



فیزیک

فصل اول: الکتروسیسته ساکن بار الکتریکی - پایستگی و کوانتیده بودن بار الکتریکی

۱ کدام یک از گزینه‌های زیر نادرست است؟

- ۱ اگر جسمی خنثی الکترون از دست بدهد، بار الکتریکی خالص آن مثبت می‌شود.
- ۲ طبق اصل پایستگی بار الکتریکی، مجموع جبری همه بارهای الکتریکی در یک دستگاه منزوی ثابت است.
- ۳ طبق اصل کوانتیده بودن بار، بار الکتریکی مشاهده شده در جسم همواره مضرب درستی از بار بنیادی است.
- ۴ طبق اصل پایستگی بار الکتریکی، امکان تولید بار خالص وجود دارد.

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ طبق اصل پایستگی بار الکتریکی، 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. بنابراین گزینه ۴ نادرست است.

۲ کدام یک از عبارتهای زیر نادرست است؟

- ۱ در یک اتم خنثی، تعداد الکترون‌ها برابر با تعداد پروتون‌ها است.
 - ۲ در یک اتم خنثی، جمع جبری بارها می‌تواند صفر نباشد.
 - ۳ در اثر مالش دو جسم خنثی بر هم، جسمی که الکترون می‌گیرد دارای بار منفی می‌شود.
 - ۴ در سری الکتروسیسته مالشی، مواد پایین‌تر الکترون‌خواهی بیشتری دارند.
- پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ در یک اتم خنثی جمع جبری بارها حتماً صفر است.

۳ بار الکتریکی در هر جسم، همواره

- ۱ مضرب صحیحی از بار بنیادی یک الکترون است.
- ۲ کمیت پیوسته‌ای است که بی‌نهایت قابل تقسیم است.
- ۳ مضرب صحیحی از یک کولن است.
- ۴ کمیت پیوسته‌ای است که نمی‌تواند کمتر از بار الکتریکی پایه باشد.

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ طبق اصل کوانتومی بودن بار الکتریکی، همواره بار الکتریکی یک جسم مضرب درستی (صحیحی) از بار

الکترون (e) است. به طوری که $q = \pm ne$



توجه: اولاً بار الکتریکی کمیت گسسته‌ای است (کوانتومی به مفهوم گسسته بودن می‌باشد) [ردّ گزینه ۲ و ۴] و دوّمً طبق رابطه $q = \pm ne$ مقدار $e = 1,6 \times 10^{-19} C$ است پس بار مضربی از $1,6 \times 10^{-19}$ کولن است (ردّ گزینه ۳).

۴ کدام یک از پدیده‌های زیر به ماهیت الکتریکی مواد بستگی ندارد؟

- ۱ انتقال پیام‌های عصبی در دستگاه اعصاب
 ۲ قابلیت چسبیدن نوار سلوفان بر ظروف
 ۳ بالا رفتن یک مارمولک از دیوار
 ۴ چرخش ماهواره به دور زمین

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ عامل چرخش ماهواره‌ها به دور زمین، نیروی گرانشی است که زمین به ماهواره‌ها وارد می‌کند.

۵ اگر یک تکه چوب را توسط یک نایلون مالش دهیم، کدام یک از عبارات زیر صحیح می‌باشد؟

انتهای مثبت سری
شیشه
نایلون
پشم
چوب
انتهای منفی سری

- ۱ الکترون‌ها از چوب به نایلون منتقل می‌شوند.
 ۲ الکترونی بین آن‌ها جابه‌جا نمی‌شود.
 ۳ الکترون‌ها از نایلون به چوب منتقل می‌شوند.
 ۴ همان مقدار که الکترون از چوب به نایلون منتقل می‌شود از نایلون نیز به چوب منتقل خواهد شد.

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ با توجه به جدول سری الکتربسیته مالشی (تریبوالکتریک)، می‌توان نتیجه گرفت در هنگام مالش چوب توسط نایلون، الکترون از نایلون به چوب منتقل می‌شود.

۶ با توجه به جدول سری الکتربسیته مالشی (تریبوالکتریک) زیر، اگر جسم بدون بار A را به جسم بدون بار C مالش دهیم، در این صورت بار جسم‌های A و C به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

انتهای مثبت سری
A
B
C
D
انتهای منفی سری

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

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ با توجه به جدول تریبوالکتریک جسم A نسبت به C به انتهای مثبت نزدیک و جسم C به انتهای منفی ← پس از مالش جسم A دارای بار مثبت و جسم C دارای بار منفی خواهد شد.



۷) با توجه به سری الکتریسیته مالشی، اگر یک میله شیشه‌ای خنثی را یک پارچه کتان خنثی مالش دهیم، جرم میله شیشه‌ای می‌شود و اندازه بار میله شیشه‌ای اندازه بار پارچه کتانی می‌شود.

انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
پارچه کتان
پلاستیک
انتهای منفی سری

۱) بیش‌تر - برابر با ۲) بیش‌تر - بیش‌تر از ۳) کمتر - برابر با ۴) کمتر - کمتر از

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ با توجه به سری الکتریسیته مالشی، چون شیشه نسبت به پارچه کتان به انتهای مثبت سری نزدیکتر است، بنابراین در مالش میله شیشه‌ای با پارچه کتان، شیشه دارای بار مثبت و پارچه کتان دارای بار منفی خواهد شد. چون شیشه الکترون از دست داده است. بنابراین جرم آن به اندازه جرم الکترونی‌هایی که از دست داده، کاهش می‌یابد. بنابر اصل پایستگی بار الکتریکی، چون میله و پارچه خنثی بوده‌اند، بنابراین اندازه بار الکتریکی آن‌ها یکسان خواهد بود.

۸) قسمتی از سری الکتریسیته مالشی در جدول زیر آورده شده است. با توجه به این جدول، کدام گزینه صحیح است؟

انتهای مثبت سری	شیشه	نایلون	سرب	ابریشم	پارچه کتان	تفلون	انتهای منفی سری
-----------------	------	--------	-----	--------	------------	-------	-----------------

۱) اگر تفلون با نایلون مالش داده شود، تفلون دارای بار منفی می‌شود.

۲) اگر سرب با پارچه کتان مالش داده شود، پارچه کتان الکترون از دست می‌دهد.

۳)

اگر ابریشم با نایلون مالش داده شود، تعداد الکترونی‌هایی که ابریشم می‌گیرد، از تعداد الکترونی‌هایی که نایلون از دست می‌دهد، بیشتر است.

۴) اگر نایلون را با ابریشم مالش دهیم، الکترون از نایلون به ابریشم منتقل می‌شود و بار ابریشم مثبت می‌شود.

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ با توجه به جدول سری الکتریسیته تنها گزینه ۱ به درستی بیان شده است.



۹ دو جسم بدون بار A و B را جداگانه با جسم بدون بار C مالش می‌دهیم، پس از مالش A و B یکدیگر را دفع می‌کنند. اگر دو جسم بدون بار B و C را جداگانه با جسم بدون بار D مالش دهیم، پس از مالش B و C یکدیگر را جذب می‌کنند. کدام گزینه می‌تواند موقعیت این چهار جسم را در سری تریبوالکتریک به‌درستی نشان دهد؟

انتهای مثبت سری
A
B
D
C
انتهای منفی سری

۲

انتهای مثبت سری
C
B
A
D
انتهای منفی سری

۴

انتهای مثبت سری
D
A
C
B
انتهای منفی سری

۱

انتهای مثبت سری
A
C
D
B
انتهای منفی سری

۳

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ A و B پس از مالش با جسم C ، دارای بارهای هم‌نام می‌شوند، بنابراین در سری تریبوالکتریک بایستی هر دو جسم یا بالاتر از جسم C یا پایین‌تر از جسم C قرار گیرند. از طرفی با توجه به این که دو جسم B و C پس از مالش با جسم D دارای بارهای ناهم‌نام می‌شوند، بنابراین در سری تریبوالکتریک D بایستی بین B و C قرار گیرد.



۱۰ هر جفت اجسامی که در عبارت‌های زیر آورده شده‌اند، به هم مالش می‌دهیم. به کمک جدول سری الکتریسیته مالشی (تریوالکتریک)، تعیین کنید نوع بار چند جفت از

سری الکتریسیته مالشی	اجسام به درستی تعیین شده است؟ الف) یک تکه کهربا (مثبت) – سری الکتریسیته مالشی پارچه پشمی (منفی)
انتهای مثبت سری	ب) میله شیشه‌ای (منفی) – موی انسان (مثبت)
موی انسان	پ) پارچه ابریشمی (مثبت) – میله پلاستیکی (منفی)
شیشه	ت) قطعه چوب (منفی) – پارچه کتان (مثبت)
پشم	۱ (۱)
ابریشم	۲ (۲)
چوب	۳ (۳)
پارچه کتان	۴ (۴)
کهربا	
پلاستیک	
انتهای منفی سری	

پاسخ: ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) طبق جدول صورت سؤال، فقط موارد (ب) و (پ) درست هستند.

۱۱ یک میله پلاستیکی را با شیشه مالش می‌دهیم و آن را به یک الکتروسکوپ بدون بار نزدیک می‌کنیم. اگر ورقه‌های الکتروسکوپ از هم دور شوند، بار کلاhek و ورقه‌ها

سری الکتریسیته مالشی

شیشه	→ انتهای مثبت
سرب	
کاغذ	
پلاستیک	
تفلون	→ انتهای منفی

۲ مثبت - مثبت

۴ منفی - منفی

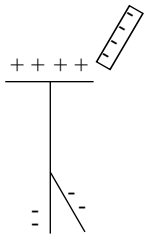
۱ مثبت - منفی

۳ منفی - مثبت

به ترتیب از راست به چپ کدام است؟

پاسخ: ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) با توجه به جدول سری الکتریسیته مالشی می‌دانیم که با مالش میله پلاستیکی با شیشه، میله پلاستیکی دارای

بار منفی می‌شود و اگر به الکتروسکوپی خنثی نزدیک شود، در اثر القای الکتریکی، کلاhek دارای بار مثبت و ورقه‌ها دارای بار منفی می‌شوند.



۱۲) در اثر مالش یک میلهٔ کهربایی با کاغذ، کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند بار الکتریکی کاغذ را بر حسب کولن به درستی نشان دهد؟ ($e = 1,6 \times 10^{-19} C$)

انتهای مثبت سری

پوست انسان

کاغذ

کهربا

برنج

انتهای منفی سری

۱) -4×10^{-19}

۲) -8×10^{-19}

۳) 4×10^{-19}

۴) 8×10^{-19}

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ می‌دانیم طبق رابطه $q = \pm ne$ بار الکتریکی باید ضریب صحیحی از تعداد بار الکترون (e) باشد. از طرفی با توجه به اینکه کهربا (نسبت به کاغذ) به انتهای منفی سری تریبو الکتریک نزدیک تر است با مالش میلهٔ کهربایی و کاغذ، کاغذ الکترون از دست داده و دارای بار مثبت می‌شود و میله الکترون جذب می‌کند دارای بار منفی می‌شود. بنابراین فقط گزینهٔ ۳ و ۴ می‌توانند بار کاغذ باشند. از طرفی با بررسی گزینه‌ها خواهیم داشت:

گزینهٔ (۳):

$$q = ne \rightarrow +4 \times 10^{-19} = n \times 1,6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = +2,5 \quad \times$$

$+2,5$ عدد صحیح نیست پس $+4 \times 10^{-19}$ نمی‌تواند بار الکتریکی کاغذ باشد.

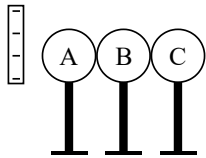
گزینهٔ (۴):

$$q = ne \rightarrow +8 \times 10^{-19} = n \times 1,6 \times 10^{-19} \rightarrow n = +5 \quad \checkmark$$

$+5$ عدد صحیح است پس $+8 \times 10^{-19}$ می‌تواند بار الکتریکی کاغذ باشد و این گزینه درست است.



۱۳ مطابق شکل زیر، میله‌ای با بار الکتریکی منفی را به سه کره رسانای A ، B و C که در تماس با هم قرار دارند و در ابتدا خنثی هستند، نزدیک کرده 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 به ترتیب از راست به چپ کدام است؟ (پایه‌ها عایق هستند).



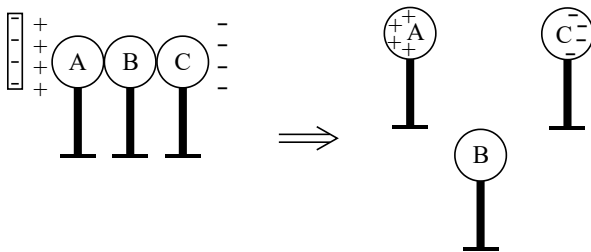
۲ منفی، مثبت، مثبت

۱ مثبت، مثبت، منفی

۴ منفی، خنثی، مثبت

۳ مثبت، خنثی، منفی

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ با نزدیک کردن میله منفی به کره‌ها، بار الکتریکی به صورت شکل زیر القا می‌شود که با حذف کره B در حضور میله، خواهیم داشت.



۱۴ به ذره‌ای با بار الکتریکی مثبت، 2×10^{12} الکترون می‌دهیم. بار الکتریکی مثبت

ذره ۱۶ درصد کاهش می‌یابد. بار اولیه ذره چند میکروکولن بوده است؟

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

۱ ۴

۱۰ ۳

۲ ۲

۲۰ ۱

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ با دادن الکترون به ذره‌ای که بارش مثبت است، مقداری بار مثبت آن خنثی می‌شود. بنابراین اگر بار اولیه را

q_1 فرض کنیم، مقدار بار ثانویه بار (الکترون‌ها) $q_2 = q_1 -$ خواهد بود. پس:

$$\begin{cases} q_2 = q_1 - (\text{بار الکترون‌ها}) \\ \text{بار الکترون‌ها} = ne = 2 \times 10^{12} \times 1,6 \times 10^{-19} = 3,2 \times 10^{-7} C \end{cases}$$

از طرفی سؤال گفته کاهش بار برابر ۱۶ درصد است یعنی $3,2 \times 10^{-7} C$ برابر ۱۶ درصد بار اولیه است. پس:

$$\frac{16}{100} q_1 = 3,2 \times 10^{-7} \Rightarrow q_1 = 2 \times 10^{-6} C = 2 \mu C$$



۱۵) بر اثر مالش دو جسم نارسنای خنثی به یکدیگر، بار یکی از آنها $+32nC$ و بار دیگری $-32nC$ می‌شود. چه تعداد الکترون در این فرایند بین دو جسم جابه‌جا شده است؟ $(e = 1,6 \times 10^{-19} C)$

- ۱) 4×10^{11} ۲) 4×10^{14} ۳) 2×10^{11} ۴) 2×10^{14}

پاسخ: ۱) ۲) ۳) ۴) $32nC$ بار منفی از یک جسم به جسم دیگر منتقل شده بنابراین بار جسمی که $32nC$ بار منفی از دست داده $+32nC$ و بار جسمی که $32nC$ بار منفی گرفته، $-32nC$ شده است:

$$q = ne \rightarrow 32 \times 10^{-9} = n \times 1,6 \times 10^{-19} \rightarrow n = 2 \times 10^{11}$$

۱۶) چند الکترون از یک کره‌ی رسانای خنثی خارج شود تا بار الکتریکی آن $+8\mu C$ شود؟ $(e = 1,6 \times 10^{-19} C)$

- ۱) 5×10^{12} ۲) 8×10^{-6} ۳) 5×10^{13} ۴) $12,8 \times 10^{13}$

پاسخ: ۱) ۲) ۳) ۴) بار هر جسم مضرب صحیحی از بار پایه است. از طرفی، باید $-8\mu C$ بار از جسم خارج شود تا بار جسم $+8\mu C$ شود. بنابراین:

$$q = -ne \Rightarrow -8 \times 10^{-6} = -n \times \frac{1,6}{10} \times 10^{-19} \Rightarrow n = 5 \times 10^{13} \quad \text{الکترون}$$

۱۷) به جسمی رسانا که دارای $9nC$ بار منفی است، 5×10^{10} الکترون می‌دهیم. بار الکتریکی این جسم چند نانوکولن خواهد شد؟ $(e = 1,6 \times 10^{-19} C)$

- ۱) -1 ۲) -8 ۳) -17 ۴) -18

پاسخ: ۱) ۲) ۳) ۴)

$$\Delta q = -ne \Rightarrow \Delta q = -5 \times 10^{10} \times 1,6 \times 10^{-19} = -8 \times 10^{-9} C = -8nC$$

$$q' = -9 + (-8) = -17nC$$

۱۸) زاویه بین ورقه‌های یک الکتروسکوپ با بار منفی برابر با α است. هنگامی که یک میله با بار مثبت را به الکتروسکوپ نزدیک می‌کنیم، در نهایت زاویه بین ورقه‌ها β می‌شود. در این صورت کدام گزینه صحیح است؟

- ۱) $\beta = \alpha$ ۲) $\beta > \alpha$

- ۳) $\beta < \alpha$ ۴) بسته به شرایط هر یک از گزینه‌ها می‌تواند صحیح باشد.

پاسخ: ۱) ۲) ۳) ۴) بسته به این که بار میله باردار مثبت چقدر است، هر سه گزینه «۱»، «۲» و «۳» می‌تواند درست باشد.



۱۹) الکتروسکوپی دارای بار منفی است. اگر جسم A را به کلاهک آن نزدیک کنیم، ورقه‌های آن بیش‌تر از هم دور می‌شوند و اگر جسم رسانای B را به آن نزدیک کنیم، ورقه‌های آن به هم نزدیک می‌شوند. به ترتیب از راست به چپ کدام گزینه در مورد بار اجسام A و B درست است؟

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

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ همواره با نزدیک کردن جسم بارداری به کلاهک یک الکتروسکوپ باردار، اگر بار جسم و کلاهک یکسان باشد، ورقه‌ها بیش‌تر از هم دور می‌شوند، بنابراین بار جسم A همانند بار الکتروسکوپ منفی است. اگر جسم باری مخالف بار الکتروسکوپ داشته باشد، ورقه‌ها به هم نزدیک‌تر می‌شوند پس بار جسم می‌تواند مثبت باشد. اما اگر جسم بدون باری را که رسانا است به کلاهک الکتروسکوپ باردار نزدیک کنیم، به علت القای بار در رسانا نیز ورقه‌ها به هم نزدیک‌تر می‌شوند، بنابراین بار جسم B می‌تواند مثبت و یا خنثی باشد.

۲۰) در تماس جسم رسانا و باردار A با جسم رسانا و بدون بار B ، کدامیک از مقادیر زیر می‌تواند اندازه بار منتقل شده از A به B باشد؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} C$)

- ۱) $2 \times 10^{-13} \mu C$ ۲) $5 \times 10^{-13} \mu C$ ۳) $8 \times 10^{-13} \mu C$ ۴) هر سه مورد امکان دارد.

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ بار الکتریکی کمیته کوانتیده است؛ یعنی هنگام تماس جسم باردار با جسم خنثی، اگر جسم خنثی الکترون به دست آورد یا از دست دهد، همواره بار الکتریکی منتقل شده، مضرب درستی از بار بنیادی e است:

$$q = \pm ne, n = 0, 1, 2, \dots$$

حال به بررسی گزینه‌ها می‌پردازیم:

$$1) n = \frac{2 \times 10^{-13} \times 10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{2}{1.6}$$

$$2) n = \frac{5 \times 10^{-13} \times 10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{5}{1.6}$$

$$3) n = \frac{8 \times 10^{-13} \times 10^{-6}}{1.6 \times 10^{-19}} = \frac{8}{1.6} = 5$$

فقط در مورد گزینه «۳»، بار مبادله شده کوانتیده است.



۲۱ قاشقی از جنس پلاستیک را به وسیله پارچه کتانی تمیز می‌کنیم. اگر در سری الکتریسیته مالشی، پلاستیک پایین‌تر از کتان قرار داشته باشد و بین قاشق و پارچه کتانی $10^{12} \times 25$ الکترون جابه‌جا شود، بار پلاستیک و کتان به ترتیب از راست به چپ بر حسب میکروکولن مطابق کدام گزینه است؟ $(e = 1.6 \times 10^{-19} C)$ و پلاستیک و کتان در ابتدا خنثی فرض شوند.

- ۱) -4 و $+4$ ۲) $+4$ و -4 ۳) -20 و $+20$ ۴) $+20$ و -20

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ از آنجایی که در سری الکتریسیته مالشی، پلاستیک پایین‌تر از کتان قرار گرفته، پلاستیک بار منفی و کتان به همان اندازه بار مثبت خواهد گرفت.

$$|q| = ne \Rightarrow |q| = 25 \times 10^{12} \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow |q| = 40 \times 10^{-7} C = 4 \mu C$$

۲۲ نسبت بار الکتریکی هسته یون فرضی کربن $({}^6_{12}C^-)$ به بار الکتریکی هسته اتم کربن خنثی $({}^6_{12}C)$ کدام است؟ $(e = 1.6 \times 10^{-19} C)$

- ۱) صفر ۲) ۱ ۳) 1.6×10^{-19} ۴) -1.6×10^{-19}

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ سؤال نسبت بار هسته را خواسته که برابر با تعداد پروتون‌هاست و در هر دو یون کربن مقدار آن برابر ۶ است پس بار هسته برای هر دو یون برابر $q = ne = 6e$ بوده که نسبت آن‌ها برابر ۱ خواهد بود.

۲۳ الکتروسکوپ با بار منفی در اختیار داریم. اگر میله‌ای رسانا را به کلاهک آن نزدیک کنیم، ورقه‌های الکتروسکوپ به هم نزدیک می‌شوند. نوع بار میله چیست؟

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

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ اگر میله منفی را نزدیک کنیم، ورقه‌ها از هم دورتر می‌شوند (بارها منفی به سمت تیغه‌ها می‌روند). اگر میله مثبت را نزدیک کنیم، بارهای منفی به سمت کلاهک رفته و تیغه‌ها بسته‌تر می‌شوند.

اگر میله خنثی را نزدیک کنیم، بارهای میله تفکیک می‌شوند و بارهای مثبت کنار کلاهک قرار می‌گیرند و بر بارهای منفی الکتروسکوپ اثر گذاشته و بارهای منفی به سمت کلاهک می‌آیند و ورقه‌ها الکتروسکوپ به هم نزدیک‌تر می‌شوند.



۲۴) میله‌ای با بار مثبت را به آرامی به کلاهک الکتروسکوپ بارداری نزدیک می‌کنیم و می‌بینیم که ورقه‌های باز الکتروسکوپ، بسته شده و دوباره باز می‌شوند. چه تعداد از عبارتهای زیر درباره این پدیده درست است؟

الف) بار اولیه الکتروسکوپ منفی است.

ب) بار نهایی الکتروسکوپ مثبت است.

ج) در طول انجام این آزمایش فقط یک نوع بار در الکتروسکوپ دیده می‌شود.

د) ورقه‌های الکتروسکوپ کمتر از حالت اولیه از هم باز می‌شوند.

۴ (۴)

۳ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

پاسخ: (۱) (۲) (۳) (۴) با نزدیک شدن میله با بار مثبت به الکتروسکوپ بردار، فاصله ورقه‌های آن از هم کم شده است، پس الکتروسکوپ ابتدا دارای بار منفی است زیرا با نزدیک شدن میله به کلاهک آن، بارهای منفی به سمت کلاهک جذب شده و بار منفی ورقه کم می‌شود و ورقه‌ها به هم نزدیک می‌شوند. از طرفی وقتی تمام بارهای منفی به سمت کلاهک کشیده شوند، ورقه‌ها بسته شده و چون ورقه‌ها دوباره باز می‌شوند، نتیجه می‌گیریم القای الکتریکی باعث جدا شدن الکترون‌های بیشتری از ورقه‌ها و در نتیجه القای بار مثبت در الکتروسکوپ شده است. بنابراین ورقه‌ها دوباره باز می‌شوند، ولی اندازه باز و بسته شدن ورقه‌ها به اندازه بار اولیه الکتروسکوپ و میله بستگی دارد. بنابراین با توجه به توضیحات بالا فقط موارد (الف) و (ب) صحیح می‌باشند.

۲۵) بر اثر مالش دو جسم نارسانا به یکدیگر، بارهای الکتریکی هم‌اندازه‌ای در هر یک از آنها ایجاد می‌شود. کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند اندازه این بارها بر حسب کولن باشد؟ $(e = 1,6 \times 10^{-19} C)$

۴,۸ × ۱۰^{-۱۹} (۴)۰,۸ × ۱۰^{-۱۹} (۳)۲ × ۱۰^{-۱۹} (۲)۲,۴ × ۱۰^{-۱۹} (۱)

پاسخ: (۱) (۲) (۳) (۴) با توجه به اصل کوانتیده بودن بار، همواره بار الکتریکی جسم مضرب درستی از بار بنیادی e است:

$$q = \pm ne, \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

بنابراین بار ایجاد شده در جسم‌ها باید مضرب درستی از $e = 1,6 \times 10^{-19}$ باشد.

در بین گزینه‌ها فقط گزینه ۴ مضرب درستی از $1,6 \times 10^{-19}$ است. (۳ برابر است)

۲۶) عدد اتمی کربن برابر با $Z = 6$ است. به ترتیب از راست به چپ بار الکتریکی هسته اتم کربن و بار الکتریکی اتم کربن در حالت خنثی برابر با چند میکروکولن است؟

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

۴، صفر، صفر (۴)

۹,۶ × ۱۰^{-۱۳}، صفر (۳)۹,۶ × ۱۰^{-۱۹}، صفر (۲)۹,۶ × ۱۰^{-۱۹}، صفر (۱)

پاسخ: (۱) (۲) (۳) (۴) بار الکتریکی اتم کربن در حالت خنثی صفر است (تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های آن برابرند).



هسته اتم کربن $Z = 6$ پروتون دارد:

$$q = +ne = +6 \times 1,6 \times 10^{-19} C = 9,6 \times 10^{-19} C = 9,6 \times 10^{-13} \mu C$$

بنابراین پاسخ گزینه ۳ است.

۲۷) کدام یک از گزینه‌های زیر می‌تواند بار الکتریکی یک جسم بر حسب کولن باشد؟

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

۱) $3,2 \times 10^{-20}$
 ۲) 8×10^{-19}
 ۳) $1,6 \times 10^{-20}$
 ۴) $7,2 \times 10^{-19}$

پاسخ: ۱) ۲) ۳) ۴) می‌دانیم بار الکتریکی مقداری کوانتومی دارد و طبق رابطه $q = \pm ne$ بار الکتریکی q باید مضرب صحیح از e باشد بنابراین با جایگذاری گزینه‌ها در رابطه $q = ne$ مقدار n را پیدا می‌کنیم. گزینه‌ای درست است که n عدد صحیح به دست آید. جواب گزینه ۲ خواهد بود:

$$q = ne \rightarrow 8 \times 10^{-19} = n \times 1,6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 5 \checkmark$$



۲۸ در هر یک از موارد زیر، دو جسم نوشته شده را که در ابتدا خنثی هستند، به هم مالش می‌دهیم، به کمک جدول سری الکتریسیته مالشی (تریبوالکتریک) تعیین کنید نوع

سری الکتریسته مالشی	بار تعیین شده برای اجسام در کدام موارد درست است؟ الف) یک تکه کهربا (مثبت) - پارچه پشمی (منفی)
انتهای مثبت سری	ب) میله شیشه‌ای (منفی) - موی انسان (مثبت)
سری	پ) پارچه ابریشمی (مثبت) - میله پلاستیکی (منفی)
سری	ت) قطعه چوب (منفی) - پارچه کتان (مثبت)
موی انسان	۱ «ب» و «پ»
شیشه	۲ «الف» و «ت»
پشم	۳ فقط «ب»
ابریشم	۴ فقط «الف»
چوب	
پارچه کتان	
کهربا	
پلاستیک	
انتهای منفی سری	

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ هر چه از انتهای مثبت جدول (بالا) به سمت انتهای منفی جدول (پایین) نزدیک‌تر شویم. الکترون خواهی اجسام بیش‌تر می‌شود. موردهای الف و ت نادرست و موردهای «ب» و «پ» صحیح هستند.

۲۹ عدد اتمی بور ۵ است. بار الکتریکی هسته اتم بور و بار الکتریکی اتم بور به ترتیب از راست به چپ بر حسب کولن برابر با کدام گزینه است؟ $(e = 1,6 \times 10^{-19} C)$

- ۱ $-8 \times 10^{-19}, +8 \times 10^{-19}$ ۲ $+8 \times 10^{-19},$ صفر
 ۳ $-8 \times 10^{-19},$ صفر ۴ $-8 \times 10^{-19}, -8 \times 10^{-19}$

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ می‌دانیم عدد اتمی یک عنصر تعداد پروتون‌ها (بارهای مثبت) هسته را نشان می‌دهد. درون هسته فقط پروتون‌ها باردار هستند پس بار هسته برابر با بار پروتون‌هاست و از طرفی $q = ne$ و بار پروتون $+e$ هست. داریم:



$$q = +ne = +5 \times 1,6 \times 10^{-19} = +8 \times 10^{-19} C$$

از طرفی تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های یک اتم با هم برابر است و بار اتم برابر صفر خواهد بود.

۳۰ با توجه به جدول سری الکتروسیته مالشی زیر، اگر جسم خنثی A را به جسم خنثی

C مالش دهیم، اندازه بار جسم C برابر با $17,6 \times 10^{-19} C$ خواهد شد. در این

صورت کدام گزینه در مورد انتقال الکترون بین دو جسم صحیح است؟

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

انتهای مثبت سری
A
B
C
D
انتهای منفی سری

۱) تعداد ۱۱ الکترون از A به C منتقل شده است.

۲) تعداد ۱۱ الکترون از C به A منتقل شده است.

۳) تعداد ۹ الکترون از A به C منتقل شده است.

۴) تعداد ۹ الکترون از C به A منتقل شده است.

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ با توجه به وضعیت جسم A و C در جدول سری الکتروسیته مالشی (تریپوالکتریک) در اثر مالش جسم A و

C به هم، بار جسم A مثبت شده (الکترون از دست می‌دهد) و بار جسم C منفی می‌شود (الکترون می‌گیرد) بنابراین مقداری الکترون

از A به C منتقل می‌شود. و از آنجایی که $q = ne$ برای جسم C که بار منفی خواهد داشت داریم:

$$-17,6 \times 10^{-19} = -n \times 1,6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 11$$

نتیجه اینکه تعداد ۱۱ الکترون از جسم A به C رفته است.

۳۱ یک قطعه پلاستیکی خنثی را توسط یک پارچه پشمی خنثی مالش می‌دهیم. اگر طی

این عمل تعداد $4,5 \times 10^{13}$ الکترون جابه‌جا شود، بار قطعه پلاستیکی چند میکروکولن

سری الکتروسیته مالشی

انتهای مثبت سری
شیشه
پشم
سرب
کاغذ
پلاستیک

خواهد شد؟ $(e = 1,6 \times 10^{-19} nC)$

۱) ۷,۲

۲) -۷,۲

۳) ۷۲۰۰

۴) -۷۲۰۰

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ طبق سری الکتروسیته مالشی، با مالش قطعه پلاستیکی خنثی توسط پارچه پشمی خنثی، پارچه پشمی الکترون

از دست داده و دارای بار مثبت شده و قطعه پلاستیکی الکترون دریافت می‌کند و دارای بار منفی خواهد شد. با توجه به این که بار

الکتریکی کمیتی کوانتیده است، داریم:



$$q = -ne = -4,5 \times 10^{13} \times 1,6 \times 10^{-19} \Rightarrow q = -7,2 \times 10^{-6} C = -7,2 \mu C$$

۳۲ یک جسم بدون بار بر اثر مالش، دارای $8 \mu C$ بار الکتریکی مثبت شده است. در

نتیجه در این جسم تعداد الکترون یافته است.

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

- ۱ 5×10^{12} کاهش ۲ 5×10^{12} افزایش ۳ 5×10^{14} کاهش ۴ 5×10^{14} افزایش

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ طبق رابطه $q = ne$ داریم:

$$q = ne \Rightarrow 8 \times 10^{-6} = n \times 1,6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 5 \times 10^{12}$$

چون بار جسم مثبت شده یعنی الکترون از دست داده است.

۳۳ میله بارداری را به تدریج به کلاهک یک الکتروسکوپ باردار نزدیک می‌کنیم.

ملاحظه می‌شود ابتدا ورقه‌های الکتروسکوپ بسته و سپس از هم باز می‌شوند. علامت بار

میله و الکتروسکوپ به ترتیب از راست به چپ از چه نوعی می‌توانند باشد؟

- ۱ مثبت - مثبت ۲ منفی - منفی

- ۳ مثبت - منفی ۴ هر سه گزینه می‌تواند صحیح باشد.

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ بسته شدن ورقه‌های الکتروسکوپ به دلیل حرکت بار الکتروسکوپ از ورقه‌ها به سمت کلاهک الکتروسکوپ است. یعنی میله بار الکتروسکوپ را جذب می‌کند. در نتیجه بار میله مخالف بار الکتروسکوپ بوده است. پس پاسخ گزینه ۳ است.

توجه: بسته شدن کامل ورقه‌ها و باز شدن مجدد آن‌ها به این دلیل است که با نزدیک شدن تدریجی میله به کلاهک، بار ورقه‌ها به تدریج کاهش می‌یابد و صفر می‌شود و در ادامه ورقه‌ها بار مخالف بار اولیه خود پیدا می‌کنند.

۳۴ یک میله پلاستیکی را با پارچه‌ای ابریشمی مالش داده و سپس میله را به کلاهک

الکتروسکوپی خنثی نزدیک می‌کنیم. بار میله و ورقه‌های الکتروسکوپ به ترتیب از راست

به چپ کدام است؟

- ۱ منفی - منفی

- ۲ مثبت - منفی

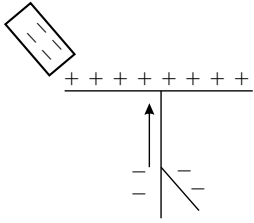
- ۳ مثبت - مثبت

- ۴ منفی - مثبت

سری الکتروسیته مالشی
انتهای مثبت سری
ابریشم
پلاستیک
انتهای منفی سری

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ طبق جدول سری الکتروسیته مالشی، با مالش میله پلاستیکی با پارچه ابریشمی، میله دارای بار منفی می‌شود،

با نزدیک کردن آن به کلاهک الکتروسکوپ، مطابق شکل بار کلاهک مثبت و بار ورقه‌ها منفی می‌شود.



۳۵) دو جسم نارسانای خنثی را به یکدیگر مالش می‌دهیم و در طی آن، 2×10^{11} الکترون بین آن‌ها جابه‌جا می‌شود. قدرمطلق بار هر کدام از جسم‌ها، چند پیکوکولن خواهد شد؟ ($e = 1,6 \times 10^{-19} C$)

۳۲ ۴

۳۲ × ۱۰^۳ ۳۱۶ × ۱۰^۳ ۲

۱۶ ۱

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ پس از مالش، اندازه (قدرمطلق) بار دو جسم با هم برابر است.

$$q = ne = 2 \times 10^{11} \times 1,6 \times 10^{-19} = 3,2 \times 10^{-8} C \xrightarrow{\times 10^{12}} q = 32 \times 10^3 pC$$

۳۶) هنگام مالش یک بادکنک به لباس، اگر ۱۰ میکروکولن بار منفی از لباس به بادکنک منتقل شود، ۱۰ میکروکولن بار مثبت (یعنی کمبود الکترون) در لباس ایجاد می‌شود. این پدیده با کدام قانون یا اصل فیزیکی مرتبط است؟

قانون کولن ۲

قانون پایستگی انرژی ۱

اصل برهم‌نهی نیروهای کولنی ۴

اصل پایستگی بار الکتریکی ۳

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ طبق اصل پایستگی بار الکتریکی، بار الکتریکی خلق یا نابود نمی‌شود.



۳۷) در اثر مالش میله‌ای شیشه‌ای با پارچه‌ای ابریشمی، پارچه دارای بار می‌شود و در اثر مالش میله‌ای پلاستیکی با پارچه‌ای ابریشمی، پارچه دارای بار می‌شود.

سری الکتروسیته
مالشی
انتهای مثبت
شیشه
پشم
ابریشم
پلاستیک
انتهای منفی

۴) منفی - مثبت

۳) منفی - منفی

۲) مثبت - منفی

۱) مثبت - مثبت

پاسخ: ۴) ۱) ۲) ۳) با توجه به سری الکتروسیته مالشی وقتی میله‌ای شیشه‌ای را با پارچه‌ای ابریشمی مالش دهیم، میله دارای بار مثبت و در نتیجه پارچه ابریشمی دارای بار منفی می‌گردد. وقتی میله‌ای پلاستیکی را با پارچه‌ای ابریشمی مالش دهیم، میله پلاستیکی بار منفی و در نتیجه پارچه ابریشمی بار مثبت می‌گیرد.

۳۸) یک چاپگر جوهرافشان به اندازه $2 \times 10^{-9} C$ بار الکتریکی را به هر قطره جوهر که در ابتدا خنثی بوده است، منتقل می‌کند. اگر میدان الکتریکی ایجاد شده توسط این چاپگر $4 \times 10^6 N/C$ باشد، تعداد الکترونی‌هایی که قطره جوهر جذب کرده یا از دست داده کدام است؟ ($e = 1.6 \times 10^{-19} C$)

۴) 2.5×10^9

۳) 1.5×10^{10}

۲) 1.25×10^9

۱) 1.25×10^{10}

پاسخ: ۱) ۲) ۳) ۴) سؤال تعداد الکترون‌ها را خواسته که از رابطه $q = ne$ قابل محاسبه است (مقدار میدان داده اضافی مسأله است).

$$q = ne \Rightarrow 2 \times 10^{-9} = n \times 1.6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 1.25 \times 10^{10}$$



۳۹) چه تعداد از موارد زیر می‌تواند بیانگر بار الکتریکی یک جسم باشد؟
 $(e = 1,6 \times 10^{-19} C)$

- الف) $7,2 \times 10^{-16} mC$ پ) $4 \times 10^{-19} C$
 ب) $1,44 \times 10^{-24} MC$ ت) $8 \times 10^{-13} \mu C$
 ۱) ۱ ۲) ۲ ۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: ۱) ۲) ۳) ۴) طبق اصل کوانتومی بودن بار الکتریکی بار هر جسم باید مضرب درستی از اندازه بار الکترون $(e = 1,6 \times 10^{-19} C)$ باشد.

در واقع باید در رابطه $q = ne$ مقدار n یک عدد صحیح باشد حال به سراغ بررسی موردها می‌رویم.
 الف)

$$q = ne \xrightarrow{mc=10^{-3}C} 7,2 \times 10^{-16} \times 10^{-3} = n \times 1,6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = \frac{9}{2} \quad \times \text{ نادرست}$$

ب)

$$q = ne \xrightarrow{Mc=10^{-6}C} 1,44 \times 10^{-24} \times 10^{-6} = n \times 1,6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 9 \quad \checkmark \text{ درست}$$

پ)

$$q = ne \rightarrow 4 \times 10^{-19} = n \times 1,6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 2,5 \quad \times \text{ نادرست}$$

ت)

$$q = ne \xrightarrow{\mu c=10^{-6}C} 8 \times 10^{-13} \times 10^{-6} = n \times 1,6 \times 10^{-19} \Rightarrow n = 5 \quad \checkmark \text{ درست}$$

فقط مورد ب و ت مقدار n عدد صحیح بدست آمد پس فقط این دو مورد می‌تواند بار یک جسم باشد.



۴۰) با توجه به جدول سری الکتریسته مالشی، اگر گلوله‌های آلومینیومی و برنجی را با پارچه کتان و گلوله‌های سربی و شیشه‌ای را با پارچه پشمی مالش دهیم، در این صورت هنگامی که گلوله‌ها را به یکدیگر نزدیک می‌کنیم، کدام گزینه صحیح است؟

انتهای مثبت سری
شیشه
پشم
سرب
آلومینیوم
پارچه کتان
برنج ، نقره
پلاستیک
انتهای منفی سری

- ۱) گلوله آلومینیومی، گلوله شیشه‌ای را جذب می‌کند.
- ۲) گلوله سربی، گلوله برنجی را جذب می‌کند.
- ۳) گلوله برنجی، گلوله شیشه‌ای را جذب می‌کند.
- ۴) گلوله سربی، گلوله آلومینیومی را دفع می‌کند.

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴) آلومینیوم بار مثبت و برنج بار منفی پیدا می‌کند. شیشه بار مثبت و سرب بار منفی پیدا می‌کند.

۴۱) اگر بار پروتون برابر e باشد، کدام یک از گزینه‌های زیر نمی‌تواند معرف بار الکتریکی یک جسم باشد؟

- ۱) $\frac{2}{5} \times 10^3 e$
- ۲) $\frac{5}{2} \times 10^3 e$
- ۳) $\frac{2}{3} \times 10^3 e$
- ۴) $\frac{3}{2} \times 10^3 e$

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴) بار الکتریکی یک کمیت کوانتیده است و برابر با مضرب صحیحی از بار یک پروتون است. بنابراین:

$$q = \pm ne$$

$$n = \frac{2000}{5} = 400$$

$$n = \frac{5000}{2} = 2500$$

n : عدد صحیح

بررسی گزینه‌ها:

گزینه «۱»: صحیح

گزینه «۲»: صحیح

گزینه «۳»: غیر صحیح



$$n = \frac{2000}{3}$$

گزینه «۴»: صحیح

$$n = \frac{3000}{2} = 1500$$

۴۲ میله‌ای پلاستیکی را به وسیله‌ی پارچه‌ای مالش می‌دهیم. در اثر مالش، بزرگی بار الکتریکی موجود در میله‌ی پلاستیکی چند کولن می‌تواند باشد؟
 $(e = 1,6 \times 10^{-19} C)$

① $4,5 \times 10^{-19}$ ② $6,5 \times 10^{-19}$ ③ $8,2 \times 10^{-19}$ ④ $11,2 \times 10^{-19}$

پاسخ: ① ② ③ ④ مقدار بار الکتریکی موجود در یک جسم باید مضرب صحیحی از بار پایه باشد و باید n عدد درستی باشد که فقط در گزینه‌ی «۴» برقرار است.

$$n = \frac{q}{e} = \frac{11,2 \times 10^{-19}}{1,6 \times 10^{-19}} = 7$$

برای مثال در ردّ گزینه‌ی ۳ داریم:

$$n = \frac{q}{e} = \frac{8,2 \times 10^{-19}}{1,6 \times 10^{-19}} = \frac{8,2}{1,6} = 5,125 \rightarrow \text{عدد صحیح نیست}$$

۴۳ قاشقی از جنس نقره را به وسیله‌ی پارچه‌ای ابریشمی تمیز می‌کنیم. اگر در سری الکتریسیته‌ی مالشی، ابریشم بالای نقره قرار داشته باشد و این دو ماده در ابتدا خنثی باشند، بار نقره و ابریشم به ترتیب از راست به چپ برحسب میکروکولن مطابق کدام گزینه می‌تواند باشد؟
 $(e = 1,6 \times 10^{-19} C)$

① $2,48 \times 10^{-12}$ ، $-2,48 \times 10^{-12}$ ② $3,52 \times 10^{-12}$ ، $-3,52 \times 10^{-12}$
 ③ $-2,48 \times 10^{-12}$ ، $2,48 \times 10^{-12}$ ④ $-3,52 \times 10^{-12}$ ، $3,52 \times 10^{-12}$

پاسخ: ① ② ③ ④ در سری الکتریسیته‌ی مالشی، ماده‌ای که پایین‌تر است الکترون‌خواهی بیش‌تری دارد. بنابراین در مالش نقره به ابریشم، نقره الکترون می‌گیرد و بار منفی پیدا می‌کند و پارچه‌ی ابریشمی الکترون می‌دهد و بار مثبت پیدا می‌کند. در نتیجه گزینه‌های ۳ و ۴ نمی‌توانند بار قاشق نقره‌ای و پارچه‌ی ابریشمی را بیان کنند. هم‌چنین براساس کوانتومی بودن مقدار بار الکتریکی، بار الکتریکی باید مضرب درستی از بار الکترون $(e = 1,6 \times 10^{-19} C)$ باشد. گزینه‌های ۱ و ۲ را از این جهت مورد بررسی قرار می‌دهیم:

$$n = \frac{2,48 \times 10^{-12} \times 10^{-6} C}{1,6 \times 10^{-19} C} = 15,5 \Leftarrow |q| = ne = 2,48 \times 10^{-12} \mu C \quad (1)$$



$$n = \frac{3,52 \times 10^{-12} \times 10^{-6} C}{1,6 \times 10^{-19} C} = 22 \Leftrightarrow |q| = ne = 3,52 \times 10^{-12} \mu C \quad (2)$$

بنابراین گزینه ۱ هم نمی‌تواند بار را بیان کند و پاسخ گزینه ۲ است.

۴۴ مطابق جدول سری الکتروسیته مالشی زیر دو ماده D و B را به هم مالش می‌دهیم و تعداد 10^{15} الکترون جابه‌جا می‌شود. در این صورت بار الکتریکی ماده B بر حسب میکروکولن برابر کدام است؟ ($e = 1,6 \times 10^{-19} C$)

+
A
B
C
D
-

۱۲-۰ (۴)

۱۶۰ (۳)

۱۶۰- (۲)

۱۲۰+ (۱)

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ با توجه به جدول اگر دو ماده B و D را به هم مالش دهیم، B الکترون از دست داده و D الکترون می‌گیرد. در این صورت بار ماده مثبت B خواهد شد. داریم:

$$q_B = +ne = 10^{15} \times 1,6 \times 10^{-19} = +1,6 \times 10^{-4} C = +160 \mu C$$

۴۵ بار الکتریکی یک جسم $5,6 \times 10^{-18} C$ است. کدام گزینه در مورد این جسم صحیح است؟ ($e = 1,6 \times 10^{-19} C$)

۱ این جسم ۲۰ الکترون بیشتر از پروتون‌هایش دارد. (۱) این جسم ۳۵ الکترون بیشتر از پروتون‌هایش دارد. (۲)

۳ این جسم ۲۰ الکترون کمتر از پروتون‌هایش دارد. (۳) این جسم ۳۵ الکترون کمتر از پروتون‌هایش دارد. (۴)

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴ چون بار جسم منفی است، پس جسم الکترون اضافی گرفته است.

$$q = -ne \Rightarrow -56 \times 10^{-19} = n \times (-1,6 \times 10^{-19}) \Rightarrow n = \frac{56 \times 10^{-19}}{1,6 \times 10^{-19}} = 35 \text{ الکترون}$$



۴۶ میله‌ای با بار مثبت را در نزدیکی کلاهک یک الکتروسکوپ بدون بار نگه می‌داریم. در این صورت در کلاهک الکتروسکوپ بار و در ورقه‌های آن بار القا می‌شود.

۴ منفی - مثبت

۳ مثبت - منفی

۲ منفی - منفی

۱ مثبت - مثبت

پاسخ: ۱ ۲ ۳ ۴

با نزدیک شدن میله با بار مثبت به کلاهک یک الکتروسکوپ خنثی، الکترون‌های آزاد الکتروسکوپ توسط میله جذب شده و در کلاهک الکتروسکوپ جمع می‌شوند. همچنین چون الکتروسکوپ در ابتدا خنثی بوده است، در ورقه‌ها به تعداد الکترون‌های جابه‌جا شده بار مثبت ایجاد می‌شود تا باز هم در مجموع الکتروسکوپ خنثی بماند.

