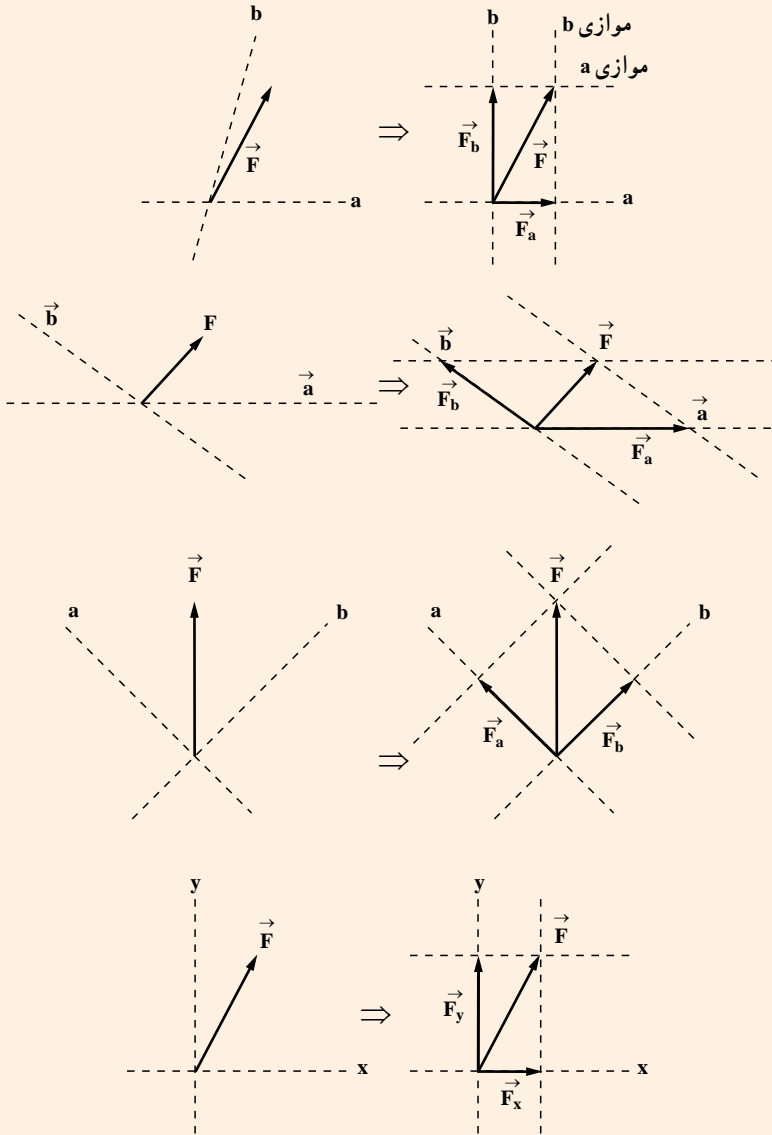


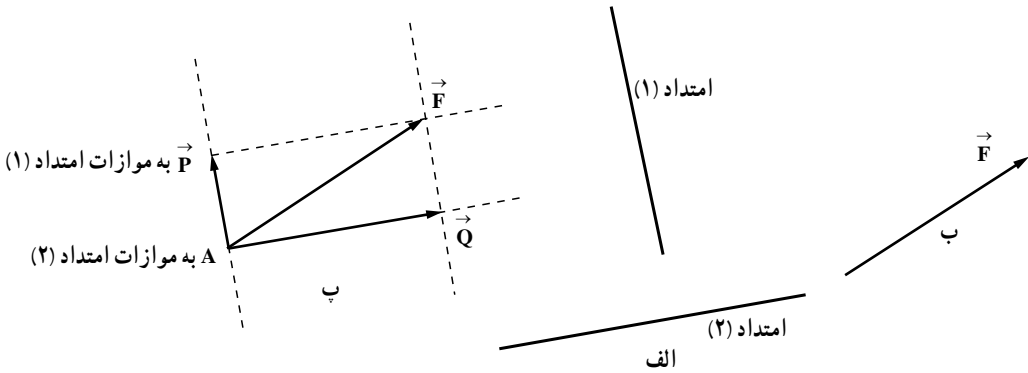
نمونه‌هایی از تجزیه یک بردار نسبت به امتدادهای  $a$  و  $b$  :



**حالت دوم:** بردار  $\vec{F}$  و دو امتداد که باید این  $\vec{F}$  در راستای آن دو امتداد تجزیه شود، معلوم است، این حالت آسان‌تر است. برای این کار از ابتدای  $\vec{F}$  به موازات دو امتداد ترسیم کرده از انتهای

$\vec{F}$  نیز همین عمل را انجام می‌دهیم تا متوازی‌الاضلاعی به دست آید. قطر بزرگ آن  $\vec{F}$  و دو ضلع مجاور در آن متوازی‌الاضلاع دو بردار مورد نظر است.

در شکل ۲۲-۹ دقت کنید. در شکل ۲۲-۹ الف دو امتداد و در شکل ۲۲-۹ ب بردار  $\vec{F}$  نشان داده شده است. در شکل ۲۲-۹ پ از نقطه A بردار  $\vec{F}$  ترسیم شده است و دو امتداد، موازی امتدادهای ۱ و ۲ ترسیم گردیده تا متوازی‌الاضلاعی به دست آید. دو ضلع مجاور بردار  $\vec{F}$  از نقطه A دو بردار  $\vec{Q}$  و  $\vec{P}$  است که جمع این دو بردار  $\vec{F}$  خواهد بود، پس  $\vec{P}$  و  $\vec{Q}$  دو مؤلفه  $\vec{F}$  در راستای امتداد (۱) و امتداد (۲) هستند.

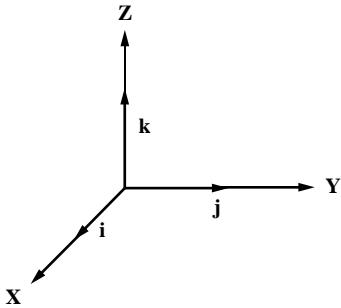


شکل ۲۲-۹

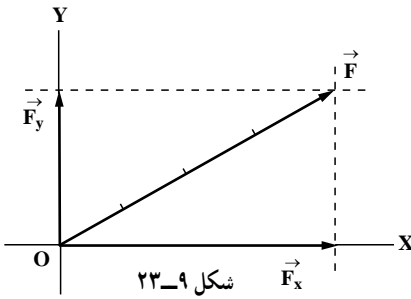
تجزیه یک بردار به مؤلفه‌های آن بسیار مهم است و باید با دقت آن را بیاموزید.

### جلسه بیست و چهارم: ادامه بردار و نیرو

در این جلسه مؤلفه‌های متعامد یک بردار را تعیین می‌نماییم و سپس براساس این مؤلفه‌ها می‌توان برآیند چند بردار را به ساده‌ترین حالت تعیین نمود. برای این منظور از دستگاه مختصات متعامد (کارترین) استفاده می‌شود. در دستگاه متعامد، بردارهای یکه در امتداد محورهای  $x$  و  $y$  و  $z$  را به ترتیب با  $i$  و  $j$  و  $k$  نمایش می‌دهند.



۹-۳-۹ مؤلفه‌های بردار در مختصات قائم: در قسمت قبل، تجزیه یک بردار به دو



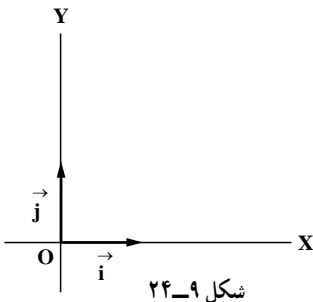
مؤلفه را ملاحظه کردید. یکی از روش‌های مناسب برای تجزیه یک بردار آن است که آن را روی محورهای مختصات قائم  $x$  و  $y$  تجزیه کنیم. به شکل ۹-۲۳ توجه کنید. می‌خواهیم بردار  $\vec{F}$  را به دو مؤلفه تجزیه کنیم؛ به طوری که آن دو مؤلفه در امتداد محور  $x$ ها و محور  $y$ ها قرار داشته باشند.

نقطه اثر بردار، مبدأ مختصات است یعنی نقطه  $O$ ؛ از این رو از انتهای  $\vec{F}$  به موازات محور  $x$ ها و  $y$ ها ترسیم می‌کنیم تا بتوانیم مؤلفه‌های بردار  $\vec{F}$  را به دست آوریم.

بنابراین  $F_x$ ،  $F_y$  و  $F$  پس بردارهای  $\vec{F}_x$  و  $\vec{F}_y$  مؤلفه‌های قائم بردار  $\vec{F}$  هستند که روی محور  $x$ ها و روی محور  $y$ ها قرار دارند.  $\vec{F}_x$  مؤلفه افقی و  $\vec{F}_y$  مؤلفه قائم بردار  $\vec{F}$  است. توجه داشته باشید که اندازه بردار  $\vec{F}$  را با حرف  $F$  نمایش دادیم. پس بردار  $\vec{F}_x$  است، اما  $F_x$  اندازه آن است. به همین ترتیب  $\vec{F}_y$  بردار است و اندازه آن  $F_y$  است.

### ۹-۳-۱۰ بردار واحد (بردار یکه): اگر به فرض

روی محور  $x$ ها یک بردار واحد  $\vec{i}$  تعریف کنیم که طول آن  $1$  باشد و روی محور  $y$ ها بردار واحد  $\vec{j}$  را تعریف کنیم که طول آن  $1$  باشد، به بردارهای  $\vec{i}$  و  $\vec{j}$  بردارهای واحد یا یکه می‌گوییم. به شکل ۹-۲۴ توجه کنید.



با استفاده از شکل ۹-۲۳ می‌توانیم بنویسیم:  $\vec{F}_y = F_y \cdot \vec{j}$  و  $\vec{F}_x = F_x \cdot \vec{i}$  فراموش نکنید که  $F_x$  اندازه بردار  $\vec{F}_x$  و  $F_y$  اندازه بردار  $\vec{F}_y$  است. پس بردار  $\vec{F}_x$  را می‌توان  $F_x$  برابر  $\vec{i}$  دانست؛ یعنی اندازه  $\vec{F}_x$  به اندازه  $F_x$  برابر بردار  $\vec{i}$  است و بردار  $\vec{F}_y$  را می‌توان  $F_y$  برابر بردار  $\vec{j}$  دانست، بنابراین داریم:

$$\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y \quad (۱)$$

$$\vec{F}_x = F_x \cdot \vec{i} \quad (۲)$$

$$\vec{F}_y = F_y \cdot \vec{j} \quad (۳)$$

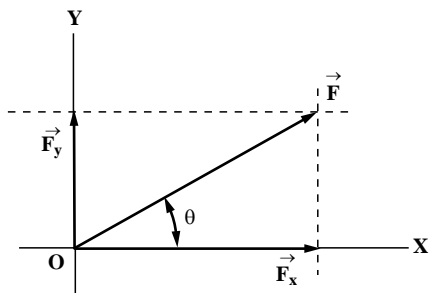
معادله‌های (۲) و (۳) را در معادله (۱) قرار می‌دهیم، بنابراین:

$$\vec{F} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j}$$

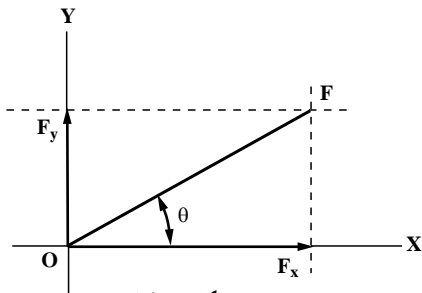
مقادیر عددی  $F_x$  و  $F_y$  می‌توانند اعداد مثبت یا منفی باشند، برحسب اینکه  $F$  در کدام جهت قرار داشته باشد و این نکته‌ای بسیار مهم است. شکل‌های ۹-۲۵ و ۹-۲۶ را در نظر بگیرید. این شکل‌ها مانند شکل ۹-۲۳ می‌باشند.

ملاحظه می‌کنید که در شکل ۹-۲۵ روابط برداری است؛ اما در شکل ۹-۲۶ روابط عددی یا اندازه‌ای است. بنابراین در شکل ۹-۲۵ باید بنویسیم:  $\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y$ ؛ اما در شکل ۹-۲۶ مقادیر، عددی بوده و برابر اندازه طول هر مؤلفه است، یعنی  $F_x \cdot \cos\theta$  و  $F_y \cdot \sin\theta$ . توجه کنید  $F$  مقدار اندازه بردار  $\vec{F}$  است و به همین نحو برای  $F_x$  و  $F_y$ . پس مقادیر  $F_x$  و  $F_y$  مؤلفه‌های عددی بردار هستند. همچنین باید در شکل ۹-۲۶ بنویسیم:  $F^2 = F_x^2 + F_y^2$ . توجه کنید روی آنها پیکان کوچک

$$\text{ترسیم نشده است و داریم } \tan \theta = \frac{F_y}{F_x}$$



شکل ۹-۲۵



شکل ۹-۲۶

## ۹-۴- نیرو

نیرو نشان‌دهنده عمل جسمی بر جسم دیگر است. نیرو عاملی است که جسم ساکن را به حرکت در می‌آورد؛ از حرکت آن جلوگیری می‌کند؛ جهت حرکت آن را تغییر می‌دهد و یا باعث تغییر شکل آن می‌شود. مشخصه‌های تعیین‌کننده نیرو عبارت‌اند از:

**الف) نقطه اثر نیرو:** محل اثر نیرو بر جسم را نقطه اثر نیرو گویند.

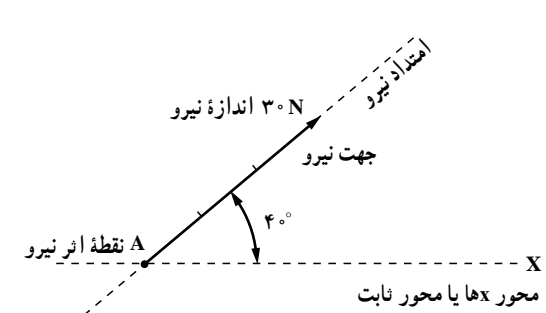
**ب) راستای نیرو:** خط مستقیمی است که نیرو، در امتداد آن خط به جسم اثر می‌کند.

**پ) جهت نیرو:** سمت و سویی را که نیرو به سمت آن وارد می‌شود جهت نیرو می‌گویند و آن را با یک پیکان نشان می‌دهند.

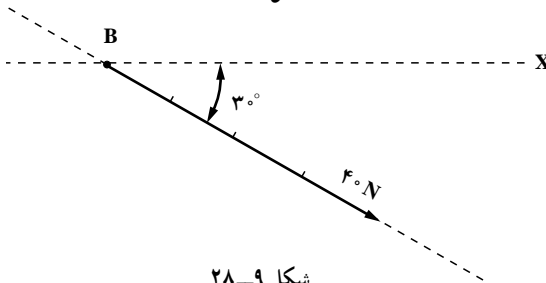
**ت) اندازه نیرو:** بزرگی نیرو را به وسیله طول پاره خط با مقیاس مشخص روی امتداد نیرو نمایش می‌دهند.

**یادآوری:** واحد نیرو، نیوتن (N) است. یک نیوتن مقدار نیرویی است که اگر به جرم یک کیلوگرم وارد شود، شتابی برابر یک متر بر مجذور ثانیه به آن می‌دهد.

**۹-۴-۱- نیروهای واقع در صفحه و نیروهای متقارب:** به شکل ۹-۲۷ توجه کنید. نیروی



شکل ۹-۲۷

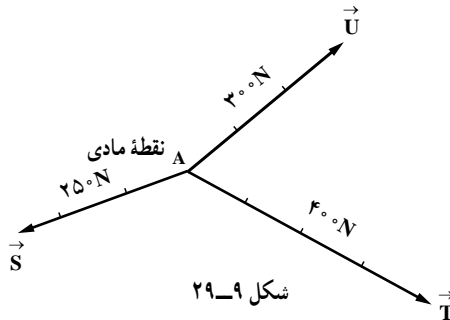


شکل ۹-۲۸

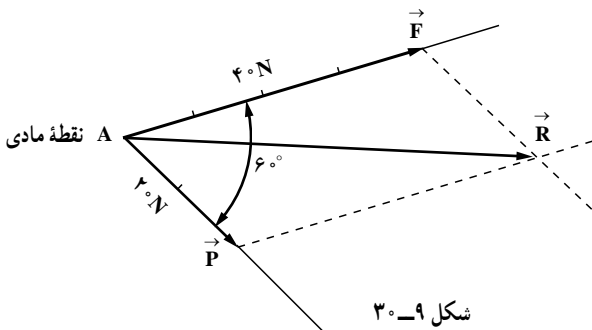
۳۰ نیوتن بر نقطه مادی A در حالی که با محور ثابت X زاویه ۴۰ درجه ساخته شده، وارد گردیده است. طول پاره خط را سه سانتی‌متر در نظر گرفته‌ایم تا هر سانتی‌متر ۱۰ نیوتن را نشان دهد. پس ۳۰ نیوتن را با یک قطعه خط ۳ سانتی‌متری نشان داده‌ایم.

به شکل ۹-۲۸ توجه کنید. به نقطه مادی B نیروی ۴۰ N (چهل نیوتن) در امتداد ۳۰ درجه، نسبت به محور ثابت X نیرو وارد می‌شود. طول پیکان از نقطه B تا نوک آن ۴ سانتی‌متر است. تمامی نیروهای وارد بر یک جسم را می‌توان با روش ذکر شده نشان داد.

مطابق شکل ۹-۲۹ می‌گوییم به نقطه مادی A، سه نیروی هم صفحه وارد شده است. چون تمامی نیروها از نقطه A عبور کرده‌اند، آنها را نیروهای متقارب نیز می‌نامیم.



۹-۴-۲- برآیند دو نیرو و نمایش آن: دو نیروی  $\vec{F}$  و  $\vec{P}$  را در نظر بگیرید که  $F = 40\text{ N}$  و  $P = 20\text{ N}$  بر یک نقطه مادی A با زاویه  $60^\circ$  درجه نسبت به هم (به صورت شکل ۹-۳۰) وارد می‌شود.



برای تعیین برآیند دو نیروی  $\vec{F}$  و  $\vec{P}$  از روش متوازی الاضلاع که در قسمت بردارها توضیح داده شد استفاده می‌کنیم. یادآوری می‌شود که قطر متوازی الاضلاع که از نقطه مادی A می‌گذرد، برآیند دو نیرو است.

برای به دست آوردن طول این قطر، کافی است از معادله زیر استفاده کنیم:

$$R^2 = F^2 + P^2 - 2FP\cos\alpha$$

اگر معادله کلی فوق را برای دو نیروی  $\vec{F}$  و  $\vec{P}$  به کار ببریم، داریم:

$$R^2 = 40^2 + 20^2 - 2(40)(20)\cos 60^\circ$$

$$R^2 = 1600 + 400 - 2(40)(20) \cdot 0.5 = 2800$$

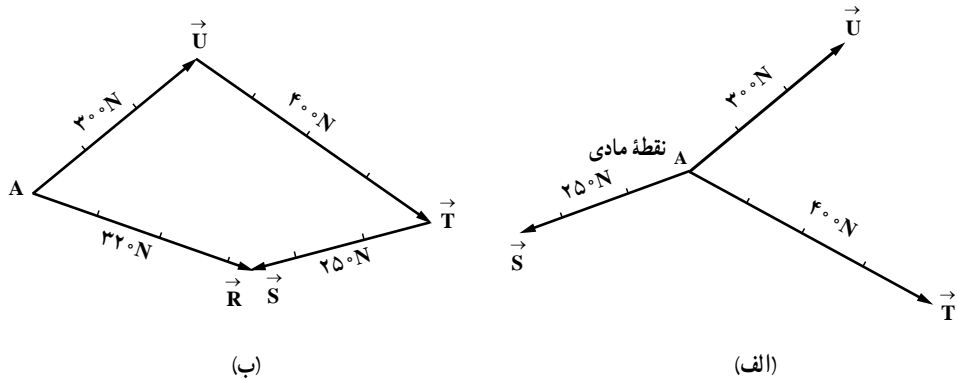
$$R = 52.92\text{ N} \approx 53\text{ N}$$

قبلاً ملاحظه کردید که از طریق ترسیمی، برآیند را آسان تر می توان به دست آورد. همچنین برای تعیین قطر متوازی الاضلاع از طریق اندازه گیری طول آن با خط کش باید دقت کافی کرد تا مقدار خطا کمتر شود و با توجه به مقیاس ترسیم، اندازه آن به دست می آید.

**۹-۴-۳- برآیند چند نیروی متقارب و نمایش آن :** به شکل ۹-۳۱- الف توجه کنید.

به نقطه مادی A، سه نیروی  $\vec{U}$ ،  $\vec{S}$  و  $\vec{T}$  وارد شده و در شکل ۳۱ (ب)، برآیند ( $\vec{R}$ ) آنها به طریق ترسیمی به دست آمده است.

همان طور که از شکل ۹-۳۱ پیداست، از نقطه A، هم سنگ  $\vec{U}$  و از انتهای آن، هم سنگ  $\vec{T}$  و از انتهای هم سنگ  $\vec{T}$  نیز هم سنگ  $\vec{S}$  را ترسیم کرده ایم، سپس از نقطه A به انتهای آخرین بردار (هم سنگ  $\vec{S}$ ) وصل نموده ایم تا برآیند این سه نیرو یعنی  $\vec{R}$  حاصل شده است.



شکل ۹-۳۱

## جلسه بیست و پنجم: ادامه بردار و نیرو

در این جلسه مؤلفه‌های نیرو در دستگاه مختصاتی متعامد (کارترین) مورد بررسی قرار می‌گیرند و در ادامه اقدام به تعیین برآیند چند بردار می‌شود. یادگیری این روش به دلیل سهولت و دقت آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

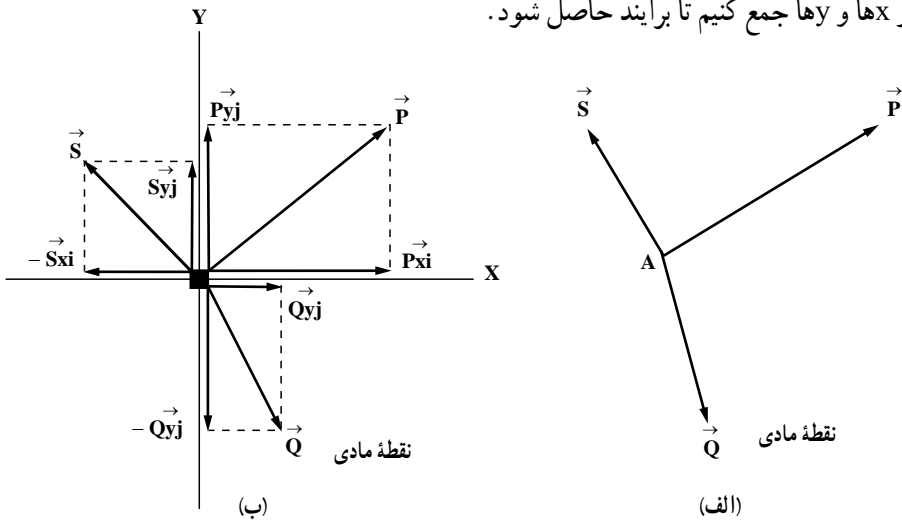
### ۹-۴-۴- مؤلفه‌های نیرو در مختصات قائم :

در بخش‌های قبلی با تجزیه یک بردار به مؤلفه‌های متعامد آشنایی پیدا کردید، در این بخش با ذکر مثال‌هایی و همچنین تحلیل آنها، آشنایی بیشتری با تعیین برآیند حاصل می‌گردد.

### ۹-۴-۵- جمع نیروها به وسیله مؤلفه آنها : فرض کنید بر نقطه A سه نیروی $\vec{Q}$ ، $\vec{P}$ و $\vec{S}$

و  $\vec{S}$  مطابق شکل ۹-۳۲ الف وارد شده است. در گذشته نحوه تعیین برآیند را آموختید. در آنجا گفته شد که از طریق ترسیم نیروها به دنبال هم، به طریق هم‌سنگ و وصل کردن ابتدای اولین نیرو به انتهای آخرین نیروی هم‌سنگ رسم شده، بردار برآیند به دست می‌آید که به این روش، روش چند ضلعی می‌گویند. اگر تعداد نیروها دو تا باشد به دست آوردن برآیند با کمک متوازی‌الاضلاع انجام می‌شود؛ آسان‌تر است از متوازی‌الاضلاع کمک مثلث انجام دهیم البته اگر همین کار را با چون تنها نصف متوازی‌الاضلاع ترسیم می‌کنیم. اگر تعداد نیروها سه یا بیشتر باشد تعیین برآیند به روش چندضلعی یعنی ترسیم آنها به روش هم‌سنگ به دنبال هم آسان‌تر است.

راه حل دیگری که می‌توان برای تعیین برآیند به دست آورد، آن است که مؤلفه‌های آنها را روی محور Xها و Yها جمع کنیم تا برآیند حاصل شود.



شکل ۹-۳۲



### جمع برداری n نیرو :

اگر n بردار نیرو نظیر  $\vec{F}_1$  و  $\vec{F}_2$  و ...  $\vec{F}_n$  موجود باشند، از آنجایی که در مختصات صفحه‌ای هر نیرو دارای دو مؤلفه  $F_x$  و  $F_y$  می‌باشد می‌توان نوشت که :

$$\vec{F}_1 = f_{1x} \vec{i} + f_{1y} \vec{j}$$

$$\vec{F}_2 = f_{2x} \vec{i} + f_{2y} \vec{j}$$

:

$$\vec{F}_n = f_{nx} \vec{i} + f_{ny} \vec{j}$$

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n \text{ برآیند}$$

$$\vec{R} = (f_{1x} \vec{i} + f_{1y} \vec{j}) + (f_{2x} \vec{i} + f_{2y} \vec{j})$$

$$+ \dots + (f_{nx} \vec{i} + f_{ny} \vec{j})$$

در جمع بردارها مؤلفه‌های همنام (iها و ... jها) با هم جمع و تفکیک می‌شوند.

$$\Rightarrow \vec{R} = (f_{1x} \vec{i} + f_{2x} \vec{i} + \dots + f_{nx} \vec{i}) + (f_{1y} \vec{j} + f_{2y} \vec{j} + \dots + f_{ny} \vec{j})$$

$$\vec{R} = (f_{1x} + f_{2x} + \dots + f_{nx}) \vec{i} + (f_{1y} + f_{2y} + \dots + f_{ny}) \vec{j}$$

اگر کلیه مؤلفه‌های i را با  $F_x$  و مؤلفه‌های j را با  $F_y$  نمایش دهیم، خواهیم داشت :

$$\vec{R} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j} \Rightarrow \begin{cases} F_x = f_{1x} + f_{2x} + \dots + f_{nx} \\ F_y = f_{1y} + f_{2y} + \dots + f_{ny} \end{cases}$$

در شکل ۹-۳۲ ب دوباره سه بردار  $\vec{P}$ ،  $\vec{Q}$  و  $\vec{S}$  را در نقطه A در نظر گرفته‌ایم و در شکل ۹-۳۲ ب محورهای x و y را در نقطه A ترسیم کرده مؤلفه‌های هر کدام را رسم نموده‌ایم. برای آنکه شکل آسان‌تر دیده شود، مؤلفه‌ها را روی هم ترسیم نکرده‌ایم؛ اما در واقع آنها را باید روی هم

رسم کرد. توجه کنید روی محور  $x$ ها سه مؤلفه نیروهای  $P_x \vec{i}$  و  $Q_x \vec{i}$  و  $-S_x \vec{i}$  و روی محور  $y$ ها در شکل ۹-۳۲ ب سه مؤلفه  $P_y \vec{j}$  و  $S_y \vec{j}$  و  $-Q_y \vec{j}$  را باید با یکدیگر جمع کنیم؛ پس روی محور  $x$ ها داریم:

$$Q_x \vec{i} + P_x \vec{i} - S_x \vec{i}$$

مقدار فوق را می‌توانیم به صورت زیر بنویسیم:

$$(Q_x + P_x - S_x) \vec{i} \dots \quad (a)$$

و روی محور  $y$ ها داریم:

$$P_y \vec{j} + S_y \vec{j} - Q_y \vec{j}$$

و آن را می‌توانیم به صورت زیر نیز بنویسیم:

$$(P_y + S_y - Q_y) \vec{j} \dots \quad (b)$$

ملاحظه می‌کنید که داخل پرانتز در معادله‌های (a) و (b) عدد است. پس در واقع معادله (a) مؤلفه افقی بردار برآیند و معادله (b) مؤلفه قائم بردار برآیند است. بدین ترتیب می‌توانیم بردار برآیند را مثلاً  $\vec{R}$  بنامیم و آن را به صورت زیر بنویسیم:

$$\vec{R} = (Q_x + P_x - S_x) \vec{i} + (P_y + S_y - Q_y) \vec{j}$$

برای راحتی عملیات می‌توانیم جدول زیر را تهیه کنیم و همان کارهای بالا را در جدول انجام دهیم. با توجه به شکل ۹-۳۲ ب داریم:

جدول ۹-۴

نیرو	مقدار آن یا اندازه نیرو	اندازه مؤلفه روی محور $x$ ها	اندازه مؤلفه روی محور $y$ ها
$\vec{Q}$	Q	$Q_x$	$-Q_y$
$\vec{P}$	P	$P_x$	$P_y$
$\vec{S}$	S	$-S_x$	$S_y$
جمع هر ستون	ندارد	$Q_x + P_x - S_x$	$-Q_y + P_y + S_y$
$\vec{R}$	R	$R_x = (Q_x + P_x - S_x)$	$R_y = (P_y + S_y - Q_y)$

پس با توجه به جدول،  $\vec{R} = R_x \vec{i} + R_y \vec{j}$  است.

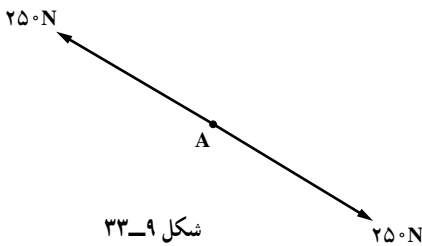
مزیت کار به کمک جدول در آن است که اگر تعداد نیروها زیاد باشد، هر کدام از آنها را در یک خط می‌نویسیم و در نهایت در ستون مؤلفه‌ها آنها را با هم جمع می‌کنیم. نتیجه کار با روش چندضلعی یا جمع نیروها به وسیله مؤلفه‌های آن هیچ‌گونه تفاوتی ندارد؛ اما در بسیاری موارد، روش جمع نیروها به وسیله مؤلفه‌های آنها در جدول کار را آسان‌تر می‌کند. لازمه این کار آن است که اول هر نیرو را به مؤلفه‌های آن تجزیه کرده باشیم.

### جلسه بیست و ششم: ادامه بردار و نیرو

در این جلسه با مشارکت دانش‌آموزان، اقدام به حل تمریناتی می‌شود که در جلسه گذشته حل آنها توسط دانش‌آموزان مورد تأکید قرار گرفت و پس از حل تمرینات و ارائه نکات ضروری تعادل نقطه مادی مورد بحث و بررسی قرار خواهد گرفت. بررسی دقیق‌تر این موضوع در کتاب ایستایی به تفصیل انجام خواهد شد.

### ۹-۵- تعادل نقطه مادی

اگر در مطالب مربوطه به جمع برداری و برآیند دقت کنید، ملاحظه خواهید کرد که به روش‌های مختلفی برآیند را به دست آوردیم. اگر برآیند به دست آمده صفر باشد، می‌گویند نقطه مادی در حال تعادل قرار دارد.



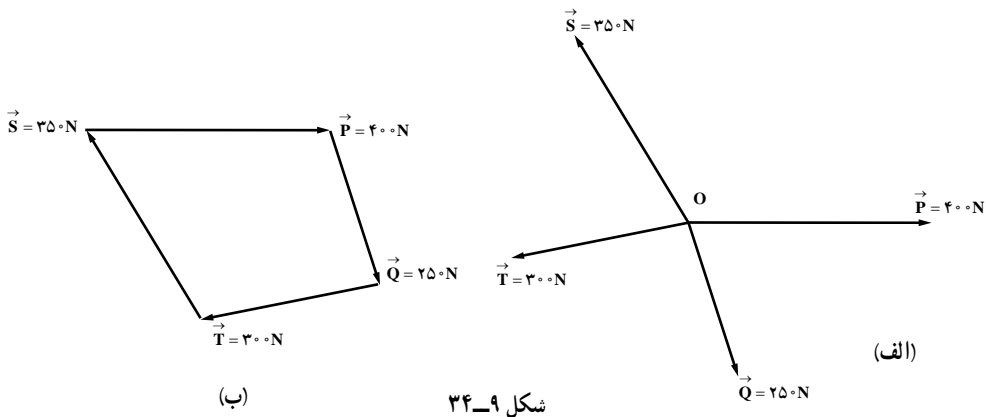
شکل ۹-۳۳

اگر برآیند تمامی نیروهای وارد شده بر نقطه مادی، صفر شد، نقطه مادی در وضع تعادل قرار دارد.

فرض کنید بر یک نقطه مادی دو نیرو وارد شده و در حالت تعادلی قرار دارد؛ پس باید این دو نیرو از لحاظ مقدار مساوی و از لحاظ جهت

مخالف باشند (شکل ۹-۳۳). به این ترتیب برآیند این دو نیرو صفر است. در شکل ۹-۳۳ الف

نیروهای  $\vec{P}$ ،  $\vec{Q}$ ،  $\vec{T}$  و  $\vec{S}$  به نقطه مادی O وارد شده‌اند و در شکل ۹-۳۳ ب برآیند آنها به روش چند ضلعی به دست آمده است. ملاحظه می‌شود که در شکل ۹-۳۳ ب از نقطه O بردارهای



هم سنگ با  $\vec{P}$ ،  $\vec{Q}$ ،  $\vec{T}$  و  $\vec{S}$  ترسیم شده است. در این شکل ابتدای اولین بردار و انتهای آخرین بردار هم سنگ روی هم قرار گرفته است؛ یعنی برآیند آنها صفر است و نقطه مادی در حالت تعادل قرار دارد. در چنین حالتی چندضلعی بسته ای ایجاد می شود؛ یعنی در حالتی که چندضلعی تعیین برآیند به خودش بسته شود، برآیند صفر است و جسم در حال تعادل قرار دارد. پس به طور کلی اگر  $\vec{R} = 0$  باشد، نقطه مادی در حال تعادل است؛ یعنی:

$$\vec{R} = \sum \vec{F} = 0$$

$\sum \vec{F} = 0$  یعنی جمع تمامی نیروها مساوی صفر است.

اگر نیروها را روی محور  $x$ ها و  $y$ ها تجزیه کنیم، خواهیم داشت:

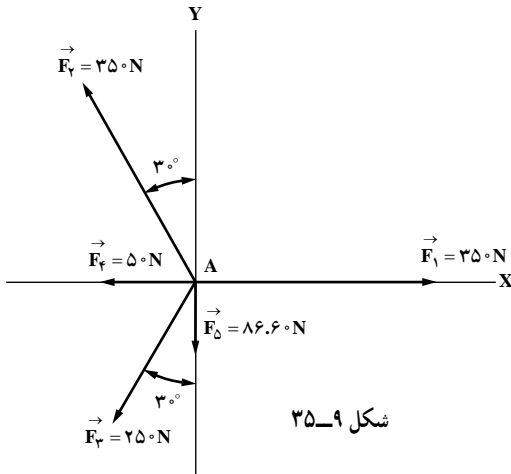
$$\sum (F_x \vec{i} + F_y \vec{j}) = 0$$

یعنی

$$\sum F_x \vec{i} + \sum F_y \vec{j} = 0$$

پس باید مقادیر  $\sum F_x = 0$  و  $\sum F_y = 0$  هر دو مساوی صفر باشند تا نقطه مادی در حال تعادل قرار گیرد. در ترسیم چندضلعی برای تعیین برآیند اگر ابتدای اولین بردار و انتهای آخرین بردار بر هم منطبق باشند، چندضلعی به خودش بسته است و برآیند آن صفر است.

تحلیل مثال صفحه ۱۵۱ کتاب درسی :



**مثال:** در شکل ۳۵-۹ آیا نقطه مادی A در حال تعادل است یا خیر؟

شکل ۳۵-۹

**حل:** در شکل ۵۳ نیروهای  $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \vec{F}_4, \vec{F}_5$  به نقطه مادی A وارد شده‌اند. جدول آن را به دست می‌آوریم:

جدول ۵-۹

نیرو	اندازه	$F_x$ ها	$F_y$ ها
$\vec{F}_1$	۳۵	۳۵	
$\vec{F}_2$	۳۵	-۱۷۵	۳۳/۱۱
$\vec{F}_3$	۲۵	-۱۲۵	-۲۱۶/۵۱
$\vec{F}_4$	۵	-۵	
$\vec{F}_5$	۸۶/۶		-۸۶/۶
$\Sigma F$	ندارد	$۳۵ - ۱۷۵ - ۱۲۵ - ۵ =$ $\Sigma F_x =$	$۳۳/۱۱ - ۲۱۶/۵۱ =$ $-۸۶/۶ =$ $\Sigma F_y =$

در جدول صفحهٔ ملاحظه می‌شود که  $\Sigma F_x$  روی محور xها صفر و  $\Sigma F_y$  جمع مؤلفه‌های نیرو روی محور yها نیز صفر است؛ پس نقطهٔ مادی A در حالت تعادل قرار می‌گیرد.



**تحلیل:** همان طوری که در حل مثال مشاهده می‌شود می‌توان از طریق تجزیه بردارها به مؤلفه‌های متعامد براساس جمع جبری بردارها اقدام به بررسی تعادل نقطه مادی A نمود.

$$\vec{\Delta F}_1 = 35 \cdot \vec{i}$$

$$\vec{F}_\varphi = -35 \cdot \sin 30^\circ \cdot \vec{i} + 35 \cdot \cos 30^\circ \cdot \vec{j}$$

$$\vec{\Delta F}_\varphi = -17.5 \vec{i} + 30.3/11 \vec{j}$$

$$\vec{F}_\psi = -25 \cdot \sin 30^\circ \cdot \vec{i} - 25 \cdot \cos 30^\circ \cdot \vec{j}$$

$$\vec{\Delta F}_\psi = -12.5 \vec{i} - 21.6/51 \vec{j}$$

$$\vec{\Delta F}_\delta = -5 \cdot \vec{i}$$

$$\vec{\Delta F}_\epsilon = -8.6/6 \vec{j}$$

$$\vec{R} = \vec{F}_1 + \vec{F}_\varphi + \vec{F}_\psi + \vec{F}_\delta + \vec{F}_\epsilon = (\Sigma F_x) \vec{i} + (\Sigma F_y) \vec{j}$$

اگر برآیند نیروها صفر باشد ( $\vec{R} = \vec{0}$ ) نقطه A در حال تعادل است و الزاماً می‌بایست  $\Sigma F_x = 0$  و  $\Sigma F_y = 0$  باشند.

$$\Sigma F_x \quad 35 \quad 17.5 \quad 12.5 \quad 5 \quad 0$$

$$\Sigma F_y \quad 30.3/11 \quad 21.6/51 \quad 8.6/6 \quad 0$$

$$\begin{cases} \Sigma F_x = 0 \\ \Sigma F_y = 0 \end{cases} \Rightarrow \vec{R} = 0 \cdot \vec{i} + 0 \cdot \vec{j} = \vec{0}$$

به علت اینکه

پس سیستم در حال تعادل است.

