارت (I) را بررسی می‌کنیم: براساس این عبارت، با مالش دو جسم B و C به جسم D، باید هر دو یک نوع بار پیدا کنند؛ بنابراین در سری هر دو باید یا بالاتر از D باشند یا پایین‌تر. B از قبل بالاتر بود؛ پس C هم باید بالاتر از D باشد و سه حالت زیر می‌تواند رخ دهد:

سری الکتریسیته

مالشی

انتهای مثبت

B

A

C

D

انتهای منفی

حالت (۳)

سری الکتریسیته

مالشی

انتهای مثبت

B

C

A

D

انتهای منفی

حالت (۲)

سری الکتریسیته

مالشی

انتهای مثبت

C

B

A

D

انتهای مثبت

حالت (۱)

گام چهارم: در نهایت با تنها عبارت باقی‌مانده کار را تمام می‌کنیم:

در این عبارت گفته شده که اگر دو جسم B و C را به A مالش دهیم، یکدیگر را جذب می‌کنند؛ پس از سه حالت بالا باید حالتی را انتخاب کنیم که A بین B و C قرار گرفته باشد؛ یعنی حالت ۳.

۴۸. ۴ جسم A به انتهای مثبت سری و جسم B به انتهای منفی سری نزدیک‌تر است؛ بنابراین با مالش دادن دو جسم به یکدیگر، بار جسم A مثبت و بار جسم B منفی می‌شود.

در آزمایش اول، وقتی جسم A را به کلاهک الکتروسکوپ با بار مثبت (همنام با جسم A) نزدیک می‌کنیم، از همان ابتدا بار مثبت بیشتری در ورقه‌های الکتروسکوپ القا می‌شود و در نتیجه زاویه بین ورقه‌ها افزایش می‌یابد؛ پس عبارت **الف** نادرست و عبارت **ب** درست است (رد ۱ و ۲).

در آزمایش دوم، وقتی جسم منفی B را به تدریج به کلاهک الکتروسکوپ با بار مثبت نزدیک می‌کنیم، الکترون‌ها به تدریج از کلاهک به سمت ورقه‌ها دفع می‌شوند و ابتدا بار مثبت ورقه‌ها کاهش و زاویه بین ورقه‌ها از هم کم می‌شود و اگر روند انتقال الکترون به ورقه‌ها ادامه پیدا کند، ورقه‌ها بار منفی پیدا می‌کنند و با افزایش این بار، دوباره از هم دور می‌شوند؛ پس عبارت **پ** درست و عبارت **ت** نادرست است.

حالا به کمک رابطه $n = \frac{q}{e}$ ، تعداد الکترون‌های جابه‌جاشده را به دست

می‌آوریم:

$$n = \frac{-2 \mu C}{1/6 \times 10^{-19} C} = \frac{2 \times 10^{-6} C}{1/6 \times 10^{-19} C} = 1/25 \times 10^{12}$$

