بسم الله الرحمن الرحیم

علـــوی

فیزیک ۲ (پایه یازدهم)

شهریار نعمیم‌آبادی

مجموعه کتاب‌های همراه علـــوی

سخن ناشر

به نام آن‌که هستی نام از او یافت

کتاب پیش رو، مجموعه‌ای از اهم مباحث و نکات تحت عنوان درس‌نامه و همچنین تعداد قابل توجهی سؤالات چهارگزینه‌ای تألیفی و گردآوری شده توسط برترین مدرسان کشور می‌باشد. شایان به ذکر است تقریباً تمام سؤالات کنکورهای سراسری سال‌های گذشته نیز که با کتب جدید هم‌خوان هستند، در این کتاب گردآوری شده است. برای تمامی سؤالات، پاسخ‌نامهٔ تشریحی کامل در اختیار شماست و در تمام قسمت‌ها، مؤلفین محترم نکته‌ای آموزشی و تحلیلی را نیز به پاسخ‌نامه اضافه کرده که این امر سبب شده است تا این کتاب، علاوه‌بر ایجاد آشنایی مخاطب با نحوهٔ پرسش و الگوی پاسخ‌گویی، به یادگیری و تکمیل اطلاعات علمی دانش‌آموز نیز کمک کند؛ و مهم‌تر از همه این‌که در تمام سؤالات و پاسخ‌ها، الگوی استاندارد سؤالات کنکور در اولویت قرار داشته است.

از شما نیز خواهش می‌کنیم تا ایده‌ها و فکرهای بکر خود را در زمینه ارتقاء و بهبود این کتب آموزشی با ما در میان بگذارید.

امیدواریم این کتاب قدمی، هر چند کوچک، در مسیر فراگیری علم و رشد آموزشی ایران عزیزمان باشد.

راهنمای استفاده از کتاب:

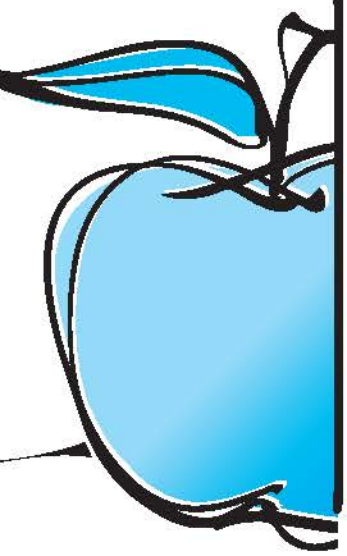
۱) ابتدا جزوه آموزشی دبیر خود را به‌عنوان منبع اصلی و پس از آن، درس‌نامه هر قسمت را که در شروع فصل آمده، با دقت مطالعه کنید.

در جریان باشید که:

سطح سؤالات در پاسخ‌نامه مشخص شده است که جهت ارزیابی و تخمین زمان پاسخگویی می‌توانید از آن‌ها استفاده کنید. سؤالات آسان با نماد ، سؤالات متوسط با نماد و سؤالات دشوار با نماد مشخص شده است.

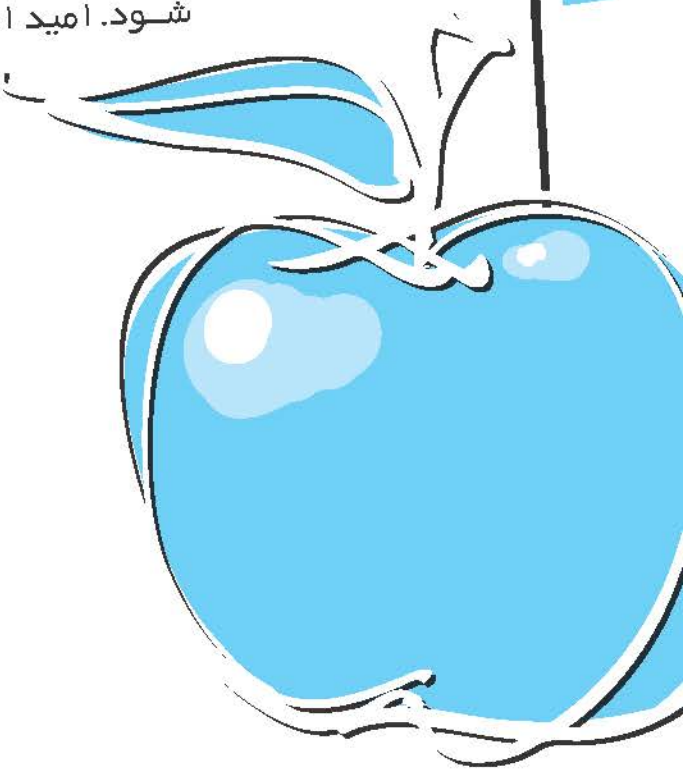
شماره سؤالاتی که با رنگ خاکستری مشخص شده‌اند، تشبیتی می‌باشند.

۲) در آخر هر فصل، سؤالات جامع و ترکیبی همان فصل با عنوان آزمون قرار داده شده است؛ از این آزمون‌ها نیز جهت ارزشیابی و سنجش میزان یادگیری می‌توانید بهره ببرید.



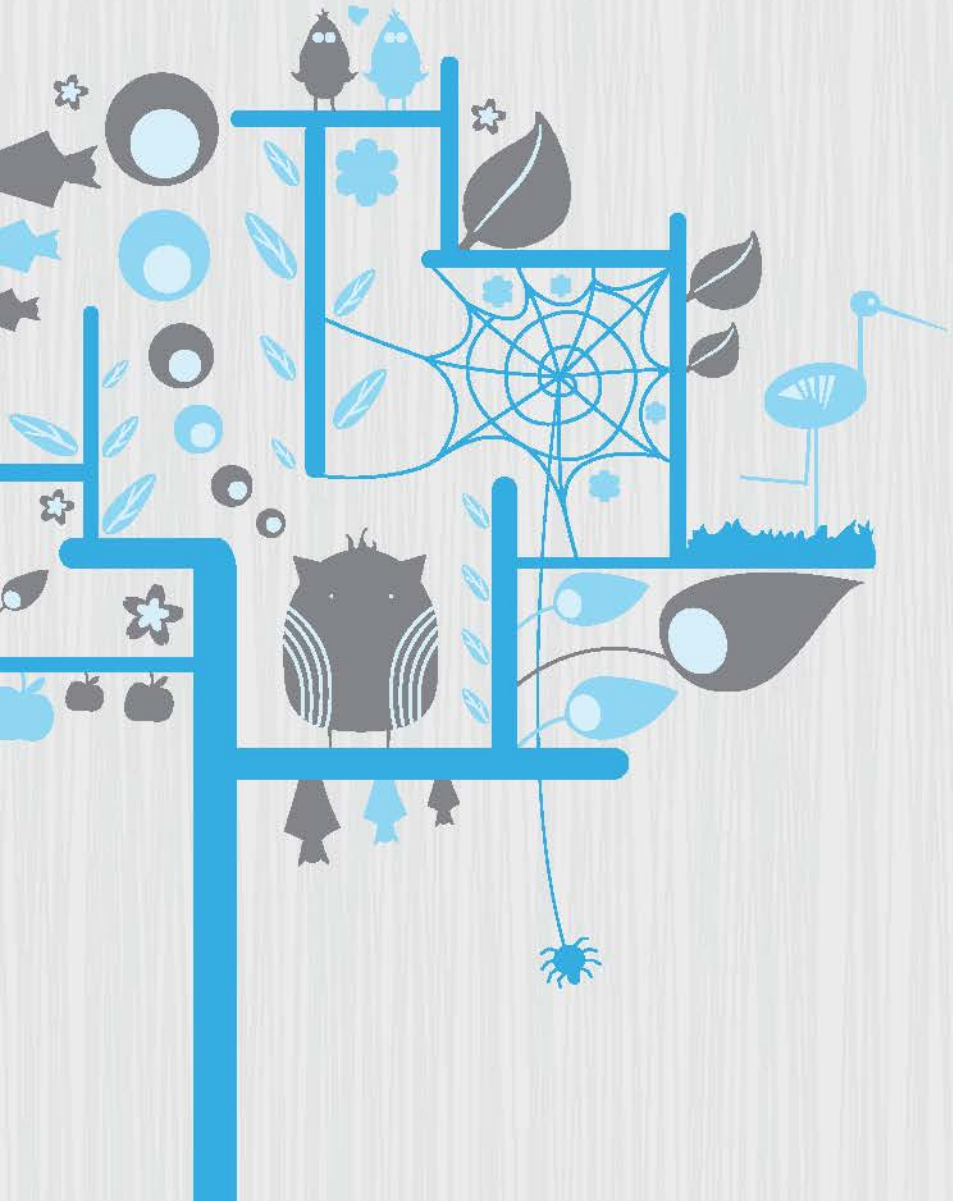
مقدمه مؤلف

کتاب حاضر همسو با کتاب درسی جدید تألیف شده است. در این کتاب تأکید اصلی بر پرورش قدرت تفکر و تعقل و رشد و توانایی حل مسئله است. ضمن این‌که درس و نکات نیز به‌صورت کامل توضیح داده شده است و به‌طور خلاصه سعی شده است فرصت یادگیری به دانش‌آموز برای کشف مفهوم مطالب داده شود. امید است که توانسته باشیم قدم کوچکی در راستای آموزش فیزیک به دانش‌آموزان عزیز برداشته باشیم.



تقدیم به:

- همهٔ آن‌ها که تا امروز در مسیر آموزش تلاش کرده‌اند.
- و شما که قرار است در آیندهٔ نزدیک، نقش علمی مهمی ایفا کنید.

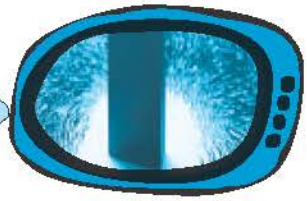


فهرست

فصل اول: الکتریسیته ساکن ۷

فصل دوم: جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم ۹۰

فصل سوم: مغناطیس ۱۷۹



فصل چهارم: القای الکترومغناطیسی و جریان متناوب ۲۴۰

آزمون‌های جامع ۲۹۳

فصل اول

الکتریسیته ساکن

TP - Test	
۵ → ۶ → ۱۰ → ۱۵ → ۲۴ ۵۵ ← ۴۷ ← ۳۸ ← ۳۶ ← ۲۷ ۶۰ → ۶۳ → ۶۵ → ۷۱ → ۷۶ ۱۰۳ ← ۹۹ ← ۹۴ ← ۸۵ ← ۷۸ ۱۰۹ → ۱۱۱ → ۱۱۳ → ۱۱۶ → ۱۲۰ ۱۴۳ ← ۱۳۶ ← ۱۳۳ ← ۱۲۹ ← ۱۲۷ ۱۴۵ → ۱۵۰ → ۱۶۰ → ۱۶۵ → ۱۷۲ ۱۹۳ ← ۱۹۰ ← ۱۸۶ ← ۱۸۱ ← ۱۷۶ ۱۹۹ → ۲۰۴ → ۲۰۹ → ۲۱۳ → ۲۲۲ ۲۳۷ ← ۲۳۸ ← ۲۳۶ ← ۲۲۹ ← ۲۲۵	۴۳ → ۲۵ → ۲۶ → ۴۲ ۶۲ ← ۶۱ ← ۵۹ ← ۴۸ ۶۴ → ۶۶ → ۷۲ → ۸۸ ۱۲۴ ← ۱۱۸ ← ۱۱۰ ← ۹۷ ۱۴۸ → ۱۵۲ → ۱۵۴ → ۱۵۵ ۲۰۷ ← ۱۸۰ ← ۱۷۵ ← ۱۷۳ ۲۱۵ → ۲۱۸ → ۲۲۴ → ۲۲۷ ۲۳۶ ← ۲۴۴ ← ۲۳۹ ← ۲۳۷

۱ $q = \pm ne, e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} C, n = ۱, ۲, ۳, \ldots$

q: بار الکتریکی مبادله شده بین دو جسم (C)

e: بار بنیادی (پایه)

n: تعداد بار بنیادی

✓ علامت منفی برای زمانی است که جسم الکترون بگیرد و علامت مثبت برای زمانی است که جسم الکترون از دست بدهد.

۲ $F = k\frac{|q_۱||q_۲|}{r^۲}$

$q_۱$ و $q_۲$: بارهای الکتریکی دو بار نقطه‌ای (C)

k: ثابت کولن $(\frac{N \cdot m^۲}{C^۲})$

$K = ۹ \times ۱۰^۹ (\frac{N \cdot m^۲}{C^۲})$

r: فاصلهٔ بین دو بار (m)

F: نیروی الکتریکی بین دو بار (N)

۳ $\frac{F'}{F} = \frac{|q_۱'| \times |q_۲'|}{|q_۱| \times |q_۲|} \times (\frac{r}{r'})^۲$

F': نیروی بین دو بار در حالت دوم (N)

F : نیروی بین دو بار در حالت اول (N)

$q_۱'$ ، $q_۲'$: بارهای الکتریکی دو بار نقطه‌ای در حالت دوم (C)

r': فاصلهٔ بین دو بار در حالت دوم (m)

$q_۱$ ، $q_۲$: بارهای الکتریکی دو بار نقطه‌ای در حالت اول (C)

r: فاصلهٔ بین دو بار در حالت اول (m)

✓ هرگاه دو بار الکتریکی برحسب μC و فاصله برحسب cm باشد، نیروی کولنی که دو بار به هم وارد می‌کنند به صورت زیر است که دیگر تبدیل واحدها را نمی‌نویسیم و از عدد ۹۰ استفاده می‌کنیم:

$F = \frac{۹۰|q_۱||q_۲|}{r^۲}$

۴ $x = \frac{r}{\sqrt{\frac{q_۲}{q_۱}} \pm ۱}$

x: فاصلهٔ نقطه‌ای از بار کوچک‌تر که اگر بار سومی در آن نقطه قرار دهیم، برایند نیروهای وارد بر آن صفر می‌شود. (m)

r: فاصلهٔ بین دو بار اولیه (m)

✓ علامت + برای دو بار اولیه هم‌نام و علامت منفی برای دو بار اولیه ناهم‌نام به‌کار می‌رود.

۵ $E = \frac{F}{q_۰}$

F: نیروی وارد بر بار آزمون (N)

$q_۰$: بار آزمون (C)

E: میدان الکتریکی $(\frac{N}{C})$

۶ $E=\frac{k|q|}{r^2}$

q: بار مولد میدان الکتریکی (C)

r: فاصلهٔ نقطه‌ای که در آن میدان الکتریکی از بار مولد به‌دست می‌آید (m).

۷ $\frac{E_2}{E_1}=(\frac{r_1}{r_2})^2$

۸ $F_E=W\Rightarrow q=\frac{mg}{E}$

m: جرم ذره باردار (kg)

E: میدان الکتریکی $(\frac{N}{C})$

۹ $X=\frac{r}{\sqrt{\frac{q_2}{q_1}}\pm 1}$

q: بار الکتریکی ذره باردار (C)

X: فاصلهٔ نقطه‌ای از بار کوچک‌تر که برایند میدان‌ها در آن نقطه برابر صفر می‌شود.

r: فاصلهٔ بین دو بار

علامت + برای زمانی است که دو بار هم‌نام و علامت منفی برای زمانی‌که دو بار ناهم‌نام باشند، به‌کار می‌رود.

۱۰ $F=|q|E$

F: نیروی الکتریکی وارد بر بار الکتریکی در یک میدان الکتریکی (N)

E: میدان الکتریکی $(\frac{N}{C})$

۱۱ $\sigma=\frac{Q}{A}\xrightarrow[A=4\pi r^2]{\text{رسانا به شکل کره}}\sigma=\frac{Q}{4\pi r^2}$

σ: چگالی سطحی $(\frac{C}{m^2})$

Q: بار الکتریکی موجود در سطح رسانا (C)

۱۲ $\frac{\sigma_2}{\sigma_1}=\frac{Q_2}{Q_1}\times\frac{A_1}{A_2}$

A: مساحت مسطحی که روی آن بار توزیع شده است (m^2).

r: شعاع کرهٔ رسانا

۱۳ $\frac{\sigma_2}{\sigma_1}=\frac{Q_2}{Q_1}\times(\frac{r_1}{r_2})^2$

۱۴ $\Delta V=\frac{\Delta U}{q}=\frac{-\Delta K}{q}=\frac{W_{\text{خارجی}}}{q}=\frac{-W_E}{q}$

ΔV: اختلاف پتانسیل الکتریکی (V)

ΔU: تغییرات انرژی پتانسیل الکتریکی (J)

$W_{\text{خارجی}}$: کار انجام شده بر روی بار الکتریکی توسط نیروی خارجی (J)

ΔK: تغییرات انرژی جنبشی بار الکتریکی (J)

W_E: کار انجام شده بر روی بار الکتریکی توسط میدان الکتریکی (J)

۱۵ $E = \frac{V}{d} \Rightarrow V = Ed$

V: اختلاف پتانسیل بین دو صفحه تخت رسانا (V)

E: میدان الکتریکی یکنواخت بین دو صفحه تخت رسانا $(\frac{V}{m})$

d: فاصلهٔ بین دو صفحهٔ تخت رسانا

۱۶ $C = \frac{Q}{V}$

C: ظرفیت خازن (F)

Q: بار الکتریکی ذخیره شده در خازن (C)

V: اختلاف پتانسیل دو سر خازن (V)

۱۷ $C = \kappa C_0, C_0 = \varepsilon_0 \frac{A}{d} \Rightarrow C = K\varepsilon_0 \frac{A}{d}$

C: ظرفیت خازن (F)

ε_0 : ضریب گذردهی الکتریکی خلأ

κ : ثابت دی‌الکتریک

A: مساحت صفحه‌های خازن

d: فاصلهٔ بین دو صفحه خازن (m)

C_0 : ظرفیت خازن تخت بدون دی‌الکتریک $(K = 1)$

۱۸ $U_{\text{خازن}} = \frac{1}{2}CV = \frac{1}{2}CV^2 = \frac{1}{2}\frac{Q^2}{C}$

U: انرژی پتانسیل الکتریکی ذخیره شده در خازن (J)

۱۹ $P = \frac{U}{t}$

P: توان الکتریکی (W)

U: انرژی پتانسیل الکتریکی (J)

t: زمان (s)

درس ۱ بار الکتریکی، قانون کولن

یکی از خواص فیزیکی اجسام بار الکتریکی می‌باشد، که بار الکتریکی به دو نوع مثبت و منفی تقسیم می‌شوند. بار الکتریکی پروتون‌ها در درون هسته را مثبت و بار الکتریکی الکترون‌ها منفی نامیده شده‌اند که از نظر اندازه با یکدیگر برابرند. نوترون‌ها در درون هسته، بدون بارند.

- نیروی الکتریکی بین دو بار همنام (هم‌علامت)، رانشی (دافعه) و بین دو بار ناهمنام (مختلف‌العلامت)، ربایشی (جاذبه) است.
- تعداد الکترون‌ها و تعداد پروتون‌های اتم‌های یک جسم خنثی با یکدیگر برابرند. پروتون‌ها در هستهٔ اتم، جابه‌جا نمی‌شوند (جدا کردن پروتون‌ها بسیار دشوار است). اگر به روشی به یک جسم خنثی، الکترون اضافه شود، آن جسم دارای بار الکتریکی منفی خواهد شد و اگر الکترون گرفته شود، دارای بار مثبت می‌شود.
- جسم باردار می‌تواند جسم خنثی را جذب کند.
- بار الکتریکی کمیتی عددی (نرده‌ای یا اسکالر) می‌باشد که با نماد q نمایش داده می‌شود.
- یکای بار الکتریکی در SI، کولن (C) است.
- اندازهٔ بار یک الکترون و یا یک پروتون $1/6\times10^{-19}$ کولن است.
- قانون پایستگی بار الکتریکی بیان می‌کند که بار الکتریکی به‌وجود نمی‌آید و از بین نمی‌رود، اما می‌تواند از جسمی به جسم دیگر منتقل شود.
- بار الکتریکی کمیتی کوانتیده (گسسته) است. بدین معنا که بر اثر مالش دو جسم به یکدیگر تعدادی الکترون از یک جسم به جسم دیگر منتقل می‌شود. جسمی که الکترون از دست می‌دهد، دارای بار مثبت و جسمی که الکترون دریافت می‌کند، بار منفی می‌یابد. بار الکتریکی مبادله شده بین دو جسم، همواره مضرب درستی از بار الکترون (بار بنیادی) است. اگر بار الکترون را با نماد e نشان دهیم، بار جسم باردار برابر می‌شود با:

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

↓ تعداد الکترون‌هایی که جسم گرفته یا از دست داده است.

مثال: کدام‌یک از مقادیر داده شده نمی‌تواند بار الکتریکی یک جسم برحسب کولن باشد؟

۱) $q_1=0/24C$ ۲) $q_2=16\times10^{-17}C$ ۳) $q_3=4/8\times10^{-19}C$ ۴) $q_4=6/4\times10^{-20}C$

پاسخ: گزینهٔ «۴»

طبق رابطهٔ $q=\pm ne$ و با توجه به کوانتومی بودن بار الکتریکی، n می‌بایست عدد صحیح باشد:

$$q=ne\Rightarrow n=\frac{q}{e}$$

$$n_1=\frac{q_1}{e}=\frac{0/24}{1/6\times10^{-19}}=15\times10^{17}\ \checkmark$$

$$n_2=\frac{q_2}{e}=\frac{16\times10^{-17}}{1/6\times10^{-19}}=1000\ \checkmark$$

$$n_3=\frac{q_3}{e}=\frac{4/8\times10^{-19}}{1/6\times10^{-19}}=3\ \checkmark$$

$$n_4=\frac{q_4}{e}=\frac{6/4\times10^{-20}}{1/6\times10^{-19}}=4\times10^{-1}=0/4\ \times$$

- اجسام از نظر بار الکتریکی به ۴ دسته زیر تقسیم می‌شوند:

۱- رساناها: دارای تعداد زیاد الکترون آزاد می‌باشند که به راحتی می‌توانند جابه‌جا شوند؛ مانند: فلزات.

۲- نارساناها: فاقد الکترون آزاد می‌باشند، لذا اگر به این اجسام، بار بدهیم، بار در همان محل باقی می‌ماند؛ مانند: چوب و شیشه.

۳- نیم‌رساناها: رسانایی این اجسام بیشتر از نارسانا و کمتر از رسانا می‌باشد؛ مانند: ژرمانیم، سیلیسیم

۴- ابررساناها: هیچ مقاومتی در برابر عبور جریان نخواهند داشت.

برای باردار کردن اجسام، ۳ روش وجود دارد:

۱ روش مالش: مخصوص اجسام نارسانا می‌باشد. اگر دو جسم نارسانا را مالش دهیم، یک جسم الکترون از دست می‌دهد و جسم دیگر الکترون می‌گیرد. (پارچه پشمی (بار +) و میله پلاستیکی (بار −))، (پارچه ابریشمی (بار −) و میله شیشه‌ای (بار +)).

یادآوری: تیغهٔ ابوئیتی (پلاستیکی) در اثر مالش بار منفی به‌دست می‌آورد.

۲ روش تماس: اگر یک جسم رسانا یا نارسانای خنثی را به جسم باردار تماس دهیم، جسم رسانا یا جسم خنثی به‌صورت هم‌نام با جسم باردار دارای بار الکتریکی می‌باشد. حال اگر جسم موردنظر رسانا باشد، بار گرفته شده در سطح خارجی آن پخش می‌شود و اگر جسم خنثی باشد، بار گرفته شده در محل باقی خواهد ماند.

هرگاه دو کره رسانای هم‌اندازه را که دارای بارهای الکتریکی q_1 و q_2 هستند به یکدیگر تماس داده و سپس جدا کنیم، بار الکتریکی هر کره پس از تماس برابر است با:

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

(q_1 و q_2 با علامت در فرمول قرار داده شود.)

اگر دو کره رسانا غیر هم‌اندازه باشند، بار به نسبت شعاع کره‌ها توزیع می‌گردد، لذا با استفاده از معادلات زیر می‌توان بار جدید هریک از کره‌ها را به‌دست آورد.

۱ $q'_1 + q'_2 = q_1 + q_2$ (اصل پایستگی بار)

۲ $\frac{q'_1}{q'_2} = \frac{r_1 \rightarrow \text{شعاع کره(۱)}}{r_2 \rightarrow \text{شعاع کره(۲)}}$

(q'_1 و q'_2 بار جدید کره‌های اول و دوم می‌باشند.)

مثال: دو کره رسانای هم‌اندازه A و B دارای بار الکتریکی $q_A = +۲۸\,\mu C$ و $q_B = -۳۶\,\mu C$ روی دو پایه عایق قرار دارند. اگر این دو کره را توسط یک سیم فلزی به یکدیگر وصل کنیم، چند الکترون بین آن‌ها جابه‌جا می‌شود؟ $(e = ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}\,C)$

۱) ۴×۱۰^{۱۴} ۲) ۲×۱۰^{۱۴} ۳) ۶×۱۰^{۱۴} ۴) $۱۰^{۱۴}$

پاسخ: گزینهٔ «۲»

$$q' = \frac{q_A + q_B}{2} = \frac{+۲۸ - ۳۶}{2} = -۴\mu C$$ (کره‌ها هم‌اندازه هستند.)

کره A، به اندازهٔ $-۳۲\mu C = ۲۸ - ۴ -$ بار منفی دریافت کرده است.

$$q = -ne \Rightarrow -۳۲ \times ۱۰^{-۶} = -n \times ۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹} \Rightarrow n = ۲۰ \times ۱۰^{۱۳} = ۲ \times ۱۰^{۱۴}$$ الکترون

مثال: دو کره رسانا دارای بارهای $q_1 = +۶\mu C$ و $q_2 = -۴\mu C$ می‌باشند. اگر دو کره را با هم تماس داده و شعاع کره (۱)، دو برابر شعاع کره (۲) باشد، بار نهایی کره (۱) و (۲) به‌ترتیب از راست به چپ چند μC می‌شود؟

۱) $\frac{۲}{۳}, \frac{۴}{۳}$ ۲) $\frac{۲}{۳}, \frac{۱}{۳}$ ۳) $\frac{۴}{۳}, \frac{۲}{۳}$ ۴) $\frac{۱}{۳}, \frac{۲}{۳}$

پاسخ: گزینهٔ «۱»

اگر دو کره هم‌اندازه نباشند:

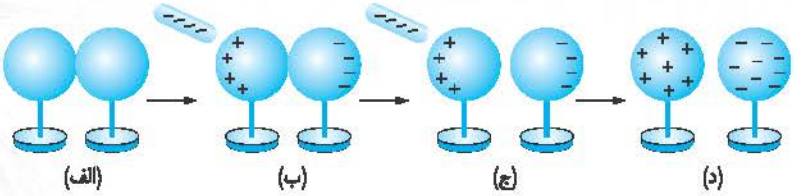
$$q'_1 + q'_2 = q_1 + q_2 \Rightarrow q'_1 + q'_2 = ۲\mu C \quad (۱)$$

$$\frac{q'_1}{q'_2} = \frac{r_1}{r_2} \Rightarrow \frac{q'_1}{q'_2} = ۲ \Rightarrow q'_1 = ۲q'_2 \quad (۲)$$

$$\xrightarrow{(۱),(۲)} \begin{cases} q'_1 + q'_2 = ۲\mu C \\ q'_1 = ۲q'_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} q'_2 = \frac{۲}{۳}\mu C \\ q'_1 = \frac{۴}{۳}\mu C \end{matrix}$$

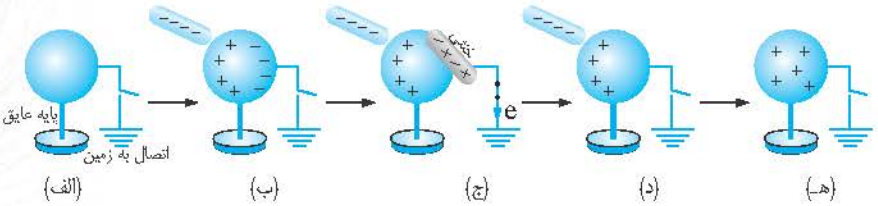
۳ روش القا: این روش در اجسام رسانا بهتر انجام می‌گیرد.

الف) القا بین دو کره:



- بار ایجاد شده در این روش در دو کره، هم‌اندازه و ناهم‌نام می‌باشد و به اندازه و شکل اجسام رسانا بستگی ندارد.

ب) القا در یک کره:



- بار ایجاد شده در کره، مخالف بار میله است.
- جدول «سری الکتریسیتهٔ مالشی» یا تریبوالکتریک:

انتهای مثبت سری
موی انسان
شیشه
نایلون
پشم
موی گربه
سُرب
ابریشم
آلومینیم
پوست انسان
کاغذ
چوب
پارچهٔ کتان
کهربا
برنج، نقره
پلاستیک، پلی‌اتیلن
لاستیک
تفلون
انتهای منفی سری

در این جدول اگر دو جسم با یکدیگر مالش داده شوند، الکترون از جسم بالاتر جدول به اجسامی که پایین‌تر از آن قرار دارند منتقل می‌شود. به عبارتی اجسام پایین‌تر جدول الکترون‌خواهی بیشتری دارند، در نتیجه جسمی که به انتهای منفی سری نزدیک است، الکترون می‌گیرد و دارای بار منفی می‌شود. از طرف دیگر جسمی که به انتهای مثبت سری نزدیک‌تر است، با از دست دادن الکترون دارای بار مثبت می‌گردد.

- قبلاً با ساختمان الکتروسکوپ (برق‌نما) آشنا شده‌اید. با این وسیله می‌توان مشخص نمود که:
  1. باردار بودن یک جسم
  2. نوع بار یک جسم
  3. رسانا یا عایق بودن یک جسم را تعیین کنیم.

اگر قبلاً خود الکتروسکوپ دارای بار مشخصی، مثلاً بار الکتریکی مثبت باشد، به کمک آن می‌توان نوع بار الکتریکی جسم باردار را معین کنید. اگر با نزدیک کردن جسم باردار، ورقه‌های الکتروسکوپ به‌طور مداوم از هم دور شوند، بار آن جسم با بار الکتروسکوپ (در این مثال بار مثبت) هم‌نام یعنی بار مثبت است، اما اگر با نزدیک کردن جسم باردار به کلاهک الکتروسکوپ، ابتدا ورقه‌های آن به یکدیگر نزدیک شده و روی هم بیفتند و سپس با نزدیک‌تر شدن جسم باردار، ورقه‌ها از هم دور شوند، بار جسم ناهم‌نام با بار الکتروسکوپ یعنی بار منفی خواهد بود.

در محیط اطراف ما، جاذبهٔ الکتریکی بیشتر از دافعه‌های الکتریکی مشاهده می‌شود، زیرا اولاً اجسام باردار، اجسام بدون بار (خنثی) را جذب می‌کنند و ثانیاً بارهای الکتریکی محیط اطراف ما اکثراً با روش مالشی تولید شده‌اند؛ یعنی بارهای ناهم‌نام هستند، بنابراین یکدیگر را جذب می‌کنند.

مثال: یک میلهٔ پلاستیکی را با پارچه پشمی مالش می‌دهیم و به‌تدریج به کلاهک الکتروسکوپی نزدیک می‌کنیم. ملاحظه می‌شود ورقه‌های الکتروسکوپ نخست بسته، سپس از هم باز می‌شوند. بار الکتریکی اولیهٔ الکتروسکوپ از چه نوع بوده است؟

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

پاسخ: گزینهٔ «۱»

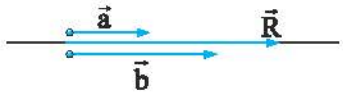
می‌دانیم میلهٔ پلاستیکی پس از مالش، دارای بار منفی می‌شود چون در ابتدا با نزدیک کردن میله به الکتروسکوپ، از زاویه انحراف ورقه‌های آن کاسته می‌شود. علامت بار الکتروسکوپ مخالف علامت بار میله و مثبت بوده است.

کمیت‌های فیزیکی را از یک نظر به دو دسته تقسیم می‌کنیم. کمیت‌هایی را که در مورد آن‌ها فقط جمع جبری به‌کار می‌رود، کمیت نرده‌ای (اسکالر) می‌نامند. مانند طول، جرم، زمان، دما، بار الکتریکی، اختلاف پتانسیل الکتریکی، چگالی سطحی بار، کار، انرژی و... . کمیت‌هایی که در مورد آن‌ها جمع برداری به‌کار می‌رود، کمیت برداری نامیده می‌شوند. این کمیت‌ها علاوه بر مقدار (اندازه- بزرگی) دارای راستا (امتداد) و جهت (سو) نیز می‌باشند. مانند جابه‌جایی، سرعت، شتاب، نیرو، میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی و ... .

تذکر: کمیتی مانند شدت جریان که برای آن جهت در نظر می‌گیریم، کمیتی نرده‌ای است، زیرا در مورد آن جمع جبری به‌کار می‌رود.

تعیین برایند یا جمع چند بردار: در کتاب فیزیک یازدهم (فیزیک ۲) برایند بردارهایی را بررسی می‌کنیم که یا هم‌راستا باشند و یا بر هم عمود باشند.

الف) برایند دو بردار هم‌راستا و هم‌جهت، برداری است در همان راستا، هم‌جهت با جهت بردارها و اندازه‌اش برابر مجموع اندازهٔ دو بردار.



$\vec{R}=\vec{a}+\vec{b}$ ، $R=a+b$

تذکر: وقتی می‌نویسیم $\vec{a}$، منظور بردار $\vec{a}$ است و وقتی می‌نویسیم a یا $|\vec{a}|$ اندازهٔ بردار $\vec{a}$ منظور ماست.

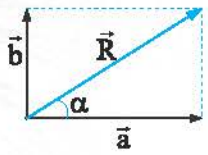
ب) برایند دو بردار هم‌راستا و مخالف جهت یکدیگر، برداری است در همان راستا، هم‌جهت با بردار بزرگ‌تر و اندازه‌اش برابر تفاضل اندازهٔ دو بردار است.

$|\vec{b}|>|\vec{a}|$

$R=b-a$ $\qquad$ $\vec{R}=\vec{a}+\vec{b}$

تذکر: برایند دو بردار هنگامی صفر است که اولاً هم‌راستا، ثانیاً مختلف‌الجهت و ثالثاً هم‌اندازه باشند.

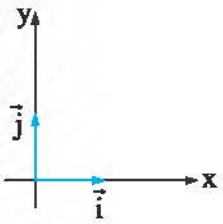
پ) برایند دو بردار عمود بر هم، برداری است منطبق بر قطر مربع یا مستطیلی که توسط دو بردار بنا می‌شود.



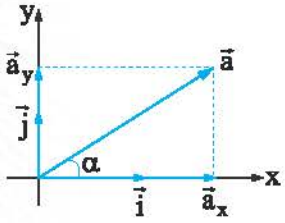
$$\vec{R}=\vec{a}+\vec{b}$$
$$R=\sqrt{a^2+b^2}$$
$$\tan\alpha=\frac{b}{a}$$

بردارهای یکه

به بردارهایی که ابتدایشان مبدأ مختصات، هم‌جهت با سوی مثبت محورها و اندازه‌شان برابر واحد است، بردار یکه می‌گویند. بردارهای یکه $\vec{i}$ و $\vec{j}$ به‌ترتیب مربوط به محورهای x و y دستگاه مختصات دو بُعدی‌اند.



نمایش یک بردار به کمک بردارهای یکه: بردارهای $\vec{a}_x$ و $\vec{a}_y$ مؤلفه‌های بردار $\vec{a}$ روی محورهای مختصات است.



$$\vec{a}=\vec{a}_x+\vec{a}_y$$
$$\begin{cases}\vec{a}_x=a_x\cdot\vec{i}\\ \vec{a}_y=a_y\cdot\vec{j}\end{cases}$$
$$\Rightarrow\vec{a}=a_x\vec{i}+a_y\vec{j}\Rightarrow a=\sqrt{a_x^2+a_y^2}$$

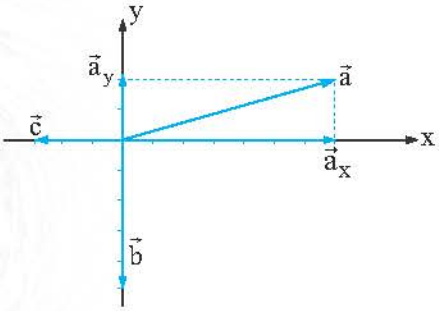
اگر α زاویهٔ بین راستای بردار $\vec{a}$ با سوی مثبت محور x باشد، در این‌صورت:

$$\left.\begin{aligned}a_x&=a\cos\alpha\\ a_y&=a\sin\alpha\end{aligned}\right\}\Rightarrow\tan\alpha=\frac{a_y}{a_x}$$

مثال: بردارهای $\vec{a}=۷\vec{i}+۲\vec{j}$، $\vec{b}=-۵\vec{j}$ و $\vec{c}=-۳\vec{i}$ مفروض‌اند. بزرگی برایند $\vec{R}=\vec{a}+\vec{b}+\vec{c}$ چند واحد است؟

۱) صفر ۲) ۵ ۳) ۷ ۴) ۱۱

پاسخ: گزینهٔ «۲» درست است.



$$\vec{R}=\vec{a}+\vec{b}+\vec{c}$$
$$\vec{R}=۷\vec{i}+۲\vec{j}-۵\vec{j}-۳\vec{i}$$
$$\vec{R}=۴\vec{i}-۳\vec{j}$$
$$R=\sqrt{۴^2+(-۳)^2}=۵$$

مثال: با داشتن بردارهای $\vec{a}=۵\vec{i}+۴\vec{j}$، $\vec{b}=-۲\vec{i}+۲\vec{j}$ و $\vec{c}=\vec{i}+۴\vec{j}$، بزرگی بردار $\vec{R}=\vec{a}-\vec{b}+\vec{c}$ چند واحد است؟

۱) ۵ ۲) ۸ ۳) ۱۰ ۴) ۱۲

پاسخ: گزینهٔ «۳» درست است.

$$\vec{R}=۵\vec{i}+۴\vec{j}-(-۲\vec{i}+۲\vec{j})+\vec{i}+۴\vec{j}$$
$$\vec{R}=۸\vec{i}+۶\vec{j}$$
$$R=\sqrt{۸^2+۶^2}=۱۰$$

به اعداد عبارت $(۵n)^2=(۴n)^2+(۳n)^2$ که در آن n هر عددی می‌تواند باشد، اعداد فیثاغورس می‌گویند. این اعداد در تست‌ها کاربرد فراوانی دارند.

قانون کولن

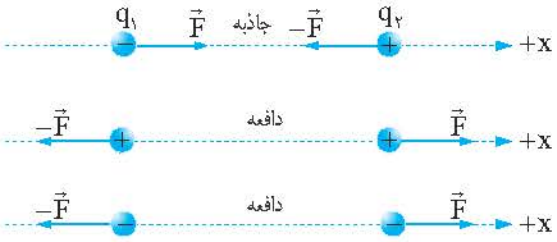
اندازهٔ نیروی الکتریکی بین دو بار الکتریکی نقطه‌ای، با حاصل‌ضرب اندازهٔ دو بار، نسبت مستقیم و با مجذور فاصلهٔ دو بار نسبت وارون دارد.

$$F = k\frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

- ضریب تناسب در رابطهٔ بالا «ثابت کولن» نامیده می‌شود.

$$k = 9\times10^9\ \frac{N\cdot m^2}{C^2}$$

- راستای نیروی الکتریکی بین دو بار در راستای خط واصل دو بار است.



- چون نیروی الکتریکی بین دو بار کُنش و واکُنش یکدیگرند، اولاً نمی‌توان بین آن‌ها برایند در نظر گرفت، ثانیاً اگر اندازهٔ دو بار مقادیر متفاوتی داشته باشند، اندازهٔ نیروی وارد بر یکدیگر، یکسان‌اند.
- یکای بار الکتریکی همان‌طور که گفته شد، کولن (C) است که یکای بزرگی است. در عمل یکای مناسب برای بار با تقسیم کولن به 10^3 و 10^6 و... به‌کار می‌آید.

میلی‌کولن $mC = 10^{-3}\,C$

میکروکولن $\mu C = 10^{-6}\,C$

نانوکولن $nC = 10^{-9}\,C$

پیکوکولن $pC = 10^{-12}\,C$

- **یک رابطهٔ مفید برای حل تست:** عموماً در تست‌های مربوط به کاربرد قانون کولن، یکای بار برحسب μC و فاصلهٔ بین دو بار برحسب سانتی‌متر (cm) است. در این صورت همین اعداد را در رابطهٔ زیر به‌کار برده و نیروی بین دو بار برحسب نیوتن به‌دست می‌آید:

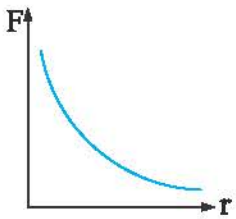
$$F = \frac{90q_1q_2}{r^2}$$

- ε_0 ثابت جهانی است و ضریب گذردهی خلأ نامیده می‌شود. رابطهٔ آن با ثابت کولن چنین است:

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} \simeq 8/85\times10^{-12}\ \frac{C^2}{N\cdot m^2}$$

- نمودار تغییرات نیروی الکتریکی بین دو بار برحسب فاصلهٔ آن‌ها به‌صورت زیر است:

$$(F \propto \frac{1}{r^2})$$



- رابطهٔ مقایسه‌ای بین اندازهٔ بارها و فاصله‌شان از یکدیگر با نیروی الکتریکی:

$$\frac{F'}{F} = \frac{q_1'q_2'}{q_1q_2}\times\left(\frac{r}{r'}\right)^2$$

تذکر: در روابط مقایسه‌ای، تبدیل واحد انجام نمی‌دهیم.