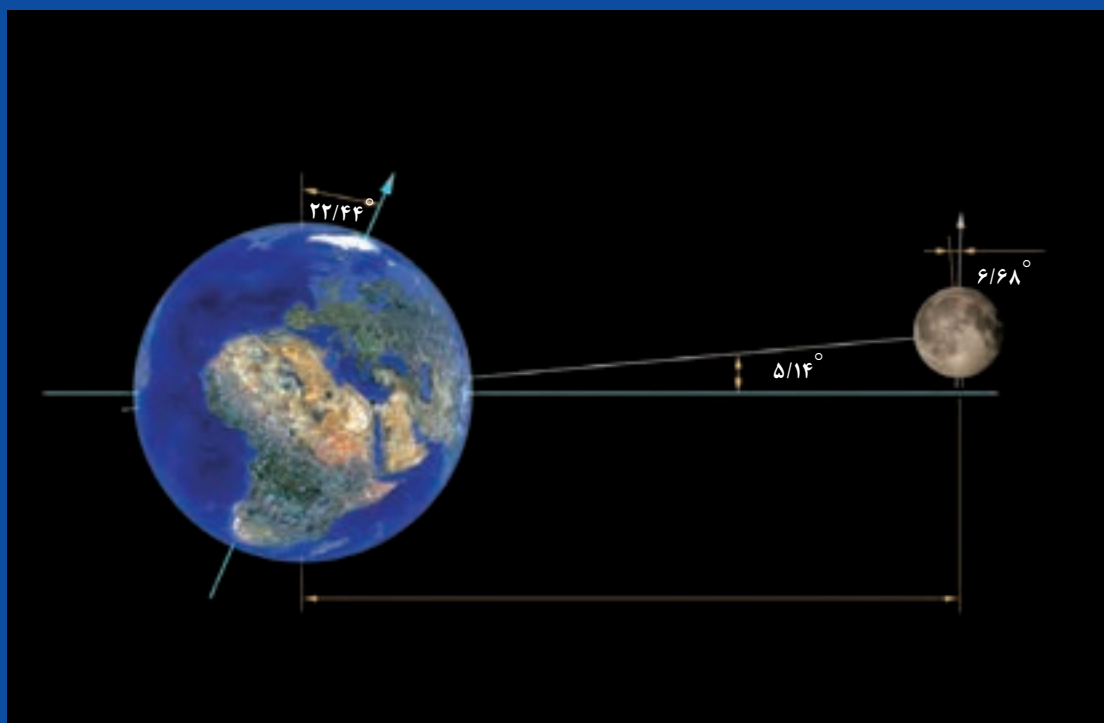


## پودمان سوم

### زاویه‌های دلخواه و نسبت‌های مثلثاتی آنها



حرکات چرخشی در طبیعت بسیار رخ می‌دهند و برای تبیین ریاضی آنها لازم است مفهوم زاویه‌ها را گسترش دهیم و نسبت‌های مثلثاتی را برای آنها تعریف کنیم.



دیروز، مجید به همراه خانواده خود به شهر بازی رفته بود. در آنجا چرخ و فلک بزرگی بود که مجید و بقیه جوان ترها سوار یکی از کابین های آن شدند. بقیه روی نیمکت نشستند و از پایین آنها را تماشا می کردند. چرخ و فلک برای پیاده و سوار کردن افراد گاهی می ایستاد و سپس حرکت می کرد. پدر مجید که روی نیمکت نشسته بود آنها را گم کرد. او با تلفن همراه خود با مجید تماس گرفت تا بداند آنها کجا هستند. مجید نمی دانست چگونه موقعیت خود را بیان کند تا پدرش جای او را پیدا کند. او با خود فکر کرد که چگونه می توان موقعیت کابین های چرخ و فلک را توصیف کرد.

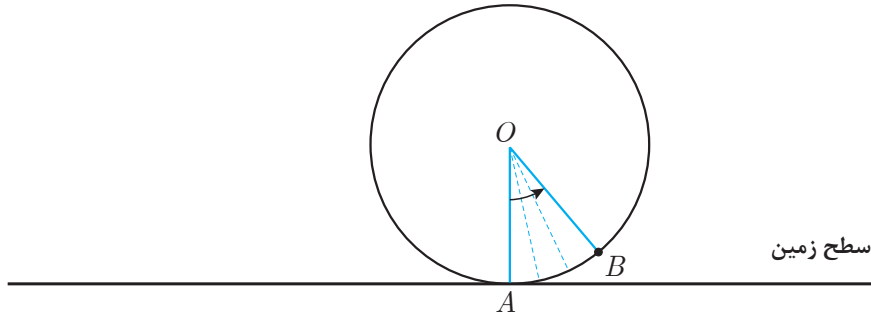
روز بعد، او این سؤال را در کلاس درس ریاضی مطرح کرد. دبیر از هنرجویان خواست تا در این مورد فکر کنند و نظر خود را بیان کنند.

آرمان گفت: به نظر من دانستن ارتفاع کابین از سطح زمین مهم است. ما می توانیم در هر لحظه با مشخص کردن ارتفاع کابین، موقعیت آن را مشخص کنیم.

سعید گفت: ولی من فکر نمی کنم فقط با داشتن ارتفاع کابین بتوان موقعیت آن را مشخص کرد، ممکن است کابین در سمت چپ یا راست چرخ و فلک باشد؛ یعنی، برخی کابین ها با اینکه ارتفاع یکسان دارند، جایشان متفاوت است. شاید بهتر باشد مسافت طی شده کابین روی مسیر دایره ای را اندازه گیری کنیم. اگر مسافت طی شده از نقطه شروع معلوم باشد، موقعیت کابین هم مشخص می شود.

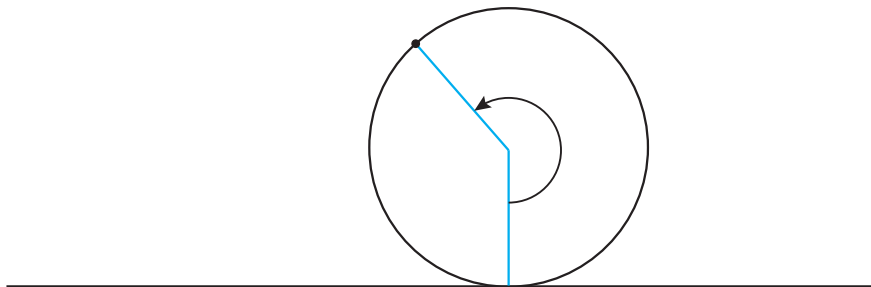
دبیر گفت: بله، با مشخص شدن مسافت طی شده، موقعیت کابین کاملاً مشخص می شود؛ مثلاً اگر شعاع دایره چرخ و فلک  $10$  متر باشد و مسافت طی شده از نقطه شروع  $10\pi$  متر باشد، معلوم می شود کابین به بالاترین نقطه خود رسیده است و اگر مسافت طی شده  $20\pi$  متر باشد، معلوم می شود کابین یک دور کامل زده و به نقطه شروع برگشته است. ولی یافتن مسافت طی شده دشوار است. آیا راه ساده تری برای

توصیف موقعیت کابین می توان پیدا کرد؟  
 حمید گفت: فکر کنم اگر زاویه طی شده توسط کابین را بدانیم، می توانیم مسافت طی شده را بیابیم.  
 دبیر گفت: منظورت از زاویه طی شده چیست؟  
 حمید گفت: اگر اجازه دهید، شکل آن را روی تخته بکشم و از روی شکل توضیح دهم.



می توانیم تصور کنیم چرخ و فلک همانند یک دایره و یک کابین آن مانند نقطه‌ای از این دایره (نقطه B) است. اگر شعاع ثابتی را در نظر بگیریم که از مرکز دایره (نقطه O) به نقطه شروع حرکت (نقطه A) وصل شده باشد، زاویه بین دو شعاع OA و OB را می توانیم زاویه طی شده، با حرکت از A به B در نظر بگیریم. در شروع حرکت، این دو شعاع بر هم منطبق اند و زاویه بین آنها را می توان صفر در نظر گرفت و رفته رفته با حرکت کابین، اندازه این زاویه بیشتر می شود.

دبیر گفت: خیلی خوب است. اندازه گیری این زاویه ساده تر از اندازه گیری مسافت طی شده است. (چرا؟) آیا می توان مستقیماً از همین زاویه برای مشخص کردن موقعیت کابین استفاده کرد؟  
 سعید گفت: بله، دانستن اندازه زاویه طی شده برای مشخص کردن موقعیت کابین کافی است، فقط یک مشکل وجود دارد. بعد از آنکه کابین بیش از یک نیم دور بزند (بیش از  $180^\circ$  درجه)، زاویه بین این دو شعاع چه معنایی دارد؟ (مانند شکل زیر)



دبیر گفت: زاویه هایی که با چرخش ایجاد می شوند، می توانند از  $180^\circ$  درجه هم بیشتر شوند و هر مقداری باشند. این زاویه ها را **زاویه چرخش** می نامند؛ مثلاً با چرخش به اندازه یک دور کامل، زاویه چرخش،  $360^\circ$  درجه خواهد بود.

مجید گفت: وقتی چرخ و فلک یک دور زده است، باید بگوییم  $360^\circ$  درجه چرخیده‌ایم. اما، اگر چرخ و فلک دورهای بیشتری بزند، زاویه چرخش چقدر خواهد بود؟

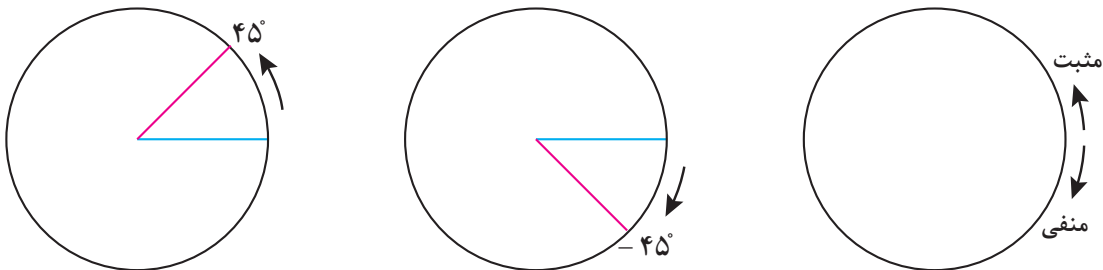
مجید گفت: فکر کنم به ازای هر دور باید  $360^\circ$  درجه چرخش حساب کنیم؛ یعنی ۲ دور چرخش برابر  $720^\circ$  درجه چرخش و اگر ۱۰ دور زده باشیم باید بگوییم  $3600^\circ$  درجه چرخیده‌ایم.

مجید گفت: وقتی سوار چرخ و فلک بودیم چند بار چرخ و فلک در جهت برعکس نیز حرکت کرد، زاویه چرخش در جهت برعکس را چگونه حساب کنیم؟ آیا می‌توانیم اندازه زاویه چرخش در جهت برعکس را عددی منفی در نظر بگیریم؟

دبیر گفت: بله، منفی در نظر گرفتن اندازه زاویه چرخش در جهت برعکس بسیار طبیعی است و ما می‌توانیم زاویه‌های با مقدار منفی هم داشته باشیم. درست مثل محور اعداد که یک جهت را جهت مثبت و خلاف آن را جهت منفی در نظر گرفتیم، در اینجا نیز یک جهت چرخش را جهت مثبت و جهت خلاف آن را جهت منفی می‌نامند.

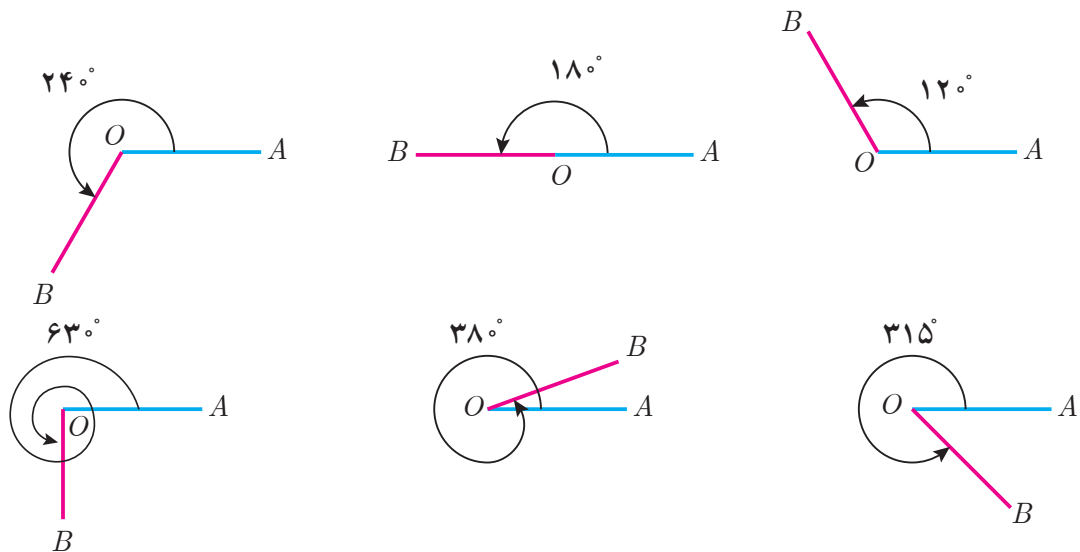
مجید گفت: چه جالب! اما کدام جهت را مثبت و کدام جهت را منفی در نظر بگیریم؟

دبیر گفت: انتخاب جهت چرخش مثبت یا منفی قراردادی است. طبق قرارداد، در یک صفحه، چرخش در جهت خلاف حرکت عقربه‌های ساعت را **مثبت** و چرخش در جهت موافق حرکت عقربه‌های ساعت را **منفی** در نظر می‌گیرند.

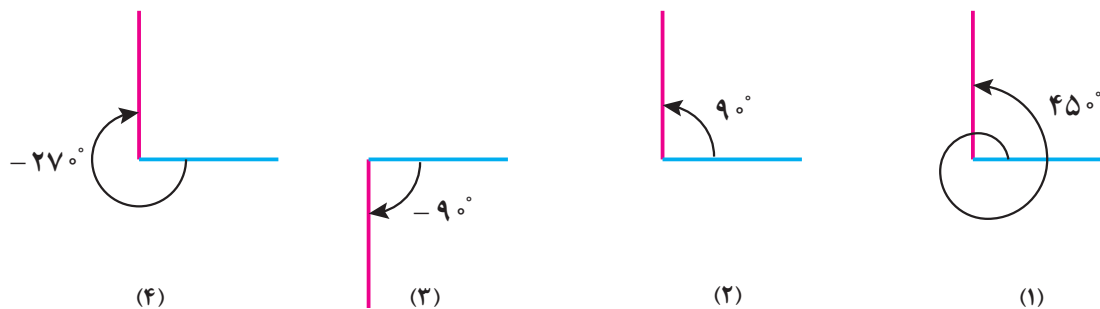


زاویه‌های با مقدار منفی را زاویه منفی می‌نامند و دو زاویه را که مقدار آنها قرینه یکدیگرند، دو زاویه قرینه می‌نامند؛ مثلاً دو زاویه با مقدارهای  $45^\circ$  و  $-45^\circ$ ، قرینه یکدیگرند.

زاویه را می‌توان به عنوان چرخش یک نیم خط نسبت به یک نیم خط دیگر هم در نظر گرفت. در شکل‌های صفحه بعد، نیم خط  $OA$  ثابت است و نیم خط  $OB$  حول نقطه  $O$  در حال چرخش در جهت مثبت است. در این شکل‌ها، مقدار زاویه چند چرخش خاص بر حسب درجه نشان داده شده است. توجه داشته باشید که زاویه چرخش یک مفهوم فقط هندسی نیست و در آن از مفهوم حرکت و جهت حرکت نیز استفاده می‌شود.

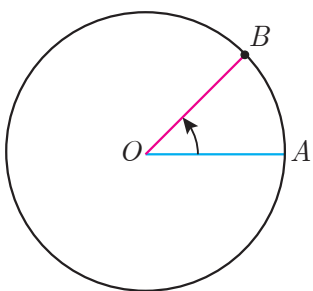


اگر جهت چرخش، منفی (موافق حرکت عقربه‌های ساعت) باشد، مقدار زاویه‌های چرخش را به صورت منفی در نظر می‌گیریم؛ برای مثال در شکل‌های زیر، مقدار زاویه‌های چرخش (۳) و (۴) که در جهت منفی هستند، عددی منفی است.



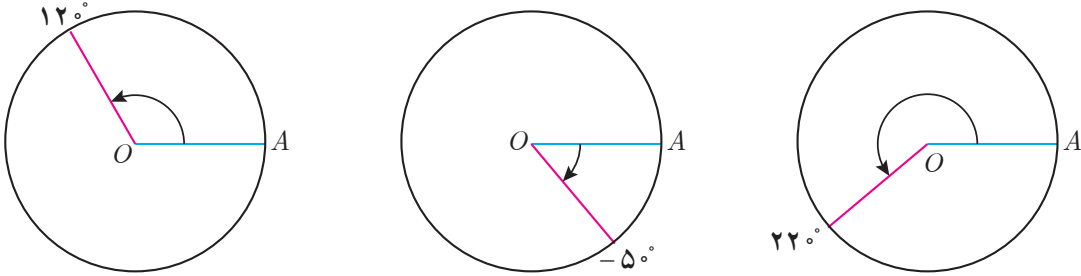
توجه داشته باشید که برای مشخص شدن زاویه چرخش بین دو نیم‌خط، دانستن وضعیت قرار گرفتن آن دو نیم‌خط کافی نیست و باید معلوم باشد کدام نیم‌خط در کدام جهت و چند دور چرخش کرده است؛ برای مثال در حالت‌های (۱) و (۲) و (۴) وضعیت قرارگرفتن نیم‌خط‌ها مانند یکدیگر است، ولی هر کدام زاویه‌های چرخش متفاوتی دارند.

مفهوم زاویه چرخش را در یک دایره نیز می‌توان توصیف کرد. اگر یک دایره و روی آن نقطه‌ای به‌عنوان مبدأ حرکت مانند  $A$  در نظر بگیریم، با حرکت یک نقطه مانند  $B$  از این مبدأ (مانند شکل روبه‌رو)، شعاع  $OB$  حول نقطه  $O$  چرخش می‌کند و زاویه‌ای با شعاع  $OA$  می‌سازد. مقدار این زاویه را زاویه چرخش نقطه  $B$  از مبدأ  $A$  می‌نامند. پس هرگونه حرکت نقطه  $B$  روی دایره، یک زاویه چرخش را معین می‌کند و هر زاویه چرخشی، نقطه‌ای متناظر روی دایره خواهد داشت.

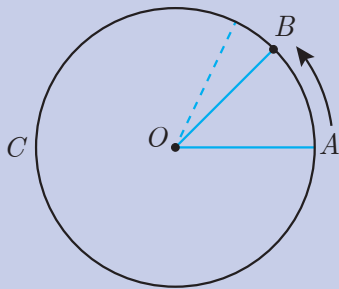


## مثال ۱

نقاط متناظر زاویه‌های  $12^\circ$  درجه و  $-5^\circ$  درجه و  $22^\circ$  درجه در شکل‌های زیر مشخص شده‌اند.



کار در کلاس ۱



دوچرخه‌سواری در یک مسیر دایره‌ای شکل، از نقطه  $A$  طبق شکل زیر، با سرعت ثابت شروع به حرکت می‌کند و چندین بار این دایره را دور می‌زند. او یک دور این دایره را در ۳ دقیقه طی می‌کند.

۱ دوچرخه‌سوار،  $\frac{1}{4}$  این دایره را در چند دقیقه طی می‌کند؟ مکان او را روی دایره بالا با یک نقطه مشخص کنید.

۲ اگر دوچرخه‌سوار پس از ۲۰ ثانیه ( $\frac{1}{3}$  دقیقه) به نقطه  $B$  رسیده باشد، زاویه بین دو شعاع  $OA$  و  $OB$  چند درجه است؟

۳ این دوچرخه‌سوار پس از ۳ دقیقه و ۲۰ ثانیه در چه نقطه‌ای از دایره قرار می‌گیرد؟

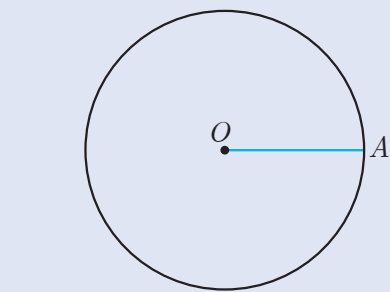
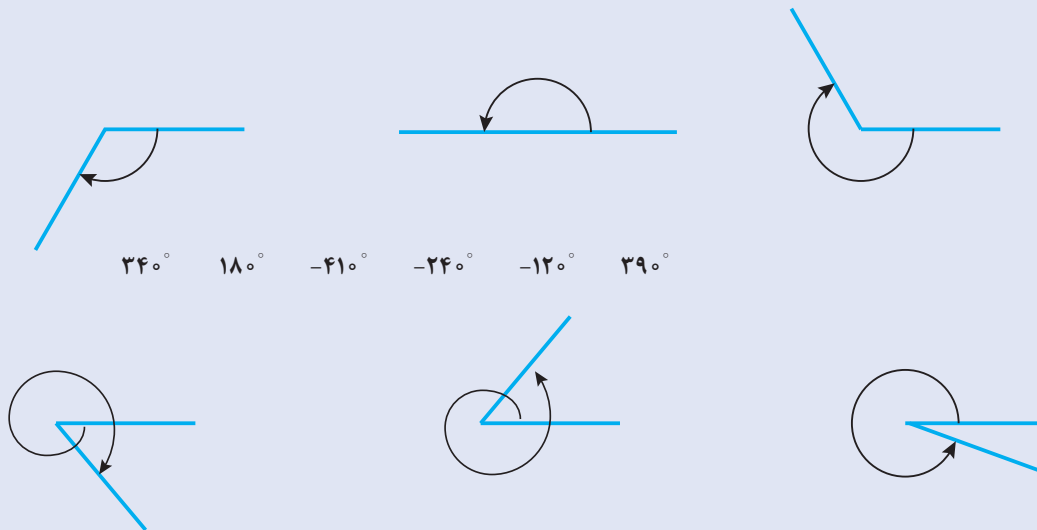
۴ اگر یک دوربین فیلم‌برداری از مرکز دایره به دوچرخه‌سوار نگاه کند، در هر دقیقه چند درجه چرخش می‌کند؟

۵ جدول زیر را تکمیل کنید. در هر زمان، مکان دوچرخه را روی شکل نشان دهید و وضعیت او را توصیف کنید.

زمان حرکت دوچرخه بر حسب دقیقه	۲	۴	۵	۶/۵	۷	۱۳
زاویه چرخش دوربین						



۱ در شکل‌های زیر چند زاویه چرخش رسم شده‌اند. زاویه‌های چرخش داده شده را به شکل‌های صحیح آن وصل کنید.



۲ در دایره مقابل، نقطه  $A$  مبدأ در نظر گرفته شده است. نقاط متناظر زاویه‌های  $5^\circ$  و  $145^\circ$  و  $300^\circ$  و  $460^\circ$  و  $-60^\circ$  و  $-180^\circ$  درجه را روی این دایره نشان دهید.

۳ وضعیت دو نیم‌خط که زاویه چرخش آنها صفر درجه است چگونه است؟

۴ اگر دونه‌ای ۵ بار روی یک مسیر دایره‌ای شکل در جهت مثبت بدود، زاویه چرخش او نسبت به نقطه شروع چند درجه است؟

۵ یک دایره و یک مبدأ روی آن انتخاب کنید. نقاط متناظر دو زاویه چرخش  $120^\circ$  و  $-120^\circ$  درجه را روی آن بیابید. از لحاظ هندسی، این نقاط چه وضعیتی نسبت به هم دارند. دو زاویه قرینه دیگر مثال بنویسید و وضعیت نقاط متناظر آنها نسبت به هم را توصیف کنید. آیا این وضعیت برای هر دو زاویه که قرینه هم باشند برقرار است؟

## واحد اندازه گیری زاویه: رادیان

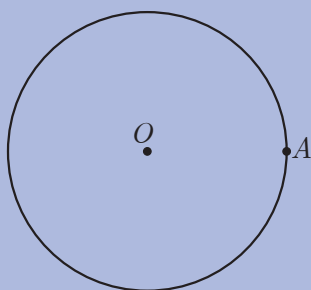
در مسئله تعیین موقعیت کابین های یک چرخ و فلک، سعید پیشنهاد کرده بود که مسافت طی شده توسط کابین برای شناختن موقعیت کابین به کار برده شود. او یاد گرفت که میزان زاویه چرخش کابین برای دانستن موقعیت کابین کافی است، ولی نکته مهمی نظر او را جلب کرد.

سعید گفت: به نظر می رسد مسافت طی شده توسط کابین و زاویه چرخش آن، با هم رابطه دارند و با داشتن هر کدام می توان دیگری را حساب کرد. رابطه بین این دو کمیت را چگونه به دست آوریم؟ دبیر گفت: بله این دو کمیت، متناسب مستقیم هستند و فعالیت زیر می تواند رابطه بین این دو کمیت را مشخص کند.

گفتگو



فعالیت ۱



دایره ای را به شعاع  $r$  در نظر بگیرید و روی آن نقطه  $A$  را به عنوان مبدأ در نظر بگیرید. ۱ اگر از مبدأ، در جهت مثبت، شروع به حرکت کنیم، پس از طی یک دور کامل، زاویه چرخش چند درجه است؟ مسافت طی شده چقدر است؟

۲ به ازای هر یک درجه زاویه چرخش، مسافت طی شده چقدر است؟

۳ اگر  $D$ ، زاویه چرخش بر حسب درجه و  $L$ ، مسافت طی شده باشد، نسبت  $\frac{L}{D}$  چقدر است؟

۴ رابطه ای بنویسید که  $D$  را بر حسب  $L$  بیان کند و رابطه ای بنویسید که  $L$  را بر حسب  $D$  بیان کند.

فعالیت (۱) نشان می دهد که زاویه چرخش یک نقطه از یک دایره و کمان طی شده توسط آن نقطه، دو کمیت متناسب مستقیم هستند. بنابر این، نسبت  $\frac{L}{D}$ ، که  $D$  زاویه چرخش نقطه و  $L$  طول کمان طی شده آن نقطه است، مقداری ثابت است. در یک دایره به شعاع  $r$ ، چرخش به اندازه  $360^\circ$  درجه،

۱- مسیر حرکت روی یک دایره، کمانی از آن دایره است و مسیر طی شده را کمان طی شده می نامند.

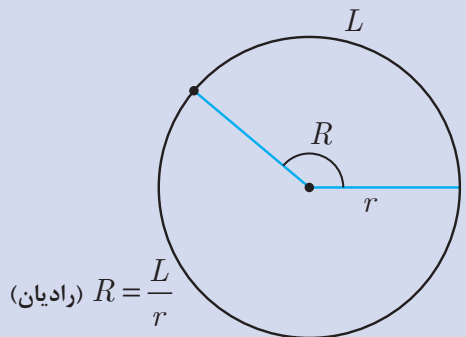


معادل کل محیط دایره، یعنی  $2\pi r$  است، پس  $\frac{L}{D} = \frac{2\pi r}{360}$ . بنابراین، می‌توانیم بنویسیم:

$$\frac{L}{r} = \frac{\pi}{180} D \quad \text{و} \quad D = \frac{180}{\pi} \times \frac{L}{r}$$

این تساوی‌ها نشان می‌دهند که  $\frac{L}{r}$  (نسبت طول کمان طی شده به شعاع دایره) مضربی از اندازه زاویه است.

با مشخص بودن  $\frac{L}{r}$ ، زاویه چرخش کاملاً معین است. بنابراین، می‌توان  $\frac{L}{r}$  را به عنوان واحد دیگری برای اندازه‌گیری زاویه در نظر گرفت. این واحد اندازه‌گیری را **رادیان** می‌نامند.



اگر نقطه‌ای از یک دایره به شعاع  $r$ ، کمانی به طول  $L$  را در جهت مثبت طی کند، مقدار  $\frac{L}{r}$  را اندازه زاویه چرخش آن نقطه، بر حسب رادیان می‌نامند. برای زاویه‌های منفی،  $-\frac{L}{r}$  را مقدار آن زاویه بر حسب رادیان می‌نامند.



دایره‌ای که شعاع آن ۱ واحد است، **دایره واحد** نامیده می‌شود. در دایره واحد، طول کمان طی شده، همان اندازه زاویه چرخش بر حسب رادیان است. در تساوی‌های زیر:

$$\frac{L}{r} = \frac{\pi}{180} D \quad \text{و} \quad D = \frac{180}{\pi} \times \frac{L}{r}$$

$\frac{L}{r}$  همان اندازه زاویه بر حسب رادیان است. اگر اندازه یک زاویه بر حسب رادیان را با  $R$  و اندازه آن زاویه بر حسب درجه را با  $D$  نشان دهیم، این تساوی‌ها به صورت زیر در می‌آیند.

$$D = \frac{180}{\pi} R \quad \text{و} \quad R = \frac{\pi}{180} D$$

این تساوی‌ها نشان می‌دهند، ضریب تبدیل رادیان به درجه  $\frac{180}{\pi}$  و ضریب تبدیل درجه به رادیان  $\frac{\pi}{180}$  است.

## مثال ۲

۱۸۰ درجه معادل چند رادیان است؟

راه حل اول: چرخش به اندازه ۱۸۰ درجه، معادل پیمودن نصف محیط دایره با شعاع واحد (دایره واحد) است که برابر  $\pi$  واحد است. پس ۱۸۰ درجه، معادل  $\pi$  رادیان یعنی تقریباً  $3/14$  رادیان است. راه حل دوم: با استفاده از رابطه بین واحد رادیان و درجه داریم:

$$R = \frac{\pi}{180} \times D = \frac{\pi}{180} \times 180 = \pi \approx 3/14$$

## مثال ۳

۱ رادیان، چند درجه است؟

با استفاده از رابطه بین واحدهای درجه و رادیان داریم:

$$D = \frac{180}{\pi} \times R = \frac{180}{\pi} \times 1 \approx \frac{180}{3/14} \approx 57/3$$

یعنی، ۱ رادیان تقریباً معادل ۵۷ درجه است.

## مثال ۴

۱ درجه معادل چند رادیان است؟

با استفاده از رابطه بین واحدهای درجه و رادیان داریم:

$$R = \frac{\pi}{180} \times 1 \approx \frac{3/14}{180} \approx 0/017$$

پس، هر درجه، تقریباً معادل ۰/۰۱۷ رادیان است.

حالا که دو واحد متفاوت برای اندازه‌گیری زاویه‌ها در اختیار داریم باید در بیان اندازه زاویه‌ها، واحد به کار رفته ذکر شود؛ مثلاً زاویه ۴۰ درجه و زاویه ۴۰ رادیان، دو زاویه متفاوت هستند. ۴۰ رادیان برابر  $40 \times \frac{180}{\pi}$  درجه، یعنی تقریباً ۲۲۹۲ درجه است. همچنین  $\pi$  رادیان با  $\pi$  درجه متفاوت است؛ زیرا  $\pi$  رادیان معادل ۱۸۰ درجه است و  $\pi$  درجه تقریباً  $3/14$  درجه است.

معمولاً در زاویه‌هایی که برحسب رادیان بیان می‌شوند، نماد  $\pi$  به کار می‌رود؛ مثلاً زاویه ۳۰ درجه برحسب رادیان،  $\frac{\pi}{6}$  رادیان است. به همین دلیل در بیان اندازه یک زاویه، اگر نماد  $\pi$  در آن باشد، منظور آن است که واحد زاویه، رادیان است؛ مگر آنکه صریحاً گفته شود که واحد زاویه درجه است.

## مثال ۵

زاویه  $\frac{\pi}{۲}$  یعنی  $\frac{\pi}{۲}$  رادیان که معادل  $۹۰$  درجه است. زاویه  $\frac{۵\pi}{۶}$  یعنی  $\frac{۵\pi}{۶}$  رادیان که معادل  $۱۵۰$  درجه است. زیرا:

$$\frac{\pi}{۲} \times \frac{۱۸۰}{\pi} = ۹۰ \quad \text{و} \quad \frac{۵\pi}{۶} \times \frac{۱۸۰}{\pi} = ۱۵۰$$

کاردرکلاس ۲



۱ زاویه‌های  $۳۰$  و  $۴۵$  و  $۶۰$  و  $۹۰$  درجه را بر حسب رادیان بنویسید.

.....

.....

۲ در جدول زیر تعدادی زاویه بر حسب درجه و رادیان داده شده است. معادل آنها را بر حسب واحد دیگر بیابید و جدول را کامل کنید.

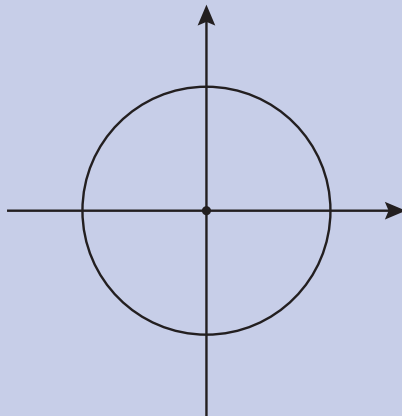
درجه	۵۵		-۲۷۰	۳۶۰۰	
رادیان		$\frac{۱۱\pi}{۳}$			$-\frac{۱۵\pi}{۴}$

.....

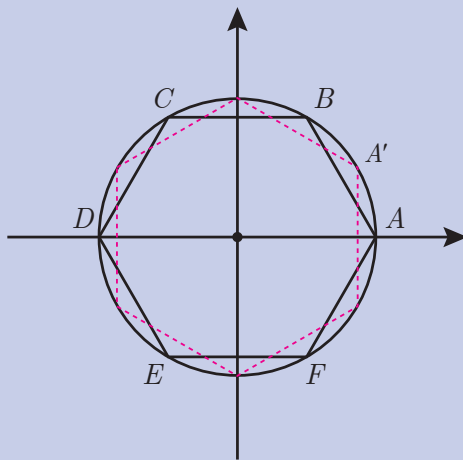
.....

.....

۳ نقاط متناظر زاویه‌های  $\frac{\pi}{۶}$ ،  $\frac{-۵\pi}{۶}$ ،  $\pi$ ،  $-\pi$ ،  $\frac{۲\pi}{۲}$ ،  $\frac{\pi}{۲}$ ،  $۲\pi$ ،  $\frac{-\pi}{۳}$ ،  $۰$ ،  $\frac{۷\pi}{۳}$  را روی دایره زیر مشخص کنید.



۴ در شکل زیر یک شش ضلعی منتظم را داخل دایره رسم کرده‌ایم به گونه‌ای که یکی از رأس‌های آن روی نقطه متناظر زاویه صفر است (نقطه  $A$ ).  
 الف) بقیه رئوس این چندضلعی، متناظر چه زاویه‌هایی (بر حسب درجه) هستند؟



ب) اگر شش ضلعی بالا به اندازه  $30^\circ$  درجه در جهت مثبت دوران کند به طوری که رأس  $A$  به  $A'$  انتقال یابد، رئوس این چندضلعی جدید متناظر چه زاویه‌هایی هستند؟

.....  
 .....

واحد درجه برای اندازه‌گیری زاویه‌ها، یک واحد قراردادی است. اگر زاویه راست را به  $90^\circ$  قسمت مساوی تقسیم کنیم، هر قسمت را  $1^\circ$  درجه می‌نامند. شاید این سؤال پیش بیاید که چرا به  $100^\circ$  قسمت مساوی تقسیم نکنیم؟ البته این کار را می‌کنند و با تقسیم زاویه راست به  $100^\circ$  قسمت مساوی، هر قسمت را  $1$  گراد می‌نامند که واحد دیگری برای اندازه‌گیری زاویه است؛ اما طول کمان طی شده در دایره واحد، مقداری طبیعی وابسته به زاویه است و به همین دلیل واحد مناسب‌تری است و در جایی که به رابطه بین طول کمان دایره و زاویه کمان نیاز داریم با این واحد جدید رابطه بهتری به دست می‌آید.

خواندنی



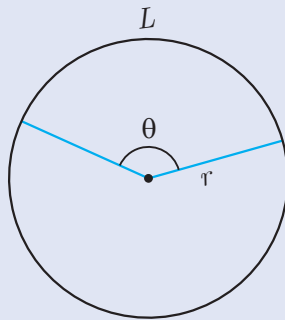


۱ زاویه‌های  $15^\circ$ ،  $190^\circ$ ،  $530^\circ$  و  $-1000^\circ$  درجه را بر حسب رادیان بنویسید.

۲ زاویه‌های  $\frac{\pi}{7}$ ،  $\frac{4\pi}{3}$ ،  $\frac{-8\pi}{3}$ ،  $\frac{-14\pi}{5}$  را بر حسب درجه بنویسید.

۳ اگر یک نیم‌خط بعد از چرخش روی حالت اول خود منطبق شود، توضیح دهید زاویه چرخش آن بر حسب رادیان چه مقداری می‌تواند باشد؟

۴ در یک دایره به شعاع  $r$ ، اگر زاویه یک کمان بر حسب رادیان،  $\theta$  باشد، طول این کمان بر حسب  $r$  و  $\theta$  چقدر است؟



۵ طول پره‌های یک چرخ،  $60$  سانتی‌متر است. این چرخ را روی زمین بدون لغزش می‌چرخانیم. با مثبت در نظر گرفتن جهت چرخش،

الف) پس از طی  $100$  متر مسافت، زاویه چرخش یکی از پره‌ها نسبت به حالت اولیه آن (بر حسب درجه و رادیان) چقدر است؟

ب) اگر یکی از پره‌ها  $3000$  درجه چرخش کرده باشد، چرخ چند متر طی کرده است؟

پ) تحقیق کنید که کیلومتر شمار ماشین، مسافت طی شده را چگونه نشان می‌دهد؟

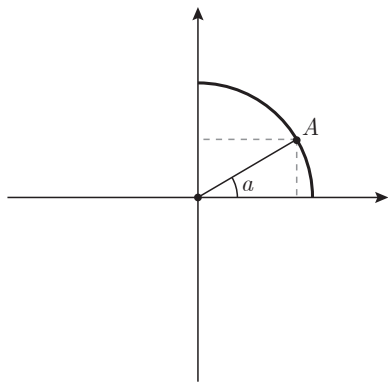
۶ در یک چرخ و فلک به شعاع  $10$  متر، اگر یک کابین نسبت به حالت اولیه خود، به اندازه  $1$  رادیان چرخیده باشد، چه مسافتی را طی کرده است؟ اگر مسافت طی شده توسط کابین  $70$  متر باشد، زاویه چرخش کابین بر حسب رادیان و درجه چقدر است؟

## نسبت‌های مثلثاتی زاویه‌های دلخواه

گفتگو



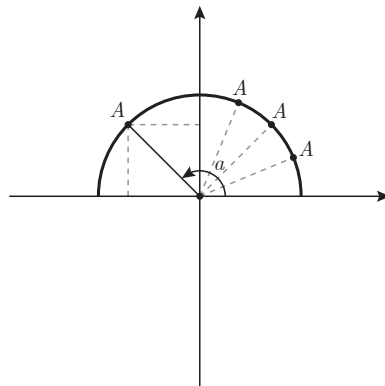
با یادگیری مفهوم زاویهٔ چرخش، برای مونا سوآلی پیش آمد. مونا گفت: سال گذشته، نسبت‌های مثلثاتی زاویه‌های تند به کمک مثلث‌های قائم‌الزاویه تعریف شدند. آیا نسبت‌های مثلثاتی سینوس، کسینوس و تانژانت زاویه‌های دلخواه هم قابل تعریف هستند؟ برای زاویهٔ باز که نمی‌توان مثلث قائم‌الزاویه رسم کرد، در این حالت، نسبت‌های مثلثاتی زاویه‌های باز چگونه قابل تعریف است و چه معنایی خواهند داشت؟



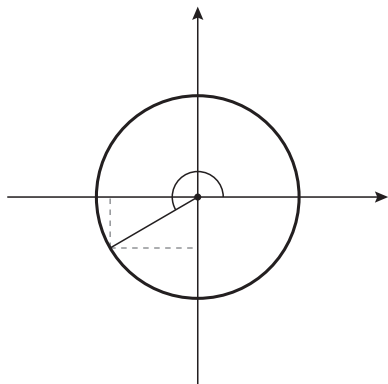
دبیر گفت: سال گذشته، تعبیر نسبت‌های مثلثاتی زاویه‌های تند را در یک ربع دایره بررسی کردیم. شاید از طریق تعبیر نسبت‌های مثلثاتی در یک ربع دایره، بتوانید برای این پرسش جوابی بیابید. بهتر است مجدداً مفهوم نسبت‌های مثلثاتی زاویه تند را در یک ربع دایره بررسی کنید. در صفحهٔ مختصات، یک ربع دایرهٔ واحد مانند شکل روبه‌رو رسم کنید و روی آن نقطهٔ  $A$  و زاویهٔ تند  $\alpha$  را در نظر بگیرید.

آیا می‌توانید بین نسبت‌های مثلثاتی زاویهٔ تند  $\alpha$  و مختصات نقطهٔ متناظر آن ( $A$ )، رابطه‌ای بیابید؟ مونا گفت: با توجه به مثلث‌های قائم‌الزاویه‌ای که در شکل دیده می‌شوند، طول نقطهٔ  $A$  همان  $\cos \alpha$  و عرض نقطهٔ  $A$  همان  $\sin \alpha$  است.

دبیر گفت: حال فرض کنید به جای ربع دایرهٔ واحد، یک نیم‌دایرهٔ واحد داشته باشیم. اگر نقطهٔ  $A$  حرکت کند و از ربع اول دایره به ربع دوم برود، چه اتفاقی برای نسبت‌های مثلثاتی زاویهٔ  $\alpha$  و مختصات نقطهٔ  $A$  می‌افتد؟

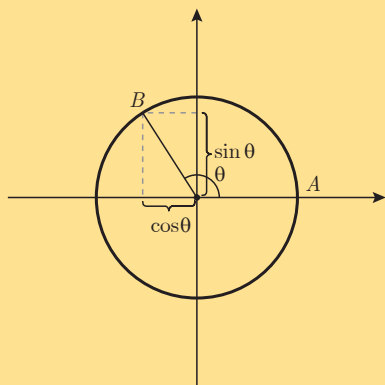


سارا گفت: تا زمانی که در ربع اول دایره هستیم، کسینوس و سینوس زاویهٔ  $\alpha$  به ترتیب، همان طول و عرض نقطهٔ  $A$  هستند. اما، وقتی وارد ربع دوم می‌شویم، برای نسبت‌های مثلثاتی زاویه‌های باز، هنوز



تعریفی نداریم، ولی مختصات نقاط متناظر این زاویه‌ها را می‌توانیم حساب کنیم. آیا می‌شود همانند زاویه‌های تند در ربع اول، مختصات نقاط متناظر زاویه‌های باز را به عنوان کسینوس و سینوس این زاویه‌ها تعریف کنیم؟  
 مونا گفت: ولی طول نقاط متناظر زاویه‌های باز، منفی است. آیا کسینوس یک زاویه می‌تواند منفی باشد؟  
 دبیر گفت: بله، حدس سارا درست است و ریاضی‌دان‌ها، سینوس و کسینوس زاویه‌های باز را به همین شکل تعریف می‌کنند و منفی شدن سینوس یا کسینوس زاویه‌ها مشکلی ندارد.

مونا گفت: آیا برای بقیه زاویه‌های چرخش هم می‌توان همین تعریف را به کار برد؟  
 معلم گفت: بله، برای هر زاویه چرخش در دایره واحد، طول نقطه متناظر آن را کسینوس آن زاویه و عرض آن را سینوس آن زاویه، تعریف می‌کنند.



در صفحه مختصات، دایره واحد به مرکز مبدأ مختصات را در نظر می‌گیریم. نقطه  $A$  به مختصات  $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$  را به عنوان مبدأ برای اندازه‌گیری زاویه در نظر می‌گیریم. اگر نقطه متناظر زاویه چرخش  $\theta$  باشد، طول  $B$  را  $\cos\theta$  و عرض  $B$  را  $\sin\theta$  می‌نامند.

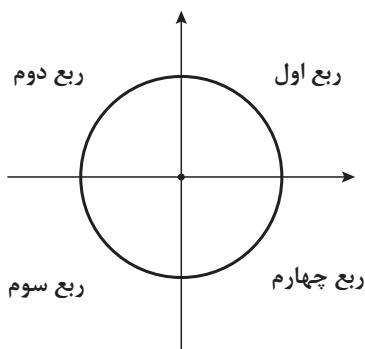
از آنجا که کسینوس یک زاویه، طول نقطه متناظر آن زاویه و سینوس یک زاویه، عرض نقطه متناظر آن زاویه است، محور افقی را محور کسینوس‌ها و محور عمودی را محور سینوس‌ها می‌نامند. در این حالت در شکل بالا، دایره واحد به مرکز مبدأ مختصات را دایره مثلثاتی می‌نامند و نقطه  $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$  مبدأ اندازه‌گیری زاویه‌ها است.

## مثال ۶

برای زاویه‌های خاص  $0^\circ$ ،  $90^\circ$ ،  $180^\circ$  و  $270^\circ$  درجه که به ترتیب نقاط متناظر آنها دارای مختصات

هستند، نتیجه می‌شود:  $\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ ،  $\begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ ،  $\begin{bmatrix} -1 \\ 0 \end{bmatrix}$ ،  $\begin{bmatrix} 0 \\ -1 \end{bmatrix}$

نسبت مثلثاتی \ $\theta$	$0^\circ$	$90^\circ$ یا $\frac{\pi}{2}$ رادیان	$180^\circ$ یا $\pi$ رادیان	$270^\circ$ یا $\frac{3\pi}{2}$ رادیان
$\sin\theta$	۰	۱	۰	-۱
$\cos\theta$	۱	۰	-۱	۰



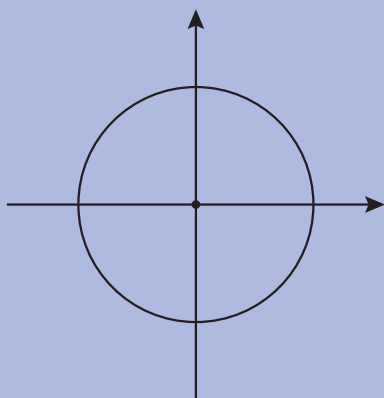
معمولاً دایره مثلثاتی را به چهار قسمت تقسیم می‌کنند و طبق شکل مقابل این چهار قسمت را ربع‌های اول، دوم، سوم و چهارم دایره مثلثاتی می‌نامند.

مونا پرسید: سال گذشته، نسبت‌های مثلثاتی زاویه‌های تند را با رسم مثلث‌های قائم‌الزاویه به دست می‌آوردیم. اما، نسبت‌های مثلثاتی زاویه‌های باز را چگونه حساب کنیم؟  
دیبر گفت: با انجام فعالیت زیر می‌توانید سینوس و کسینوس زاویه‌های باز را حساب کنید.

گفتگو



فعالیت ۲



۱ فرض کنید  $\theta$  یک زاویه تند بر حسب رادیان باشد،  $\pi - \theta$  چه نوع زاویه‌ای است؟

۲ با رسم شکل، وضعیت نقاط متناظر دو زاویه  $\theta$  و  $\pi - \theta$  روی دایره مثلثاتی را نسبت به هم و محور سینوس‌ها مشخص کنید.

۳ سینوس این دو زاویه چه رابطه‌ای با هم دارند؟

۴ کسینوس این دو زاویه چه رابطه‌ای با هم دارند؟



برای هر زاویه تند  $\theta$  (برحسب رادیان)، زاویه  $\pi - \theta$  باز است و نقاط متناظر آنها روی دایره مثلثاتی نسبت به محور سینوس‌ها قرینه یکدیگرند. بنابراین:

$$\cos(\pi - \theta) = -\cos\theta, \quad \sin(\pi - \theta) = \sin\theta$$

نکته



البته این تساوی‌ها برای هر زاویه دلخواه  $\theta$  نیز برقرارند. به کمک این تساوی‌ها، می‌توانید سینوس و کسینوس زاویه‌های باز را حساب کنید. توجه داشته باشید که در محاسبات با زاویه‌ها، همواره از یک واحد استفاده کنید؛ یا همه زاویه‌ها باید برحسب درجه باشند، یا همه زاویه‌ها باید برحسب رادیان باشند.

## مثال ۷

سینوس و کسینوس زاویه  $15^\circ$  درجه را حساب کنید. این زاویه باز به صورت  $15^\circ = 18^\circ - 3^\circ$  است، پس

$$\sin 15^\circ = \sin(18^\circ - 3^\circ) = \sin 3^\circ = \frac{1}{2}$$

$$\cos 15^\circ = \cos(18^\circ - 3^\circ) = -\cos 3^\circ = -\frac{\sqrt{3}}{2}$$

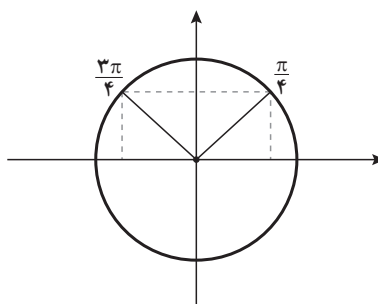
## مثال ۸

سینوس و کسینوس زاویه  $\frac{3\pi}{4}$  را حساب کنید.

این زاویه، یک زاویه باز است و نقطه متناظر آن در ربع دوم قرار دارد و داریم  $\frac{3\pi}{4} = \pi - \frac{\pi}{4}$ . پس نقطه متناظر با این زاویه، قرینه نقطه متناظر با زاویه  $\frac{\pi}{4}$  نسبت به محور عمودی (محور سینوس‌ها) است. بنابراین:

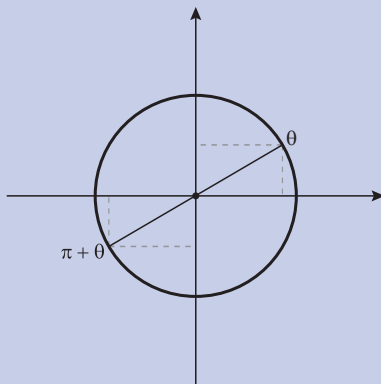
$$\sin \frac{3\pi}{4} = \sin\left(\pi - \frac{\pi}{4}\right) = \sin \frac{\pi}{4} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$\cos \frac{3\pi}{4} = \cos\left(\pi - \frac{\pi}{4}\right) = -\cos \frac{\pi}{4} = -\frac{\sqrt{2}}{2}$$





برای محاسبه سینوس و کسینوس زاویه‌های دیگر نیز می‌توان تساوی‌های مشابهی را به دست آورد.



۱ اگر زاویه‌ای در ربع اول دایره مثلثاتی باشد، نقطه متناظر زاویه  $\pi + \theta$  در کدام ربع قرار دارد؟

۲ وضعیت نقاط متناظر زاویه‌های  $\theta$  و  $\pi + \theta$  نسبت به هم چگونه است؟

۳ طول و عرض این نقاط چه رابطه‌ای با هم دارند؟

۴ نسبت‌های مثلثاتی این دو زاویه چه رابطه‌ای با هم دارند؟

از پاسخ به سؤال‌های بالا نتیجه می‌شود که برای یک زاویه تند مانند  $\theta$  داریم:

$$\sin(\pi + \theta) = -\sin \theta, \quad \cos(\pi + \theta) = -\cos \theta$$

نکته



البته این تساوی‌ها برای هر زاویه دلخواه  $\theta$  نیز برقرارند.

## مثال ۹

سینوس و کسینوس زاویه  $\frac{7\pi}{6}$  را به دست آورید.

داریم:  $\frac{7\pi}{6} = \pi + \frac{\pi}{6}$ ، پس نقطه متناظر این زاویه در ربع سوم قرار دارد. بنابر این:

$$\sin \frac{7\pi}{6} = \sin\left(\pi + \frac{\pi}{6}\right) = -\sin \frac{\pi}{6} = -\frac{1}{2}$$

$$\cos \frac{7\pi}{6} = \cos\left(\pi + \frac{\pi}{6}\right) = -\cos \frac{\pi}{6} = -\frac{\sqrt{3}}{2}$$

## مثال ۱۰

سینوس و کسینوس زاویه  $۲۴^\circ$  درجه را حساب کنید.  
 داریم:  $۲۴^\circ = ۱۸^\circ + ۶^\circ$ ، پس نقطه متناظر این زاویه در ربع سوم است.

$$\sin ۲۴^\circ = \sin(۱۸^\circ + ۶^\circ) = -\sin ۶^\circ = -\frac{\sqrt{۳}}{۲}$$

$$\cos ۲۴^\circ = \cos(۱۸^\circ + ۶^\circ) = -\cos ۶^\circ = -\frac{۱}{۲}$$

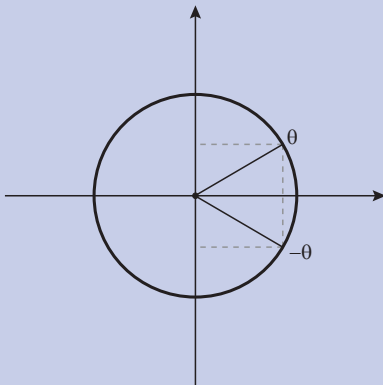
مونا پرسید: سینوس و کسینوس زاویه‌های منفی را چگونه حساب کنیم؟

دبیر گفت: کافی است ببینیم نقاط متناظر زاویه‌های  $\theta$  و  $-\theta$  در یک دایره مثلثاتی، چه وضعیتی نسبت به هم دارند.

گفتگو



کاردرکلاس ۴



۱ اگر زاویه‌ای در ربع اول دایره مثلثاتی باشد، نقطه متناظر زاویه  $-\theta$  در کدام ربع قرار دارد؟

۲ وضعیت نقاط متناظر زاویه‌های  $\theta$  و  $-\theta$  نسبت به هم چگونه است؟

۳ طول و عرض این نقاط چه رابطه‌ای با هم دارند؟

۴ نسبت‌های مثلثاتی این دو زاویه چه رابطه‌ای با هم دارند؟

از پاسخ به سؤال‌های بالا نتیجه می‌شود که برای یک زاویه تند  $\theta$ ،  $\cos\theta$  و  $\cos(-\theta)$  با هم مساوی‌اند ولی سینوس آنها قرینه یکدیگرند و داریم:

$$\sin(-\theta) = -\sin\theta, \cos(-\theta) = \cos\theta$$

نکته



البته این تساوی‌ها برای هر زاویه دلخواه  $\theta$  نیز برقرارند.

## مثال ۱۱

سینوس و کسینوس زاویه  $۳۰^\circ$  درجه را حساب کنید.  
داریم:

$$\sin(-۳۰^\circ) = -\sin ۳۰^\circ = -\frac{1}{2}, \quad \cos(-۳۰^\circ) = \cos ۳۰^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

## مثال ۱۲

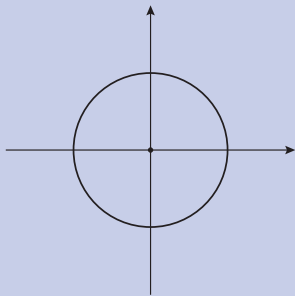
سینوس و کسینوس زاویه  $\frac{-5\pi}{6}$  را حساب کنید. داریم:

$$\sin \frac{-5\pi}{6} = -\sin \frac{5\pi}{6} = -\sin(\pi - \frac{\pi}{6}) = -\sin \frac{\pi}{6} = -\frac{1}{2}$$

$$\cos \frac{-5\pi}{6} = \cos \frac{5\pi}{6} = \cos(\pi - \frac{\pi}{6}) = -\cos \frac{\pi}{6} = -\frac{\sqrt{3}}{2}$$

همچنین،

کاردرکلاس ۵



۱ در شکل مقابل، نقاط متناظر زاویه‌های داده شده در جدول را روی دایره مثلثاتی مشخص کنید، سپس جدول را کامل کنید.

$\theta$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{3} + 2\pi$	$\frac{\pi}{3} + 4\pi$	$\frac{\pi}{3} - 2\pi$	$\frac{\pi}{3} - 4\pi$
نسبت مثلثاتی					
$\sin\theta$					
$\cos\theta$					

۲ اگر به یک زاویه مانند  $\theta$  (بر حسب رادیان)، مضرب صحیحی از  $2\pi$  را اضافه یا کم کنیم، نقطه متناظر زاویه جدید و  $\theta$  چه وضعیتی نسبت به هم دارند؟

۳ با ذکر دلیل، نتیجه بگیرید اگر به زاویه‌ای (بر حسب رادیان)، مضارب صحیح  $2\pi$  را اضافه یا کم کنیم، نسبت‌های مثلثاتی آن تغییر نمی‌کنند.

۴ سینوس و کسینوس زاویه‌های  $\frac{14\pi}{3}$  و  $\frac{-25\pi}{6}$  رادیان را حساب کنید.

اگر به یک زاویه (بر حسب رادیان)، مضرب صحیحی از  $2\pi$  را اضافه یا کم کنیم، نقاط متناظر این دو زاویه بر هم منطبق‌اند. به همین دلیل، نسبت‌های مثلثاتی آنها با هم برابرند، زیرا نسبت‌های مثلثاتی یک زاویه، مختصات نقطه متناظر آن است.

سارا پرسید: تا اینجا فقط نسبت‌های مثلثاتی سینوس و کسینوس زاویه‌های دلخواه را تعریف کردیم و یاد گرفتیم چگونه مقدار آنها را پیدا کنیم. اما، تانژانت این زاویه‌ها چگونه تعریف می‌شود؟ دبیر گفت: فعالیت زیر به ما کمک می‌کند تانژانت زاویه‌های دلخواه را تعریف کنیم.

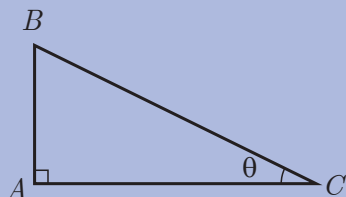
گفتگو



فعالیت ۳



مثلث قائم‌الزاویه  $ABC$  را با زاویه تند  $\theta$  در نظر بگیرید.



۱ طول ضلع  $AB$  را بر حسب  $\sin\theta$  بنویسید.

.....

۲ طول ضلع  $AC$  را بر حسب  $\cos\theta$  بنویسید.

.....

۳ در این مثلث،  $\tan\theta$  را بر حسب  $\sin\theta$  و  $\cos\theta$  به دست آورید.

.....

۴ به کمک رابطه‌ای که در (۳) به دست آوردید، برای تعریف تانژانت زاویه‌های دلخواه پیشنهادی ارائه کنید.

.....

فعالیت (۳) نشان می‌دهد که برای زاویه‌های تند مانند  $\theta$  داریم:  $\tan\theta = \frac{\sin\theta}{\cos\theta}$ . این تساوی را برای زاویه‌های دلخواه تعمیم می‌دهند و تانژانت یک زاویه دلخواه  $\alpha$  به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

از آنجا که سینوس و کسینوس زاویه‌های دلخواه قبلاً تعریف شده‌اند، تساوی بالا، تانژانت زاویه‌های دلخواه را تعریف می‌کند. فقط برای زاویه‌هایی که کسینوس آنها صفر است، تانژانت آن زاویه‌ها تعریف نمی‌شود؛ مثلاً برای زاویه‌های  $\frac{\pi}{2}$  و  $\frac{3\pi}{2}$  (رادیان) که کسینوس آنها صفر است، تانژانت تعریف نمی‌شود.

تعریف



اگر  $\alpha$  زاویه‌ای باشد که  $\cos \alpha \neq 0$  بنا به تعریف  $\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$

## مثال ۱۳

تانژانت زاویه‌های  $۳۳^\circ$  درجه و  $\frac{۴\pi}{۳}$  رادیان را حساب کنید.

$$\tan ۳۳^\circ = \frac{\sin ۳۳^\circ}{\cos ۳۳^\circ} = \frac{\sin(۳۶^\circ - ۳^\circ)}{\cos(۳۶^\circ - ۳^\circ)} = \frac{\sin(-۳^\circ)}{\cos(-۳^\circ)} = \frac{-\sin ۳^\circ}{\cos ۳^\circ} = \frac{-\frac{1}{2}}{\frac{\sqrt{3}}{2}} = -\frac{\sqrt{3}}{3}$$

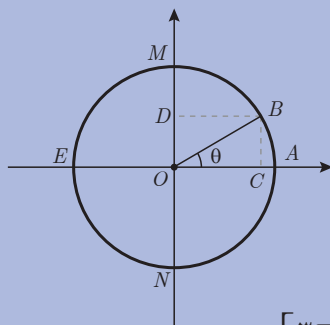
$$\tan \frac{۴\pi}{۳} = \frac{\sin \frac{۴\pi}{۳}}{\cos \frac{۴\pi}{۳}} = \frac{\sin(\pi + \frac{\pi}{۳})}{\cos(\pi + \frac{\pi}{۳})} = \frac{-\sin(\frac{\pi}{۳})}{-\cos(\frac{\pi}{۳})} = \frac{-\frac{\sqrt{3}}{2}}{-\frac{1}{2}} = \sqrt{3}$$

سارا پرسید: سینوس و کسینوس زاویه‌های دلخواه چه اعدادی می‌توانند باشند؟

مونا گفت: از سال گذشته یادم می‌آید که سینوس و کسینوس زاویه‌های تند، اعدادی در بازه  $(۰, ۱)$  بودند. اما سینوس و کسینوس زاویه‌های دلخواه، مختصات نقاط روی دایره واحد هستند، پس می‌توانند اعداد منفی نیز باشند.

دبیر گفت: برای پاسخ به سؤال سارا، بهتر است از طریق محور سینوس‌ها و محور کسینوس‌ها آن را بررسی کنیم.

گفتگو



یک دایره مثلثاتی مانند شکل روبه‌رو را در نظر بگیرید. در این شکل، زیر  $B$  نقطه متناظر زاویه  $\theta$  است و  $C$ ، تصویر  $B$  روی محور کسینوس‌ها و  $D$ ، تصویر  $B$  روی محور سینوس‌ها است.

فعالیت ۴



وقتی  $\theta$  در بازه‌های  $[\frac{\pi}{۲}, \pi]$  و  $[\frac{\pi}{۲}, \frac{۳\pi}{۲}]$  و  $[\pi, \frac{۳\pi}{۲}]$  و  $[\frac{۳\pi}{۲}, ۲\pi]$  تغییر می‌کند، چگونگی

تغییر مکان نقطه  $C$  روی محور کسینوس‌ها و نقطه  $D$  روی محور سینوس‌ها و مقدارهای  $\cos \theta$  و  $\sin \theta$  را در جدول زیر مشخص کنید. در جدول چند مورد مشخص شده است.

مقدار زاویه $\theta$	در بازه $[\frac{\pi}{۲}, \pi]$	در بازه $[\pi, \frac{۳\pi}{۲}]$	در بازه $[\frac{۳\pi}{۲}, ۲\pi]$	در بازه $[\frac{\pi}{۲}, \frac{۳\pi}{۲}]$
مکان نقطه $C$	روی پاره خط $OA$ قرار دارد	روی پاره خط $OE$ قرار دارد		
مقدار $\cos \theta$	در بازه $[۰, ۱]$ قرار دارد	در بازه $[-۱, ۰]$ قرار دارد		
مکان نقطه $D$				
مقدار $\sin \theta$				

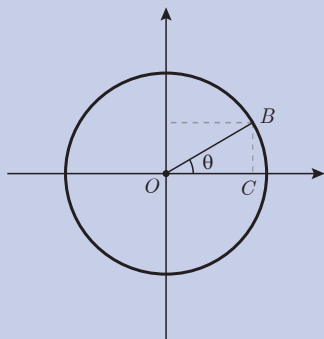
این فعالیت نشان می‌دهد سینوس و کسینوس زاویه‌های دلخواه، اعدادی در بازه  $[-1, 1]$  هستند. سال گذشته دیدیم که تانژانت زاویه‌های تند هر عدد مثبتی می‌تواند باشد. برای زاویه‌های دلخواه که در ربع دوم و چهارم قرار می‌گیرند، مقادیر تانژانت منفی است و می‌توانیم ببینیم که مقدار تانژانت این زاویه‌ها هر مقدار منفی می‌تواند باشد. بنابر این، هر عدد حقیقی (مثبت، منفی یا صفر) به صورت تانژانت یک زاویه خواهد بود.

در محاسبات با نسبت‌های مثلثاتی، گاهی نیازمند محاسبه توان‌هایی از آنها هستیم. برای سادگی، عبارت  $(\sin \theta)^2$  را به صورت  $\sin^2 \theta$  می‌نویسیم؛ به همین ترتیب برای توان‌های بالاتر نیز، عبارت‌هایی مانند  $(\sin \theta)^5$  را به صورت  $\sin^5 \theta$  می‌نویسیم. برای سایر نسبت‌های مثلثاتی نیز از این قرارداد استفاده می‌کنیم؛ مثلاً منظور از عبارت  $\tan^3 \theta$ ، توان سوم  $\tan \theta$  است.

## مثال ۱۴

$$\sin^3 30^\circ = \sin^3 90^\circ \text{ ولی } \sin^2 30^\circ = (\sin 30^\circ)^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

توجه داشته باشید که عبارت  $\sin^2 \theta$  با عبارت  $\sin^2 \theta$  فرق دارد. منظور از  $\sin^2 \theta$ ، سینوس زاویه  $\theta^2$  است و منظور از  $\sin^2 \theta$ ، توان دوم  $\sin \theta$  است.



۱ زاویه تند  $\theta$  را در ربع اول دایره مثلثاتی در شکل روبه‌رو در نظر بگیرید. با استفاده از مثلث قائم‌الزاویه  $OCB$ ، درستی تساوی زیر را نشان دهید.

$$\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$$

۲ تساوی بالا برای سایر زاویه‌ها نیز برقرار است. درستی این تساوی را برای چند زاویه در ربع‌های دیگر بررسی کنید.

۳ اگر  $\theta$  زاویه‌ای در ربع دوم باشد به طوری که  $\sin \theta = \frac{3}{5}$ ، سایر نسبت‌های مثلثاتی  $\theta$  را به دست آورید.

کاردرکلاس ۶





۱ در جدول‌های زیر مشخص کنید که هر کدام از زاویه‌های داده شده در کدام ربع از دایره مثلثاتی قرار دارند.

زاویه $\theta$ بر حسب درجه	$-۸۰$	$۱۴۰$	$۲۸۰$	$۳۶۳$
مکان زاویه $\theta$				

زاویه $\theta$ بر حسب رادیان	$-\frac{۳\pi}{۴}$	$\frac{۲\pi}{۵}$	$\frac{۷\pi}{۳}$	$\frac{۱۲\pi}{۵}$
مکان زاویه $\theta$				

۲ با تعیین مکان زاویه  $-\frac{۵\pi}{۴}$  تعیین کنید کدام یک از گزینه‌های زیر صحیح است.

الف)  $0 < \cos(-\frac{۵\pi}{۴})$  و  $0 < \sin(-\frac{۵\pi}{۴})$

ب)  $\cos(-\frac{۵\pi}{۴}) < 0$  و  $0 < \sin(-\frac{۵\pi}{۴})$

پ)  $0 < \cos(-\frac{۵\pi}{۴})$  و  $\sin(-\frac{۵\pi}{۴}) < 0$

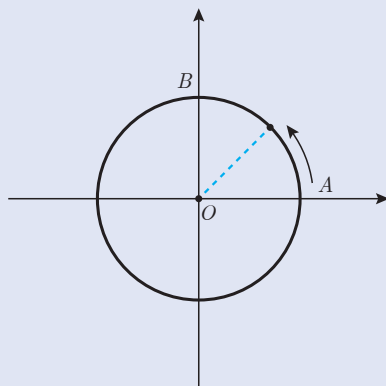
ت)  $\cos(-\frac{۵\pi}{۴}) < 0$  و  $\sin(-\frac{۵\pi}{۴}) < 0$

۳ جدول زیر را با مشخص کردن علامت نسبت‌های مثلثاتی زاویه‌ها کامل کنید. در هر مورد مثالی بزنید.

$\theta$	ربع اول	ربع دوم	ربع سوم	ربع چهارم
علامت نسبت مثلثاتی				
$\sin \theta$				
$\cos \theta$				
$\tan \theta$				



۴ دوچرخه‌سواری روی یک مسیر دایره‌ای به شعاع  $50$  متر، با سرعت ثابت  $2$  متر بر ثانیه از نقطه  $A$  شروع به حرکت می‌کند. دو محور عمود بر هم (مانند شکل) در این دایره رسم می‌کنیم. الف) اندازه زاویه چرخش (بر حسب رادیان) دوچرخه سوار را بر حسب زمان (ثانیه) به دست آورید.



ب) اگر دوچرخه سوار پس از  $30$  دقیقه حرکت بایستد، در کدام ربع از دایره ایستاده است؟

۵ زاویه  $\theta$  در ربع سوم است و  $\cos \theta = -\frac{1}{5}$ ، سایر نسبت‌های مثلثاتی  $\theta$  را به دست آورید.

۶ اگر برای زاویه  $\theta$  داشته باشیم  $\sin \theta = \frac{-2}{3}$ ، آیا می‌توان سایر نسبت‌های مثلثاتی  $\theta$  را به دست آورد؟ چرا؟ چه اطلاعات دیگری را هم باید بدانیم؟

۷ نشان دهید برای زاویه دلخواه  $\theta$  تساوی‌های زیر برقرارند.

$$\tan(\pi - \theta) = -\tan \theta, \quad \tan(\pi + \theta) = \tan \theta, \quad \tan(-\theta) = -\tan \theta$$

۸ دو زاویه مشخص کنید که تانژانت آنها  $-1$  است.

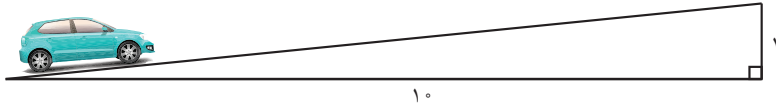
## شیب خط و تانژانت زاویه‌ها



سعید به تازگی از سفر به یکی از مناطق کوهستانی کشور بازگشته بود. او گفت جاده سربالایی و سرازیری‌های بسیاری داشت و در کنار جاده میزان سربالایی و سرازیری جاده با علامتی مانند روبه‌رو نشان داده شده بود.

سعید در کلاس ریاضی پرسید: عددهای روی این تابلو چه چیزی را نشان می‌دهند؟

دبیر گفت: این علامت به معنای نسبت ۱ به ۱۰ است و در اینجا یعنی به ازای هر ۱۰ واحد حرکت افقی، ارتفاع از سطح زمین ۱ واحد افزایش می‌یابد. پس می‌توانیم وضعیت سربالایی جاده را با شکل زیر مدل‌سازی می‌کنیم.



دبیر ادامه داد: در این حالت می‌گویند: شیب این جاده  $\frac{1}{10}$  است.

سعید گفت: اما  $\frac{1}{10}$  همان تانژانت زاویه‌ای است که جاده با خط افق می‌سازد. بنابراین شیب جاده همان تانژانت زاویه‌ای است که جاده با خط افق می‌سازد.

سعید ادامه داد: در ریاضی برای خط‌هایی که در یک صفحه مختصات رسم شده‌اند نیز مفهوم شیب تعریف شده است. آیا بین شیب جاده و شیب خط، رابطه‌ای وجود دارد؟

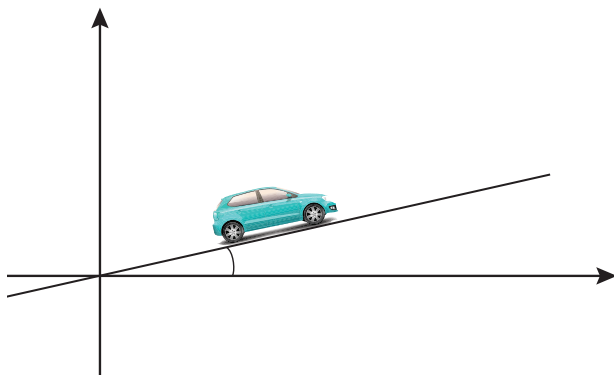
دبیر گفت: باید این دو مفهوم را بررسی کنیم تا ببینیم آیا رابطه‌ای بین آنها وجود دارد یا نه.

سعید گفت: شیب یک خط به معادله  $y = ax + b$ ، عدد  $a$  است، اما شیب جاده، تانژانت یک زاویه است. این دو مقدار چه ارتباطی با هم می‌توانند داشته باشند؟

دبیر گفت: اگر مسیر یک جاده را همانند یک خط و خط افق را همانند محور افقی یک صفحه مختصات در نظر بگیریم، وضعیت جاده و خط کاملاً مشابه هم خواهند بود.

سعید گفت: طبق این شکل، شیب جاده، تانژانت زاویه بین خط و محور افقی است. آیا شیب خط نیز همین مقدار است؟

دبیر گفت: فعالیت صفحه بعد می‌تواند پاسخ سؤال سعید را مشخص کند.

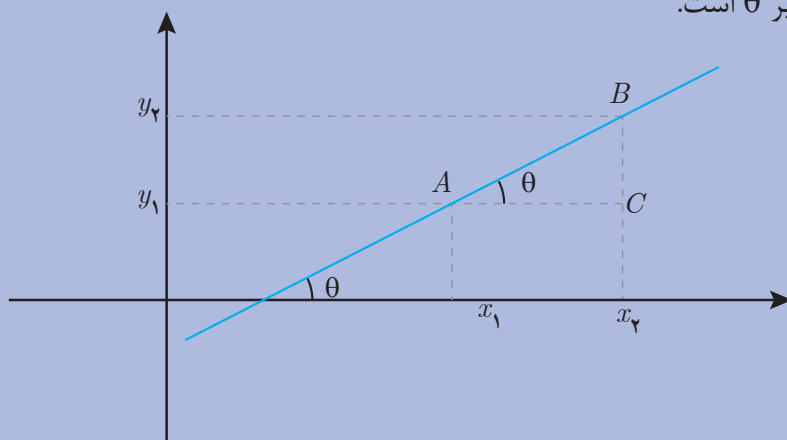


گفتگو





یک خط دلخواه به معادله  $y = ax + b$  با شیب مثبت ( $a > 0$ ) در نظر بگیرید. فرض کنید  $A$  با مختصات  $\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}$  و  $B$  با مختصات  $\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix}$ ، دو نقطه از این خط هستند و زاویه این خط با محور طول‌ها برابر  $\theta$  است.



۱ شیب این خط را بر حسب مختصات نقاط  $A$  و  $B$  بنویسید.

۲ در مثلث قائم‌الزاویه  $ABC$  طول اضلاع  $AC$  و  $BC$  را بر حسب مختصات  $A$  و  $B$  به دست آورید.

۳ در مثلث قائم‌الزاویه  $ABC$ ، تانژانت زاویه  $\theta$  را بر حسب مختصات  $A$  و  $B$  به دست آورید.

۴ از (۱) و (۳) چه رابطه‌ای بین شیب این خط و زاویه آن با محور افقی به دست می‌آورید؟

این فعالیت نشان می‌دهد که برای یک خط با شیب مثبت، تانژانت زاویه تند بین این خط و محور  $x$ ‌ها همان شیب خط است.

## مثال ۱۵

خط به معادله  $y = x + 2$  با محور  $x$  زاویه  $45^\circ$  درجه می‌سازد زیرا، شیب این خط عدد ۱ است و زاویه تندی که تانژانت آن ۱ است،  $45^\circ$  درجه است.

## مثال ۱۶

معادله خطی را بنویسید که با محور  $x$  زاویه  $60^\circ$  درجه بسازد و محور  $y$ ها را در نقطه به عرض ۲ قطع کند.

شیب این خط برابر تانژانت  $60^\circ$  درجه، یعنی  $\sqrt{3}$  است. می‌دانیم معادله خط با شیب  $m$  که از نقطه

$\begin{bmatrix} 0 \\ b \end{bmatrix}$  می‌گذرد به صورت  $y = ax + b$  است. پس معادله این خط عبارت است از:

$$y = \sqrt{3}x + 2$$

پس از آنکه برای خط‌های با شیب مثبت، یکسان بودن شیب خط و تانژانت زاویه بین خط و محور  $x$ ها مشخص شد، نکته دیگری توجه سعید را جلب کرد.

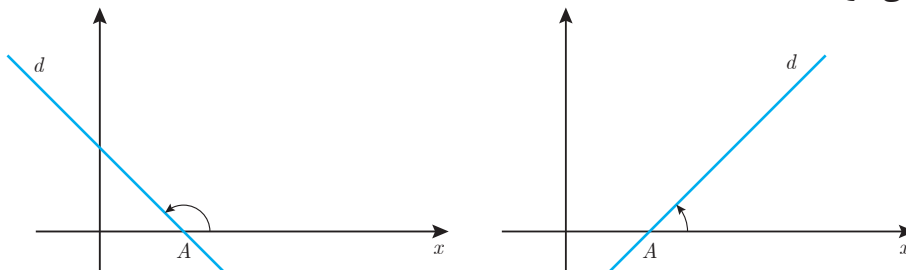
سعید گفت: برخی خط‌ها در صفحه مختصات شیب منفی دارند. آیا در چنین وضعیتی هم می‌توانیم شیب

این خط‌ها را برابر تانژانت یک زاویه بدانیم؟

حمید گفت: تانژانت زاویه‌های باز، منفی است. شاید بتوانیم برای یک خط با شیب منفی، یک زاویه باز بیابیم که تانژانت آن برابر شیب آن خط باشد.

سعید گفت: آیا زاویه بین خط‌های با شیب منفی و محور  $x$ ها یک زاویه باز است؟

دبیر گفت: باید تعریف دقیق‌تری از زاویه بین یک خط و محور طول‌ها داشته باشیم. در شکل زیر خط  $d$  محور طول‌ها را در نقطه‌ای مانند  $A$  قطع می‌کند. نیم خط  $Ax$  را در جهت مثبت، حول نقطه  $A$  دوران می‌دهیم تا بر  $d$  منطبق شود. اندازه چرخش  $Ax$  را زاویه بین خط  $d$  و محور طول‌ها می‌نامند. در حالتی که خط  $d$  محور طول‌ها را قطع نکند، با آن موازی است و زاویه بین خط  $d$  و محور طول‌ها، صفر در نظر گرفته می‌شود.



گفتگو



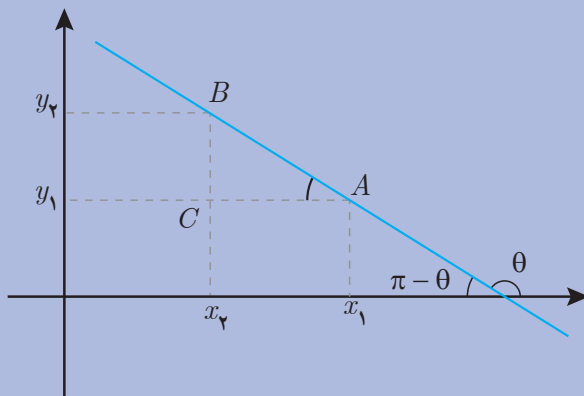


حمید گفت: با این تعریف، زاویه خط‌های با شیب مثبت با محور طول‌ها، تند و زاویه خط‌های با شیب منفی با محور طول‌ها، باز است. شاید تانژانت این زاویه نیز همان شیب خط باشد.  
دبیر گفت: حدس خوبی زدی. با انجام فعالیت زیر می‌توانید درستی این حدس را بررسی کنید.

یک خط دلخواه را به معادله  $y = ax + b$  با شیب منفی ( $a < 0$ ) در نظر بگیرید. فرض کنید

$A$  با مختصات  $\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}$  و  $B$  با مختصات  $\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \end{bmatrix}$ ، دو نقطه از این خط هستند و زاویه این خط با

محور طول‌ها برابر زاویه باز  $\theta$  است.



۱ شیب این خط را بر حسب مختصات نقاط  $A$  و  $B$  بنویسید.

۲ در مثلث قائم‌الزاویه  $ABC$  طول اضلاع  $AC$  و  $BC$  را بر حسب مختصات  $A$  و  $B$  به دست آورید.

۳ در مثلث قائم‌الزاویه  $ABC$ ، تانژانت زاویه  $\pi - \theta$  (زاویه  $A$ ) را بر حسب مختصات  $A$  و  $B$  به دست آورید.

۴ از (۱) و (۳) چه رابطه‌ای بین شیب این خط و  $\tan(\pi - \theta)$  به دست می‌آورید؟

۵ با استفاده از (۴) چه رابطه‌ای بین شیب خط و تانژانت زاویه بین خط و محور طول‌ها به دست می‌آورید؟

از فعالیت‌های (۵) و (۶) نتیجه می‌شود که شیب هر خطی (مثبت یا منفی)، برابر تانژانت زاویه آن خط با محور طول‌ها است.



برای هر خط  $d$  با شیب  $m$  که با محور طول‌ها زاویه  $\theta$  می‌سازد داریم:  $\tan\theta = m$

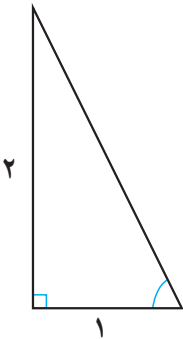
### مثال ۱۷

معادله خطی را که از مبدأ می‌گذرد و با محور طول‌ها زاویه باز  $\frac{5\pi}{6}$  می‌سازد، بنویسید. ابتدا تانژانت این زاویه را که شیب این خط است محاسبه می‌کنیم. با استفاده از رابطه  $\tan(\pi - \theta) = -\tan\theta$  داریم:

$$\tan \frac{5\pi}{6} = \tan(\pi - \frac{\pi}{6}) = -\tan \frac{\pi}{6} = -\frac{\sqrt{3}}{3}$$

پس معادله این خط عبارت است از:  $y = -\frac{\sqrt{3}}{3}x$

### مثال ۱۸



خط به معادله  $y = -2x + 1$  با محور طول‌ها چه زاویه‌ای می‌سازد؟ تانژانت این زاویه ۲- است. به کمک رسم، مقدار زاویه تندی را که تانژانت آن ۲ است، به دست می‌آوریم که تقریباً  $63/4^\circ$  درجه است. از آنجا که  $116/6^\circ = 180^\circ - 63/4^\circ$ ، تانژانت زاویه  $116/6^\circ$  درجه تقریباً ۲- است. پس زاویه این خط با محور طول‌ها تقریباً  $116/6^\circ$  درجه است.

### مثال ۱۹

زاویه خط به معادله  $y = 2$  با محور طول‌ها چقدر است؟ این خط موازی محور طول‌ها است و زاویه آن با محور طول‌ها صفر است. همچنین شیب آن صفر است و تانژانت زاویه بین این خط و محور طول‌ها نیز صفر است.

۱ زاویه بین خط به معادله  $y = \sqrt{3}x + \sqrt{2}$  و محور طول‌ها، چند رادیان است؟

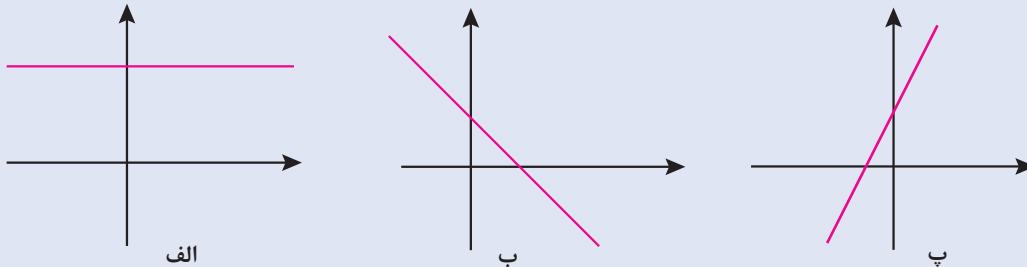
۲ معادله خطی را بنویسید که در نقطه به طول ۱-، محور طول‌ها را قطع می‌کند و با آن زاویه  $15^\circ$  درجه می‌سازد.

۳ شیب خط  $y = -4$  چقدر است؟ زاویه بین خط  $y = -4$  و محور طول‌ها چقدر است؟





۱ در شکل‌های زیر زاویه بین خط و محور طول‌ها و شیب خط را به دست آورید.



۲ معادله خطی را بنویسید که با محور طول‌ها زاویه  $20^\circ$  درجه بسازد و از نقطه  $\begin{bmatrix} -1 \\ -2 \end{bmatrix}$  بگذرد.

(برای محاسبه شیب خط می‌توانید از رسم به کمک نقاله یا ماشین حساب استفاده کنید).

۳ خطی که از دو نقطه  $\begin{bmatrix} 1 \\ 5 \end{bmatrix}$  و  $\begin{bmatrix} -1 \\ 2 \end{bmatrix}$  می‌گذرد چه زاویه‌ای با محور طول‌ها می‌سازد؟  
(از رسم خط و نقاله استفاده کنید).

۴ خط به معادله  $2x + 3y = 4$  در چه نقطه‌ای محور طول‌ها را قطع می‌کند و چه زاویه‌ای با آن می‌سازد؟

۵ از برخورد دو خط با معادله‌های  $y = \sqrt{3}x$  و  $y = -x + 5$  و محور طول‌ها، یک مثلث ساخته می‌شود. این مثلث را رسم کنید و زاویه‌های این مثلث را بر حسب رادیان به دست آورید.

۶ خط‌های به معادله  $3x - 5y = c$  با هم (موازی‌اند/ متقاطع‌اند). زاویه این خط‌ها با محور طول‌ها بر حسب درجه و رادیان به طور تقریبی چقدر است؟