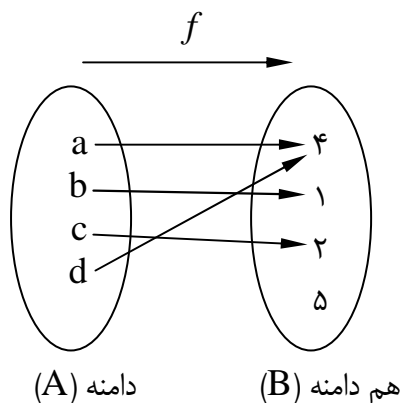


## درس اول : تابع

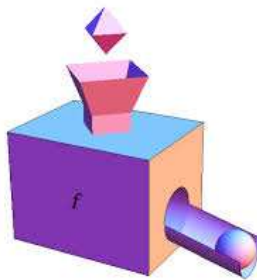
آشنایی با مفهوم تابع به عنوان یکی از مفاهیم اساسی ریاضیات، برای درک و فهم بسیاری مفاهیم دیگر در ریاضیات و فیزیک و ... لازم و ضروری است. در سال قبل به صورت مقدماتی با این مفهوم آشنا شدید. در اینجا ضمن یادآوری آن، موضوعات تکمیلی دیگری را معرفی می کنیم.

### قسمت اول : یادآوری مفهوم تابع



هر رابطه که هر عضو مجموعه  $A$  را دقیقاً به یک عضو از مجموعه  $B$  نسبت دهد را یک **تابع** از مجموعه  $A$  به مجموعه  $B$  می نامند.

یک تابع از مجموعه  $A$  به مجموعه  $B$ ، رابطه‌ای بین این دو مجموعه است که در آن، به هر عضو از  $A$  دقیقاً یک عضو از  $B$  نظیر می شود. در این وضعیت مجموعه  $A$  را **دامنه** و مجموعه  $B$  را **هم دامنه** یا مقصد تابع می نامند و می نویسند.



$$f : A \rightarrow B$$

در ریاضیات، تابع را به روش های مختلفی نمایش می دهند. مهمترین این روش ها عبارتند از :

### ۱ : نمایش پیکانی

یک رابطه از مجموعه  $A$  به مجموعه  $B$ ، که با **روش پیکانی** یا نمودار ون نمایش داده می شود، تنها در صورتی تابع است که از هر عضو  $A$  دقیقاً یک پیکان خارج شود. در این روش نمایش تابع، ممکن است به یک یا چند عضو هم دامنه پیکانی وارد نشود، یا به بعضی از آنها یک یا چند پیکان وارد شود. هر زیر مجموعه از هم دامنه که به آن پیکان وارد شده است را **برد** تابع می نامند.

در تابع مثال فوق داریم.

$$\text{دامنه } A = D_f = \{a, b, c, d\} \quad \text{هم دامنه } B = \{1, 2, 4, 5\} \quad \text{برد } R_f = \{1, 2, 4\}$$

**تذکر:** مجموعه‌ی تمام عضو هایی که یک تابع روی آنها اثر می کند ( که همگی در مجموعه‌ی  $A$  هستند) را **دامنه** و مجموعه‌ی تمام عضو هایی از مجموعه‌ی  $B$  ( هم دامنه ) که متناظر با اعضای دامنه قرار می گیرند را **برد** آن تابع می نامند. معمولاً دامنه‌ی تابع  $f$  را با  $D_f$  و برد آن را با  $R_f$  نمایش می دهند.

\*\*\*

## ۲: نمایش تابع توسط زوج های مرتب

مجموعه‌ای از زوج های مرتب<sup>۱</sup> را در نظر می گیریم. اگر هیچ دو زوج مرتب متمایزی موجود نباشند که مولفه های اول آنها برابر باشند، این مجموعه تابعی خواهد بود که در آن مولفه های اول، اعضای دامنه و مولفه های دوم، اعضای برد می باشند.

به عنوان مثال، تابعی که در مورد (۱) با روش پیکانی نمایش داده ایم. در واقع مجموعه‌ی زوج های مرتبی به صورت زیر را تشکیل می دهد.

$$f = \{(a, 4), (b, 1), (c, 2), (d, 4)\}$$

به طور کلی برای تابع  $f$  که از  $x$  به  $y$  تعریف شده است، می توان نوشت:

$$f = \{(x, y) \mid x \in D_f, y \in R_f\}$$

بنابراین در نمایش تابع به صورت **زوج مرتب**، اگر زوج های مرتب دارای مولفه های اول برابر باشند، باید مولفه های دوم آن ها نیز برابر باشند<sup>۲</sup>.

**تمرین ۱:** دامنه و برد تابع زیر را بنویسید.

$$f = \{(3, 2), (5, 8), (-3, 2), (2, 4), (1, 2)\}$$

## ۳: نمایش تابع از طریق ضابطه

برای تابع  $f$  که از مجموعه‌ی  $A$  به مجموعه‌ی  $B$  تعریف شده است. رابطه‌ای که هر  $x$  از  $A$  را به  $y$  متناظرش از  $B$  مرتبط می کند. **ضابطه** یا قانون تابع می گوئیم و به صورت زیر نمایش می دهیم.

---

<sup>۱</sup> هر دو تایی به شکل  $(a, b)$  که محل قرار گرفتن اجزای آن مهم است را زوج مرتب می نامند.  $a$  را مؤلفه‌ی اول (طول) و  $b$  را مؤلفه‌ی دوم (عرض) می نامند.  
<sup>۲</sup> اگر چنین نباشد، مجموعه‌ی داده شده تابع نیست.

$$f : A \rightarrow B$$

$$y = f(x)$$

به عنوان مثال اگر تابع به هر عضو مجموعه‌ی  $A = R$  مربع آن را نسبت دهد، در این صورت می‌توان نوشت.

$$f : R \rightarrow [0, +\infty)$$

$$y = f(x) = x^2$$

**تذکر:** خروجی هر عضو دامنه مانند  $x$  را با  $y$  یا  $f(x)$  نمایش می‌دهند.

**مثال الف:** اگر گفته شود که تابع  $f(x) = \frac{x+1}{2x-6}$  داده شده است. نتیجه می‌گیریم که دامنه‌ی تابع

باید  $R - \{3\}$  باشد.

**مثال ب:** اگر گفته شود که تابع  $g(x) = \sqrt{4-x}$  داده شده است. نتیجه می‌گیریم که دامنه‌ی تابع باید

$(-\infty, 4]$  باشد.

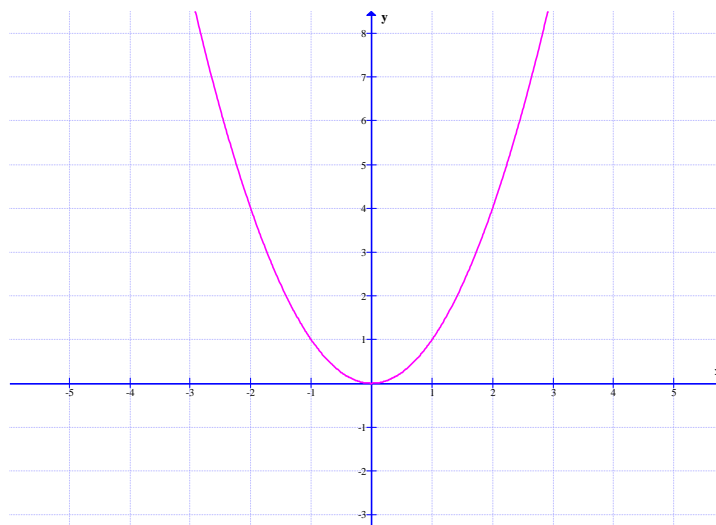
#### ۴: نمایش تابع به صورت هندسی (نمایش دکارتی)

اگر مجموعه‌ی  $f$ ، نمایش زوج‌های مرتب تشکیل دهنده‌ی یک تابع باشد، هر زوج مرتب

مانند  $(a, b) \in f$  یک نقطه از صفحه (در دستگاه مختصات دکارتی) را مشخص می‌کند. با تعیین محل

تمام نقاط، نمودار (منحنی) تابع  $f$  پدید می‌آید.

برای مثال نمودار تابع  $f(x) = x^2$  به شکل زیر است. که قبلاً آن را سهمی نامیده ایم.



## آموزش ریاضی ۲..... تهیه کننده : جابر عامری

از دیدگاه هندسی، یک منحنی هنگامی نمایش یک تابع است که هر خط موازی محور عرضها آن را در بیش از یک نقطه قطع نکند. (آزمون خط قائم)

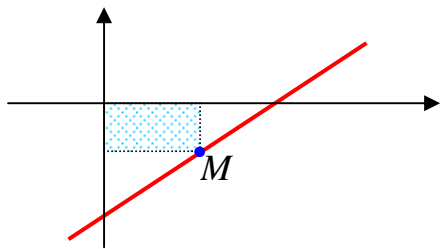
**تمرین ۲:** نمودار تابع های زیر را رسم کنید.

الف)  $f(x) = \sqrt{x}$

ب)  $f(x) = \frac{1}{x}$

ج)  $f(x) = |x|$

\*\*\*



**تمرین ۳:** در شکل مقابل یک مستطیل به محور های

مختصات و خط  $x + 2y = 1$  محدود شده است، معادله ی

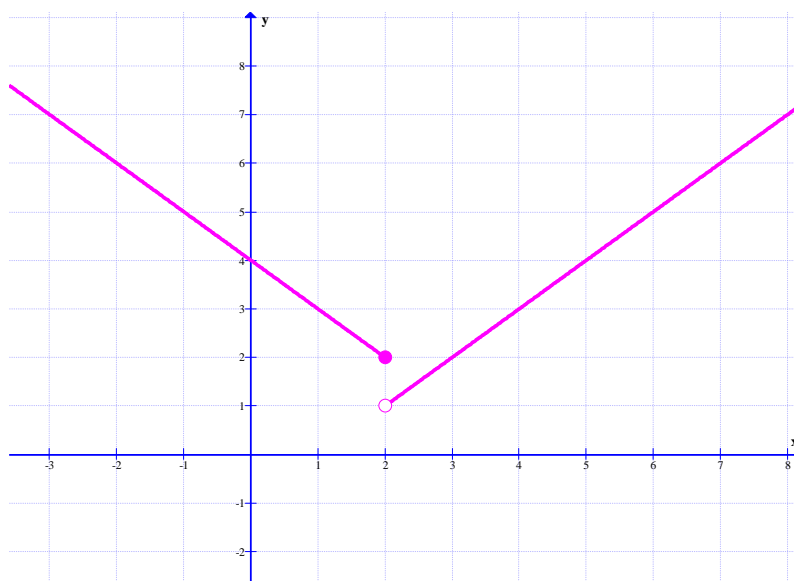
تابعی را بنویسید که مساحت مستطیل را به  $x$  وابسته کند.

\*\*\*

**توجه:** گاهی تابع را فقط با یک ضابطه تعریف می کنند، ولی گاهی لازم است که تابع را با چند ضابطه تعریف کرد. تابع زیر نمونه ای از یک تابع دو ضابطه ای است.

$$f(x) = \begin{cases} x-1 & x > 2 \\ 4-x & x \leq 2 \end{cases}$$

نمودار این تابع نیز به شکل زیر است.



روش رسم این تابع را توضیح دهید؟

**مثال ۱:** تابع قدر مطلق یک تابع دو ضابطه‌ای است.

$$f(x) = |x| = \begin{cases} x & x \geq 0 \\ -x & x < 0 \end{cases}$$

$$D_f = \{x \in \mathbb{R} \mid x \geq 0\} \cup \{x \in \mathbb{R} \mid x < 0\} = \mathbb{R}$$

$$R_f = \{y \in \mathbb{R} \mid y \geq 0\} = [0, +\infty)$$

**مثال ۲:** تابع علامت یک تابع سه ضابطه‌ای است.

$$\operatorname{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & x > 0 \\ 0 & x = 0 \\ -1 & x < 0 \end{cases}$$

$$D_s = \{x \in \mathbb{R} \mid x > 0\} \cup \{0\} \cup \{x \in \mathbb{R} \mid x < 0\} = \mathbb{R}$$

$$R_s = \{1, 0, -1\}$$

**تمرین ۴:** نمودار تابع زیر را رسم کنید.

$$f(x) = \begin{cases} x^2 + 1 & x \geq 0 \\ -2x - 3 & x < 0 \end{cases}$$

\*\*\*

## قسمت دوم : آشنایی با برخی از انواع توابع

توابع دارای انواع مختلف می باشند، در اینجا به چند نوع اشاره می کنیم.

### الف : تابع گویا

هر تابع به شکل  $f(x) = \frac{P(x)}{Q(x)}$  که در آن  $P(x)$  و  $Q(x)$  چند جمله‌ای بوده و  $Q(x)$  غیرصفر باشد، را تابع گویا می نامند.

مثال: هر یک از توابع زیر، گویا هستند.

$$f(x) = \frac{x^2 + 3x - 1}{x + 5} \quad \text{و} \quad f(x) = \frac{\sqrt{2x}}{5 - x^3} \quad \text{و} \quad f(r) = \frac{1 - r}{3r - 7} \quad \text{و} \quad f(k) = 5k - 1$$

همچنین هر یک از توابع زیر گویا نمی باشند. (چرا؟)

$$f(x) = \frac{1 - \sqrt{x}}{2x - 9} \quad \text{و} \quad f(u) = \sqrt{5u^2 + 3}$$

دامنه‌ی هر تابع گویا، برابر مجموعه‌ی تمام اعداد حقیقی بجز ریشه‌های مخرج آن است.

$$D_f = R - \{ \text{ریشه‌های مخرج} \}$$

**مثال :** دامنه‌ی تابع  $f(x) = \frac{3x + 1}{x^2 - 5x}$  را تعیین کنید.

حل :

$$x^2 - 5x = 0 \rightarrow x(x - 5) = 0 \rightarrow x = 0, \quad x = 5$$

$$D_f = R - \{0, 5\}$$

**تمرین ۵ :** دامنه‌ی هر یک از توابع زیر را تعیین کنید.

الف)  $f(x) = \frac{x + 3}{2x - 10}$

ج)  $f(x) = \frac{1 - x}{x^3 - 9x^2}$

ب)  $f(x) = \frac{5}{4x^2 - 9}$

د)  $f(x) = \frac{5x - 1}{25 + x^2}$

**تمرین ۶ :** معادله‌ی تابعی را بنویسید که دامنه‌ی آن  $R - \{3\}$  باشد.

**ب: تابع رادیکالی**

هر تابع به شکل  $f(x) = \sqrt{P(x)}$  که در آن عبارت  $P(x) \geq 0$  باشد، را یک تابع رادیکالی می نامند.

**مثال:** هر یک از توابع زیر، رادیکالی هستند.

$$f(x) = \sqrt{x^2 + 3x - 1} \quad \text{و} \quad f(u) = \sqrt{3 - u}$$

همچنین هر یک از توابع زیر رادیکالی نمی باشند. (چرا؟)

$$f(x) = 2\sqrt{5x^3} + 2x + 1 \quad \text{و} \quad f(r) = 5r^2 + 3$$

دامنه ی هر تابع رادیکالی ، برابر زیرمجموعه ای از اعداد حقیقی است که به ازای هر عضو آن زیر رادیکال منفی نشود.

$$D_f = \{x | P(x) \geq 0\}$$

**مثال :** دامنه ی تابع زیر را تعیین کنید.

$$f(x) = \sqrt{x - 1}$$

حل :

$$x - 1 \geq 0 \rightarrow x \geq 1$$

**تمرین ۷:** دامنه ی هر یک از توابع زیر را تعیین کنید.

الف)  $f(x) = 1 + \sqrt{6 - 3x}$

ج)  $f(x) = \sqrt{9 - x^2}$

ب)  $f(x) = \sqrt{2x + 3}$

د)  $f(x) = \frac{\sqrt{2x - 6}}{x - 5}$

**تمرین ۸:** معادله ی تابعی را بنویسید که دامنه ی آن  $(1, +\infty)$  باشد.

**تمرین ۹:** نمودار توابع زیر را رسم کنید.

الف)  $f(x) = \sqrt{2 - x}$

ب)  $g(x) = 1 + \sqrt{x - 3}$

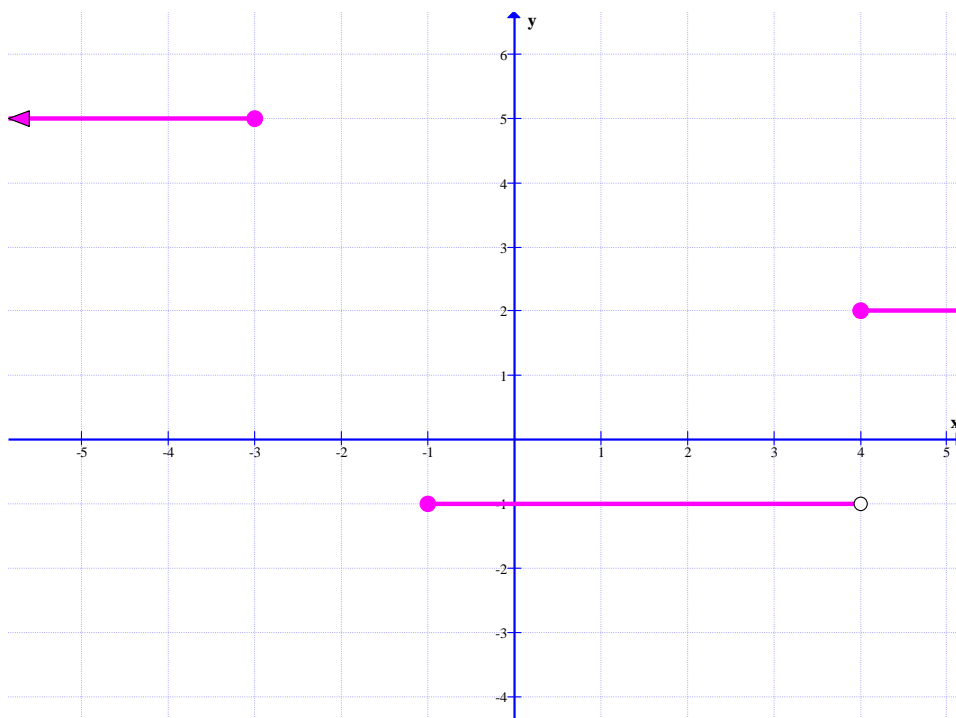
\*\*\*

### ج : تابع پله ای و تابع جزء صحیح

هر تابع که بتوان دامنه‌ی آن را به تعدادی بازه طوری تقسیم بندی کرد که تابع روی هر کدام از این بازه ها تابع ثابت باشد، را تابع پله ای می نامند. مانند تابع زیر

$$f(x) = \begin{cases} 5 & x \leq -3 \\ -1 & -1 \leq x < 4 \\ 2 & x \geq 4 \end{cases}$$

این تابع دارای نموداری به شکل زیر است.



**تمرین ۱۰:** در یک پارکینگ، هزینه‌ی پارک خودرو بر اساس مدت زمان توقف خودرو ، به این صورت محاسبه می شود.

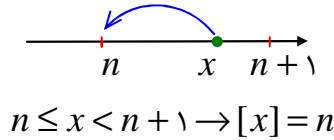
$$f(t) = \begin{cases} 3 & 0 \leq t < 2 \\ 4 & 2 \leq t < 3 \\ 5 & 3 \leq t < 4 \\ 6 & t \geq 4 \end{cases}$$

این تابع نمونه ای از یک تابع پله ای است. نمودار این تابع را رسم کنید.



## جزء صحیح و ویژگی های آن

اگر  $x$  یک عدد حقیقی باشد، آنگاه بزرگترین عدد صحیح کمتر یا مساوی  $x$  را جزء صحیح  $x$  می نامند و آن را با نماد  $[x]$  نمایش می دهند.



**تمرین:** تساوی های زیر را کامل کنید.

۱.  $[2/3] =$       ۲.  $[-5] =$       ۳.  $[-5/7] =$       ۴.  $[\frac{5}{7}] =$       ۵.  $[-\sqrt{2}] =$

**توجه ۱:** برای هر عدد حقیقی  $x$  داریم.

$$[x+k] = [x] + k \quad (k \in \mathbb{Z})$$

**توجه ۲:** برای هر عدد حقیقی  $x$  داریم:

$$IF \ x \in \mathbb{Z} \rightarrow [x] + [-x] = 0$$

$$IF \ x \notin \mathbb{Z} \rightarrow [x] + [-x] = -1$$

**تمرین ۱۱:** معادله ی  $[x] + [x-2] = 4$  را حل کنید.

حل:

$$[x] + [x-2] = 4 \rightarrow [x] + [x] - 2 = 4 \rightarrow 2[x] = 6 \rightarrow [x] = 3 \rightarrow 3 \leq x < 4$$

**تمرین ۱۲:** معادله های زیر را حل کنید.

۱)  $[x+1] + [x+2] = 5$

۲)  $[x+1] + [x-2] = 4$

حل ۲:

$$[x+1] + [x-2] = 4 \rightarrow [x] + 1 + [x] - 2 = 4 \rightarrow 2[x] = 5 \rightarrow [x] = \frac{5}{2}$$

غیر ممکن است، لذا معادله ریشه ندارد.

## آموزش ریاضی ۲..... تهیه کننده : جابر عامری

تابع  $f(x) = [x]$  را تابع جزء صحیح می نامند. در واقع توابع جزء صحیح گونه‌ی خاصی از توابع پله ای می باشند. برای رسم نمودار تابع جزء صحیح ، در یک فاصله‌ی معین بازه هایی به شکل  $[a, b)$  را طوری انتخاب می کنیم که جزء صحیح اعداد هر یک ، عدد صحیح مشخصی باشد.

**مثال :** نمودار تابع  $f(x) = [x]$  را در فاصله‌ی  $[-۲, ۳)$  رسم کنید.

حل : فاصله‌ی  $[-۲, ۳)$  را طوری به بازه های کوچکتر تقسیم می کنیم. که جزء صحیح تمام اعضای هر بازه یکسان باشد.

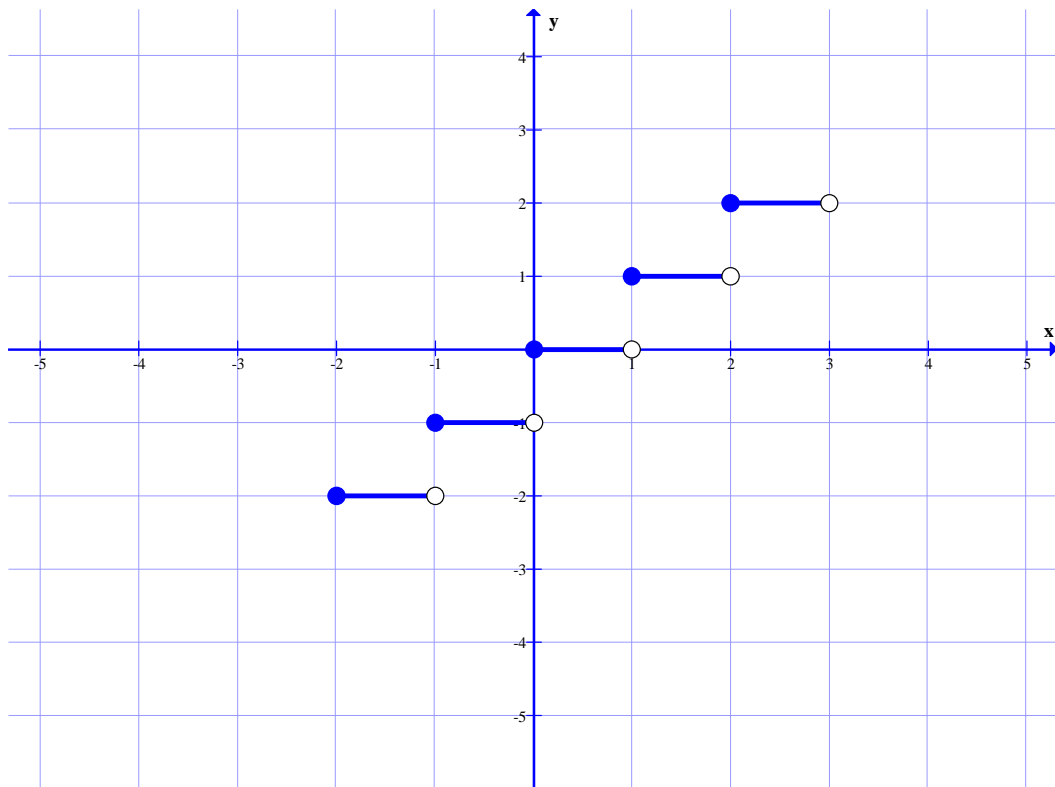
$$-۲ \leq x < -۱ \xrightarrow{f(x)=[x]} y = -۲$$

$$-۱ \leq x < ۰ \xrightarrow{f(x)=[x]} y = -۱$$

$$۰ \leq x < ۱ \xrightarrow{f(x)=[x]} y = ۰$$

$$۱ \leq x < ۲ \xrightarrow{f(x)=[x]} y = ۱$$

$$۲ \leq x < ۳ \xrightarrow{f(x)=[x]} y = ۲$$



تمرین برای حل :

۱۳ : تابعی گویا بنویسید که دامنه‌ی آن  $R - \{1\}$  باشد.

۱۴ : معادله‌ی تابعی را بنویسید که دامنه‌ی آن  $(1, +\infty)$  باشد.

۱۵ : معادله‌ی تابعی را بنویسید که دامنه‌ی آن  $(-\infty, 2]$  باشد.

۱۶ : نمودار تابع  $f(x) = \frac{1}{x}$  با دامنه‌ی  $D_f = [-5, 5] - \{0\}$  را رسم کنید.

۱۷ : نمودار تابع  $y = -3 + \sqrt{x-4}$  را رسم کنید.

۱۸ : نمودار تابع  $y = [x] + 2$  را در فاصله‌ی  $(-3, 3)$  رسم کنید.

۱۹ : نمودار تابع  $y = [x + 1]$  را در فاصله‌ی  $(-2, 3)$  رسم کنید.

\*\*\*

قسمت سوم : تساوی دو تابع

دو تابع  $f$  و  $g$  را مساوی گویند، هرگاه دو شرط زیر برقرار باشد.

الف) دامنه‌های هر دو تابع مجموعه‌های مساوی باشند. ( $D_f = D_g$ )

ب) به ازای هر  $x$  عضو دامنه مقادیر  $f(x)$  و  $g(x)$  برابر باشند. ( $f(x) = g(x)$ )

به عبارتی دیگر، دو تابع مساوی هستند، هرگاه نمودارهای آنها در یک دستگاه مختصات دقیقاً بر هم منطبق شوند.

مثال ۱: دو تابع زیر مساوی نیستند زیرا دامنه‌ی یکسان ندارند.

$$f(x) = x + 1 \quad \text{و} \quad g(x) = \frac{x^2 - 1}{x - 1}$$

$$D_f = R \quad \text{و} \quad D_g = R - \{1\} \quad \Rightarrow \quad D_f \neq D_g$$

مثال ۲: دو تابع زیر مساوی نیستند، زیرا با اینکه دامنه‌ی یکسان دارند. ولی مقادیر نابرابر دارند.

$$f(x) = x^2 \quad \text{و} \quad g(x) = |x|$$

$$D_f = D_g = R \quad \text{و} \quad f(x) \neq g(x)$$

**مثال ۳:** دو تابع  $f(x) = |x|$  و  $g(x) = \sqrt{x^2}$  بنابر تعریف فوق مساوی هستند. زیرا

اولاً: دامنه‌ی هر دو تابع مجموعه‌های مساوی هستند.  $D_f = D_g = R$

ثانیاً: به ازای هر  $x$  عضو دامنه، مقادیر دو تابع برابر هستند.  $g(x) = \sqrt{x^2} = |x| = f(x)$

**تمرین برای حل:**

**۲۰:** در هر مورد، تساوی دو تابع داده شده را بررسی کنید.

الف)  $f(x) = x^2 - 4$  و  $g(x) = \frac{x^4 - 16}{x^2 + 4}$

ب)  $f(x) = x - 2$  و  $g(x) = \frac{x^2 - 4}{x + 2}$

ج)  $f(x) = \begin{cases} -1 & x < 0 \\ 1 & x > 0 \end{cases}$  و  $g(x) = \frac{|x|}{x}$

**۲۱:** دو تابع زیر مساویند. مقدار  $a$  را بیابید.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{x^2 + 3x + 2}{x + 1} & x \neq -1 \\ 3a + 7 & x = -1 \end{cases} \quad \text{و} \quad g(x) = x + 2$$

\*\*\*

## تهیه کننده : جابر عامری

عضو گروه ریاضی دوره ی دوم متوسطه

استان خوزستان

**درس دوم: تابع یک به یک و وارون یک تابع**

در این درس ابتدا با مفهوم تابع یک به یک و سپس وارون تابع آشنا می‌شویم.

**قسمت اول: تابع یک به یک**

هر تابع که در زوج‌های مرتب متفاوت خود، مولفه‌های دوم تکراری نداشته باشد، تابع یک به یک می‌نامند.

برای مثال:

تابع  $f = \{(1,5), (2,7), (6,0), (-1,9)\}$  یک به یک است.

تابع  $g = \{(1,5), (2,7), (6,0), (-1,5)\}$  یک به یک نیست.

تابع  $h = \{(1,5), (2,7), (6,0), (1,5)\}$  یک به یک است.

برای تعیین یک به یک بودن تابع وقتی که معادله‌ی آن معلوم باشد، می‌توان از الگوی زیر استفاده کرد.

$$f(x_1) = f(x_2) \rightarrow x_1 = x_2$$

**مثال:** یک به یک بودن توابع زیر را بررسی کنید.

الف)  $f(x) = 3x - 5$

ب)  $g(x) = 4 - x^2$

حل: کافی است الگوی فوق را بکار ببریم.

الف)  $f(x_1) = f(x_2) \rightarrow 3x_1 - 5 = 3x_2 - 5 \rightarrow 3x_1 = 3x_2 \rightarrow x_1 = x_2$

لذا این تابع یک به یک است.

ب)  $g(x_1) = g(x_2) \rightarrow 4 - (x_1)^2 = 4 - (x_2)^2 \rightarrow (x_1)^2 = (x_2)^2 \nrightarrow x_1 = x_2$

لذا این تابع یک به یک نیست.

توجه کنید در برخی از تساوی‌ها از قبیل موارد زیر نمی‌توان نتیجه گرفت که  $a = b$

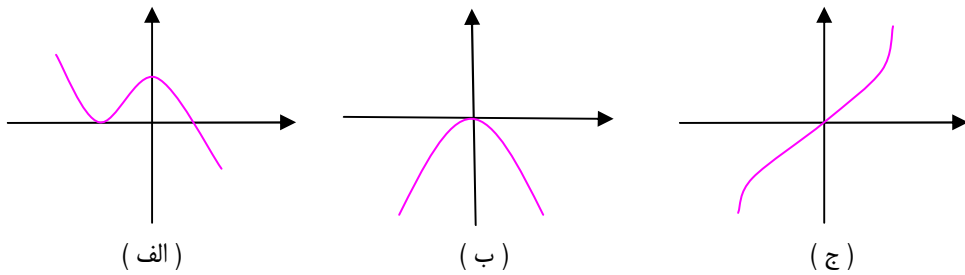
$$a^2 = b^2 \nrightarrow a = b \quad \text{و} \quad |a| = |b| \nrightarrow a = b \quad \text{و} \quad [a] = [b] \nrightarrow a = b$$

برای تشخیص یک به یک بودن تابع وقتی که نمودار آن معلوم باشد، می‌توان از تعریف تابع یک به یک

استفاده نمود. در واقع یک تابع یک به یک است هرگاه هر خط موازی محور طول‌ها ( $x$ ها)، نمودار آن را

در بیش از یک نقطه قطع نکند. (آزمون خط افقی)

مثال : یک به یک بودن توابع زیر را بررسی کنید.

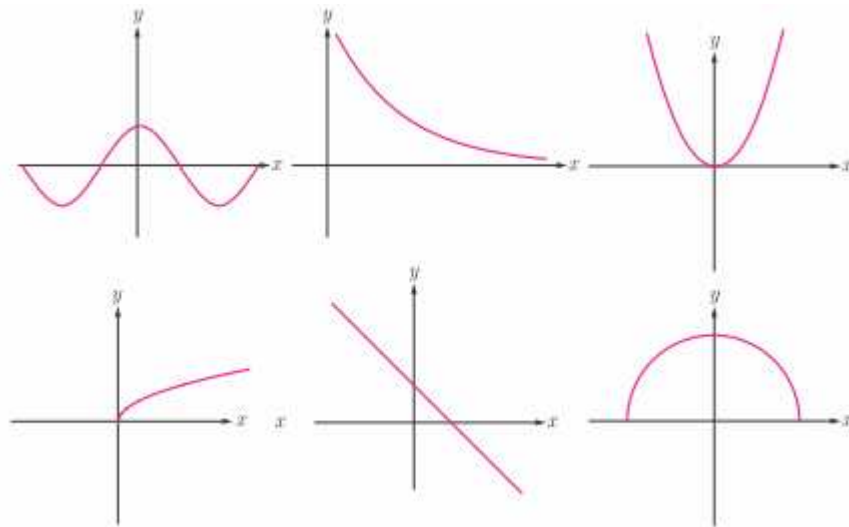


حل: بنابر آزمون خط افقی معلوم می شود که توابع (الف) و (ب) یک به یک نیستند، ولی تابع (ج) یک به یک است.

تمرین برای حل:

۱: اگر تابع  $f = \{(-2, 2), (m, 3), (-1, 3), (2m, a)\}$  یک به یک باشد، مقدار  $a$  را پیدا کنید.

۲: کدام یک از توابع زیر یک به یک هستند.



۳: ثابت کنید که هر تابع خطی غیر ثابت یک به یک است.

۴: نشان دهید که تابع  $f(x) = \frac{2x}{x+1}$  یک به یک است.

۵: با ذکر دلیل تعیین کنید که کدام یک از تابع های زیر یک به یک است.

الف)  $f(x) = 2[x] + 1$

ب)  $g(x) = 2x^3 - 5$

۶: آیا هر تابع درجه ی ۲ ( سهمی ) ، یک به یک است؟ چرا؟

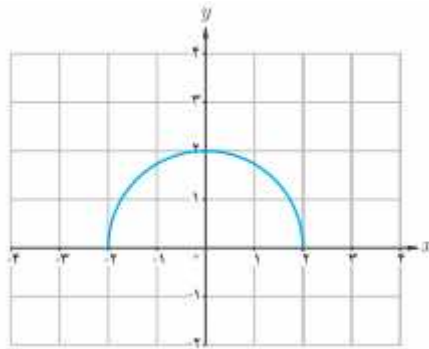
۷: نمودار سهمی  $f(x) = x^2 - 4x + 3$  را رسم کنید. به نظر شما با محدود کردن دامنه ی این تابع

روی کدام یک از بازه های زیر می توان یک تابع یک به یک ساخت؟

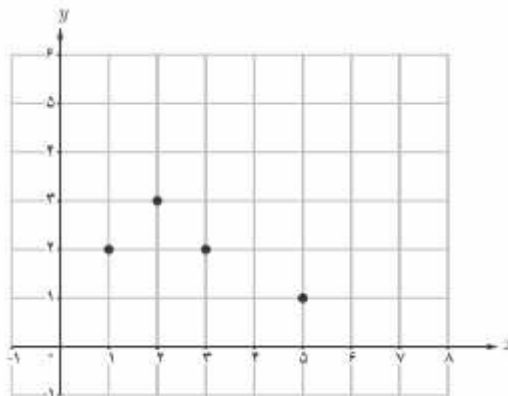
الف)  $[0, 2]$

ب)  $[1, 4]$

۸: با حذف بخشی از نمودار نیم دایره ی داده شده، نمودار یک تابع یک به یک را مشخص کنید.



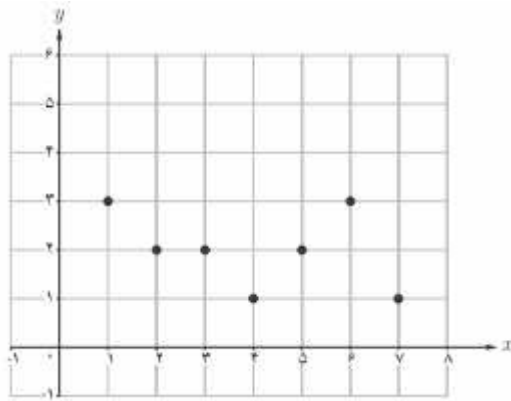
۹: نمودار زیر را در نظر بگیرید.



الف: چرا این نمودار، یک تابع یک به یک نیست؟

ب: با حذف تنها یک نقطه، نمودار را به یک تابع یک به یک تبدیل کنید. به نظر شما مسئله چند جواب دارد؟

۱۰ : نمودار یک تابع به صورت زیر است.



الف : آیا این تابع یک به یک است؟ چرا؟

ب : اگر بخواهیم تعدادی از نقاط این نمودار را حذف کنیم و یک تابع یک به یک به دست آوریم، به نظر شما حداکثر چند نقطه می تواند باقی بماند.

\*\*\*

### قسمت دوم : تابع وارون (معکوس تابع)

اگر مؤلفه های اول و دوم تمام زوج های مرتب تابعی را جابجا کنیم، دو حالت پیش می آید.

حالت اول) مجموعه ی جدید، تابع شود. در این صورت می گویند این تابع معکوس پذیر است و تابع جدید را تابع معکوس می نامند. مانند :

$$f = \{(1, 7), (3, 4), (9, 0)\}$$

$$g = \{(7, 1), (4, 3), (0, 9)\} \quad \text{تابع معکوس } f$$

حالت دوم) مجموعه ی جدید، تابع نشود. در این صورت می گویند این تابع معکوس پذیر نیست. مانند :

$$f = \{(1, 7), (3, 4), (9, 4)\}$$

$$g = \{(7, 1), (4, 3), (4, 9)\}$$

توجه داشته باشید که اگر تابع  $f$  معکوس پذیر باشد، معکوس آن را با  $f^{-1}$  نمایش می دهند.

با توجه به مفهوم تابع معکوس به سهولت نتیجه می شود که:

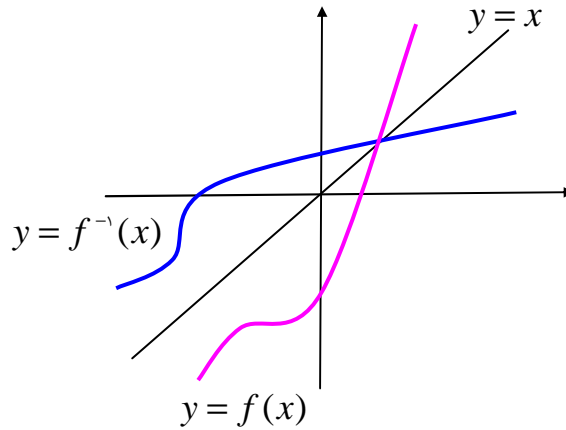
الف) تابعی معکوس پذیر است، هرگاه یک به یک باشد.



ب) دامنه‌ی تابع  $f^{-1}$  برابر برد تابع  $f$  است. ( $D_{f^{-1}} = R_f$ )

ج) برد تابع  $f^{-1}$  برابر دامنه‌ی تابع  $f$  است. ( $R_{f^{-1}} = D_f$ )

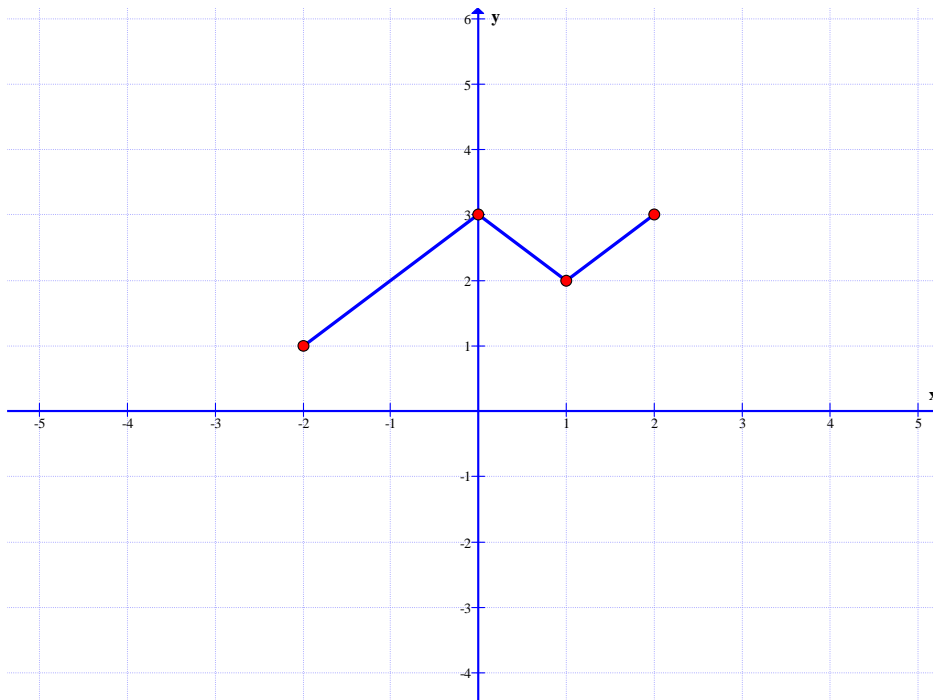
د) نمودار هر تابع معکوس پذیر با نمودار معکوس آن نسبت به خط نیمساز ربع اول و سوم ( $y = x$ ) متقارن هستند.



تمرین ۱۱: وارون تابع  $f = \{(2,3), (-2,1), (-1,2)\}$  را به دست آورید.

تمرین ۱۲: نمودار تابع زیر را در نظر بگیرید.

الف: نمودار وارون تابع داده شده را رسم کنید. ب: آیا این تابع وارون پذیر است؟ چرا؟



## تمرین برای حل:

تمرین ۱۳: کدام یک از توابع زیر معکوس پذیر است. معکوس آن را در صورت وجود بنویسید.

الف)  $f = \{(2,1), (0,3), (5,7), (-2,6)\}$

ب)  $g = \{(2,5), (0,1), (5,7), (-2,1)\}$

## قسمت سوم: روش های تعیین ضابطه‌ی معکوس تابع

برای تعیین معکوس یک تابع معکوس پذیر که معادله‌ی آن معلوم باشد. دو روش متداول است.

**روش اول) تعویض متغیرها:** در این روش به ترتیب زیر عمل می‌کنیم.

مرحله ۱) متغیر  $x$  را به  $y$  و برعکس تبدیل می‌کنیم.

مرحله ۲) متغیر  $y$  را بر حسب  $x$  محاسبه می‌کنیم.

**مثال:** ثابت کنید که تابع  $f(x) = \sqrt{2x-3}$  معکوس پذیر است، سپس معکوس آن را بیابید.

حل:

$$f(x_1) = f(x_2) \rightarrow \sqrt{2x_1 - 3} = \sqrt{2x_2 - 3} \rightarrow 2x_1 - 3 = 2x_2 - 3$$

$$\rightarrow 2x_1 = 2x_2 \rightarrow x_1 = x_2$$

پس تابع یک به یک است و لذا معکوس پذیر است.

$$y = \sqrt{2x-3} \xrightarrow{x \leftrightarrow y} x = \sqrt{2y-3} \rightarrow x^2 = 2y - 3 \rightarrow y = \frac{x^2 + 3}{2}$$

$$\therefore f^{-1}(x) = \frac{x^2 + 3}{2}$$

**روش دوم) بازگردانی اعمال:** در این روش، ابتدا اعمال روی توابع را به ترتیب اولویت می‌نویسیم و

سپس اعمال بازگشت هر یک را مشخص می‌کنیم. تابع حاصل، تابع وارون است.

**مثال ۱:** ثابت کنید که تابع  $f(x) = 2x + 1$  معکوس پذیر است، سپس معکوس آن را بیابید.

حل:

$$f(x_1) = f(x_2) \rightarrow 2x_1 + 1 = 2x_2 + 1 \rightarrow 2x_1 = 2x_2 \rightarrow x_1 = x_2$$

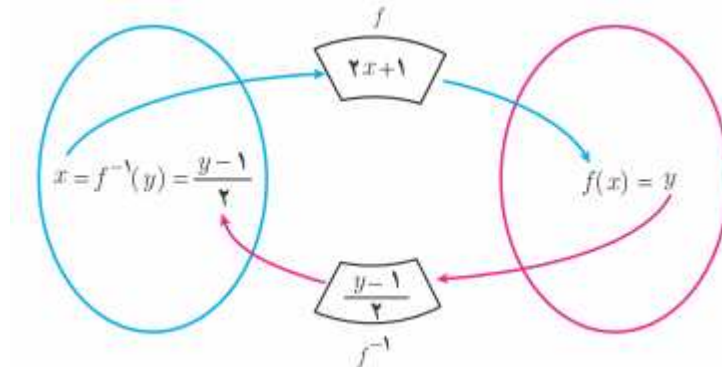
پس تابع یک به یک است و لذا معکوس پذیر است.

$$x \xrightarrow{\times 2} 2x \xrightarrow{+1} 2x + 1 \rightarrow y$$

$$y \xleftarrow{-1} x - 1 \xleftarrow{\div 2} \frac{x - 1}{2} \xleftarrow{-1} x$$

$$f(x) = 2x + 1 \rightarrow f^{-1}(x) = \frac{x - 1}{2}$$

مراحل کار را می توانید در نمودار زیر مشاهده نمایید.



**مثال ۲:** ثابت کنید که تابع  $f(x) = \sqrt{2x - 3}$  معکوس پذیر است، سپس معکوس آن را بیابید.

حل:

$$f(x_1) = f(x_2) \rightarrow \sqrt{2x_1 - 3} = \sqrt{2x_2 - 3} \rightarrow 2x_1 - 3 = 2x_2 - 3$$

$$\rightarrow 2x_1 = 2x_2 \rightarrow x_1 = x_2$$

پس تابع یک به یک است و لذا معکوس پذیر است.

$$x \xrightarrow{\times 2} 2x \xrightarrow{-3} 2x - 3 \xrightarrow{root} \sqrt{2x - 3} \rightarrow y$$

$$y \xleftarrow{sqr} x^2 \xleftarrow{+3} x^2 + 3 \xleftarrow{\div 2} \frac{x^2 + 3}{2} \xleftarrow{-1} x$$

$$f(x) = \sqrt{2x - 3} \rightarrow f^{-1}(x) = \frac{x^2 + 3}{2}$$

**تمرین ۱۴:** وارون هر یک از توابع زیر را تعیین کنید.

الف)  $f(x) = x + 5$

پ)  $f(x) = 2x + 3$

ب)  $f(x) = 4x$

ت)  $f(x) = \frac{2}{3}x - 4$

تمرین برای حل :

۱۵ : ضابطه‌ی وارون هر یک از توابع با ضابطه‌های زیر را بیابید.

الف)  $f(x) = \frac{-7x+3}{5}$

ج)  $f(x) = 5x - 2$

ب)  $f(x) = \frac{3}{5}x + 4$

د)  $f(x) = -2x + 3$

۱۶ : معکوس هر یک از توابع زیر را در صورت وجود پیدا کنید.

الف)  $f(x) = 3x^2 + 1$

ج)  $f(x) = 2\sqrt[3]{x-1}$

ب)  $f(x) = 3x - 1$

د)  $f(x) = 3|x| + 5$

۱۷ : ثابت کنید تابع زیر معکوس پذیر است، سپس معکوس آن را تعیین کنید.

$$f(x) = x^3 + 3x^2 + 3x$$

\*\*\*

## تهیه کننده : جابر عامری

عضو گروه ریاضی دوره ی دوم متوسطه

استان خوزستان

## درس سوّم : اعمال روی توابع

در این درس اعمال رایج روی توابع را تعریف می کنیم و مسائلی را پیرامون آنها حل می کنیم.

## قسمت اول : اعمال روی توابع

اگر  $f$  و  $g$  دو تابع باشند، در این صورت اعمال زیر را می توان روی دامنه ی مشترک آنها تعریف کرد.

۱ : جمع دو تابع

$$(f + g)(x) = f(x) + g(x)$$

$$D_{f+g} = D_f \cap D_g$$

۲ : تفریق دو تابع

$$(f - g)(x) = f(x) - g(x)$$

$$D_{f-g} = D_f \cap D_g$$

۳ : ضرب دو تابع

$$(f \times g)(x) = f(x) \times g(x)$$

$$D_{f \times g} = D_f \cap D_g$$

۴ : تقسیم دو تابع

$$\left(\frac{f}{g}\right)(x) = \frac{f(x)}{g(x)}$$

$$D_{\frac{f}{g}} = D_f \cap D_g - \{x \in D_g \mid g(x) = 0\}$$

مثال : اگر  $f(x) = x^2 + 5x + 6$  و  $g(x) = x^2 + 3x$  ، تساوی های زیر را کامل کنید.

۱)  $(f + g)(x)$

۵)  $(f^2)(x)$

۲)  $(f - g)(x)$

۶)  $\left(\frac{f}{g}\right)(x)$

۳)  $(g - f)(x)$

۷)  $D_{f+g}$

۴)  $(f \times g)(x)$

۸)  $D_{\frac{f}{g}}$

حل :

$$۱) (f + g)(x) = f(x) + g(x) = (x^2 + 5x + 6) + (x^2 + 3x)$$

$$= x^2 + 5x + 6 + x^2 + 3x = 2x^2 + 8x + 6$$

$$۲) (f - g)(x) = f(x) - g(x) = (x^2 + 5x + 6) - (x^2 + 3x)$$

$$= x^2 + 5x + 6 - x^2 - 3x = 2x + 6$$

$$۳) (g - f)(x) = g(x) - f(x) = (x^2 + 3x) - (x^2 + 5x + 6)$$

$$= x^2 + 3x - x^2 - 5x - 6 = -2x - 6$$

$$۴) (f \times g)(x) = f(x) \times g(x) = (x^2 + 5x + 6) \times (x^2 + 3x)$$

$$= x^4 + 3x^3 + 5x^3 + 15x^2 + 6x^2 + 18x = x^4 + 8x^3 + 21x^2 + 18x$$

$$۵) (g \times f)(x) = g(x) \times f(x) = (x^2 + 5x + 6) \times (x^2 + 5x + 6)$$

$$= x^4 + 5x^3 + 6x^2 + 5x^3 + 25x^2 + 30x + 6x^2 + 30x + 36$$

$$= x^4 + 10x^3 + 31x^2 + 60x + 36$$

$$۶) \left(\frac{f}{g}\right)(x) = \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{x^2 + 5x + 6}{x^2 + 3x} = \frac{(x+2)(x+3)}{x(x+3)} = \frac{x+2}{x}$$

$$۷) D_{f+g} = D_f \cap D_g = R \cap R = R$$

توابع  $f$  و  $g$  هر دو چند جمله ای می باشند. پس دامنه ی هر دو مجموعه ی اعداد حقیقی است.

$$۸) \underline{D_f} = D_f \cap D_g - \{x \in D_g \mid g(x) = 0\} = R \cap R - \{0, -3\} = R - \{0, -3\}$$

توجه داشته باشید که ریشه های مخرج  $x = 0$  و  $x = -3$  تابع  $g$  می باشند.

$$x^2 + 3x = 0 \rightarrow x(x+3) = 0 \rightarrow x = 0, x = -3$$

**مثال:** اگر  $f = \{(1,7), (3,-4), (2,2)\}$  و  $g = \{(1,6), (3,5), (4,1), (2,0)\}$ ، هر یک از موارد زیر را تعیین کنید.

- |              |                    |
|--------------|--------------------|
| ۱) $D_f$     | ۵) $f - g$         |
| ۲) $D_g$     | ۶) $f \times g$    |
| ۳) $D_{f+g}$ | ۷) $\frac{D_f}{g}$ |
| ۴) $f + g$   | ۸) $\frac{f}{g}$   |

حل:

- ۱)  $D_f = \{1, 3, 2\}$   
 ۲)  $D_g = \{1, 3, 4, 2\}$   
 ۳)  $D_{f+g} = D_f + D_g = \{1, 3, 2\} \cap \{1, 3, 4, 2\} = \{1, 2, 3\}$

اکنون برای تعیین توابع خواسته شده، از روش تشکیل جدول استفاده می کنیم.

$x$	۱	۳	۲
$f(x)$	۷	-۴	۲
$g(x)$	۶	۵	۰
$(f + g)(x) = f(x) + g(x)$	۱۳	۱	۲

۴)  $f + g = \{(1,13), (3,1), (2,2)\}$

$x$	۱	۳	۲
$f(x)$	۷	-۴	۲
$g(x)$	۶	۵	۰
$(f - g)(x) = f(x) - g(x)$	۱	-۹	۲

۵)  $f - g = \{(1,1), (3,-9), (2,2)\}$

$x$	۱	۳	۲
$f(x)$	۷	-۴	۲
$g(x)$	۶	۵	۰
$(f \times g)(x) = f(x) \times g(x)$	۷۲	-۲۰	۰

$$۶) f \times g = \{(1, 73), (3, -20), (2, \cdot)\}$$

$$۷) \underline{D_{\frac{f}{g}}} = D_f \cap D_g - \{x \in D_g \mid g(x) = \cdot\} \{1, 3, 2\} - \{2\} = \{1, 3\}$$

$x$	۱	۳
$f(x)$	۷	-۴
$g(x)$	۶	۵
$(\frac{f}{g})(x) = \frac{f(x)}{g(x)}$	$\frac{۷}{۶}$	$\frac{-۴}{۵}$

$$۸) \frac{f}{g} = \{(1, \frac{۷}{۶}), (3, \frac{-۴}{۵})\}$$

تمرین برای حل :

۱ : اگر  $f = \{(1, 1), (2, 4), (3, 6), (0, 6)\}$  و  $g = \{(1, -1), (2, 5), (-1, 2), (3, 0)\}$

در هر مورد دامنه‌ی تابع داده شده را تعیین و سپس آن را به صورت زوج مرتب بنویسید.

۱)  $f + g$

۳)  $f \cdot g$

۵)  $f^2$

۲)  $f - g$

۴)  $\frac{f}{g}$

۶)  $\sqrt{g}$

۲ : اگر  $f(x) = x^2 - x$  و  $g(x) = x^2 + 2x - 3$  باشد، عبارت های زیر را محاسبه کنید.

الف)  $(f + g)(x)$

ب)  $(\frac{f}{g})(x)$

ج)  $(2f - 3g)(2)$

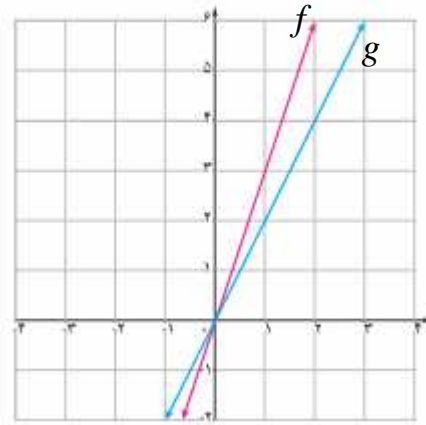
۳ : اگر  $u(x) = \sqrt{x} + 1$  و  $v(x) = x - 1$  ، دامنه و ضابطه‌ی تابع  $f(x) = (\frac{u}{v})(x)$  را تعیین کنید.



۴: در شکل مقابل، نمودارهای دو تابع  $f$  و  $g$  رسم شده اند.

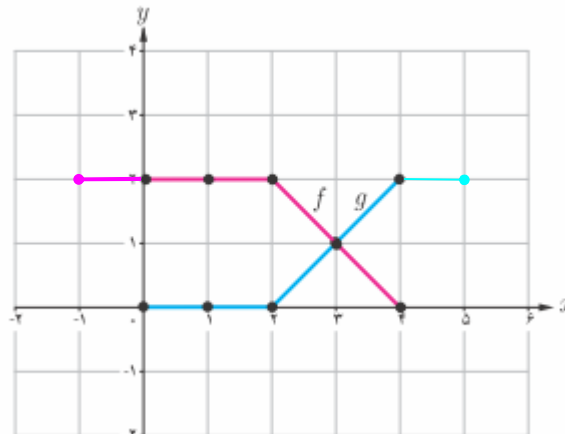
الف: ضابطه ی این دو تابع را بنویسید.

ب: ضابطه ی دو تابع  $f + g$  و  $f - g$  را به دست آورید.



۵: ثابت کنید که حاصل جمع و تفریق دو تابع خطی، خطی است.

۶: در شکل مقابل، نمودار دو تابع  $f$  و  $g$  رسم شده است. نمودار حاصل جمع این دو تابع را به دست آورید.



۷: اگر  $f = \{(1, 2), (3, 5), (5, 7), (7, 9), (4, 4)\}$  باشد، تابع  $f^{-1} + 2f$  را با عضوهایش بنویسید.

\*\*\*

قسمت دوم : رسم نمودار توابع به کمک تبدیلات

گاهی لازم است نمودار یک تابع را به کمک نمودار تابع دیگری رسم کنیم. برای این کار از ویژگی های تبدیلات از قبیل انتقال یا بازتاب و ... استفاده می شود. اگر نمودار تابع  $y = f(x)$  که تابع اصلی نیز نامیده می شود، معلوم باشد در این صورت نمودار توابع جدید را به کمک نمودار تابع اصلی می توان رسم کرد. برای انجام این کار می توان از جدول زیر استفاده کرد. در این جدول  $a$  یک عدد مثبت فرض شده است.

نتیجه	نحوه ی تبدیل	تابع جدید
نمودار به اندازه ی $a$ واحد بالا می رود.	به عرض نقاط $a$ واحد اضافه می شود.	$y = f(x) + a$
نمودار به اندازه ی $a$ واحد پایین می رود.	از عرض نقاط $a$ واحد کم می شود.	$y = f(x) - a$
اگر $0 < a < 1$ نمودار فشرده می شود. اگر $a > 1$ نمودار کشیده می شود.	عرض نقاط در $a$ ضرب می شود.	$y = af(x)$
نمودار به اندازه ی $a$ واحد به عقب می رود.	از طول نقاط $a$ واحد کم می شود.	$y = f(x + a)$
نمودار به اندازه ی $a$ واحد به جلو می رود.	به طول نقاط $a$ واحد اضافه می شود.	$y = f(x - a)$
اگر $0 < a < 1$ نمودار منبسط می شود. اگر $a > 1$ نمودار منقبض می شود.	طول نقاط در $\frac{1}{a}$ ضرب می شود.	$y = f(ax)$

نتیجه :

۱ : نمودار تابع  $y = -f(x)$  قرینه ی نمودار تابع  $y = f(x)$  نسبت به محور طول ها است.

۲ : نمودار تابع  $y = f(-x)$  قرینه ی نمودار تابع  $y = f(x)$  نسبت به محور عرض ها است.

\*\*\*

**تمرین ۸:** در شکل روبرو، نمودار تابع  $f$  داده شده است. در هر مورد نمودار تابع با ضابطه ی تعیین شده را

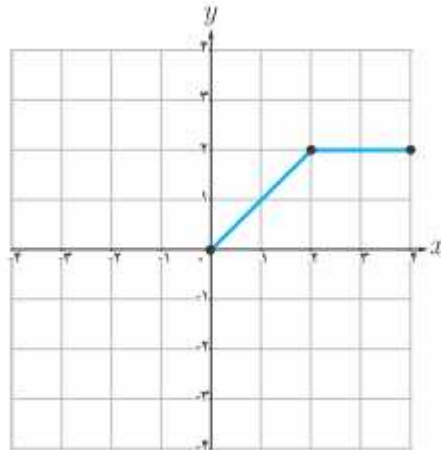
رسم کنید.

الف)  $y = f(x) + 2$

ج)  $y = f(x - 1)$

ب)  $y = -2f(x)$

د)  $y = f(3x)$



**تمرین برای حل :**

۹ : با استفاده از نمودار تابع با ضابطه ی  $f(x) = |x|$  ، نمودار هر یک از توابع زیر را رسم کنید.

الف)  $y = -|x|$

ب)  $y = -|x - 2|$

ج)  $y = 2|x + 1|$

۱۰ : با استفاده از نمودار تابع با ضابطه ی  $f(x) = x^2$  ، نمودار هر یک از توابع زیر را رسم کنید.

الف)  $y = (x - 1)^2$

ب)  $y = x^2 + 3$

۱۱ : با استفاده از نمودار تابع با ضابطه ی  $f(x) = \sqrt{x}$  ، نمودار هر یک از توابع زیر را رسم کنید.

الف)  $y = 3\sqrt{x}$

ب)  $y = -\sqrt{x - 2}$

ج)  $y = 1 - \sqrt{x - 3}$

\*\*\*

**تهیه کننده : جابر عامری عضو گروه ریاضی دوره ی دوم متوسطه**