به نام خدا

فیزیک الکتریسیته و مغناطیس

(کلیه رشته های مهندسی)

جلسه اول و دوم

تهیه و تنظیم:

دکتر الهه غریب شاهیان

عضو هیئت علمی دانشگاه فنی حرفه ای

- آنالیز برداری:

کمیت های فیزیکی:

هر آنچه که قابل افزایش یا کاهش باشد و بتوان آن را اندازه گرفت و با یک عدد نشان داد را **کمیت** می گوئیم. اما در فیزیک کمیت ها دو نوع هستند، کمیت های اسکالر (یا نرده ای) و کمیت های برداری. کمیت اسکالر ، کمیتی است که فقط دارای اندازه یا مقدار باشد مثل دما ، زمان و چگالی . این نوع کمیت ها فقط با یک عدد و یکای مناسب آن کاملا مشخص می شوند و تابع جمع و ضرب معمولی هستند. کمیت برداری ، کمیتی است که علاوه بر اندازه یا مقدار، دارای جهت هم باشد .

جمع برداری:

جمع برداری دو یا چند بردار که آن را بردار برآیند هم می نامند ، برداری است که به تنهایی اثر آن دو یا چند بردار را داشته باشد.

برآیند دو بردار $\overrightarrow{F_1}$ و $\overrightarrow{F_2}$ که به یک ذره (A) وارد می شود (شکل ۱) یک تک نیروی $(\vec{R})$ می باشد که همان اثر را بر روی ذره (A) داشته باشد این نیرو را می توان از طریق رسم متوازی الاضلاعی که دو ضلع مجاور آن نیروهای $\overrightarrow{F_1}$ و $\overrightarrow{F_2}$ می باشد، بدست آورد ، قطری که از نقطه A می گذرد برآیند دو نیرو یعنی R می باشد.

شکل ۱. برآیند بردارها

بنابراین بردار برآیند برابر است با قطر متوازی الاضلاعی که دو ضلع مجاور آن بردارهای $\overrightarrow{F_1}$ و $\overrightarrow{F_2}$ باشند. بزرگی بردار برآیند (بردار $\vec{R}$) برابر است با :

$$R^2=F_1^2+F_2^2+2F_1F_2\cos\theta$$

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2cos\theta}$$

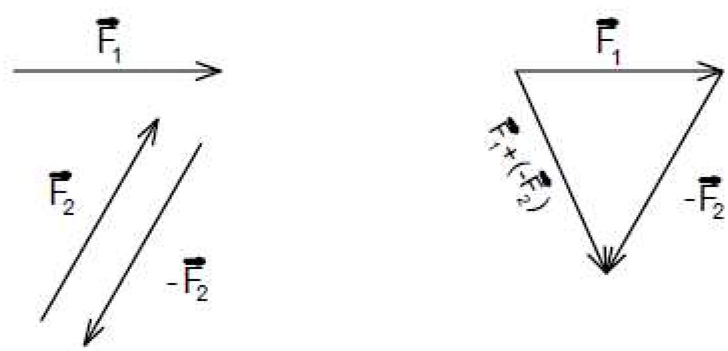
در این رابطه اندازه بردارها منظور شده است و θ زاویه بین دو بردار $\overrightarrow{F_1}$ و $\overrightarrow{F_2}$ می باشد.

تفاضل برداری:

تفاضل بردار، در واقع حالت خاصی از جمع برداری است. مثلا برای بدست آوردن $\overrightarrow{F_1}$ - $\overrightarrow{F_2}$ ، ابتدا آن را به یک عمل جمع تبدیل می کنیم:

$$\vec{F}_1 - \vec{F}_2 = \vec{F}_1 + (-\vec{F}_2)$$

یعنی بردار $\overrightarrow{F_1}$ را با منفی بردار $\overrightarrow{F_2}$ (برداری که به اندازه ی F_2 ولی در خلاف جهت آن است ، جمع می کنیم(شکل ۲)



شکل۲. تفاضل برداری

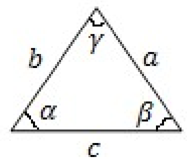
بنابراین داریم:

$$R^2=F_1^2+F_2^2 - 2F_1F_2\cos \theta$$

$$R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2cos\theta}$$

قضیه سینوس ها:

با استفاده از قضیه سینوسها در مثلثات ، در هر مثلث نسبت طول هر سه ضلع به سینوس زاویه مقابل آن ها با یکدیگر برابرند:

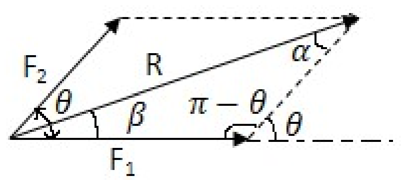


$$\frac{b}{\sin\beta}=\frac{c}{\sin\gamma}=\frac{a}{\sin\alpha}$$

بنابراین در ترکیب این قضیه با رابطه تفاضل برداری خواهیم داشت:

$$\sin(\pi-\theta)=\sin\theta$$

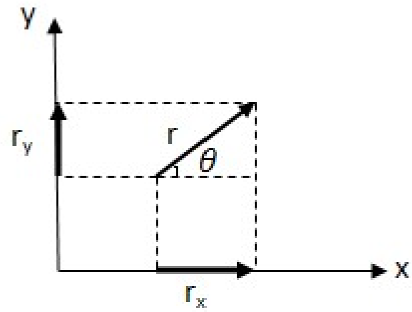
$$=\frac{F_2}{\sin\beta}=\frac{R}{\sin\theta}\frac{F_1}{\sin\alpha}$$



نکته مهم آن است که در هنگام بکار بردن قضیه سینوس ها، دقت شود که نسبت هر ضلع به سینوس زاویه مقابل آن نوشته شود.

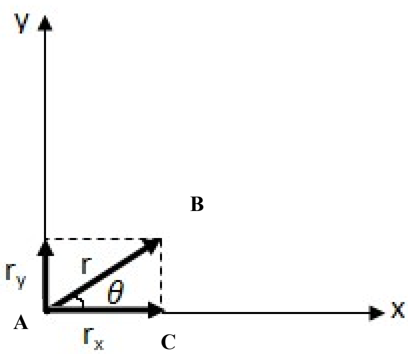
مولفه بردار و بردارهای یکه:

روش نموداری برای جمع کردن بردارها عملا وقت گیر و نادقیق است. این کار در سه بعد اصولا به این سادگی ها ممکن نیست . بنابراین باید به روش تحلیلی متوسل شد. در این روش هر بردار را به مولفه هایش تجزیه می کنیم. مولفه های بردار r ، تصویر بردار r روی هر یک از محور هاست. برای مثال r_x مولفه بردارr روی محور x و r_y مولفه آن روی محور y است که برای پیدا کردن آن ها، خط هایی عمود از دو انتهای بردار بر محورهای x و y مطابق شکل ۳ رسم می کنیم.



شکل۳. رسم تصویر بردار در راستای هریک از محورهای مختصات

حال اگر ابتدای بردار r در مبدا یعنی نقطه (۰و۰) باشد(شکل ۴):



شکل۴. تجزیه برداری

به فرآیند یافتن مولفه های بردار، تجزیه بردار می گوئیم.

مولفه های بردار r را می توانیم به صورت زیر با استفاده از زاویه θ (زاویه ای که بردار r با جهت مثبت محور x می سازد) بدست آوریم:

در مثلث قائم الزاویه ABC :

$$\sin\theta = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} \longrightarrow r_y = r \sin\theta$$

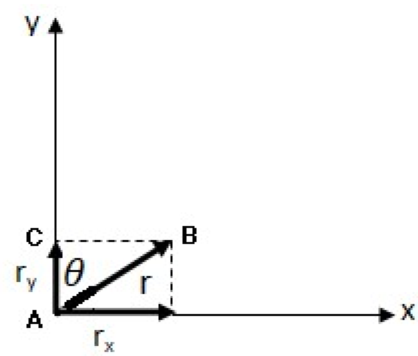
$$\cos\theta = \frac{\text{ضلع مجاور}}{\text{وتر}} \longrightarrow r_x = r\cos\theta$$

هم چنین می توانیم اندازه و جهت یک بردار را بر حسب مولفه هایش بیان کنیم:

$$\begin{cases} r = \sqrt{r_x^2 + r_y^2} \\ \tan\theta = \frac{r_y}{r_x} \end{cases}$$

باید دقت شود که تجزیه یک بردار به مولفه هایش، بستگی به زاویه θ دارد. به طور مثال اگر θ زاویه بین بردار r و محور y ها باشد داریم:

در مثلث قائم الزاویه ABC :



شکل ۵

$$\begin{cases} \sin\theta = \frac{BC}{AB} = \frac{r_x}{r} \\ r_x = r\sin\theta \end{cases}$$

$$\begin{cases} \cos\theta = \frac{AC}{AB} = \frac{r_y}{r} \\ r_y = r\cos\theta \end{cases}$$

یکی از مزیت های کار کردن با مولفه های یک بردار، افزایش تسهیل و دقت در جمع بردارهاست .
در جمع و تفریق بردارها علاوه بر روش های مطرح شده در بخش قبل ، با استفاده از مولفه های آن ها می توان محاسبات را به صورت زیر انجام داد.

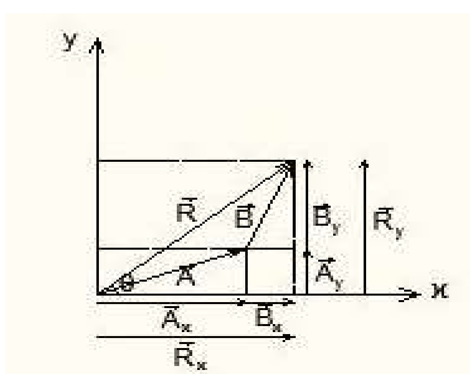
شکل ۶ نشان می دهد که چگونه می توانیم مولفه های بردار $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$ را از مولفه های $\vec{A}$ و $\vec{B}$ بدست بیاوریم.

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} \rightarrow \begin{cases} R_x = A_x + B_x \\ R_y = A_y + B_y \end{cases}$$

به این ترتیب جمع برداری به جمع جبری که ساده تر است تبدیل می شود . با توجه به اینکه $\vec{R}$ بردار برآیند است، اندازه و جهت آن را لازم است که داشته باشیم که به طریقی که قبلا دیدیم عمل کنیم:

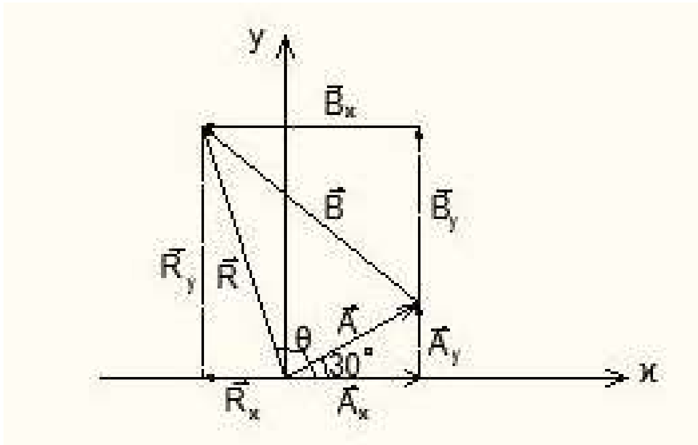
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$

$$\tan\theta = \frac{R_y}{R_x} = \frac{Ay+B_y}{A_x+B_x}$$



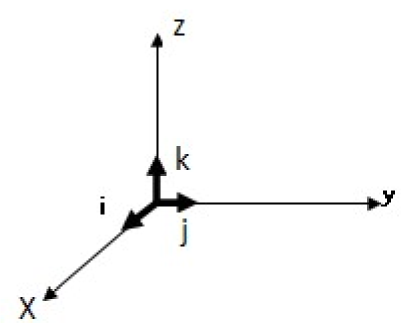
شکل۶. محاسبه برآیند برداری بصورت مولفه ای

مثال) شخصی 5 متر در جهت 30° شمال شرق و بعد ۱۰ متر در جهت 60° غرب شمال راه می رود. اندازه و جهت جابه جایی او چقدر است؟

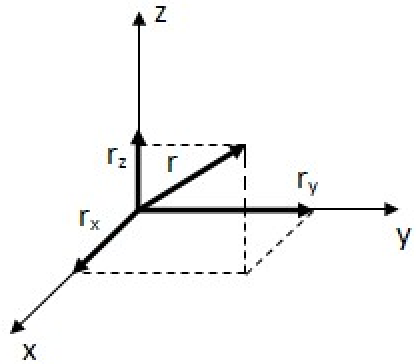


بردار های یکه:

بردار یکه برداری است که بزرگی آن دقیقا برابر ۱ و سوی آن در جهت افزایش طول بردار باشد. این بردار بعد و یکا ندارد و تنها هدف آن مشخص کردن جهت است. بردار های یکه در جهت های مثبت محور های x و y و z را با نماد های $\hat{\imath}$ و $\hat{\jmath}$ و $\hat{k}$ مشخص می کنیم . (برای متمایز کردن این بردار ها ی معمولی در بالای آن ها به جای علامت پیکان علامت " ^ " را می گذاریم.)



شکل۷. نمایش بردارهای یکه در سیستم دکارتی



شکل۸.تجزیه برداری

اندازه این بردار برابر است با : $r = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + r_z^2}$

عملیات جمع و تفریق بردار ها بر حسب بردار های یکه بسیار آسانتر است. به طور مثال اگر فرض کنیم $\vec{A}$ و $\vec{B}$ دو بردار با مولفه های (A_x , A_y , A_z) و (B_x , B_y , B_z) باشد آنگاه بردار $\overrightarrow{C}$ مجموع و بردار $\overrightarrow{D}$ تفاضل این دو بردار باشد .

داریم:

$$\vec{C} = \vec{A} + \vec{B} \Rightarrow \begin{cases} C_x = A_x + B_x \\ C_y = A_y + B_y \\ C_z = A_z + B_z \end{cases}$$

$$\overrightarrow{D} = \vec{A} - \vec{B} \Rightarrow \begin{cases} D_x = A_x - B_x \\ D_y = A_y - B_y \\ D_z = A_z - B_z \end{cases}$$

بنابر این معادله برداری $\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$ و $\overrightarrow{D} = \vec{A} - \vec{B}$ (در سه بعد) در واقع معادل با سه معادله جبری است.

ضرب بردار ها :

ضرب در بردار ها به سه شکل مختلف تعریف می گردد که هیچکدام از آنها مانند ضرب جبری معمولی نیستند و باید قواعد هر کدام را بدانیم.

الف) **ضرب عدد در بردار:**

اگر بردار $\vec{A}$ را در یک عدد ضرب کنیم بردار جدیدی به دست می آید که اندازه این بردار برابر حاصلضرب قدر مطلق عدد در بزرگی بردار است و جهت آن اگر عدد مثبت باشد همان جهت بردار $\vec{A}$ است و اگر عدد منفی باشد در خلاف جهت بردار $\vec{A}$ است.

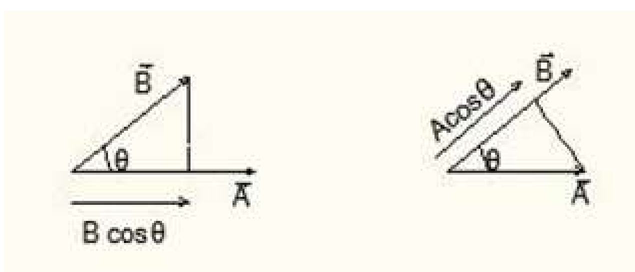
ضرب دو بردار در یکدیگر دو نوع دارد: ۱. ضرب اسکالر (نرده ای) و ۲. ضرب برداری (خارجی)

ب) **ضرب اسکالر (داخلی یا نقطه ای)**

ضرب اسکالر دو بردار $\vec{A}$ و $\vec{B}$ (شکل ۹) به صورت زیر تعریف می شود:

$$\vec{A}\cdot\vec{B} = |\vec{A}||\vec{B}|Cos\theta$$

که $|\vec{A}|$ و $|\vec{B}|$ اندازه دو بردار و θ زاویه کوچکتر میان آنهاست.



شکل۹. شماتیکی از مفهموم ضرب داخلی دو بردار

ضرب اسکالر دو بردار در واقع عبارتست از اندازه یکی از دو بردار های ضرب در تصویر بردار دیگر در راستای بردار اول ، از جمله مواردی که در فیزیک حاصلضرب اسکالر دو بردار ظاهر می شود مفهوم کار است که در آینده مطالعه خواهیم کرد.

حاصلضرب اسکالر دو بردار طبق تعریف یک عدد است لذا ترتیب بردار ها اهمیت ندارد. یعنی :

$$\vec{A}\cdot\vec{B}=\vec{B}\cdot\vec{A}$$

همچنین زاویه بین دو بردار طبق تعریف عبارتست از :

$$\cos\theta=\frac{\vec{A}.\vec{B}}{|A||B|}$$

در ضرب اسکالر اگر عوامل ضرب بر حسب مولفه هایشان بنویسیم :

$\vec{A}\cdot\vec{B}=(A_xi+A_yj+A_zk).(B_xi+B_yj+B_zk)$

باید جمله ها را تک تک در هم ضرب کنیم. حاصلضرب بردار های یکه با توجه به تعریف این نوع ضرب بدیهی است که:

$i.i = j.j = k.k = 1$

$i.j = j.k = k.i = 0$

با توجه به نتایج بالا، حاصل این ضرب بر حسب مولفه ها نهایتا به صورت زیر در می آید:

$\vec{A}\cdot\vec{B} = A_xB_x + A_yB_y + A_zB_z$

و زاویه بین دو بردار با توجه به رابطه بالا به صورت زیر در می آید :

$$\cos\theta=\frac{\vec{A}.\vec{B}}{|A||B|}=\frac{A_xB_x+A_yB_y+A_zB_z}{\sqrt{A_x^2+A_y^2+A_z^2}\sqrt{B_x^2+B_y^2+B_z^2}}$$

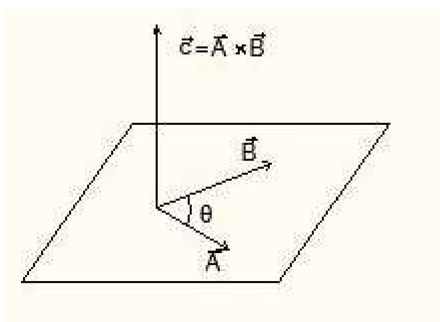
ج) ضرب برداری دو بردار (ضرب خارجی) :

ضرب برداری دو بردار $\overrightarrow{A}$ و $\vec{B}$ برابر است با :

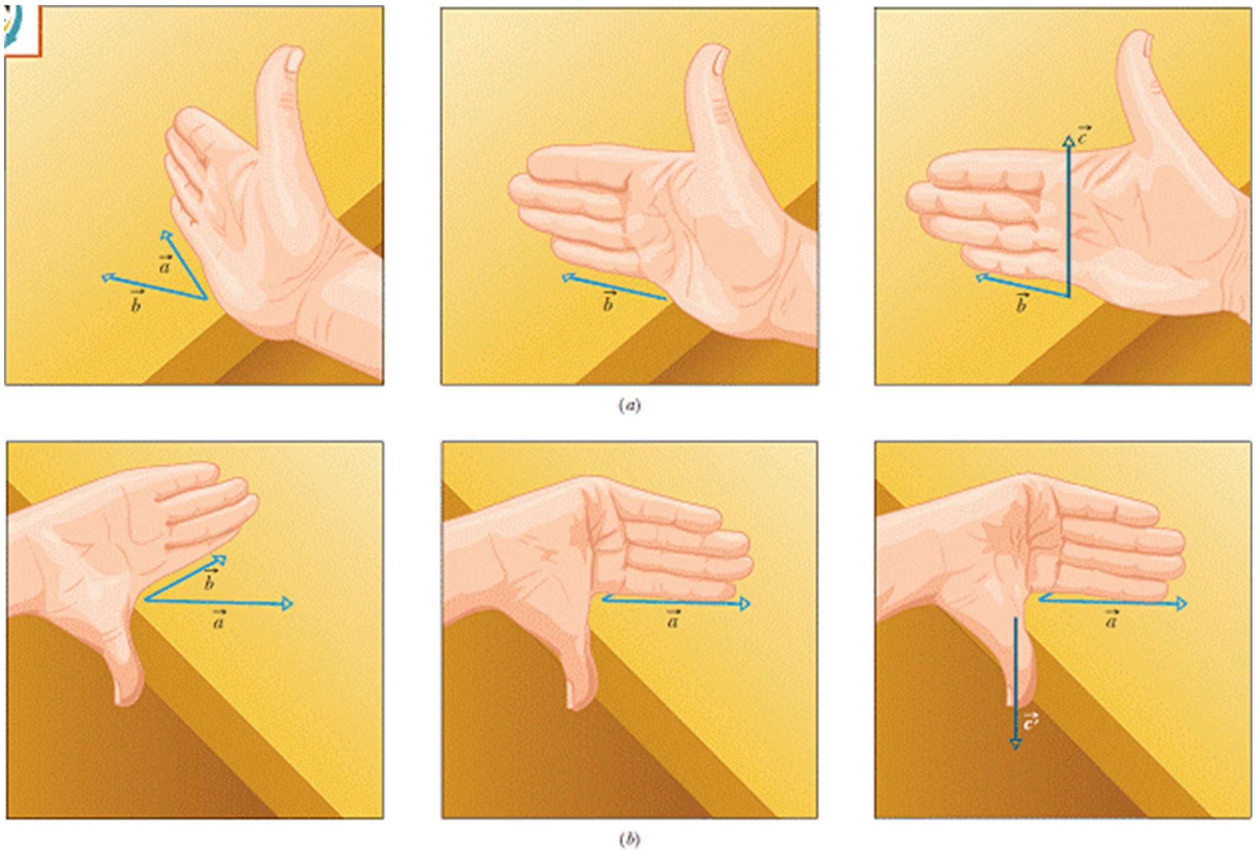
$$\vec{A} \times \vec{B} = |\vec{A}||\vec{B}| \sin\theta$$

حاصل این ضرب بنا به تعریف یک بردار است ، پس باید اندازه و جهت آن مشخص گردد.

اندازه این بردار برابر است با حاصلضرب اندازه دو بردار $\overrightarrow{A}$ و $\vec{B}$ در سینوس زاویه کوچکتر بین دو بردار. جهت این بردار باید با استفاده از قاعده دست راست تعیین کرد به این صورت که اگر دو بردار $\overrightarrow{A}$ و $\vec{B}$ را در یک نقطه مشترک در یک صفحه رسم می کنیم و چهار انگشت دست راست را در جهت بردار اول ($\overrightarrow{A}$) قرار می دهیم به طوری که خمش چهار انگشت در جهت بردار دوم ($\overrightarrow{B}$) باشد ، اگر انگشت شصت را مستقیم نگه داریم، جهت آن بردار دوم ($\overrightarrow{B}$) باشد ، اگر انگشت شصت را مستقیم نگه داریم ، جهت آن جهت بردار حاصل ضرب $\vec{A} \times \vec{B}$ می باشد.



شکل۱۰. تعیین جهت در ضرب برداری



همانطور که در شکل مشاهده می گردد بردار $\overrightarrow{C}$ همیشه عمود بر صفحه شامل $\overrightarrow{A}$ و $\overrightarrow{B}$ است

از قواعد تعیین جهت حاصلضرب برداری کاملا روشن است که ضرب برداری جابه جایی نا پذیر است یعنی :

$$\overrightarrow{A} \times \overrightarrow{B} \neq \overrightarrow{B} \times \overrightarrow{A}$$

این دو حاصلضرب اندازه های یکسان ولی جهت های مختلف دارند:

$$\overrightarrow{A} \times \overrightarrow{B} = -\overrightarrow{B} \times \overrightarrow{A}$$

مسائل و تمرین:

۱- مولفه ی X و مولفه Y بردار a که زاویه ی آن با جهت مثبت محور X ، ۴۵ درجه است و بزرگی 7.3m است را تعیین کنید.

۲- بردار جابجایی r در صفحه xy، 15 m طول دارد و زاویه 30 درجه با جهت مثبت محور x می سازد الف) مولفه x ب) مولفه y این بردار را تعیین کنید

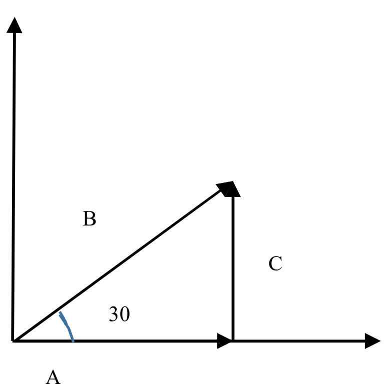
۳- مولفه x بردار $\vec{A}$ برابر 25 m- و مولفه y آن برابر 40 m+ است الف) بزرگی بردار $\vec{A}$ چقدر است؟ ب) زاویه بین بردار $\vec{A}$ و جهت مثبت محور x چقدر است؟

۴- شخصی طبق الگوی زیر پیاده روی می کند:

3/1 km به طرف شمال، سپس 2/4 km به طرف شرق و سرانجام 5/2 km به طرف جنوب الف) نمودار بردار این حرکت را رسم کنید. ب) یک پرنده چه مسافتی و در چه جهتی از نقطه شروع حرکت شخص در یک خط مستقیم پرواز کند تا به نقطه نهایی حرکت او برسد؟

۵- بزرگی بردار $\vec{A}$ ، ۶ واحد، بزرگی بردار $\vec{B}$، ۷ واحد و مقدار $\vec{A} \cdot \vec{B}$ ، ۱۴ واحد است زاویه بین دو بردار چقدر است؟

۶- برای بردار های شکل زیر با a= ۲ و b= ۳ و c=۵ الف) بزرگی و جهت $\vec{a}\times\vec{b}$ ب) بزرگی و جهت $\vec{a} \times \vec{c}$ ج) بزرگی و جهت $\vec{b} \times \vec{c}$ را تعیین کنید.



به نام خدا

فیزیک الکتریسیته و مغناطیس

(کلیه رشته های مهندسی)

جلسه سوم

تهیه و تنظیم:

دکتر الهه غریب شاهیان

عضو هیئت علمی دانشگاه فنی حرفه ای

تعریف بار الکتریکی

بار الکتریکی یک ویژگی بنیادی در انواع ماده است که به صورت ربایش یا رانش الکتروستاتیکی در حضور ماده‌ای دیگر خود را آشکار می‌سازد. بار الکتریکی ویژگی است که سرچشمه آن به بسیاری از ذرات زیراتمی ماده برمی‌گردد . دانشمندان از طریق آزمایش‌های متعدد در قرن بیستم دریافتند که بارِ ذراتی که به صورت آزاد یافت می‌شوند به اندازه ضریب صحیحی از بار بنیادی (بار یک الکترون در حدود $1.602 \times 10^{-19}\,c$) کولن است یعنی اگر بار الکتریکی را با علامت q و بار الکترون را با e نمایش دهیم، مقدار بارالکتریکی هر جسم از رابطه q = ne محاسبه می‌شود.

مثال ۱: وقتی روی فرش راه می‌روید بدنتان بار الکتریکی پیدا می‌کند. هنگام دست دادن به دوستتان ممکن است با انتقال باری برابر با $0.8\,nc$ به او شوک خفیفی را وارد کنید. در این انتقال بار چند الکترون بین شما و دوستتان منتقل شده است؟

$$q = ne \ , n = \frac{q}{e} = \frac{0.8 \times 10^{-9}}{1.6 \times 10^{-19}} = 0.5 \times 10^{10} = 5 \times 10^{9}$$

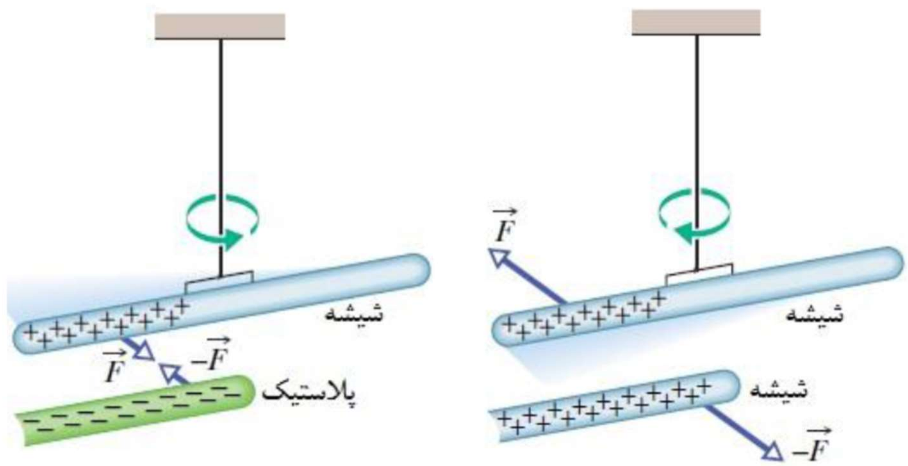
انواع بارها:

در طبیعت دو نوع بار الکتریکی وجود دارد: بار مثبت و بار منفی. اتم از ذرات کوچک‌تری به نام‌های الکترون، پروتون و نوترون تشکیل شده است. که الکترون‌ها دارای بار منفی و پروتون‌ها دارای بار مثبت و نوترون‌ها بدون بار هستند. تعداد الکترون‌ها و پروتون‌های یک اتم در حالت عادی برابر است. بنابراین، اتم در حالت عادی از نظر بار الکتریکی خنثی است.

روش های باردار کردن اجسام

به سه روش مالش، تماس و القاء می توان الکتریسیته ساکن تولید کرد. استفاده از روش مالش مناسب اجسام نا رساناست. زمانیکه دو جسم نا رسانابر روی هم مالیده شوند الکترون‌های جسمی که سست‌ترند از اتم جدا شده و به جسم نارسانای دیگر منتقل می‌شوند. جسمی که الکترون خود را از دست داده بار مثبت (+) و جسمی که الکترون جذب کرده بر اساس قانون پایستگی بار الکتریکی به همان اندازه بار منفی (–) خواهد داشت.

"بارها ی همنام یکدیگر را دفع می کنند و بارهای ناهمنام یکدیگر را جذب می کنند."



رسانا ها و نا رساناها

به طور کلی می‌توان مواد را بر حسب قدرت آن ها در حرکت بارها از میان خود به چهار دسته ابر رسانا، رسانا (هادی)، نیمه رسانا (نیه هادی) و نارسانا (عایق) طبقه بندی کرد.

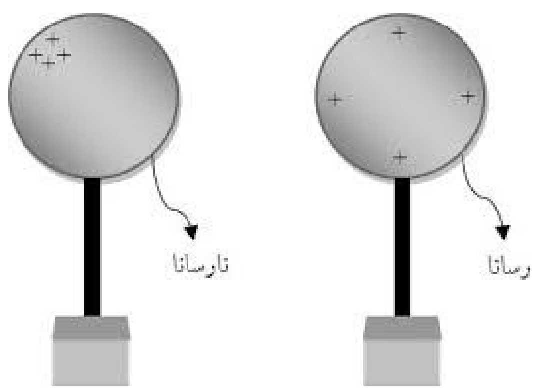
رسانا ها موادی هستند که الکترون‌های آن‌ها می‌توانند به راحتی از اتم خارج شوند و به حرکت در بیایند از اینرو می‌توانند جریان الکتریسیته را به خوبی از خود عبور دهند. طلا، آهن، مس و آلومینیوم به ترتیب بهترین رساناهای شناخته شده هستند. اگر بار الکتریکی نتواند به راحتی در ماده حرکت کند به اینگونه مواد نارساناها یا عایق ها می‌گوییم مانند پلاستیک و شیشه.

نیم رساناها از لحاظ قدرت جابه جایی بار و انتقال جریان بین رساناها از قبیل مس و مواد عایق الکتریکی مانند شیشه قرار می‌گیرند. به عنوان مثال دو نیمه‌رسانای معروف که در بسیاری از قطعات الکترونیکی استفاده می‌شوند، عناصر سیلیسیوم (Si) و ژرمانیوم(Ge) هستند.

ابر رساناها فلزاتی هستند که در درجه حرارت‌های به اندازه کافی پایین در برابر عبور جریان هیچ گونه مقاومتی از خود نشان نمی‌دهند.

نحوه توزیع بار الکتریکی در رساناها و نارساناها

هنگامی که به یک نارسانا بارالکتریکی داده می شود، بار در محل داده شده باقی می ماند زیرا با توجه به تعریف ارائه شده از جسم نارسانا (کم بودن الکترون‌های رسانشی در جسم) بار الکتریکی نمی-تواند به راحتی در ماده حرکت کند. هرگاه به یک جسم هادی بار الکتریکی بدهیم، بارها درون و داخل آن باقی نمی‌مانند بلکه حرکت کرد و روی سطح خارجی فلز پخش خواهند شد.



مثال۲: گلوله فلزی با بار $+q$ را درون استوانه فلزی خنثی که روی میز عایقی قرار دارد تماس می‌دهیم. بار ایجاد شده درون و بیرون استوانه چقدر است؟

در جسم رسانا با سطح خارجی متقارن مانند کره، چگالی بار در همه جای آن یکسان است. اما اگر سطح خارجی جسم فاقد تقارن باشد، چگالی سطحی بار در همه جا یکسان نبوده و در مکان‌های برجسته و نوک تیز رسانا چگالی سطحی عدد بزرگ‌تری خواهد بود.

تمرین و مسائل:

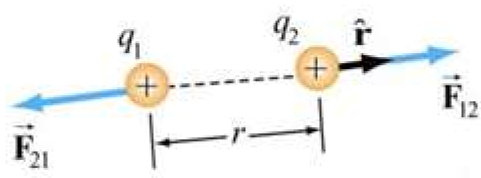
۱. دو کره رسانای یکسان دارای بارهای الکتریکی $q_1 = +10$ و $q_2 = -2$ میکروکولن روی دو پایه عایق نصب شده‌اند. هر گاه این دو گلوله را با هم تماس دهیم و از یکدیگر جدا کنیم، بار الکتریکی هر گلوله چند میکروکولن است؟ $(1\ \mu c = 10^{-6} c)$

۲. برای آنکه در جسم خنثی بار الکتریکی 4.6 میکروکولن $(4.6 \times 10^{-6} c)$ ایجاد شود، چه تعداد الکترون باید از آن گرفته شود؟

۳. چند الکترون باید از یک سکه مسی خارج شود تا بار باقیمانده در آن 10×10^{7} کولن شود؟

قانون کولن

مطابق با شکل زیر دو ذره q_1 و q_2 را تصور کنید که در فاصله r از یکدیگر قرار گرفته‌اند.



شکل ۵. جهت و راستای نیروی بین دو بار الکتریکی

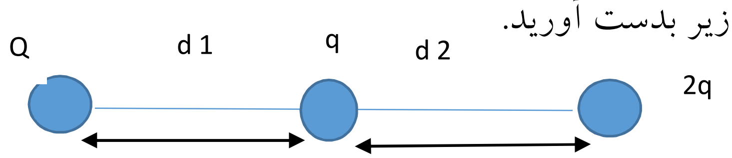
قانون کولن می‌گوید ذره شماره ۱ به ذره شماره ۲ نیرویی برابر با مقدار زیر وارد می‌کند:

$$F_e = k\frac{q_1 q_2}{r^2}\hat{r}$$

که در آن q مقدار بار روی دو جسم، r فاصله بین دو بار و $k = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{c^2}$ ثابت کولن است. اگر توجه کرده باشید رابطه بالا بصورت برداری بیان شده است، از این رو هم اندازه و هم جهت نیرو را نشان می‌دهد.

نکته: زمانی که چندین ذره را به عنوان یک سیستم در نظر بگیریم، نیروی وارد به یکی از آن‌ها برابر با برآیند نیروهایی است که هرکدام از آن‌ها به ذره مذکور وارد می‌کنند.

مثال) نیروی وارد بر بار Q را در شکل زیر بدست آورید.



Q= 1μC

q=-2μC , d 1=d 2=5cm

راه حل:

$$F_1 = K\frac{Q \times q}{(d_1)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10^{-6} \times 2 \times 10^{-6}}{(5 \times 10^{-2})^2} = 3.6 \times 10^1 \ N$$

$$F_2 = K\frac{Q \times 2\,q}{(d_2 + d_1)^2} = 9 \times 10^9 \times \frac{10^{-6} \times 4 \times 10^{-6}}{10^{-2}} = 36 \times 10^{-1}$$

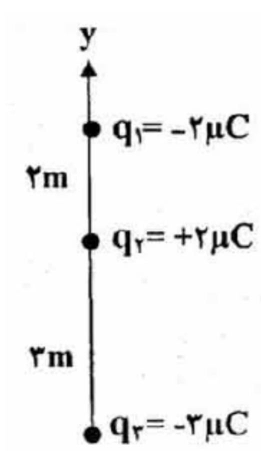
$$F_T = F_1 + F_2 = 39.6 \ N$$

تمرین و مسائل:

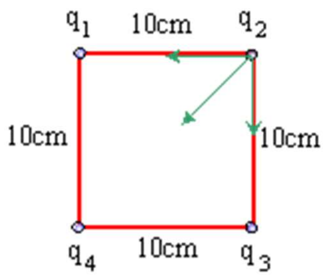
۱. ذره ای با بار $3 \times 10^{-6}C$ در فاصله $12\ cm$ از ذره دیگری با بار $-1.5 \times 10^{-6}C$ قرار دارد. بزرگی نیروی الکترواستاتیکی وارد بر هر یک از بارها را محاسبه کنید.

۲. فاصله بین دوبار نقطه‌ای $q_1 = 26\ \mu c$ و $q_2 = -47\ \mu c$ چقدر باشد تا اندازه نیروی الکترواستاتیکی در نقطه‌ای بین آن دو $50\ N$ شود؟

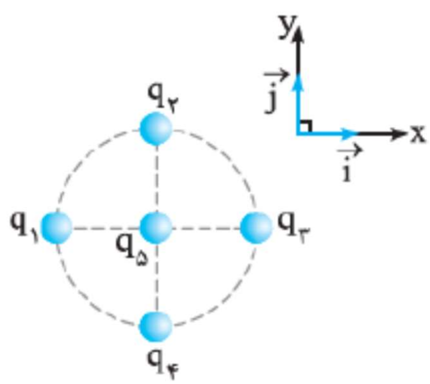
سه ذره باردار روی محور y ها مطابق شکل روبرو قرار دارند. برایند نیروهای وارد بر بار q_2 را در بر حسب بردارهای یکه محاسبه کنید.



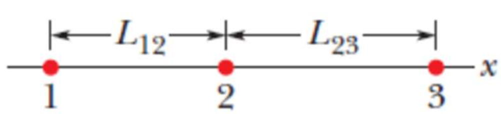
۳. در شکل مقابل برآیند نیروهای وارد بر بار q_2=$2\ \mu c$ واقع بر راس مربع را از طرف بارهای $q_1 = q_3 = q_4 = 2\ \mu c$ محاسبه کنید.



۴. در شکل روبرو چهار بار نقطه‌ای $+ = -q_4 = -q_3 = q_2 = q_1$= روی محیط دایره‌ای قرار گرفته‌اند. بار $q_5 = +q$ در مرکز این دایره قرار دارد. برآیند نیروهای وارد بر بار q_5 رابدست آروید.



۵. سه بار نقطه‌ای روی محور ها قرار گرفته‌اند. ذره ۱ و ۲ در محلشان ثابت شده‌اند و ذره ۳ می‌تواند به راحتی روی محور ها حرکت کند، اما نیروی الکتریکی خالص وارد برآن از طرف ذره ۱و ۲ برابر با صفر است. اگر $L_{12} = L_{23}$ باشد، نسبت q_1/q_2 چقدر است؟



۶. دو بار نقطه ای $q = 3\times10^{-6}C$. در فا صله 10 cm از همدیگر قرار دارندمیدان الکتریکی حا صل ازیک بار در محل بار دیگررا حساب کنید. $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9\times10^{9}\frac{N.m^2}{C^2}$

۷. سه بار نقطه ای یک مثلث متساوی الاضلاع را تشکیل می دهد نیروی الکتریکی در محل بار q چقدر است؟

$Q = 4\times10^{-7}$ $q = 2\times10^{-7}$

a=0.1 m