

تابع

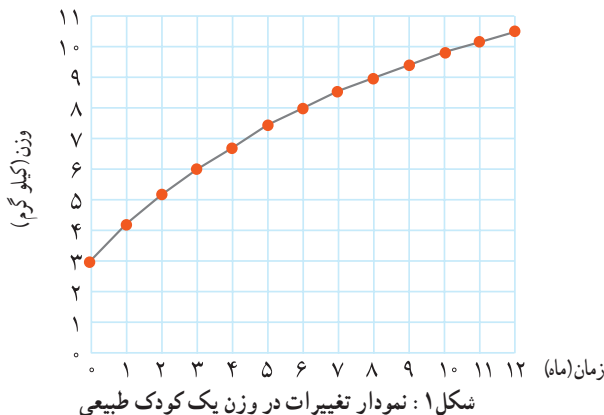


فصل ۲

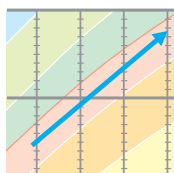


## مفهوم رابطه و تابع

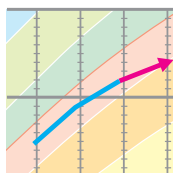
در موارد زیادی پدیده‌های پیرامون ما با یک‌دیگر در ارتباط هستند. به طور مثال «رشد» پدیده‌ای است که با زمان در ارتباط است. تغییرات رشد در موجودات زنده نوعی وابستگی به تغییرات زمان دارد. تغییرات در درجه حرارت و تغییرات ارتفاع به یک‌دیگر وابسته هستند. مساحت یک دایره به شعاع آن وابسته است. بنابراین طبیعی به نظر می‌رسد که این ارتباط‌ها را به طور دقیق‌تر مطالعه کنیم و در نتیجه کنترل و آگاهی بیشتری در مورد آن‌ها و نیز اسرار خلقت داشته باشیم. شاید بیشتر شما نمودارهای وزن و یا قد یک کودک از بدو تولد تا هنگام ورود به مدرسه را دیده باشید. شکل (۱) نمودار تغییرات وزن یک کودک طبیعی را از هنگام تولد تا یک سالگی نشان می‌دهد<sup>۱</sup>.



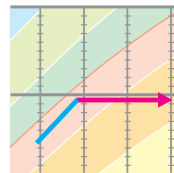
هنگامی که پزشکان می‌خواهند در مورد رشد وزن یک کودک اظهار نظر کنند، نمودار وزن او را با نمودار شکل (۱) مقایسه می‌کنند. در مقایسه‌ی نمودار وزن هر کودک با نمودار شکل (۱)، چهار وضعیت متفاوت ممکن است رخ دهد که در شکل (۲) نشان داده شده‌اند.



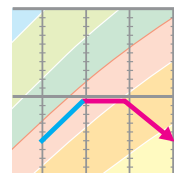
(الف) رشد مطلوب



(ب) کندی رشد



(ج) توقف رشد



(د) افت رشد

شکل ۲

۱. برای سادگی یک نمونه از نمودارهای واقعی ارائه شده است.



جدول زیر نشان دهنده وزن یک کودک است که در پایان هر ماه طی یک سال، توسط پزشک (یا یک مرکز بهداشتی) ثبت شده است.

زمان (ماه)	۰	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
وزن (کیلوگرم)	۲/۸	۳/۳	۴/۲	۵	۵	۵	۴/۸	۴/۵	۵/۵	۶/۵	۷/۲	۸	۸/۵

الف) به نظر شما در فاصله زمانی تولد تا سه ماهگی، رشد کودک با کدام یک از چهار وضعیت نشان داده شده در شکل (۲) مطابقت دارد؟

ب) در چه فاصله‌ی زمانی وزن او ثابت مانده است؟

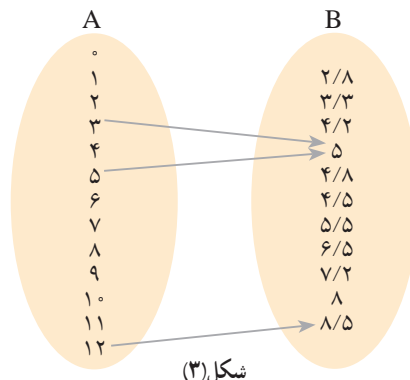
ج) اعداد داده شده در جدول را روی شکل (۱) مشخص کنید. نقاط به دست آمده را به یک دیگر وصل کنید تا نمودار جدیدی به دست آید. با مقایسه‌ی این نمودار با نمودار اصلی، رشد کودک از نظر وزن را در طی یک سال بررسی کنید.

اگرچه وزن کودک در فاصله‌ی بین ماه‌ها اندازه‌گیری نشده بود ولی به کمک نموداری که رسم کرده‌اید، می‌توانید وزن او را در فاصله‌ی بین ماه‌ها نیز به صورت تقریبی تعیین کنید.

اطلاعات داده شده در جدول را علاوه بر این که به صورت یک نمودار می‌توان ارائه کرد، به صورت‌های دیگر نیز می‌توان نمایش داد. مثلاً، می‌توانیم ماه‌های یک سال را در مجموعه‌ای مانند A و وزن‌های نظیر کودک در هر ماه را در مجموعه‌ای مانند B نمایش دهیم (شکل ۳). همچنین برای نشان دادن وابستگی و ارتباط بین این دو مجموعه، هر عدد در مجموعه‌ی A را با یک پیکان، به عدد نظیر آن در مجموعه‌ی B وصل می‌کنیم. این گونه نمایش رابطه‌ی بین دو مجموعه را «نمودار ون» می‌نامند.



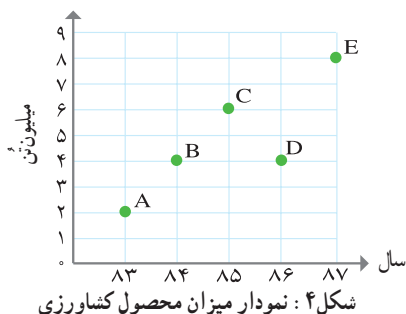
با توجه به فعالیت بالا، نمودار ون داده شده در شکل (۳) را تکمیل کنید :



هر یک از سه روشی که برای نشان دادن وابستگی و ارتباط بین دو مجموعه ذکر شد (جدول، نمودار و نمودار ون) دارای مزایایی است. شیوه و نوع مطالعه پدیده‌ها، بر استفاده از یک یا چند نوع نمایش تأثیر می‌گذارد. در هر حال هر یک از سه نمایش ذکر شده، نمایش یک «رابطه» یا وابستگی بین اعضای دو مجموعه هستند.



۱- شکل (۴) نمودار میزان تولید یک محصول کشاورزی را در طی سال‌های ۱۳۸۳ تا ۱۳۸۷ نشان می‌دهد.



(الف) نمایش‌های دیگر این رابطه (جدول و نمودار ون) را ارائه کنید.

(ب) نقاط A و B و C و D و E هر یک چه چیزی را بازگو می‌کنند؟

(ج) آیا این امکان وجود دارد که در یک سال معین، میزان محصول به دست آمده دو عدد متفاوت باشد؟! آیا سال‌هایی را می‌توان یافت که میزان محصول تولید شده در آن سال‌ها یکسان باشد؟

اگر در شکل (۴) محور افقی را محور طول و محور عمودی را محور عرض در نظر بگیریم، مختصات هر یک از نقاط داده شده را می‌توان با یک «زوج» از اعداد به صورت زیر نمایش داد:

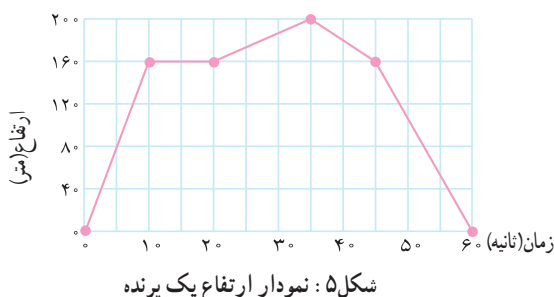
$A(۸۳, ۲)$     $B(۸۴, ۴)$     $C(۸۵, ۶)$     $D(۸۶, ۴)$     $E(۸۷, ۸)$

ترتیب نوشتن اعداد در هر زوج مهم است. مثلاً زوج‌های  $(۸۳, ۲)$  و  $(۲, ۸۳)$  برابر نیستند و دو نقطه متفاوت را در یک دستگاه مختصات نشان می‌دهند. از این جهت به هر یک از زوج‌های متناظر با نقاط A تا E یک «زوج مرتب» می‌گوییم. حال اگر همه این زوج‌های مرتب داده شده را در مجموعه‌ای قرار دهیم، یک نمایش دیگر برای رابطه ارائه شده در فعالیت (۲) به دست می‌آید.

مجموعه‌ی:  $\{(۸۳, ۲), (۸۴, ۴), (۸۵, ۶), (۸۶, ۴), (۸۷, ۸)\}$

نمایش زوج مرتبی رابطه‌ی داده شده می‌باشد. در زوج مرتب  $(۸۵, ۶)$ ، ۸۵ را مؤلفه‌ی اول و ۶ را مؤلفه‌ی دوم می‌نامیم.

۲- شکل (۵) نمودار ارتفاع پرواز یک پرندۀ از سطح زمین را، در طی ۱ دقیقه نشان می دهد.



- الف) چه تفاوت ظاهری بین این نمودار و نمودار فعالیت (۲) مشاهده می کنید؟  
 ب) این نمودار، رابطه ی بین چه مجموعه هایی را نشان می دهد؟  
 ج) از بین چهار نمایش مختلفی که برای این رابطه می شناسید، به نظر شما کدام یک مناسب تر است؟  
 د) آیا این امکان وجود دارد که پرندۀ در یک زمان معین در دو ارتفاع متفاوت از سطح زمین باشد؟  
 هـ) آیا زمان هایی وجود دارند که در آن ها پرندۀ ارتفاعی یکسان از سطح زمین داشته باشد؟



شهرهای تهران، مشهد، اصفهان، شیراز و تبریز در یک سطر جدول زیر نوشته شده اند. در سطر دیگر جمعیت آن شهرها را به طور تقریبی بنویسید.

شهر	تهران	مشهد	اصفهان	شیراز	تبریز
جمعیت (میلیون نفر)					

- الف) با استفاده از محورهای مختصات نموداری برای رابطه ی داده شده در جدول رسم کنید. همچنین این رابطه را با نمودار ون نمایش دهید.  
 ب) آیا امکان دارد که یک شهر دو جمعیت مختلف داشته باشد؟ آیا به طور کلی این امکان وجود دارد که دو یا چند شهر جمعیتی یکسان باشند؟

## مفهوم تابع

در این جا ویژگی های مشترک رابطه های ذکر شده در صفحات قبل را مرور می کنیم. همان طور که در مورد تغییرات وزن یک کودک دیدید، این امکان وجود دارد که در پایان همه ی ماه ها، کودک

دارای وزن‌های متفاوت باشد (نمودار رشد یک کودک معمولی). همچنین ممکن است در پایان دو یا چند ماه مختلف دارای وزنی یکسان باشد و به عبارت دیگر وزن او ثابت مانده باشد. اما :

غیر ممکن است که یک کودک «در پایان یک ماه معین دو یا چند وزن متفاوت داشته باشد».  
غیر ممکن است که در پایان یک سال معین «میزان محصول به دست آمده دو یا چند مقدار متفاوت باشد».  
همچنین غیر ممکن است که یک پرندۀ «در یک زمان معین در دو یا چند ارتفاع متفاوت باشد».  
و سرانجام غیر ممکن است که یک شهر «در یک زمان معین دارای دو یا چند جمعیت متفاوت باشد».

چه مفهوم مشترکی در همه‌ی این رابطه‌ها پیدا می‌کنید؟ در ریاضیات به چنین رابطه‌هایی یک «تابع» گفته می‌شود. به عبارت دقیق‌تر :

یک تابع از مجموعه‌ی  $A$  به مجموعه‌ی  $B$ ، رابطه‌ای بین این دو مجموعه است که در آن به هر عضو از  $A$  دقیقاً یک عضو از  $B$  نظیر می‌شود.

می‌توان با استفاده از نمایش‌های مختلف یک رابطه، در مورد تابع بودن آن رابطه قضاوت کرد. مثلاً به کمک نمودار ون می‌توان تابع بودن یک رابطه را بررسی کرد. به عبارت دیگر با توجه به مفهوم تابع :

یک رابطه بین مجموعه‌ی  $A$  و مجموعه‌ی  $B$  که با نمودار ون نمایش داده شده است، تنها در صورتی تابع است که از هر عضو  $A$  دقیقاً یک پیکان خارج شود.

این نکته را می‌توان به عنوان معیاری برای تشخیص تابع بودن یک رابطه با استفاده از نمودار ون در نظر گرفت.

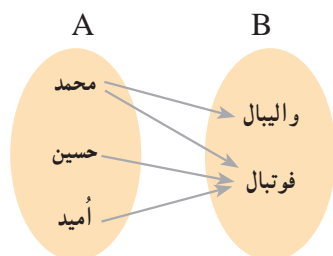
با تکمیل جملات زیر برای تشخیص تابع بودن یک رابطه، هنگامی که آن رابطه به صورت نمودار یا زوج مرتب ارائه می‌شود، معیارهایی به دست آورید.

اگر نمودار یک رابطه داده شده باشد، هنگامی این نمودار یک تابع است که هر خط موازی محور عرض ها نمودار را حداکثر.....

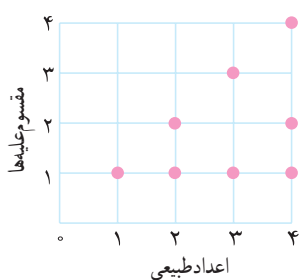
اگر یک رابطه به صورت مجموعه زوج های مرتب داده شده باشد، هنگامی این مجموعه تابع است که هیچ دو زوج مرتب متمایزی<sup>۱</sup> در آن.....

توجه داشته باشید که ممکن است یک رابطه ی دلخواه، تابع نباشد. به طور مثال رابطه های زیر تابع نیستند.

مثال



۱- فرض کنید مجموعه ی A شامل سه دانش آموز به نام های محمد، حسین و امید و مجموعه ی B شامل ورزش های مورد علاقه ی آنها یعنی والیبال و فوتبال باشد. چرا این رابطه یک تابع نیست؟



۲- نمودار مقابل رابطه ی بین مجموعه ی اعداد طبیعی ۱ تا ۴ و مجموعه ای که شامل مقسوم علیه های این اعداد است، را نشان می دهد. در این رابطه هر عدد به مقسوم علیه های آن نظیر می شود.

چرا این نمودار یک تابع را نشان نمی دهد؟ سه نمایش دیگر این رابطه را که می شناسید، ارائه کنید و توضیح دهید که چرا این نمایش ها، نمایشی از یک تابع نیستند.

مثال

۱- در هر یک از موارد زیر رابطه ای بین دو پدیده ذکر شده است. توضیح دهید که چگونه این رابطه ها را می توان به کمک یک تابع توصیف کرد؟

رابطه ی بین افراد و قد آنها

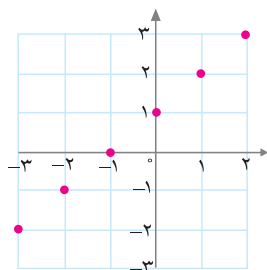
رابطه ی بین افراد و وزن آنها

۱. دو زوج مرتب (a,b) و (c,d) مساوی هستند هرگاه  $a=c$  و  $b=d$  در غیر این صورت دو زوج مرتب را متمایز می نامیم.

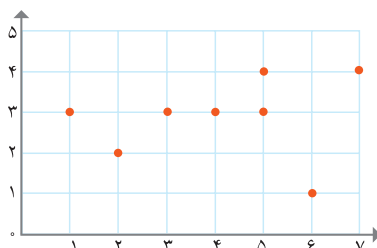
رابطه‌ی بین افراد و سن آن‌ها  
 رابطه‌ی بین دانش‌آموزان یک کلاس و نمره‌ی ریاضی پایان ترم آن‌ها  
 رابطه‌ی بین سال‌های مختلف و میزان بودجه‌ی اختصاص یافته به آن سال‌ها در یک کشور  
 رابطه‌ی بین افراد و دمای بدن آن‌ها در یک زمان خاص  
 رابطه‌ی بین مستطیل‌ها و محیط آن‌ها  
 آیا می‌توانید رابطه‌های دیگری را مثال بزنید که تابع باشند؟  
 چند رابطه مثال بزنید که تابع نباشند.

کدام یک از رابطه‌هایی که به صورت‌های متفاوت در مسائل ۲، ۳، ۴ و ۵ نمایش داده شده‌اند، یک تابع هستند؟

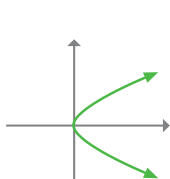
۲- نمودار



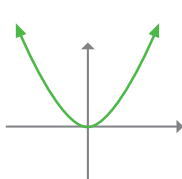
(الف)



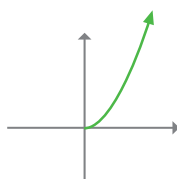
(ب)



(ج)



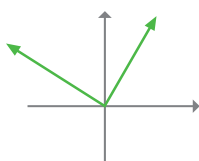
(د)



(هـ)



(و)



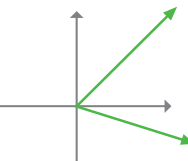
(ز)



(ح)



(ط)



(ی)



### ۳- جدول

x	۲	۹	۰	۵	-۱
y	۱	۰	۲	۴	۴

(الف)

x	۱	۲	۳	۴	۵	...
y	۶	۷	۸	۹	۱۰	...

(ب)

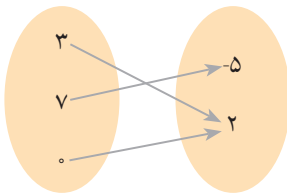
x	$\frac{1}{3}$	-۲	۵	-۲	۷	۱۰
y	$\frac{1}{3}$	۱	۵	۴	۵	$\sqrt{2}$

(ج)

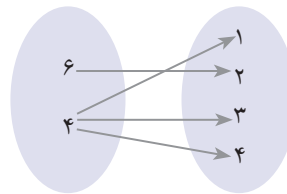
x	۲	۸	۷	۴	۸
y	۲	۷	۷	۹	۴

(د)

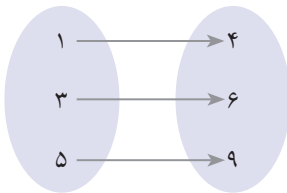
### ۴- نمودارون



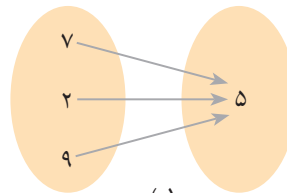
(الف)



(ب)



(ج)



(د)

### ۵- زوج‌های مرتب

الف  $\{(2, 1), (3, -5), (3, 7)\}$

ب  $\{(0, 1), (\frac{3}{5}, 1), (-5, 1), (8, 1)\}$

ج  $\{(1, 1), (2, 2), (\frac{1}{3}, \frac{1}{3}), (-4, -4)\}$

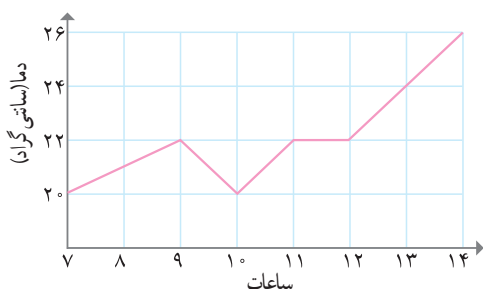
د  $\{(5, 2)\}$

هـ  $\{(2, 3), (0, -6), (0, 3), (\sqrt{7}, 1)\}$

و  $\{(2, 3), (3, 2), (1, 1)\}$

۶- اگر بدانیم رابطه‌ی زیر یک تابع است، مقادیر  $a$  و  $b$  را به دست آورید و نمودار تابع را رسم کنید.

$$\{(a-1, 2), (5, a-2), (a-2, b+3), (3, 5), (5, 3)\}$$



۷- نمودار مقابل تغییرات در دمای یک شهر از ساعت ۷ صبح تا ۱۴ بعد از ظهر را نشان می‌دهد.

آیا این نمودار یک تابع را نشان می‌دهد؟  
بیشترین و کمترین دمای ثبت شده چه قدر هستند؟

در کدام ساعات دما ثابت مانده است؟

چگونه به کمک نمودار می‌توان همه‌ی زمان‌هایی را مشخص کرد که دمای هوا در آن زمان‌ها یک مقدار معین است؟

۸- کدام یک از نمودارهای زیر، می‌تواند نمایشگر ارتفاع هواپیمایی باشد که از یک فرودگاه بلند می‌شود، مدتی در آسمان پرواز می‌کند و سپس فرود می‌آید؟



نمودارهای دیگر چه چیزهایی را می‌توانند نشان دهند؟ آیا هر سه نمودار تابع هستند؟

## دامنه و برد توابع

جدول زیر رابطه‌ی بین ساعتی از روز و دمای بدن یک فرد بیمار را نشان می‌دهد:

ساعات روز	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
دمای بدن (سانتی گراد)	۴۰	۳۸	۳۷	۳۷	۳۷

اطلاعات داده شده در جدول را چگونه تفسیر می‌کنید؟  
نمایش رابطه داده شده به صورت زوج‌های مرتب از این قرار است:

$$\{(8, 40), (9, 38), (10, 37), (11, 37), (12, 37)\}$$

مجموعه‌ی همه‌ی مؤلفه‌های اول زوج‌های مرتب تشکیل دهنده‌ی هر رابطه را «دامنه» رابطه می‌نامند. بنابراین دامنه‌ی رابطه‌ی داده شده برابر است با مجموعه‌ی:  $A = \{۸, ۹, ۱۰, ۱۱, ۱۲\}$   
مجموعه‌ی مؤلفه‌های دوم زوج‌های مرتب تشکیل دهنده هر رابطه را «برد» رابطه می‌نامند. بنابراین برد رابطه‌ی داده شده برابر است با مجموعه‌ی:  $B = \{۳۷, ۳۸, ۴۰\}$ .



الف) اگر بخواهیم با استفاده از جدول داده شده، دامنه و برد رابطه را بیابیم چگونه این کار را انجام دهیم؟  
ب) نمایش‌های دیگر این رابطه را ارائه کنید و دامنه و برد رابطه را از آن‌ها تعیین کنید. آیا می‌توانید روشی برای یافتن دامنه و برد از نمایش‌های مختلف یک رابطه ارائه دهید؟  
ج) چرا رابطه‌ی داده شده یک تابع است؟  
توجه داریم که دامنه و برد یک تابع دقیقاً مشابه دامنه و برد یک رابطه تعریف می‌شود، بنابراین:

مجموعه‌ی همه‌ی مؤلفه‌های اول زوج‌های مرتب تشکیل دهنده یک تابع را «دامنه»  
و مجموعه‌ی همه مؤلفه‌های دوم زوج‌های مرتب تشکیل دهنده یک تابع را «برد» تابع می‌نامند.

دامنه‌ی تابع مورد بحث در فعالیت قبل مجموعه  $A = \{۸, ۹, ۱۰, ۱۱, ۱۲\}$  و برد آن مجموعه  $B = \{۳۷, ۳۸, ۴۰\}$  می‌باشد.

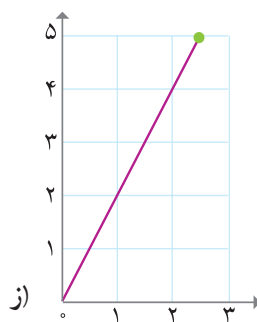
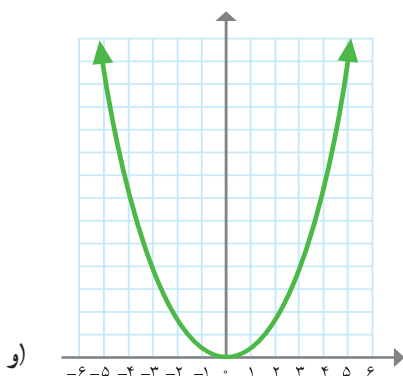
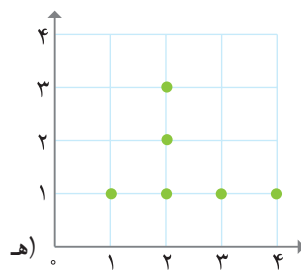
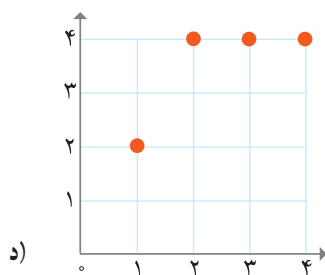
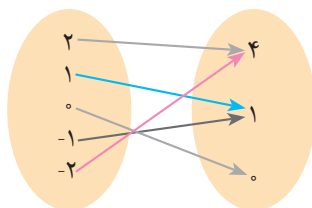


۱- دامنه و برد رابطه‌های زیر را که به شکل‌های مختلفی ارائه شده‌اند به دست آورید. در هر مورد تابع بودن رابطه‌ی داده شده را نیز بررسی کنید.

الف)  $\{(۲, ۳), (-۳, ۵), (۲, ۷)\}$   
ب)

متوازی الاضلاع	مستطیل	مربع	مثلث	چند ضلعی
۳۶۰	۳۶۰	۳۶۰	۱۸۰	مجموع زوایای داخلی (درجه)

ج)



۲- تابعی مثال بزنید که :

الف) دامنه‌ی آن تنها شامل دو عضو باشد.

ب) برد آن تنها از یک عضو تشکیل شده باشد.

ج) دامنه‌ی آن تنها یک عضو داشته باشد.

د) دامنه‌ی آن نامتناهی باشد ولی برد آن تنها یک عضو داشته باشد.

ه) دامنه و برد آن نامتناهی باشند.

## توابع خطی

### نام گذاری توابع

همان گونه که مجموعه ها، بردارها، خطوط و بسیاری از مفاهیم ریاضی را نام گذاری می نماییم، برای رابطه ها و توابع نیز می توان نام هایی را انتخاب کرد. معمولاً رابطه ها را با حروفی مانند  $R$  و  $S$  و  $T$  و ... و توابع را با حروفی مانند  $f$  و  $g$  و  $h$  و ... نام گذاری می کنیم.<sup>۱</sup> به طور مثال:

$$R = \{(1, 2), (3, 5), (1, 7)\}$$

$$S = \{(0, -2), (4, 7)\}$$

$R$  و  $S$  دو رابطه هستند. رابطه ی  $S$  تابع نیز هست ولی رابطه ی  $R$  تابع نیست.

همچنین  $f$  و  $g$  که به صورت زیر تعریف شده اند، دو تابع هستند:

$$f = \left\{ \left( \frac{1}{4}, -3 \right), (4, 5), (2, 2) \right\}$$

$$g = \{(2, 5), (3, 7), (4, 9)\}$$

در سال گذشته در درس ریاضی ۱ با روابط خطی آشنا شده اید. رابطه ی بین بسیاری از پدیده ها، یک رابطه ی خطی است.



وقتی که آذرخش رخ می دهد، اندکی پس از دیدن نور آن، صدای آن را می شنویم. در جدول زیر زمان شنیده شدن صدای آذرخش پس از مشاهده نور آن و نیز فاصله ی ما، تا مکانی که آذرخش به وقوع پیوسته است، داده شده است. زمان را با  $t$  و مسافت را با  $h$  نمایش می دهیم.

$t$ (ثانیه)	۰	۱	۲	$\frac{5}{2}$	۳	۴	۵	۶	۹	۱۲	...
$h$ (کیلومتر)	۰	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{5}{6}$	۱	$\frac{4}{3}$	$\frac{5}{3}$	۲	۳	۴	...

(الف) چه رابطه ای بین زمان و مسافت وجود دارد؟ این رابطه را با کلام خود توضیح دهید.

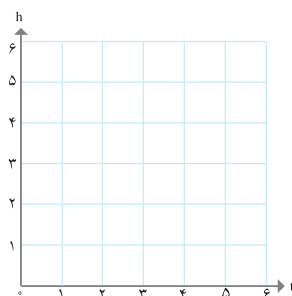
۱.  $R$  ابتدای کلمه انگلیسی Relation است که به معنی رابطه و  $f$  ابتدای کلمه function می باشد که به معنی تابع است.

ب) زمان‌های دیگری را مثال بزنید و فاصله‌ی (مسافت) متناظر را حساب کنید. به طور کلی به جای  $t$  چه اعدادی می‌توانیم قرار دهیم؟ آیا همه‌ی زمان‌های ممکن را می‌توان در جدول ارائه کرد؟

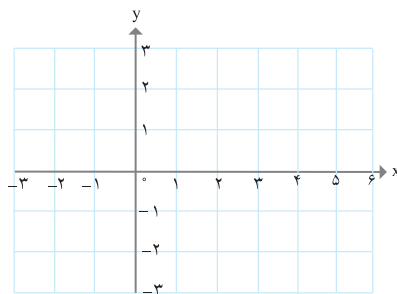
ج) به کمک آن چه که در ریاضی ۱ آموخته‌اید، معادله‌ی این رابطه را می‌توان به صورت  $h = \frac{1}{3}t$  (یا  $h = \frac{t}{3}$ ) نمایش داد. نمودار این رابطه را در (شکل الف) رسم کنید و دامنه و برد آن را به دست آورید.

د) از بین نمایش‌هایی که می‌شناسید، کدام نمایش رابطه‌ی داده شده را بهتر توصیف می‌کند؟ همان گونه که دیده می‌شود، رابطه‌ی داده شده یک تابع است.

ه) نمودار خط  $y = \frac{1}{3}x$  را (در شکل ب) رسم کنید و آن را با نمودار رابطه‌ی  $h = \frac{t}{3}$  که در شکل الف رسم کرده‌اید، مقایسه کنید. چه شباهت‌ها و تفاوت‌هایی بین دو نمودار مشاهده می‌کنید.



(الف)



(ب)

تفاوت مهم این دو رابطه در آن است که برای  $t$  مقدارهای منفی را نداریم درحالی که برای  $x$  مقادیر منفی را نیز در نظر گرفته‌ایم. به جز این نکته، اگر به جای  $t$ ،  $x$  و به جای  $h$ ،  $y$  را قرار دهیم رابطه‌ی داده شده برای زمان و مسافت آذرخش یعنی  $h = \frac{1}{3}t$ ، به معادله‌ی  $y = \frac{1}{3}x$  تبدیل می‌شود. این چنین توابعی را توابع خطی می‌نامیم.

هر تابع که بتوان آن را به شکل  $y = ax + b$  نمایش داد، یک تابع خطی نامیده می‌شود.

هر دو نمودار الف و ب در فعالیت قبل توابعی را مشخص می‌کنند که با معادله‌ی  $y = \frac{1}{3}x$  قابل

نمایش هستند، اما دامنه‌های این دو تابع و برد آن‌ها نیز متفاوتند. دامنه و برد تابع آذرخش، مجموعه اعداد حقیقی نامنفی است، در حالی که دامنه و برد تابع دیگر مجموعه اعداد حقیقی است.



۱- یک شمع ۲۰ سانتی‌متر ارتفاع دارد و در هر ساعت ۴ سانتی‌متر می‌سوزد. پس از چند ساعت شمع خاموش خواهد شد؟ جدولی تنظیم کنید و در طی ساعات مختلف ارتفاع شمع را محاسبه کنید.

$x$ (زمان)	۰	۱	۲	۳	۴	۵
$y$ (ارتفاع شمع)						

نمودار این تابع را رسم کنید.

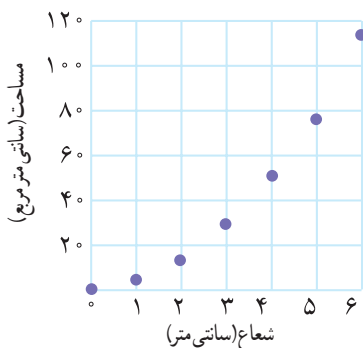
چرا این تابع، یک تابع خطی است؟

۲- آیا خط  $x = 2$  را می‌توان به عنوان یک تابع در نظر گرفت؟ چرا؟ در مورد خط  $y = 5$  چه طور؟ در حالت کلی چه موقع یک خط را می‌توان یک تابع نیز در نظر گرفت؟

۳- معادله‌ای برای هر یک از توابع خطی داده شده با جدول‌های زیر بنویسید.

$x$	۰	۱	۲	۳	۴	۵
$y$	۱	۴	۷	۱۰	۱۳	۱۶

$x$	۲	۴	۶	۸	۱۰	۱۲
$y$	۶	۴	۲	۰	-۲	-۴



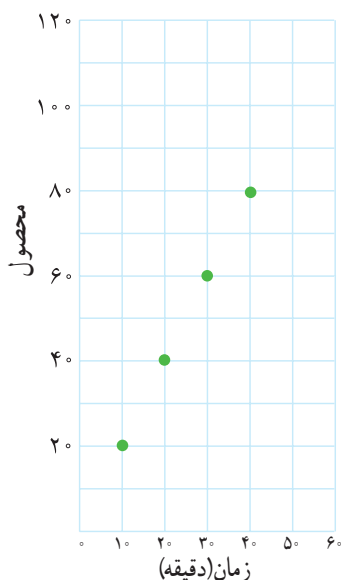
۱- نمودار مقابل رابطه‌ی بین شعاع و مساحت دایره را نشان می‌دهد.

درستی یا نادرستی هر یک از گزاره‌های داده شده در مورد این نمودار را بررسی کنید.

(الف) رابطه‌ی داده شده یک تابع است.

(ب) رابطه‌ی داده شده یک تابع خطی است.

(ج) با افزایش شعاع مساحت نیز افزایش پیدا می‌کند.



۲- نمودار مقابل تعداد تولید یک نوع اسباب بازی را در یک کارخانه در پایان فاصله‌های زمانی ۱۰ دقیقه نشان می‌دهد. پیش‌بینی شما برای تعداد اسباب‌بازی‌های تولید شده پس از یک ساعت چیست؟

(الف) پس از پایان ۲۵ دقیقه مناسب‌ترین پیش‌بینی برای تعداد محصول چیست؟

(ب) زمان‌های دیگری را مثال بزنید و تعداد محصول تولید شده در پایان آن زمان را حدس بزنید.

(ج) نمودار داده شده با نمودار چه خطی قابل مقایسه است؟ آیا می‌توانید رابطه‌ای ریاضی برای تعداد محصول تولیدی در هر دقیقه به دست آورید؟

(د) توضیح دهید که چرا این نمودار تابعی را مشخص می‌کند.

۳- سودی که از تولید یک کالا توسط یک شرکت حاصل می‌شود از معادله‌ی  $y = -300 + 6x$  به دست می‌آید. در این معادله،  $x$  تعداد کالای تولیدی و  $y$  سود حاصل بر حسب تومان است.

(الف) نمودار این خط را رسم کنید.

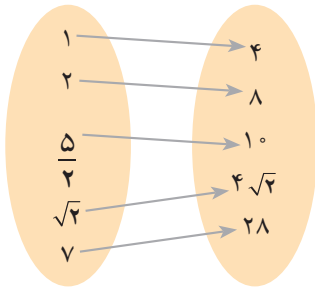
(ب) سود این شرکت را وقتی که تعداد کالاهای تولید شده برابر ۱۰۰۰۰ و ۱۰۰۰۰۰ است به دست آورید.

(ج) محل برخورد خط  $y = -300 + 6x$  با محور  $x$ ها چه چیزی را نشان می‌دهد؟ این شرکت

باید حداقل چه تعداد از این کالا تولید کند، تا سود دهی آغاز شود؟



## وارون یک رابطه



رابطه‌ی بین طول ضلع یک مربع و محیط آن را در نظر می‌گیریم. طول ضلع یک مربع چه اعدادی می‌تواند باشد؟ برای پنج طول ضلع متفاوت، این رابطه به صورت نمودار ون نشان داده شده است:

دامنه‌ی رابطه‌ی بالا مجموعه‌ی

$$A = \left\{ 1, 2, \frac{5}{2}, \sqrt{2}, 7 \right\}$$

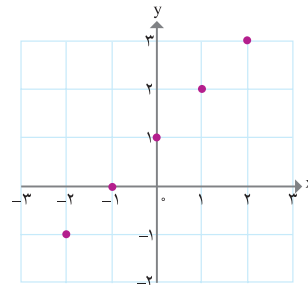
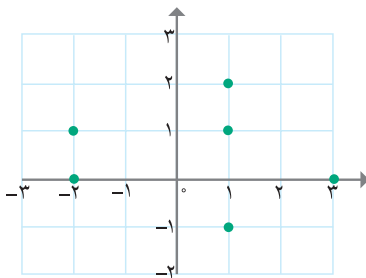
و برد آن مجموعه‌ی  $B = \{4, 8, 10, 4\sqrt{2}, 28\}$  است. نمایش زوج مرتبی رابطه‌ی بالا عبارت است از:  $R = \{(1, 4), (2, 8), (\frac{5}{2}, 10), (\sqrt{2}, 4\sqrt{2}), (7, 28)\}$  اگر جای مؤلفه‌های اول و دوم را در هر یک از زوج‌های مرتب رابطه عوض کنیم، رابطه‌ای به دست می‌آید که به آن وارون رابطه داده شده می‌گویند و با نماد  $R^{-1}$  نمایش می‌دهند. بنابراین:

$$R^{-1} = \{(4, 1), (8, 2), (10, \frac{5}{2}), (4\sqrt{2}, \sqrt{2}), (28, 7)\}$$

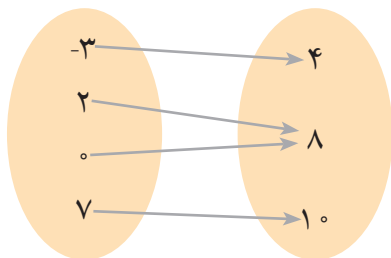
دامنه و برد  $R^{-1}$  به ترتیب با برد و دامنه‌ی  $R$  برابر است. همان‌طور که دیدید، وارون یک رابطه نیز، خود یک رابطه است.



هر یک از رابطه‌های زیر را به صورت مجموعه‌ای از زوج‌های مرتب بنویسید و سپس وارون آن را به دست آورید.



x	y
۱	۵
۲	۱۰
۳	۱۵
۴	۲۰
۵	۲۵

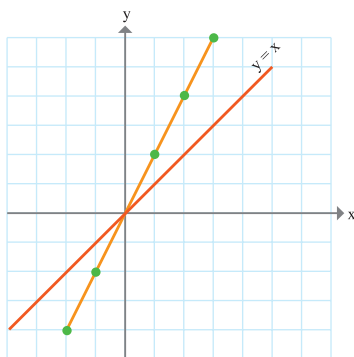
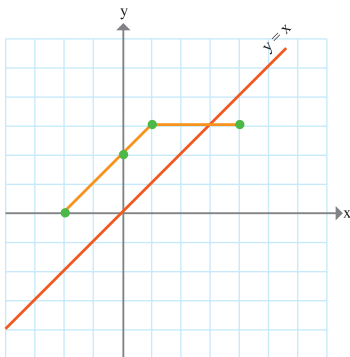


الف) وارون رابطه‌های داده شده در تمرین در کلاس قبل را با همان نمایش رابطه‌ی داده شده ارائه کنید.

ب) در حالت کلی اگر یک رابطه به صورت نمودار ون یا جدول نمایش داده شده باشد، وارون آن چگونه به دست می‌آید؟

در حالتی که رابطه‌ای به صورت یک نمودار نمایش داده شده باشد، با پیدا کردن قرینه‌ی هر نقطه از نمودار نسبت به خط  $y = x$  (یا همان نیمساز ناحیه‌ی اول و سوم)، نمودار وارون آن رابطه به دست می‌آید.

۱- در شکل‌های زیر نمودار دو رابطه و خط  $y = x$  رسم شده‌اند. به کمک نقاط مشخص شده، نمودار وارون این رابطه‌ها را رسم کنید. کدام یک از این رابطه‌ها و وارون آن هر دو تابع هستند؟



- ۲- الف) کدام یک از رابطه‌های داده شده در تمرین در کلاس، تابع هستند؟  
 ب) کدام یک از رابطه‌های تمرین در کلاس و وارون آن، هر دو تابع هستند؟  
 ج) اگر رابطه‌ای تابع باشد، آیا وارون آن رابطه هم تابع است؟

۳- وارون کدام یک از توابع مقابل، خود یک تابع است؟  
 $f = \left\{ (0, 2), (1, 5), \left(4, \frac{1}{4}\right) \right\}$

$g = \{ (7, 2), (5, 2) \}$

همان‌طور که مشاهده کردید وارون هر رابطه، خود یک رابطه است. اما اگر رابطه‌ای تابع باشد، وارون آن رابطه لزوماً یک تابع نمی‌باشد.

اگر وارون تابعی مانند  $f$ ، خود نیز یک تابع باشد، آن را «تابع وارون»  $f$  می‌نامیم (تابع معکوس). در این صورت  $f$  را وارون پذیر (معکوس پذیر) می‌نامند. تابع وارون  $f$  را با نماد  $f^{-1}$  نمایش می‌دهیم.

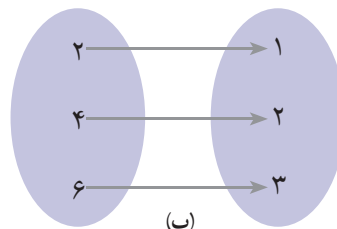
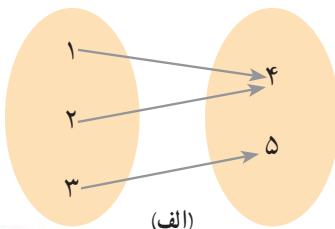
## توابع یک به یک

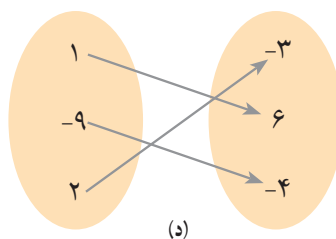
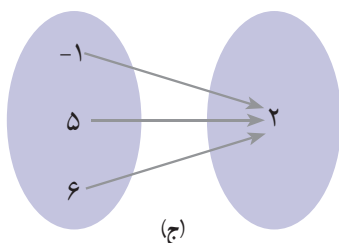
سؤال اساسی این است که چه توابعی وارون پذیرند؟ یعنی یک تابع باید چه شرطی داشته باشد تا وارون آن هم یک تابع باشد. واضح است که همه توابع چنین خاصیتی ندارند. به عبارت دیگر باید دنبال رابطه‌هایی بگردیم که علاوه بر تابع بودن، دارای ویژگی‌های دیگری نیز باشند.

در ادامه تعدادی تابع به صورت نمودار ون داده شده‌اند.

الف) وارون کدام یک از آن‌ها تابع است؟

ب) ویژگی مشترک آن‌هایی که وارون‌شان نیز تابع است، چیست؟





وارون هر یک از توابع داده شده را می توان (با عوض کردن جهت پیکان ها در نمودارهای ون) به دست آورد. همان گونه که دیدید، فقط وارون توابع داده شده در (ب) و (د) نیز، خود تابع می باشند و وارون توابع داده شده در (الف) و (ج) تابع نمی باشند (چرا؟).

در توابع (الف) و (ج) حداقل به عضوی از مجموعه ی دوم پیش از یک پیکان وارد شده است. این موضوع درباره ی توابع (ب) و (د) اتفاق نمی افتد. این ویژگی مشترک توابع (ب) و (د) است. یعنی در این توابع به هر عضو مجموعه ی دوم پیش از یک پیکان وارد نشده است. به چنین تابعی، توابع یک به یک می گویند.

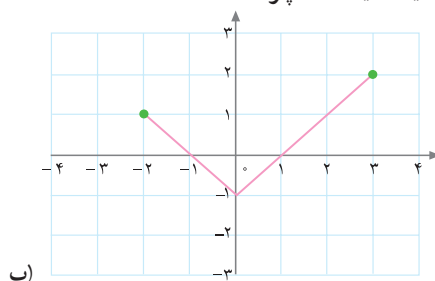
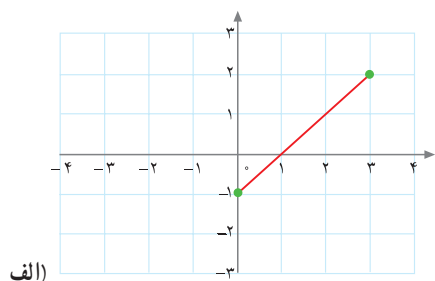
**تابعی که بین دو مجموعه تعریف می شود، هنگامی یک به یک است که به هر عضو مجموعه ی دوم بیش از یک عضو از مجموعه ی اول نظیر نشود.**

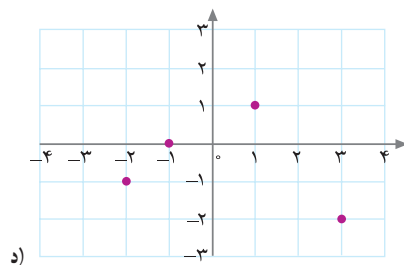
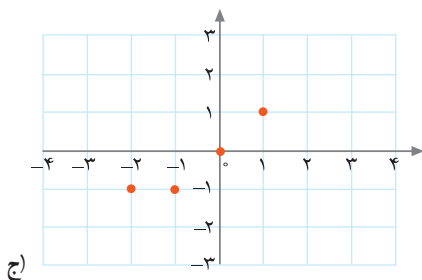
در این جا (الف) و (ج) توابعی یک به یک نمی باشند در حالی که (ب) و (د) توابعی یک به یک هستند. بنابراین :

**یک تابع در صورتی وارون پذیر است (یعنی وارون آن تابع است) که یک به یک باشد.**

مثال

توابع داده شده در (الف) و (د) یک به یک هستند، در حالی که توابع داده شده در (ب) و (ج) یک به یک نیستند (چرا؟).



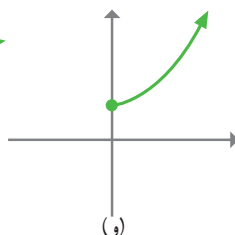
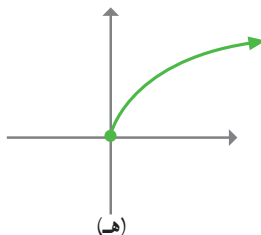
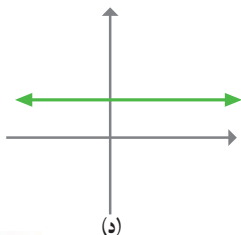
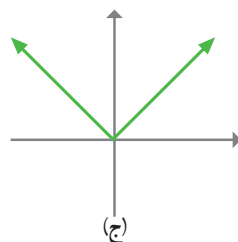
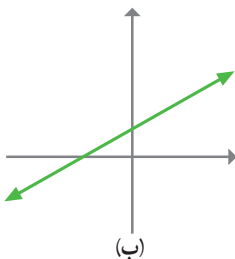
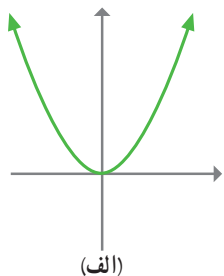


الف) در حالت کلی روشی برای بررسی یک به یک بودن یک تابع با استفاده از نمودار آن ارائه کنید. از خطوطی که به موازات محور  $x$  ها رسم می شوند، استفاده کنید.

ب) نمودار تابع مربوط به سوختن شمع را به خاطر آورید. آیا این تابع یک به یک است؟ چگونه از روی نمودار تابع می توان به این موضوع پی برد. آیا تابع مربوط به مسیر پرواز پرنده یک به یک است؟

به طور کلی می توان گفت که یک تابع در صورتی یک به یک است که هر خط موازی محور  $x$  ها نمودار آن را حداکثر در یک نقطه قطع کند.

۱- کدام یک از توابع داده شده یک به یک هستند؟



$$z) f = \{(1, 1), (-1, 1), (2, 4), (-2, 4)\}$$

$$ح) g = \{(\frac{1}{4}, \frac{3}{4}), (0, 1), (2, 3)\}$$

۲- تابع زیر را در نظر می گیریم :

x	۱	۲	۳	۴	۵
y	۴	۷	۱۰	۱۳	۱۶

الف) آیا این تابع یک به یک است؟ معادله ای برای آن بنویسید.

ب) وارون این تابع را به دست آورید. معادله ای برای وارون آن بنویسید.

پ) نمودار تابع و نمودار وارون آن را در یک دستگاه مختصات رسم کنید.

۳- در تمرین ۱ کدام یک از توابع وارون پذیرند؟ نمودار تابع وارون را برای آن‌ها (در همان شکل) رسم کنید.

۴- فرض کنید به اعضای یک کلاس کد ملی آن‌ها را نسبت دهیم. توضیح دهید که چگونه رابطه ی بین افراد و کد ملی آن‌ها تابعی یک به یک را معلوم می کند.

## بازه (فاصله)

مجموعه ی همه ی اعداد صحیح بین ۳- و ۳ به همراه خود این اعداد را می توان در مجموعه ای مانند A به شکل زیر نمایش داد :

$$A = \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, 3\}$$

نمایش هندسی مجموعه ی A به صورت زیر است :



حال اگر مجموعه ی همه ی اعداد گویا و گنگ بین ۳- و ۳، یعنی همه ی اعداد حقیقی بین دو عدد ۳- و ۳ به همراه خود این دو عدد را در نظر بگیریم، می توانیم آن را به صورت زیر نمایش دهیم :

$$B = \{x | x \in \mathbb{R}, -3 \leq x \leq 3\}$$

نمایش هندسی مجموعه ی B به صورت زیر است :



در این گونه موارد برای سادگی از نماد دیگری به نام «بازه» یا فاصله استفاده می کنیم و می نویسیم :

$$B = \{x \mid x \in \mathbb{R}, -3 \leq x \leq 3\} = [-3, 3]$$

$[-3, 3]$  را بازه ی بسته از  $-3$  تا  $3$  می خوانند و اعداد  $-3$  و  $3$  را نقاط انتهایی بازه می نامند. اگر به طور مثال از مجموعه ی  $B$ ، نقطه ی انتهایی  $3$  را حذف کنیم و مجموعه ی به دست آمده را

$$C = \{x \mid x \in \mathbb{R}, -3 \leq x < 3\}$$

بنامیم، داریم :

مجموعه ی  $C$  را می توان با نماد  $[-3, 3)$  نمایش داد. در نمایش هندسی مجموعه ی  $C$ ، نقطه ی  $3$  روی محور را تو خالی باقی می گذاریم.



معمولاً بازه ی  $[-3, 3)$  را بازه ی «نیم باز» می نامند.



۱- به نظر شما تفاوت بازه های  $(-3, 3)$  و  $[-3, 3)$  در چیست؟ این بازه ها را به صورت مجموعه نمایش دهید.

همچنین نمایش هندسی این بازه ها را ارایه کنید. بازه ی  $(-3, 3)$  را یک بازه ی «باز» می نامیم.

اعداد حقیقی بزرگ تر از  $5$  را در نظر می گیریم و آن را با  $F$  نمایش می دهیم :

$$F = \{x \mid x \in \mathbb{R}, x > 5\}$$

نمایش هندسی  $F$  در شکل زیر ارایه شده است :



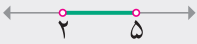
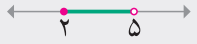

نمایش این مجموعه با نماد بازه به صورت  $F = (5, +\infty)$  است.

توجه داریم که  $+\infty$  (بخوانید مثبت بی نهایت) یک نماد است و یک عدد حقیقی نیست. به طریق مشابه نماد  $-\infty$  را نیز می توان به کار برد.

بازه ی  $(5, +\infty)$  را نیز یک بازه ی «باز» می نامند و به طریق مشابه بازه ی  $(5, +\infty)$  را یک بازه ی نیم باز می نامند.



۲- جدول زیر را کامل کنید.

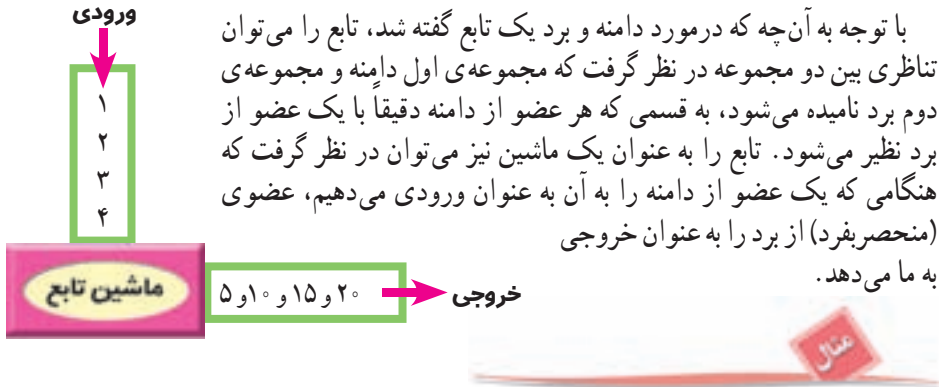
نمایش هندسی	نمایش به صورت مجموعه	نمایش با نماد بازه	نوع بازه
	$\{x \mid x \in \mathbb{R}, 2 < x < 5\}$	$(2, 5)$	باز
...	$\{x \mid x \in \mathbb{R}, 2 \leq x \leq 5\}$	...	...
	...	...	نیم باز
...	...	$(2, 5]$	...
	...	...	...
...	$\{x \mid x \in \mathbb{R}, x \geq 2\}$	...	...
...	$\{x \mid x \in \mathbb{R}, x < 5\}$	...	...
...	...	$(-\infty, 5]$	...
...	...	$[0, +\infty)$	...
...	...	$(-\infty, 0)$	...
...	$\{x \mid x \in \mathbb{R}, x > 0\}$	...	...
...	$\{x \mid x \in \mathbb{R}, x \leq 0\}$	...	...
...	...	$(-\infty, +\infty)$	...

آخرین سطر نمایانگر مجموعه‌ی اعداد حقیقی است. چهار سطر ماقبل آخرین سطر چه مجموعه‌هایی را نمایش می‌دهند؟

۲- اگر  $a, b$  دو عدد حقیقی باشند و  $a < b$ ، جدول فوق (به جز پنج سطر آخر) را با  $a, b$  تکرار کنید.



## مقدار تابع در یک نقطه - نمایش جبری تابع



۱- تابع  $f = \{(1, 5), (2, 10), (3, 15), (4, 20)\}$  را در نظر می گیریم. دامنه ی این تابع  $\{1, 2, 3, 4\}$  و برد آن  $\{5, 10, 15, 20\}$  است. ورودی های تابع  $f$  عبارتند از ۱ و ۲ و ۳ و ۴ و خروجی ها ۵ و ۱۰ و ۱۵ و ۲۰ هستند. به عبارت دقیق تر عضو ۱ از دامنه به عضو ۵ از برد نظیر می شود. به جای این عبارت، می توان با یک قرار داد، کار را ساده تر کرد. معمولاً می نویسند  $f(1) = 5$  و گفته می شود که مقدار تابع  $f$  در نقطه ی ۱ برابر ۵ است. بنابراین  $f(2) = 10$  به این معنی است که عدد ۲ توسط تابع  $f$  به ۱۰ نظیر می شود، یا این که مقدار تابع  $f$  در نقطه ی ۲ برابر ۱۰ است. به همین ترتیب می توان نوشت:  $f(3) = 15$  و  $f(4) = 20$ . این گونه نمایش تابع را در جدول زیر می توان خلاصه کرد که جدولی آشنا به حساب می آید:

x	۱	۲	۳	۴
f(x)	۵	۱۰	۱۵	۲۰

رابطه ی بین دامنه و برد را می توان به صورت یک رابطه ی ریاضی به شکل  $f(x) = 5x$  نوشت.

۲- اگر تابع  $g$  به صورت مقابل داده شده باشد:  $g = \{(3, 2), (-7, 0), (5, 2)\}$

می توان نوشت:  $g(3) = 2$ ,  $g(-7) = 0$ ,  $g(5) = 2$

x	۳	-۷	۵
g(x)	۲	۰	۲



جاهای خالی در جدول را کامل کنید و نمودار توابعی که در جدول، توصیف شده‌اند را رسم کنید.

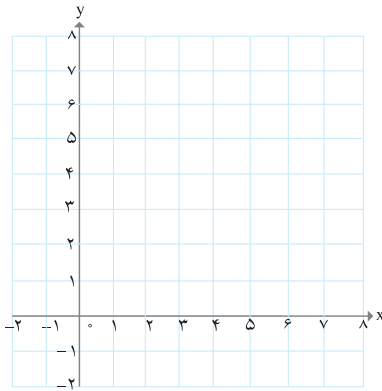
(الف)

(ب)

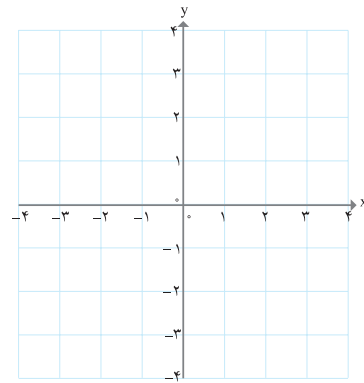
(ج)

(د)

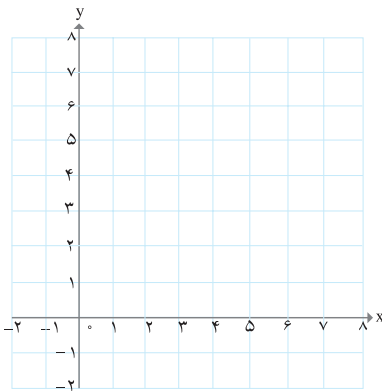
تابع	$f(x) = 2x$	$g(x) = 2x$	$h(x) = 2x$	$y = 2x$
دامنه	$\{1, 2, 3, 4\}$	مجموعه‌ی اعداد حقیقی	$[2, 3]$	مجموعه‌ی اعداد حقیقی نامنفی
برد	?	مجموعه‌ی اعداد حقیقی	?	?



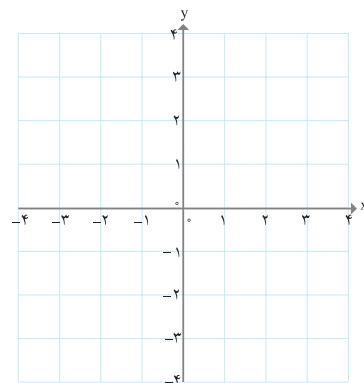
(الف)



(ب)



(ج)



(د)



گاهی اوقات یک تابع را می‌توان بر حسب یک عبارت جبری از یک متغیر نمایش داد. این گونه نمایش تابع را نمایش جبری یا ضابطه‌ی تابع می‌نامند.

۳- همه‌ی نمایش‌های زیر جبری به حساب می‌آیند.

$$f(x) = \frac{2}{5}x - 3 \quad g(x) = x^2 \quad h(x) = \frac{(x+1)}{(x+2)} \quad k(x) = \sqrt{x}$$

همان گونه که در فعالیت قبل مشاهده کردید، در هنگام نمایش جبری تابع نه تنها عبارت جبری که تابع را نمایش می‌دهد مهم است، بلکه دامنه و برد تابع نیز مهم است. هرچند همه توابع را نمی‌توان با یک عبارت جبری نمایش داد، با این حال تعداد زیادی از آن‌ها با یک عبارت جبری قابل نمایش هستند. در بسیاری از موقعیت‌ها کار با نمایش جبری یک تابع ساده‌تر و مناسب‌تر از کار با دیگر نمایش‌های تابع است. به طور مثال در مورد تابع (خط)  $f(x) = 2x$  از نمایش تابع به صورت مجموعه زوج‌های مرتب کم‌تر استفاده می‌شود. البته به جای معادله‌ی  $y = 2x$  می‌توانیم از  $f(x) = 2x$  استفاده کنیم. در مثال سوختن شمع معادله‌ی تابع را می‌توان به صورت  $f(x) = -4x + 20$  یا  $y = -4x + 20$  نوشت. همچنین توابع داده شده در مثال ۳ را به صورت زیر نیز نمایش می‌دهیم:

$$y = \frac{2}{5}x - 3 \quad y = x^2 \quad y = \frac{(x+1)}{(x+2)} \quad y = \sqrt{x}$$

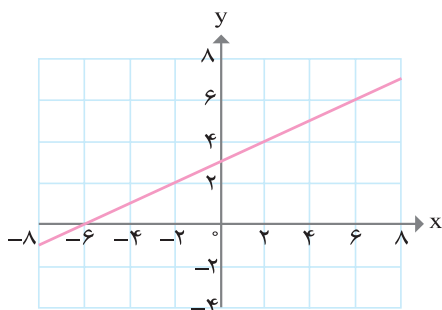
۱- اگر تابع  $f$  با معادله‌ی  $f(x) = 2x - 5$  داده شده باشد، مطلوب است:

(الف) رسم نمودار تابع  $f$

(ب)  $f(\sqrt{7})$ ,  $f(\frac{5}{4})$ ,  $f(-7)$ ,  $f(0)$ ,  $f(3)$ ,  $f(2)$

۲- نمایش جبری تابع صفحه‌ی بعد را که نمودار آن ارائه شده است به دست آورید.

از بین نمایش‌های مختلفی که برای نمایش این تابع می‌شناسید، کدام یک را مناسب‌تر می‌دانید؟



۳- جدول زیر دمای سنگ‌های زیرزمین را در عمق‌های متفاوت زیر سطح زمین نشان می‌دهد:

عمق (کیلومتر)	۱	۲	۳	۴	۵	۶
دما (سانتی‌گراد)	۵۵	۹۰	۱۲۵	۱۶۰	۱۹۵	۲۳۰

الف) توضیح دهید که چرا این جدول یک تابع را به دست می‌دهد و نمودار آن را رسم کنید.

ب) معادله‌ای برای این تابع به دست آورید.

ج) دمای یک سنگ که در عمق ۱۰ کیلومتری زیرزمین است را بیابید.

۴- تابع  $f(x) = -3$  را رسم کنید و مقادیر  $f(2)$  و  $f(10)$  و  $f(-5)$  را به دست آورید.

۵- برای یک تابع خطی می‌دانیم که:  $f(2) = 11$  و  $f(0) = 7$

نمودار این تابع را رسم کنید و معادله‌ی آن (نمایش جبری تابع) را بنویسید.

چرا این تابع وارون پذیر است؟ رابطه‌ای ریاضی برای وارون این تابع به دست آورید.

۶- آیا جدول زیر یک تابع را نشان می‌دهد؟ چرا؟

x	۱	۲	۳	۴	۵	۶
y	۱	۴	۹	۱۵	۲۵	۳۶

۷- علی در هر دقیقه پیاده‌روی، مسافت  $2^\circ$  کیلومتر را طی می‌کند. اگر مسافتی که علی در  $t$  دقیقه طی می‌کند را با  $f(t)$  نمایش دهیم، کدام عبارت نمایش جبری این تابع را به دست می‌دهد؟

الف)  $f(t) = t - 2^\circ$

ب)  $f(t) = 2^\circ / t$

ج)  $f(t) = t + 2^\circ$

د)  $f(t) = 2^\circ - t$

۸- اگر در مورد تابع  $g$  داشته باشیم:  $g(0) = 2$ ,  $g(1) = 5$ ,  $g(-2) = \frac{1}{3}$ ,  $g(4) = 3$

$g$  را به صورت مجموعه‌ای از زوج‌های مرتب بنویسید و نمودار آن را رسم کنید. آیا  $g$  یک به یک است؟

۹- نمایش جبری تابع زیر را به دست آورید.

x	-۲	-۱	۰	۱	۴	۶
f(x)	۱۳	۱۱	۹	۷	۱	-۳

آیا این تابع یک به یک است؟

۱۰- برای اندازه‌گیری دما از واحدهای «سانتی گراد C» و «فارنهایت F» استفاده می‌شود که با

$$F = \frac{9}{5}C + 32$$

رابطه‌ی  $F$  به یک دیگر وابسته هستند.

الف)  $2^\circ$ - درجه‌ی سانتی گراد برحسب فارنهایت چه قدر می‌شود؟

ب)  $104^\circ$  درجه‌ی فارنهایت چند سانتی گراد است؟

ج) معادله‌ای بنویسید که سانتی گراد را برحسب فارنهایت به دست دهد.

د) آیا رابطه‌ی بین این دو واحد یک تابع خطی را معلوم می‌کند؟

۱۱- طول یک مستطیل ۳ واحد بیشتر از عرض آن است. رابطه‌ای ریاضی بنویسید که محیط

این مستطیل را برحسب تابعی از عرض آن بیان کند.

۱۲- آیا تابعی یک به یک می‌توان یافت که دامنه‌ی آن شامل سه عضو و برد آن تنها از دو عضو

تشکیل شده باشد؟

۱۳- اگر  $h(x) = 2x + 1$  در هر یک از حالت‌های زیر نمودار  $h(x)$  را رسم کنید.

الف) دامنه‌ی  $h$  برابر مجموعه‌ی  $\{0, 1, 2, 5\}$  باشد.

ب) دامنه‌ی  $h$  برابر مجموعه‌ی اعداد حقیقی مثبت باشد.

پ) دامنه‌ی  $h$  برابر همه‌ی اعداد حقیقی باشد.

۱۴- در یک تابع خطی که نمودار آن از مبدأ مختصات می‌گذرد، داریم:  $f(3) = 15$ ، رابطه‌ای ریاضی برای وارون این تابع به دست آورید.