# بخش دوم

## فصل پنجم

### چند تابع ویژه

**هدف کلی**

معرفی توابع ثابت، همانی، مثلثاتی و برخی از ویژگی‌های آن‌ها

**هدف‌های رفتاری:** پس از پایان این فصل از هنرجو انتظار می‌رود که بتواند :

۱ــ نمودار تابع ثابت را رسم کند ؛

۲ــ تابع همانی را رسم کند ؛

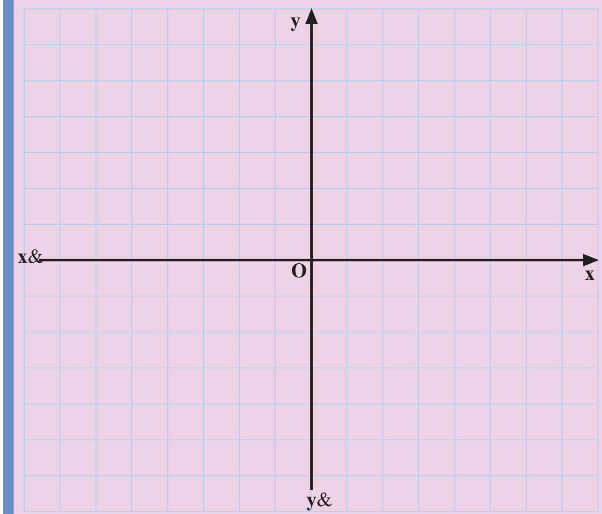
۳ــ دامنه‌ی توابع مثلثاتی را تعیین کند ؛

۴ــ تابع‌های مساوی را تعیین کند.

## پیش آزمون (۵)

### محل پاسخ به سؤالات پیش آزمون (۵)

۱ــ نمودار تابع ۵ . − y را رسم کنید (شکل ۸۷ــ۲).

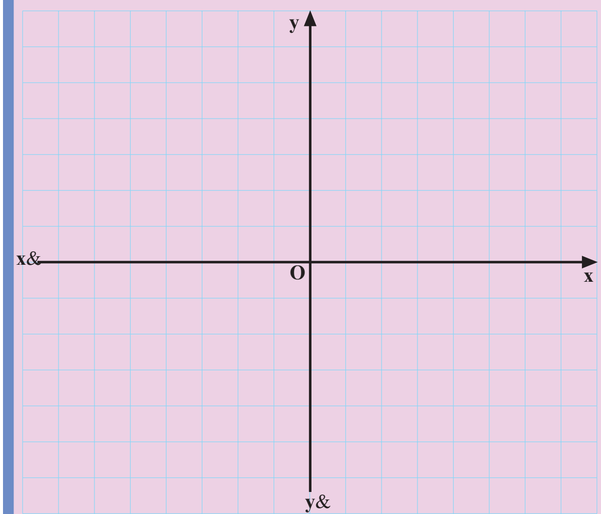



شکل ۸۷ــ۲

۲ــ تابع I . .(−۱,−۱),(۰,۰),(۲,۲),(۳,۳),(۴,۴) مفروض است.

ــ نقاط I را روی شکل ۸۸ــ۲ مشخص و به هم وصل کنید.

ــ نتیجه‌ای را که به‌دست می‌آورید به‌طور مختصر بنویسید.




شکل ۸۸ــ۲

## ۵ـ۲ـ چند تابع ویژه

دراین قسمت به بررسی چند تابع ویژه مانند تابع ثابت، تابع همانی و توابع مثلثاتی می‌پردازیم.

### ۱ـ۵ـ۲ـ تابع ثابت

**فعالیت ۱۰ـ۲**

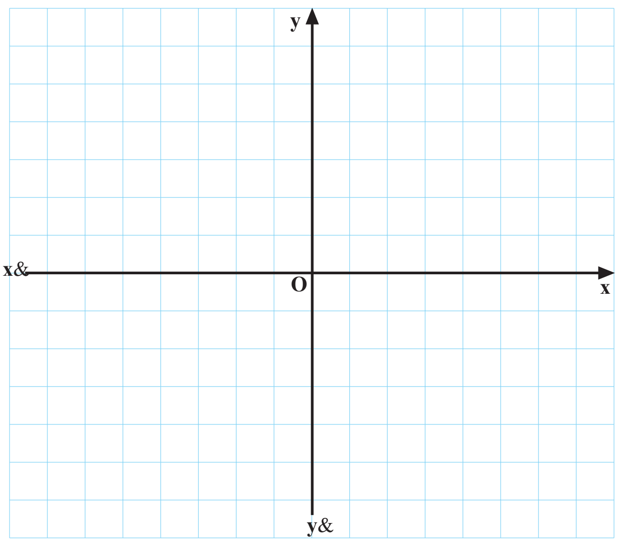
هرگاه $f(x) = -۷$ باشد :

الف) جدول ۱۹ـ۲ را کامل کنید.

**جدول ۱۹ـ۲**

| x | −۸ | −۳ | ۰ | ۳ | ۴ |
|---|---|---|---|---|---|
| f(x) | −۷ | □ | □ | −۷ | □ |

ب) تابع f را در دستگاه محورهای مختصات شکل ۸۹ـ۲ رسم کنید.




شکل ۸۹ـ۲

ج) دامنه و برد تابع را به‌دست آورید.

د) آیا می‌توان گفت f یک تابع ثابت است؟

**مثال:** نمودار تابع مقابل را رسم کنید.

$f(x) = ۴$

**حل:** به ازای هر x داریم :

$f(x) = ۴$

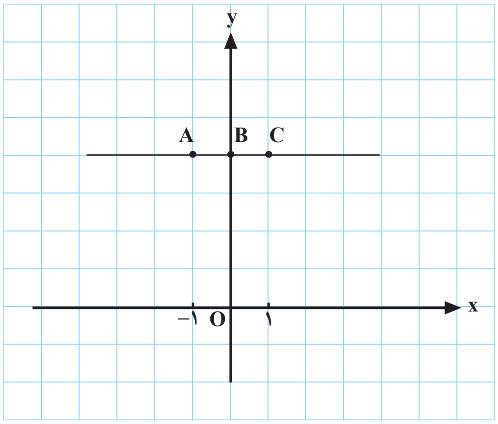
جدول ۲۰ـ۲ را تکمیل می‌کنیم.

با توجه به جدول تکمیل شده به ازای هر مقدار از x فقط یک مقدار برای y به‌دست می‌آید.

**جدول ۲۰ـ۲**

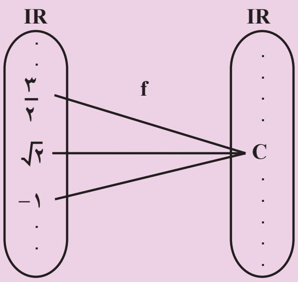
| x | −۱ | ۰ | ۱ |
|---|---|---|---|
| y | ۴ | ۴ | ۴ |
| | A(−۱,۴) | B(۰,۴) | C(۱,۴) |

ـ در نمودار ۹۰ــ۲ خط y . ۴ موازی محور xها را مشاهده می‌کنید.




نمودار ۹۰ــ۲

**تعریف تابع ثابت:** تابعی که در هر نقطه از دامنه‌اش مساوی مقدار ثابت c باشد تابع ثابت نام دارد.




نمودار ۹۱ــ۲

ـ شکل ریاضی آن مطابق رابطه‌ی روبه‌رو است.

$f{:}D_f$ . .c     c. $\mathbb{R}$

f(x) . c

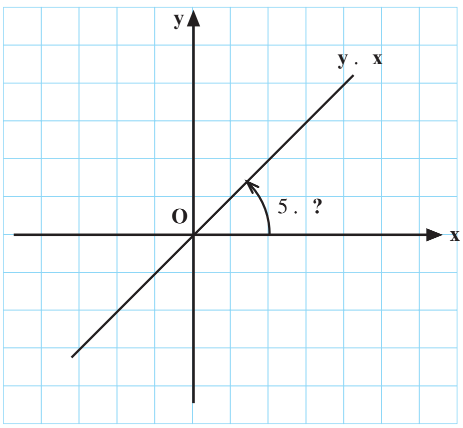
**نکته :** در تابع حقیقی $\mathbb{R}$ . f:$\mathbb{R}$ هرگاه$\mathbb{R}$ .c و c . f(x) آن‌گاه دامنه‌ی آن برابر مجموعه اعداد حقیقی و برد آن برابر c است و خط c . y موازی محورxهاست. به بیان دیگر :     $D_f$ . $\mathbb{R}$ و $R_f$ . .c

## ۲ــ۵ــ۲ــ تابع همانی

### فعالیت ۱۱ــ۲

با توجه به تابع با ضابطه‌ی x . f(x) و نمودار ۹۲ــ۲ (نیمساز ربع اول و سوم) جاهای خالی را تکمیل کنید.

الف) تابع f را تابع ........ می‌نامیم.



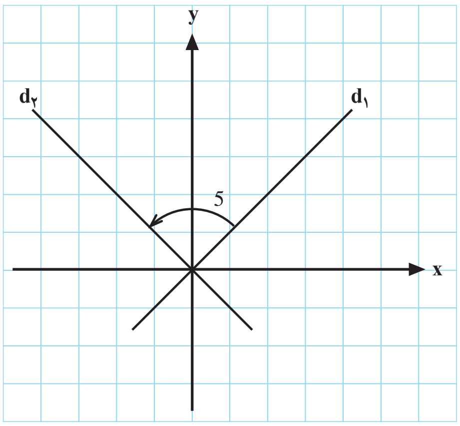

شکل ۹۲ــ۲

ب) شیب تابع همواره برابر یک است. به بیان دیگر

$\square$ . $\tan 5$ و $\square$ . 5 است.

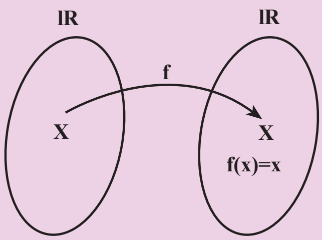
## فعالیت ۱۲ـ۲

با توجه به شکل ۹۳ـ۲ هرگاه $d_1$ نیمساز ربع اول و سوم و $d_2$ نیمساز ربع دوم و چهارم باشد آن‌گاه زاویه‌ی 5 برابر ......... است؟ چرا؟



شکل ۹۳ـ۲

**نتیجه:** هر تابع که هر عضو دامنه را به خودش متناظر کند یک تابع همانی است. ضابطه‌ی تابع، را با نماد x . f(x) نمایش می‌دهیم (شکل ۹۴ـ۲).



شکل ۹۴ـ۲

**نکته:** دامنه و برد تابع همانی با هم برابر است و نمودار تابع همانی نیمساز ربع اول و سوم است.

**مثال:** مجموعه‌ی B، در مقابل، مفروض است.

$B . \ .۷, -۲, ۵$

تابع همانی از مجموعه‌ی B را بنویسید.

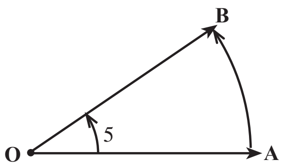
**حل:** فرض می‌کنیم I تابع همانی از B باشد، بنابراین خواهیم داشت:

$I . \ .(x,y)|x,y . \ B, x . \ y \ . \ .(۷,۷),(-۲,-۲),(۵,۵)$

## ۳ــ۵ــ۲ــ مثلثات

**زاویه:** نیم خط $\dot{O}A$ شکل (۹۵ــ۲ــ الف) را حول نقطه‌ی O خلاف جهت عقربه‌های ساعت دوران می‌دهیم تا در وضعیت $\dot{O}B$ قرار گیرد تا شکل ۹۵ــ۲ــ ب حاصل شود. زاویه‌ی حاصل ( 5 یا AOB 7 ) با سه نوع واحد، یعنی درجه، گراد و رادیان قابل اندازه‌گیری است.

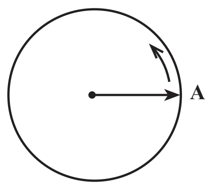

شکل ۹۵ــ۲ــ الف




شکل ۹۵ــ۲ــ ب

**۱ــ درجه (D):** هرگاه نیم خط $\dot{O}A$ یک دوران کامل نماید یک دایره تشکیل می‌شود. اندازه‌ی زاویه مرکزی مقابل به $\frac{۱}{۳۶۰}$ محیط دایره را یک درجه می‌نامند (شکل ۹۶ــ۲). اجزای درجه، دقیقه و ثانیه است و یک دقیقه برابر ۶۰ ثانیه است.

**مثال ۱:** نمایش مثلثاتی یک زاویه به اندازه‌ی سه درجه و چهار دقیقه و پنج ثانیه به شکل مقابل است.




| ۳ | ۴& | ۵&& |
|---|---|---|
| درجه | دقیقه | ثانیه |

شکل ۹۶ــ۲

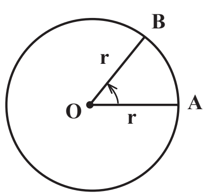
**۲. گراد (G):** اندازه‌ی زاویه مرکزی مقابل به $\frac{۱}{۴۰۰}$ محیط دایره را یک گراد می‌نامند. اجزای گراد عبارت است از :

دسی‌گراد ($\frac{۱}{۱۰}$ گراد)، سانتی‌گراد ($\frac{۱}{۱۰۰}$ گراد)، میلی‌گراد ($\frac{۱}{۱۰۰۰}$ گراد).

**مثال:** ۵/۴۳۲

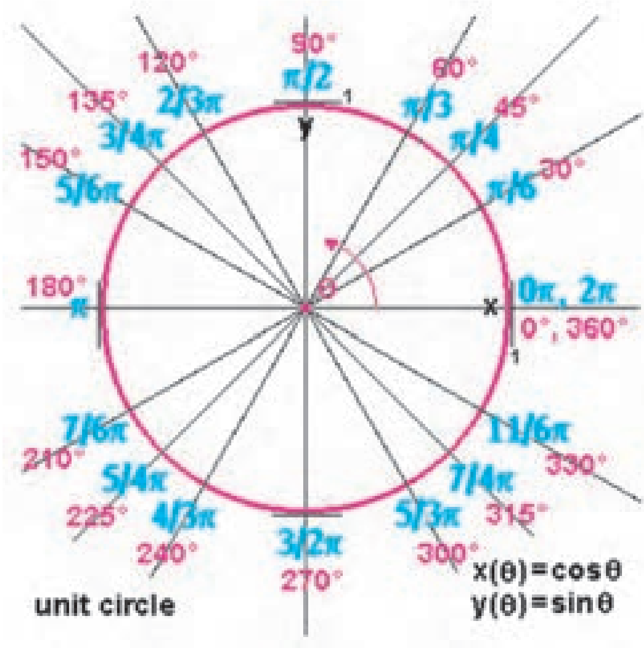
پنج گراد و چهار دسی گراد و سه سانتی‌گراد و دو میلی‌گراد.

**۳. رادیان (R):** اندازه‌ی زاویه مرکزی مقابل به کمانی از دایره که طول آن برابر با شعاع دایره باشد یک رادیان نامیده می‌شود (شکل ۹۷ــ۲).




شکل ۹۷ــ۲

با توجه به این که محیط دایره ۲6r می‌باشد، °۳۶۰
۲6 رادیان است.




شکل ۹۸ــ۲

**رابطه‌ی بین درجه، گراد و رادیان:** با توجه به تعاریف زاویه، گراد و رادیان می‌توانیم رابطه‌ی مقابل را بنویسیم.

$$\frac{D}{۳۶۰} . \frac{G}{۴۰۰} . \frac{R}{۲6}$$

ــ هرگاه آن‌را بر عدد ۲ ساده کنیم داریم :

$$\boxed{\frac{D}{۱۸۰} . \frac{G}{۲۰۰} . \frac{R}{6}}$$

**مثال ۲: ۴۵ درجه چند رادیان است؟**

**حل:** رابطه‌ی رادیان و درجه را می‌نویسیم.

$$\frac{D}{۱۸۰} . \frac{R}{6} \;, \; D \,.\, ۴۵$$

$$. \;\; \frac{۴۵}{۱۸۰} . \frac{R}{6} . \;\; \frac{۱}{۴} . \frac{R}{6} . \;\; ۴R \,.\, 6$$

ــ ۴۵ برحسب رادیان برابر است با :

$$R \,.\, \frac{6}{۴}$$

**نکته:** 6 رادیان، ۱۸۰ درجه و ۲۰۰ گراد می‌باشد.

**مثال ۳:** $\frac{6}{۵}$ رادیان چند درجه و چند گراد است.

**راه حل:** برای تبدیل به درجه به جای 6 رادیان، ۱۸۰ درجه را قرار می‌دهیم، پس :

$$\frac{6}{۵} \cdot \overset{\text{تبدیل به درجه}}{\cdots\text{ـ}} \frac{۱۸۰}{۵} \cdot ۳۶$$

ــ برای تبدیل به گراد به جای 6 رادیان، ۲۰۰ گراد را قرار می‌دهیم، پس :

$$\frac{6}{۵} \cdot \overset{\text{تبدیل به گراد}}{\cdots\text{ـ}} \frac{۲۰۰}{۵} \cdot ۴۰ \text{ گراد}$$

نکته : رادیان $\frac{6}{۱۸۰}$ . یک درجه و $\frac{۱۸۰}{6}$ . یک رادیان. می‌باشد :

$$\text{رادیان } \frac{6}{۱۸۰} \cdot R \qquad 6 \cdot ۱۸۰R \cdot \frac{R}{6} \cdot \frac{۱}{۱۸۰} \cdot ۱ \cdot D$$

$$\text{درجه } \frac{۱۸۰}{6} \cdot D \qquad \cdot ۱۸۰ \quad 6 \cdot D \cdot \frac{۱}{6} \cdot \frac{D}{۱۸۰} \cdot ۱ \cdot R$$

**مثال ۴:** ۳۰ درجه چند رادیان و $\frac{۲6}{۳}$ رادیان چند درجه است؟

**حل:** ۳۰ درجه برابر $\frac{6}{۶}$ رادیان است، زیرا :

$$\text{رادیان } \frac{6}{۶} \cdot \frac{6}{۱۸۰} \cdot ۳۰ \cdot ۳۰$$

ــ $\frac{۲6}{۳}$ رادیان برابر ۱۲۰ درجه است، زیرا :

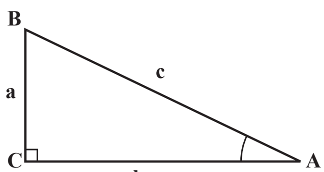
$$\frac{۲6}{۳} \cdot \frac{۲6}{۳} \cdot \frac{۱۸۰}{6} \cdot ۱۲۰$$

ــ در روش دوم به جای 6 رادیان، ۱۸۰ درجه را قرار می‌دهیم پس $\frac{۲6}{۳}$ برابر با :

$$\text{یا } \frac{۲6}{۳} \cdot \frac{۲(۱۸۰)}{۳} \cdot ۱۲۰$$

## نسبت‌های مثلثاتی

در مثلث قائم‌الزاویه شکل ۹۹ـ۲ بنابر قرارداد داریم :




شکل ۹۹ـ۲

سینوس زاویه‌ی A . $\frac{\text{ضلع مقابل به زاویه‌ی A}}{\text{وتر}}$ $\qquad$ $\sin A \,.\, \frac{a}{c}$

کسینوس زاویه‌ی A . $\frac{\text{ضلع مجاور به زاویه‌ی A}}{\text{وتر}}$ $\qquad$ $\cos A \,.\, \frac{b}{c}$

تانژانت زاویه‌ی A . $\frac{\text{ضلع مقابل به زاویه‌ی A}}{\text{ضلع مجاور به زاویه‌ی A}}$ $\qquad$ $\tan A \,.\, \frac{a}{b}$

کتانژانت زاویه‌ی A . $\frac{\text{ضلع مجاور به زاویه‌ی A}}{\text{ضلع مقابل به زاویه‌ی A}}$ $\qquad$ $\cot A \,.\, \frac{b}{a}$

**تمرین**

۱. با توجه به مثلث قائم‌الزاویه‌ی ABC در شکل ۹۹ــ۲ نسبت‌های مثلثاتی زاویه‌ی B را به‌دست آورید.

$\sin B \,.\, \frac{\boxed{\phantom{0}}}{\boxed{\phantom{0}}}$ , $\cos B \,.\, \frac{\boxed{\phantom{0}}}{\boxed{\phantom{0}}}$

$\tan B \,.\, \frac{\boxed{\phantom{0}}}{\boxed{\phantom{0}}}$ , $\cot B \,.\, \frac{\boxed{\phantom{0}}}{\boxed{\phantom{0}}}$

۲. با استفاده از نسبت‌های مثلثاتی در مثلث قائم‌الزاویه‌ی، ABC در شکل ۹۹ــ۲ نسبت مثلثاتی برابر را به هم وصل کنید.

| | |
|---|---|
| $a_۱)\ \sin A$ | $b_۱)\ \sin B$ |
| $a_۲)\ \cos A$ | $b_۲)\ \cos B$ |
| $a_۳)\ \tan A$ | $b_۳)\ \tan B$ |
| $a_۴)\ \cot A$ | $b_۴)\ \cot B$ |

**نتیجه:** اگر دو زاویه متمم باشند ( $\hat{A} . \hat{B} . ۹۰$ ) سینوس یکی برابر کسینوس دیگری و تانژانت یکی برابر با کتانژانت دیگری است (و برعکس)

مثلاً :

$۳۰ . ۶۰ . ۹۰ . \quad \sin ۳۰ . \cos ۶۰$

$\vdots \cos ۳۰ . \sin ۶۰$

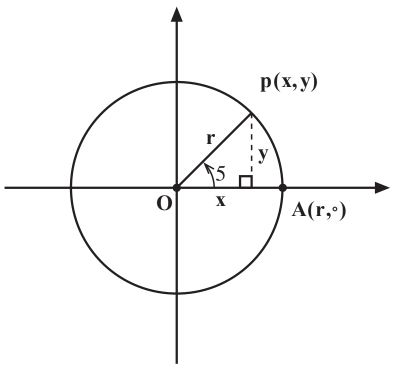
$\vdots \tan ۳۰ . \cot ۶۰$

$\vdots \cot ۳۰ . \tan ۶۰$

$۴۵ . ۴۵ . ۹۰ . \quad \sin ۴۵ . \cos ۴۵ \;,\; \tan ۴۵ . \cot ۴۵$

## فعالیت ۱۳ــ۲

از نقطه‌ی A روی دایره‌ی شکل ۱۰۰ــ۲ در جهت مثبت (خلاف جهت عقربه‌های ساعت) شروع به حرکت می‌نماییم و به نقطه‌ای مانند P(x,y) می‌رسیم. نسبت مثلثاتی $(\overset{8}{AOP})$ را بیابید.




شکل ۱۰۰ــ۲

$$r . \sqrt{x^۲ . y^۲}$$

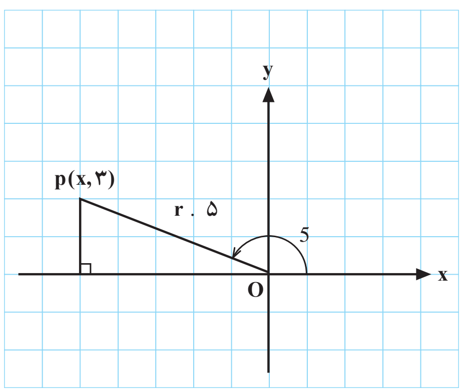
$$\sin 5 . \frac{\square}{r} \quad , \quad \cos 5 . \frac{\square}{r}$$

$$\tan 5 . \frac{\square}{\square} \quad , \quad \cot 5 . \frac{x}{y}$$

**مثال ۱:** در شکل ۱۰۱ــ۲، $\sin 5$، $\cos 5$ و $\tan 5$ را بیابید.

**حل:**

ــ برای پیدا کردن نسبت‌های مثلثاتی ابتدا باید $x_p$ را بیابیم.




شکل ۱۰۱ــ۲

ــ بنابر رابطه‌ی فیثاغورث داریم :

$$r^۲ . x^۲ . y^۲ . \quad ۵^۲ . x^۲ . ۳^۲ . \quad x^۲ . ۱۶$$

ــ چون نقطه‌ی p در ناحیه‌ی دوم است، $x_p$ منفی است.

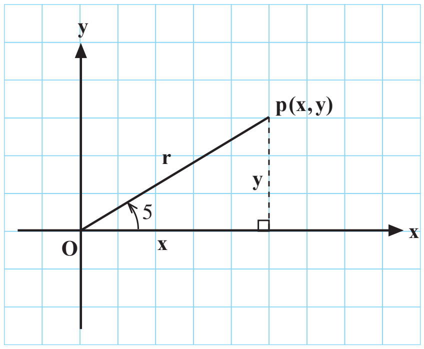
$$x - . ۴$$

ــ بنابراین داریم :

$$\sin 5 . \frac{y}{r} . \frac{۳}{۵} \;, \; \cos 5 . \frac{x}{r} . \frac{-۴}{۵} \;, \; \tan 5 . \frac{y}{x} . \frac{۳}{-۴}$$

## فعالیت ۱۴ــ۲

با توجه به تعاریف نسبت‌های مثلثاتی و شکل ۲ــ۱۰۲ جاهای خالی را پر کنید.




شکل ۲ــ۱۰۲

ــ بنابر رابطه‌ی فیثاغورث داریم : $r^{۲} \,.\, x^{۲} \,.\, y^{۲}$

سینوس $5 \,.\, \dfrac{\text{ضلع مقابل به زاویه‌ی } 5}{\text{وتر}}$ ‏ ۱) $\sin 5 \,.\, \dfrac{\square}{r}$

کسینوس $5 \,.\, \dfrac{\text{ضلع مجاور به زاویه‌ی } 5}{\text{وتر}}$ ‏ ۲) $\cos 5 \,.\, \dfrac{\square}{r}$

تانژانت $5 \,.\, \dfrac{\text{ضلع مقابل به زاویه‌ی } 5}{\text{ضلع مجاور به زاویه‌ی } 5}$ ‏ ۳) $\tan 5 \,.\, \dfrac{\square}{\square}$

کتانژانت $5 \,.\, \dfrac{\text{ضلع مجاور به زاویه‌ی } 5}{\text{ضلع مقابل به زاویه‌ی } 5}$ ‏ ۴) $\cot 5 \,.\, \dfrac{\square}{\square}$

۵) $\sin^{۲} 5 \,.\, \cos^{۲} 5 \,.\, (\frac{y}{r})^{۲} \,.\, (\frac{x}{r})^{۲} \,.\, \dfrac{\square}{\square} \,.\, \bigcirc$

ــ با توجه به شماره‌های ۱ و ۲ و طرفین و وسطین و جایگزینی x و y داریم :

۶) $\tan 5 \,.\, \dfrac{y}{x} \,.\, \dfrac{r\sin 5}{r\cos 5} \,.\, \dfrac{\sin 5}{\cos 5}$

ــ با توجه به ۱ و ۲ و تعریف کتانژانت داریم :

۷) $\cot 5 \,.\, \dfrac{x}{y} \,.\, \dfrac{\square}{\square} \,.\, \dfrac{\bigcirc}{\bigcirc}$

**نکته:** عبارات مقابل به ازای تمامی زوایای $\theta$ درست است بنابراین اتحاد مثلثاتی نامیده می‌شوند.

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

$$\tan\theta=\frac{\sin\theta}{\cos\theta}\ ,\ \cot\theta=\frac{\cos\theta}{\sin\theta}$$

**تمرین**

آیا عبارت روبه‌رو یک اتحاد مثلثاتی است؟ چرا؟

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

## فعالیت ۱۵ــ۲

الف) با توجه به اتحادهای مثلثاتی جاهای خالی را پر کنید.

$$1)\ \sin^2\theta=1-\boxed{\phantom{x}}\qquad 2)\ \cos^2\theta=1-\boxed{\phantom{x}}$$

ب) با توجه به حاصل‌ضرب تانژانت در کتانژانت جای خالی را پر کنید.

$$3)\ \tan\theta\times\cot\theta=1 \begin{cases}\tan\theta=\dfrac{1}{\boxed{\phantom{x}}}\\[2mm] \cot\theta=\dfrac{1}{\boxed{\phantom{x}}}\end{cases}$$

ج) با فرض $\sin\theta\neq 0$ دو طرف تساوی را بر $\sin^2\theta$ تقسیم کنیم : جای خالی را پر کنید.

$$4)\ \sin^2\theta+\cos^2\theta=1\Rightarrow$$

$$\frac{\sin^2\theta}{\sin^2\theta}+\frac{\cos^2\theta}{\sin^2\theta}=\frac{1}{\sin^2\theta}\Rightarrow$$

$$1+\boxed{\phantom{x}}=\frac{1}{\sin^2\theta}$$

بنابراین :

ــ هرگاه با فرض $\cos\theta\neq 0$ دو طرف تساوی مقابل را بر $\cos^2\theta$ تقسیم کنیم، جای خالی را پر کنید.

$$5)\ \sin^2\theta+\cos^2\theta=1$$

$$\frac{\sin^2\theta}{\cos^2\theta}+\frac{\cos^2\theta}{\cos^2\theta}=\frac{1}{\cos^2\theta}\Rightarrow$$

$$1+\boxed{\phantom{x}}=\boxed{\frac{1}{\cos^2\theta}}$$

**نتیجه:** بنابر فعالیت (۱۵ــ۲ــ الف) داریم :

۱) $\sin^{۲} 5 \;.\; ۱-\cos^{۲} 5 \;,\; \cos^{۲} 5 \;.\; ۱-\sin^{۲} 5$

بنابر فعالیت (۱۵ــ۲ــ ب) داریم :

۲) $\tan 5 \;.\; \cot 5 \;.\; ۱$ یا $\tan 5 \;.\; \frac{۱}{\cot 5}$ یا $\cot 5 \;.\; \frac{۱}{\tan 5}$

بنابر فعالیت (۱۵ــ۲ــ ج) داریم :

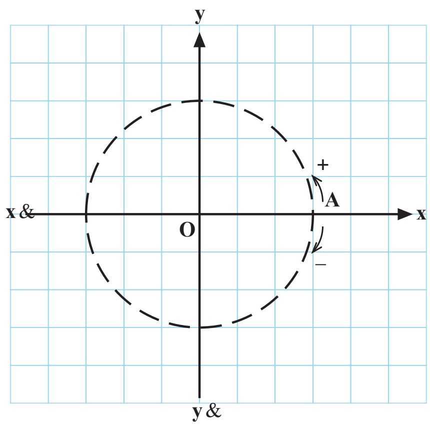
۳) $۱ \;.\; \tan^{۲} 5 \;.\; \frac{۱}{\cos^{۲} 5}$ یا $\cos^{۲} 5 \;.\; \frac{۱}{۱ \;.\; \tan^{۲} 5}$

بنابر فعالیت (۱۵ــ۲ــ د) داریم :

۴) $۱ \;.\; \cot^{۲} 5 \;.\; \frac{۱}{\sin^{۲} 5}$ یا $\sin^{۲} 5 \;.\; \frac{۱}{۱ \;.\; \cot^{۲} 5}$

## دایره‌ی مثلثاتی

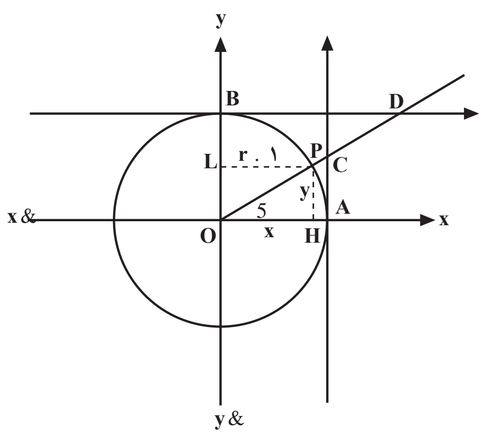
در دستگاه مختصات شکل ۱۰۳ــ۲ به کمک پرگار دایره‌ای به شعاع واحد (OA) رسم کنید. جهت دایره را خلاف جهت عقربه‌های ساعت در نظر بگیرید. به این دایره، دایره‌ی مثلثاتی می‌گویند.




شکل ۱۰۳ــ۲

## محورهای مثلثاتی

در شکل ۱۰۴ــ۲ دایره‌ای به مرکز مبدأ مختصات و شعاع واحد و جهت مخالف عقربه‌های ساعت (دایره‌ی مثلثاتی) را مشاهده می‌کنید.




شکل ۱۰۴ــ۲