

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

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

$xy^2 - x^2y + x^2 = x^2 + 1$ $\rightarrow xy^2 - x^2y = 1$

$xy = 1 - y^2 \rightarrow x = \frac{1-y^2}{y} \rightarrow y = \frac{1-x^2}{x} = \frac{1}{x} - x = f^{-1}(x)$
 $\left\{ \begin{aligned} x - \frac{1}{x} &= f^{-1}(\frac{1}{x}) \end{aligned} \right.$

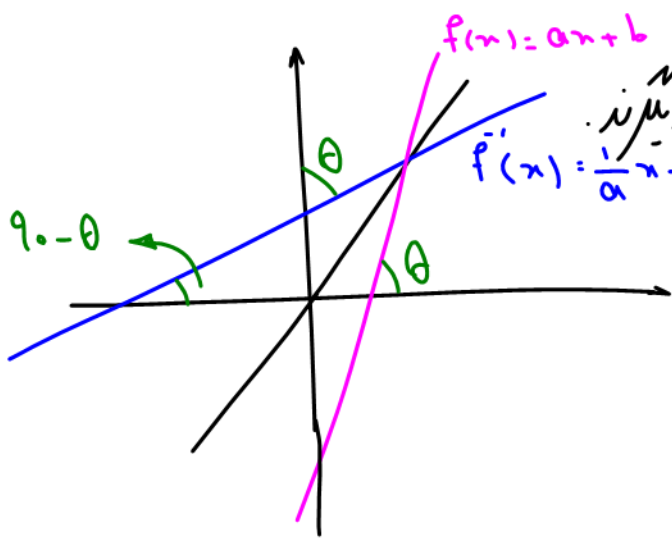
$f^{-1}(x) + f^{-1}(\frac{1}{x}) = 0$

وارون کردن ضابطه خط ۳ روش دارد:

$$①. \begin{cases} f(x) = ax + b \\ f^{-1}(x) = \frac{1}{a}x - \frac{b}{a} \end{cases}$$

$$②. f(x) = ax + b \rightarrow y = ax + b \rightarrow \frac{y-b}{a} = x \rightarrow y = \frac{x-b}{a} = \frac{1}{a}x - \frac{b}{a} = f^{-1}(x)$$

$$③. \begin{cases} f(x) = ax + b \\ y = ax + b \\ x = ay + b \end{cases} \rightarrow y = \frac{x-b}{a} = \frac{1}{a}x - \frac{b}{a}$$



نکته: زاویه خط f و f^{-1} با محور x تمام یکسانند.

زاویه خط f با محور x ها برابر
زاویه خط f^{-1} با محور y هاست.

ایک بیجه، $f(x) = x^3 - 3x^2 + 3x + 5$

سنگی ۱۲ ۵ وارون تابع

$$y = (x^3 - 3x^2 + 3x - 1) + 7$$

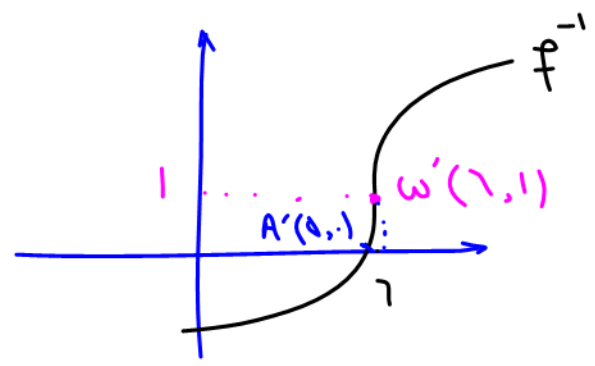
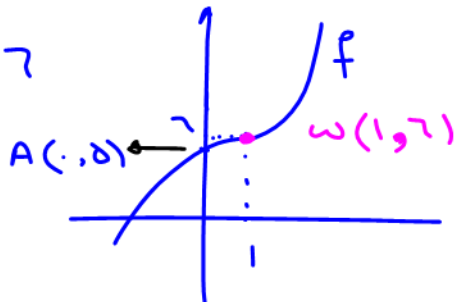
$$y = (x-1)^3 + 7$$

$$y-7 = (x-1)^3$$

$$\sqrt[3]{y-7} = x-1$$

$$1 + \sqrt[3]{y-7} = x$$

$$1 + \sqrt[3]{x-7} = y = f^{-1}(x)$$



ایک بیجه، $f(x) = \frac{ax+b}{cx+d}$

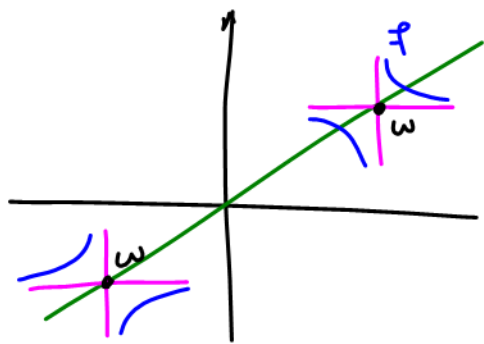
تابع وارون تابع همدگر انب

$$y = \frac{ax+b}{cx+d} \rightarrow cxy + dy = ax + b \rightarrow cxy - ax = -dy + b$$

$$x(cy - a) = -dy + b \rightarrow x = \frac{-dy + b}{cy - a} \rightarrow y = \frac{-dx + b}{cx - a} = f^{-1}(x)$$

$$f(x) = \frac{ax+b}{cx+d} \rightarrow f^{-1}(x) = \frac{-dx+b}{cx-a} \quad \text{if } a = -d \text{ \& } a+d = 0 \rightarrow f = f^{-1}$$

آنند وارون تابع هموار آید بر خودش منطبق باشد مرکز تقارن آن روی خط $y=x$ است.



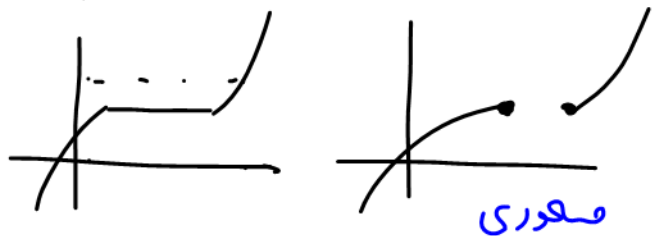
$$f(x) = \frac{ax+b}{cx+d} \xrightarrow{a+d=0} f = f^{-1}$$

یا چه شرطی بر وارون خود منطبق است؟ $f(x) = \frac{7x-5}{1x+m}$

$$m = -7$$

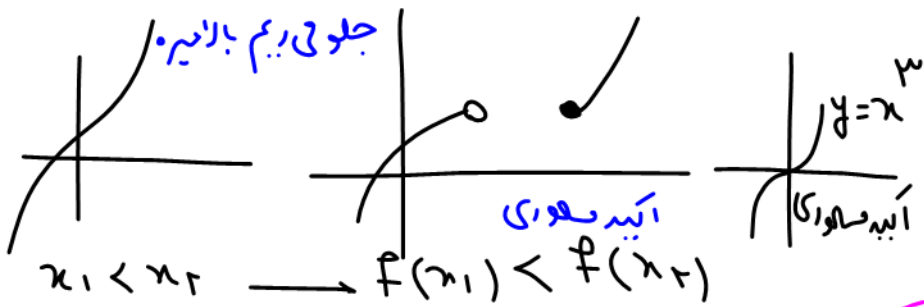
تابع آید یکنوا (آید صعودی یا آید نزولی)

تابع یکنوا (یه جور) صعودی نزولی



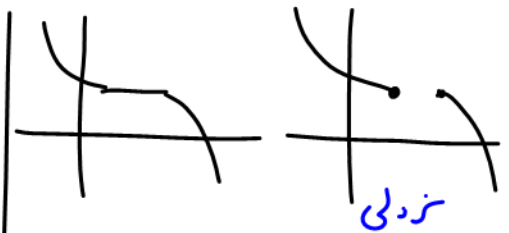
$$x_1 < x_2 \rightarrow f(x_1) \leq f(x_2)$$

در تابع صعودی یا نزولی حداتی از نقطه هم عرض داریم

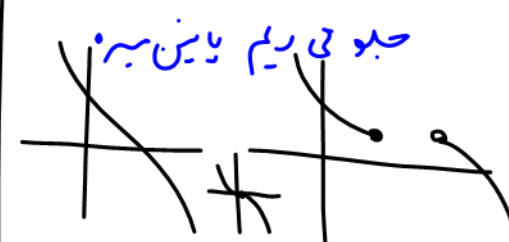


$$x_1 < x_2 \rightarrow f(x_1) < f(x_2)$$

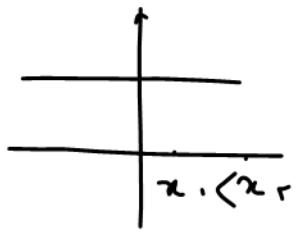
نکته: در تابع آید نقطه هم عرض نداریم



$$x_1 < x_2 \rightarrow f(x_1) \geq f(x_2)$$

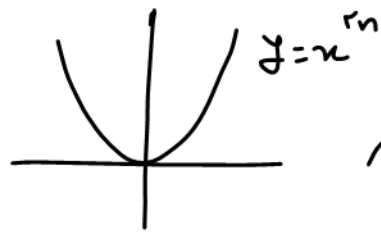


$$x_1 < x_2 \rightarrow f(x_1) > f(x_2)$$

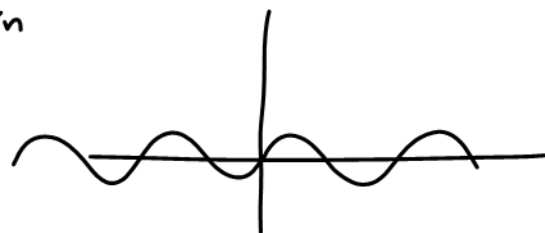


$$f(x_1) = f(x_0)$$

تابع ثابت هم صعودیه هم نزولیه



ابتدا نزولی و
پس صعودیه
غیر یکنوا



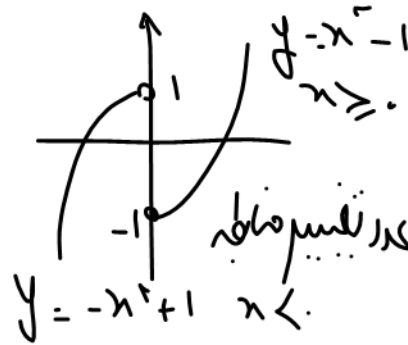
$y = \sin x$
غیر یکنوا و نوسانی



غیر یکنوا
لاهدیشانه اش
جداگانه آینه نزولیه
ولی کل \mathbb{R} آینه نزولی نیست به علت
راشش بجانب قائم

نکته : حضور دو وجودی نسبت قائم در توابع گسری
آنها از رفتار یکنوا و آینه خارج می‌کنند

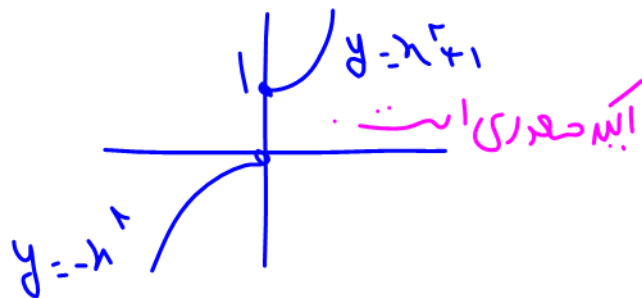
$$f(x) = \begin{cases} x^2 - 1 & x \geq 0 \\ -x^2 + 1 & x < 0 \end{cases}$$



هسته شانه به تنهایی
آینه صعودیه ولی کل

آینه یکنوا نیست
(اینجا $x=0$ باشد)

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

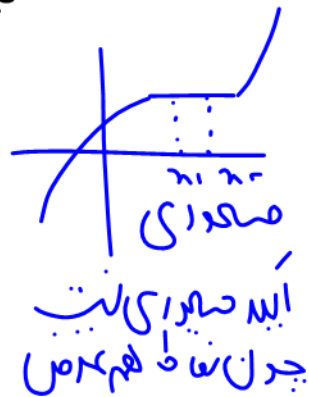


$$y = ax + b \begin{cases} a > 0: & \text{ایب معدای} \\ a < 0: & \text{ایب نزدی} \\ a = 0: & \text{تایب} \\ & \text{هم معدای هم نزدی} \end{cases}$$

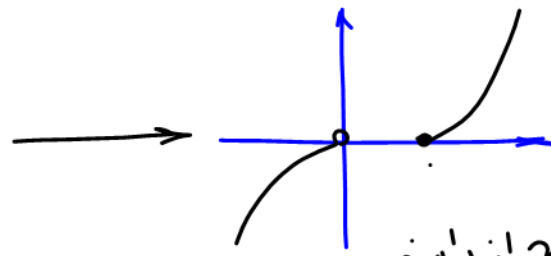
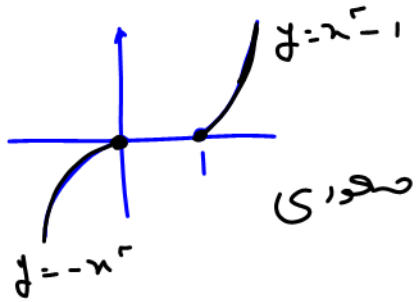
$$y = ax^2 + bx + c$$

$$y = ax^3 \begin{cases} a > 0: & \text{ایب معدی} \\ a < 0: & \text{ایب نزدی} \end{cases}$$

نکته: تابع ایب معدی ، معدی هم همسوی شود ، اما در تابع ایب یکوا هم انقضای هم خص نیستند .
 تابع ایب نزدی ، نزدی هم همسوی شود .



با چه تقییری تابع
 $f(x) = \begin{cases} x^2 - 1 & x \geq 1 \\ -x^2 & x \leq 1 \end{cases}$
 آینه‌آ صدوری می‌شود؟



مثلاً با حذف $x=0$ از دامنه

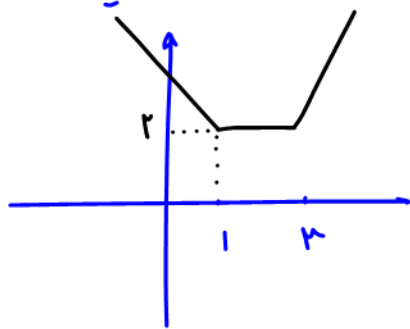
همچ رونقته‌ای عرض برابر ندارند و آینه‌آ صدوری می‌شود

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

با حذف $x=1$

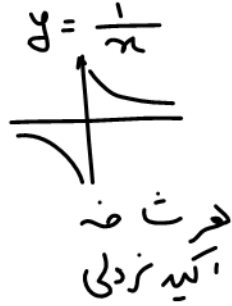
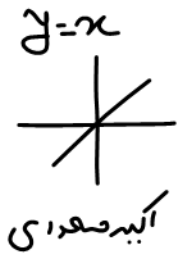
با حذف هر نقطه‌ای $x=0$

مثال) تابع $y = |x-1| + |x-3|$ را رسم و در محور انتگرال‌ها نکات کنید.

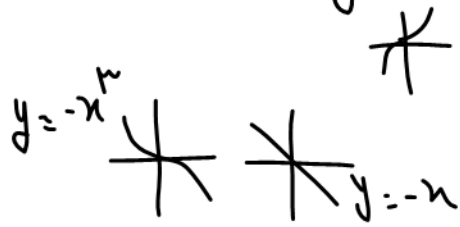


$\begin{cases} x > 3 & \text{آینه صدوری} \\ x > 1 & \text{صدوری} \end{cases}$
 $\begin{cases} x < 2 & \text{آینه نزدیکی} \\ x < 3 & \text{نزدیکی} \end{cases}$
 $1 < x < 3$ هم صدوری هم نزدیکی

نکته: اگر تابعی در علامت منی نباشد یا برعکس شود، رفتارش عکس می شود.
(روی محور شایسته)

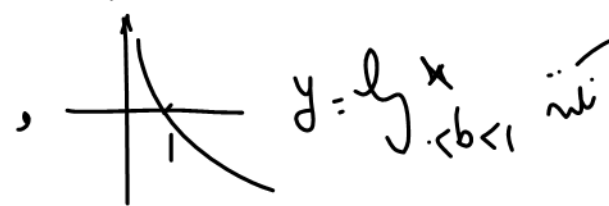
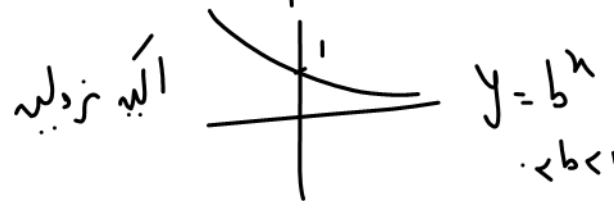
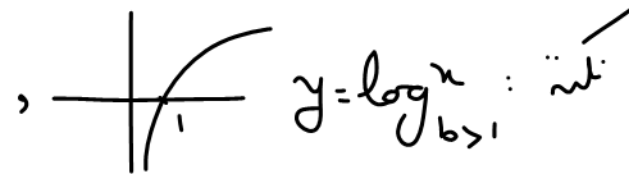
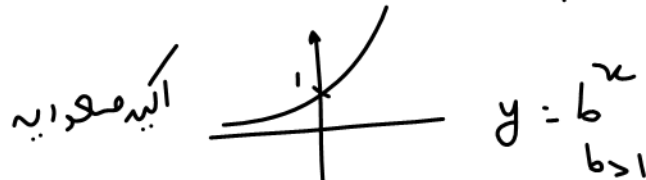


نکته: جمع ۲ تابع آنبه صعودی، آنبه صعودیه مثل $y = x^n + (x-2)$



نکته: جمع ۲ تابع آنبه نزولی، آنبه نزولیه مثل $y = -x^n - x$

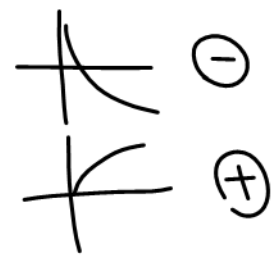
نکته: جمع ۲ تابع آنبه صعودی، آنبه نزولی معلوم نیست چگونگی است!



نکته: در ترکیب تابع $f \circ g$ یا $g \circ f$ علائق + یا - حقیقی را در هر مرحله می بینیم.

اگر عددی: + $\rightarrow y = x^2$ 

اگر منفی: - $\rightarrow y = -x$ 

مثال $y = \log \sqrt{x}$ $\begin{cases} f(x) = \log x & \ominus \\ g(x) = \sqrt{x} & \oplus \end{cases}$ 

$y = h(x) = f(g(x)) = \log \sqrt{x}$
 $\ominus \oplus \rightarrow \ominus \oplus = \ominus$ اگر منفی

مثال $y = \log \frac{1}{\sqrt{x}}$
 $\oplus \ominus \rightarrow \oplus \ominus = \ominus$ اگر منفی

مثال $y = \log x^2$
 $\oplus \oplus \rightarrow \oplus \oplus = \oplus$ اگر منفی

مثال $y = \log x^m$

$y = \log x^m$

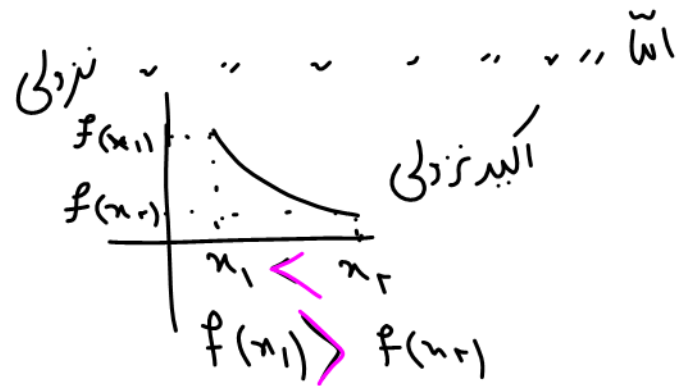
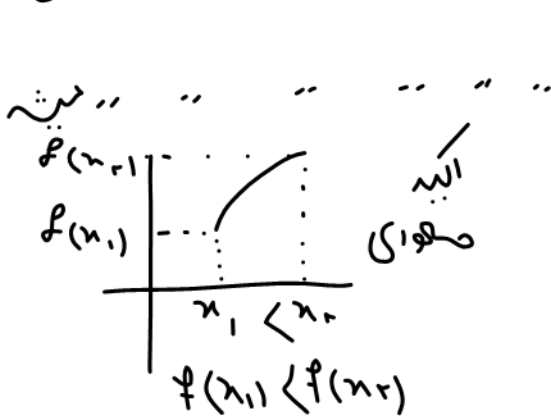
اگر صعودی

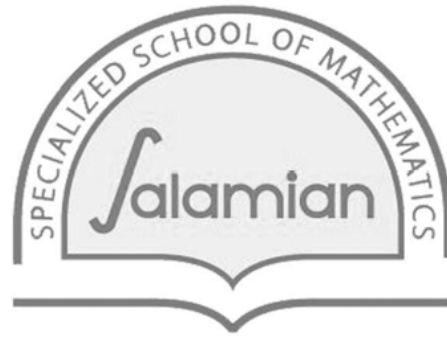


$(+) \times (+) = (+)$

مخفی نشود!

نکته: اگر از طرف یک نامعادیه تابع اگید صعودی بگیریم یا خط نزولی، جهت نامعادیه عوض





ریاضیات کنکور

بخش نخست

توان، ریشه، رادیکال، عبارات جبری، اتحاد، تجزیه، تابع،

قدر مطلق و جزء صحیح

مدرس: دکتر سامان سلامیان



توان، ریشه، رادیکال، عبارات جبری، اتحاد، تجزیه، تابع، قدر مطلق و جزء صحیح

روابط و قضیه‌ها
 ۱- روابط توان: $2^5 = 32$, $2^3 = 8$, $2^5 = 2^2 \times 2^3 = 4 \times 8 = 32$, $2^5 = 2^{5-2} \times 2^2 = 2^3 \times 4 = 8 \times 4 = 32$

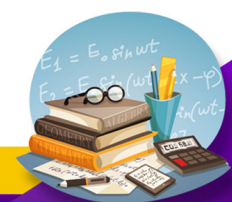
$a^m \times a^n = a^{m+n}$	$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}$	$a^m \times b^m = (ab)^m$	$\frac{a^m}{b^m} = \left(\frac{a}{b}\right)^m$
بر مخرج توان منفی به $a \neq 0$ $a^0 = 1$	$a^{-m} = \frac{1}{a^m}$	$(a^m)^n = a^{mn}$	$(2^3)^2 = 2^6 = 64 \neq 2^3 \times 2 = 8$
n فرد $\Rightarrow (-a)^n = -a^n$ $(-2)^3 = -8$		n زوج $\Rightarrow (-a)^n = a^n$ $(-2)^2 = 4$	

اگر توان عدد غیر صحیح باشد، پایه را مثبت در نظر می‌گیریم.
 ۲- رادیکال: $a^{\frac{1}{n}} \rightarrow a^{\frac{1}{n}}$
 هر عددی که توانی برابری با عکس همان عدد در پایه آن توان اولی مثبت $2^{\frac{1}{2}} = \sqrt{2}$
 $2^{\frac{3}{2}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{3}{2}} = \frac{1}{2^{\frac{3}{2}}} = \frac{1}{2\sqrt{2}}$

$\sqrt[n]{a} \times \sqrt[n]{b} = \sqrt[n]{ab}$	$\frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[n]{\frac{a}{b}}$	$\sqrt[n]{a^m} = n\sqrt[n]{a^{mk}}$	$\sqrt[m]{\sqrt[n]{a}} = m\sqrt[mn]{a}$
n فرد $\Rightarrow \sqrt[n]{a^n} = a$ n زوج $\Rightarrow \sqrt[n]{a^n} = a $		$a\sqrt{b} = \begin{cases} \sqrt{a^2b} & a > 0 \\ -\sqrt{a^2b} & a < 0 \end{cases}$	

منظور از ریشه دوم ۹، دو عدد +۳ و -۳ است. ولی منظور از $\sqrt{9}$ فقط +۳ هست.
 توجه کنید که $(\sqrt{x})^2 = x$ و x حتماً نامنفی است ولی $y = \sqrt{x^2} = |x|$
 ۳- اتحادها:

$\begin{cases} (a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2 \\ (a-b)^2 = a^2 - 2ab + b^2 \end{cases}$ مربع ۲ جمله	$\begin{cases} (a+b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3 \\ (a-b)^3 = a^3 - 3a^2b + 3ab^2 - b^3 \end{cases}$ مکعب ۲ جمله
$\begin{cases} a+b = S \\ ab = P \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} a^2 + b^2 = S^2 - 2P \\ a^3 + b^3 = S^3 - 3PS \end{cases}$ جابجی دلاغر	$\begin{cases} a^2 + b^2 = (a+b)(a^2 - ab + b^2) \\ a^3 - b^3 = (a-b)(a^2 + ab + b^2) \end{cases}$ یک جمله شترک
$(a+b)(a-b) = a^2 - b^2$ مزدوج	$(x+a)(x+b) = x^2 + (a+b)x + ab$ مربع ۳ جمله
$(a+b+c)^2 = a^2 + b^2 + c^2 + 2ab + 2ac + 2bc$	



دسته بندی تست‌ها:

۱- ساده کردن عبارت‌های توانی و رادیکالی:

تست ۱: اگر $A = \frac{\sqrt[3]{18}}{\sqrt{6}} \times 12^{12}$ باشد، کدام درست است؟

$$A^6 = 2 \quad (1) \quad A^6 = 3 \quad (2) \quad A^6 = 2 \quad (3) \quad A^6 = 3 \quad (4)$$

۲- استفاده از اتحادها:

تست ۲: اگر $x + y = 11$ و $x^3 + y^3 = 407$ باشد، حاصل xy برابر کدام است؟

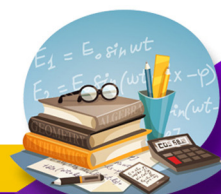
$$24 \quad (1) \quad 28 \quad (2) \quad 30 \quad (3) \quad 33 \quad (4)$$

تست ۳: اگر $f(x) = \sqrt[3]{8x^3 + ax^2 + 54x + b}$ یک تابع خطی باشد، مقدار $a - b$ کدام است؟

$$-9 \quad (1) \quad -8 \quad (2) \quad 8 \quad (3) \quad 9 \quad (4)$$

۳- کار کردن با عبارت‌های $x \pm \frac{1}{x}$: معمولاً با توان ۲ یا ۳ رساندن و یا استفاده از اتحادهای $S^2 - 2P$ و $S^3 - 3PS$ مسئله حل می‌شود.تست ۴: اگر $\sqrt{x} + \frac{1}{\sqrt{x}} = 3$ باشد، مقدار مثبت $x - \frac{1}{x}$ کدام است؟

$$3\sqrt{5} \quad (1) \quad 5\sqrt{3} \quad (2) \quad 3\sqrt{7} \quad (3) \quad 7\sqrt{3} \quad (4)$$



۱۳۱ $\sqrt[2k]{13}$ فرجه زوج $(13)^{2k}$

۴- مجموع چند عبارت نامنفی (مثل عبارت‌های با توان زوج، رادیکال و قدرمطلق) وقتی صفر است که همگی صفر باشند.

تست ۵: اگر $4a^2 + 2b^2 + 4 = 4b(a+1)$ باشد، حاصل $a+b$ کدام است؟

- ۴ (۴) ۳ (۳) ۲ (۲) ۱ (۱)

ابنت آرام @salamianriazi

دکتر آرام

سامان سلامیان وبسایت
www.saman.salamian.ir

نام خانوادگی
nob

۵- گویا کردن رادیکال‌ها:

تست ۶: اگر $b+3 = a-1 = 2+\sqrt{7}$ باشد، حاصل $\sqrt{\frac{1}{a} + \frac{3}{b}}$ کدام است؟

- ۲ $\sqrt{7}$ (۴) $\sqrt{7}$ (۳) ۲ (۲) $\sqrt{2}$ (۱)

تست ۷: اگر $\sqrt{2\sqrt{2}} + \frac{\sqrt[3]{3} + \sqrt[3]{2}}{\sqrt[3]{9} + \sqrt[3]{6} + \sqrt[3]{4}} = \sqrt[3]{a}$ باشد، مقدار a برابر کدام است؟

- ۶ (۴) ۳ (۳) ۸ (۲) ۹ (۱)

۶- رادیکال‌های مرکب:

(۱) مربع کردن عبارت زیر رادیکال

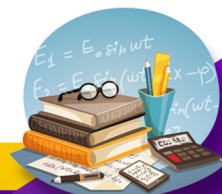
$$\sqrt{17-12\sqrt{2}} \begin{cases} a^2 + b^2 = 17 \\ 2ab = 12\sqrt{2} \end{cases} \Rightarrow \sqrt{(3-2\sqrt{2})^2} = |3-2\sqrt{2}| = 3-2\sqrt{2}$$

(۲) دو برابر کردن صورت و مخرج

$$\sqrt{4+\sqrt{15}} = \sqrt{\frac{8+2\sqrt{15}}{2}} = \sqrt{\frac{(\sqrt{5}+\sqrt{3})^2}{2}} = \frac{\sqrt{5}+\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$$

(۳) به توان ۲ رساندن در عبارت‌های متقارن

$$A = \sqrt{3+\sqrt{5}} - \sqrt{3-\sqrt{5}} \Rightarrow A^2 = (3+\sqrt{5}) + (3-\sqrt{5}) - 2\sqrt{9-5} = 2 \xrightarrow{A>0} A = \sqrt{2}$$



تست ۸: اگر $\sqrt{2} \cdot \sqrt{13-4\sqrt{3}} + 2\sqrt{2+\sqrt{3}} = \sqrt{a}$ باشد، a کدام است؟

۵۴ (۴)

۴۸ (۳)

۳۲ (۲)

۲۴ (۱)

تست ۹: حاصل عبارت $\frac{\sqrt{5+\sqrt{21}} - \sqrt{5-\sqrt{21}}}{\sqrt{2}}$ برابر کدام است؟

$\sqrt{7}$ (۴)

$\sqrt{3}$ (۳)

۲ (۲)

۱ (۱)

۷- به عبارت‌های رادیکالی مزدوج توجه کنید، به خصوص وقتی ضرب آن‌ها ۱ باشد، وارون یکدیگرند:

$$(2-\sqrt{3})(2+\sqrt{3}) = 4-3=1 \Rightarrow (2-\sqrt{3}) = (2+\sqrt{3})^{-1}, (2+\sqrt{3}) = (2-\sqrt{3})^{-1}$$

تست ۱۰: اگر $\sqrt[3]{2-\sqrt{3}} \cdot \sqrt[4]{2+\sqrt{3}} = \sqrt[n]{7-4\sqrt{3}}$ مقدار n کدام است؟

۴ (۴)

۶ (۳)

۸ (۲)

۱۸ (۱)

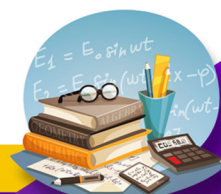
تست ۱۱: اگر $\sqrt{x+2} - \sqrt{x-4} = 2$ ، مقدار $\sqrt{x+2} + \sqrt{x-4}$ کدام است؟

۳/۵ (۴)

۳ (۳)

۲/۵ (۲)

۱/۵ (۱)



۸- تجزیه عبارت‌های جبری:

(۱) استفاده از اتحاد جمله مشترک

$$x^2 - \underbrace{7x}_{a+b} + \underbrace{12}_{ab} = (x-3)(x-4)$$

(۲) حل معادله درجه دوم به کمک فرمول

$$2x^2 + 5x - 3 : x = \frac{-5 \pm \sqrt{25 + 24}}{4} = \frac{1}{4}, -3 \Rightarrow 2(x - \frac{1}{4})(x - (-3)) = (2x-1)(x+3)$$

(۳) حدس زدن ریشه و سپس تقسیم یا جور کردن ضرایب (به ویژه در عبارت‌های درجه سوم و بالاتر)

$$x^3 - 3x^2 + 2 \quad (x=1 \text{ حدس ریشه: } x=1) \quad x^3 - 3x^2 + 2 = (x-1)(x^2 + x - 2)$$

$$x^3 - 3x^2 + 2 = (x-1)(x^2 + x - 2) \quad (\text{تجزیه پیرانتز دوم}) \quad (x-1)(x-1)(x+2) = (x-1)^2(x+2)$$

(۴) مربع کامل کردن

$$a^4 + 4b^4 = (a^2 + 2b^2)^2 - 4a^2b^2 = (a^2 + 2b^2)^2 - (2ab)^2 = (a^2 + 2b^2 - 2ab)(a^2 + 2b^2 + 2ab)$$

(۵) دسته‌بندی

$$x^3 - a - x^2 + ax = (x^3 - x^2) + (-a + ax) = x^2(x-1) + a(x-1) = (x-1)(x^2 + a)$$

تست ۱۲: کدام عامل در تجزیه $(x^2 - 4x)^2 - 2(x^2 - 4x) - 15$ وجود ندارد؟

x - 5 (۴)

x - 3 (۳)

x - 2 (۲)

x - 1 (۱)

تست ۱۳: عبارت $x^6 + 4x^2 - 5$ بر کدام یک از عبارات زیر بخش پذیر است؟

$x^4 + x^2 + 5$ (۴)

$x^4 - x^2 + 5$ (۳)

$x^2 + x + 5$ (۲)

$x^2 - x + 5$ (۱)

۹- ساده کردن عبارت‌های جبری: در مجموع چند کسر حتماً مخرج‌ها را تجزیه کنید و «ک.م.م» آن‌ها را به عنوان مخرج مشترک در نظر بگیرید.

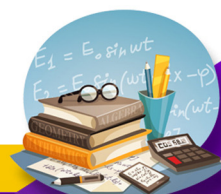
تست ۱۴: اگر $\frac{1}{x^2 - x} + \frac{1}{x^2 + x} - \frac{3}{x^2 + x - 2} = \frac{a}{x^2 + 3x + 2}$ باشد، کدام است a؟

-2 (۴)

-1 (۳)

2 (۲)

1 (۱)



زوج مرتب

زوج مرتب به دوتایی (a, b) گفته می‌شود که a را مؤلفه اول و b را مؤلفه دوم می‌نامیم. دقت کنید که در زوج مرتب، ترتیب مؤلفه‌ها مهم است، یعنی زوج مرتب (a, b) با زوج مرتب (b, a) فرق دارد. هر زوج مرتب، یک نقطه را در صفحه مشخص می‌کند و دو زوج مرتب، وقتی با هم برابرند که مؤلفه‌های اولشان با هم و مؤلفه‌های دومشان نیز با هم برابر باشند.

$$(a, b) = (c, d) \Leftrightarrow a = c, b = d$$

تست ۱۵: اگر دو زوج مرتب $(x - y, 1)$ و $(3, 2x + 3y)$ یک نقطه را در صفحه مشخص کنند، حاصل $3x + 2y$ کدام است؟

۹ (۴)

۶ (۳)

۵ (۲)

۴ (۱)

$$\begin{cases} x - y = 3 \\ 2x + 3y = 1 \end{cases}$$

$$3x - 2y = 3 \quad \textcircled{3}$$

رابطه

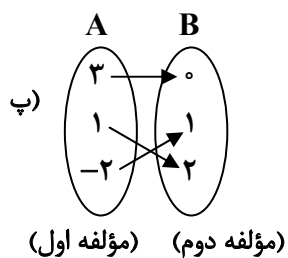
برای نشان دادن ارتباط و وابستگی بین دو مجموعه از رابطه استفاده می‌شود و آن را معمولاً با حرف R نشان می‌دهند. رابطه‌ها را می‌توان به شکل زوج مرتب، جدول، نمودار ون و نمودار دکارتی نشان داد.

الف) $R = \{(1, 2), (3, 0), (-2, 1)\}$ (زوج مرتب)

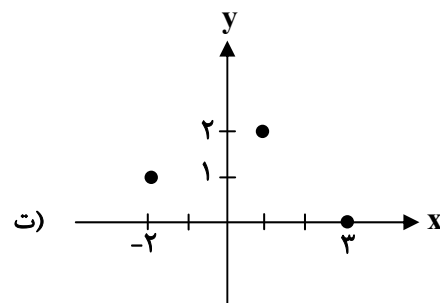
ب)

x (مؤلفه اول)	۱	۳	-۲
y (مؤلفه دوم)	۲	۰	۱

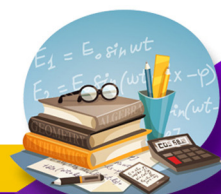
 (جدول)



(نمودار ون)



(نمودار دکارتی یا نمایش هندسی)



حل با جدول نظام دار

تقریباً

(سراسری ریاضی خارج)

تست ۱۶: رابطه‌ی $R = \{(x, y) \mid x, y \in \mathbb{N}, 2x + y \leq 7\}$ ، دارای چند زوج مرتب است؟

- ۹ (۴)
- ۸ (۳)
- ۶ (۲)
- ۵ (۱)

$$\{(1, 1), (1, 2), (1, 3), (1, 4), (1, 5), (2, 1), (2, 2), (2, 3), (3, 1)\}$$

(سراسری ریاضی)

تست ۱۷: رابطه‌ی $R = \{(x, y) \mid x, y \in \mathbb{Z}, |x| + |y| = 2\}$ ، چند زوج مرتب دارد؟

- ۴ (۴)
- ۷ (۳)
- ۶ (۲)
- ۸ (۱)

$$\{(1, 1), (-1, -1), (1, -1), (2, 0), (-2, 0), (-1, 1), (0, 2), (0, -2)\}$$

مفروضه‌ی (ت ب ع) تابع است که ناعلم ناعلم از تابع یعنی پیروا دنباله دو دنباله است
 گفته‌ام که رابطه‌ها را می‌توان به شکل‌های مختلف مثل زوج مرتب، نمودار ون و ... نشان داد. بدانید که تابع را هم می‌توانیم به همان شکل‌ها نشان دهیم. با هم ببینیم:



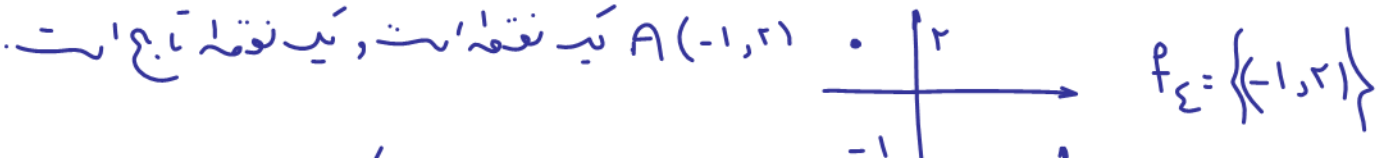
تعریف تابع از نظر زوج‌های مرتب (۱)
 تابع مجموعه‌ای از زوج‌های مرتب است که در آن مؤلفه‌های اول متمایز باشند، پس اگر دو زوج مرتب پیدا شوند که مؤلفه‌های اول مساوی باشند، آن رابطه تابع نیست، مگر این‌که مؤلفه‌های دوم آن زوج مرتب‌ها نیز برابر باشند:

اگر $(x, y_1) \in f, (x, y_2) \in f \Rightarrow y_1 = y_2$

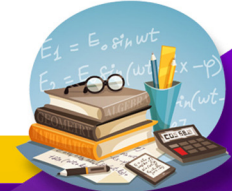
مثال ۱۸: کدام یک از رابطه‌های زیر تابع نیست؟

- $f_1 = \{(0, 1), (-2, 3), (4, 2)\}$
- $f_2 = \{(1, 2), (3, 4), (1, 2)\}$
- $f_3 = \{(2, 3), (1, -4), (2, \sqrt{9})\}$
- $f_4 = \{(-1, 2)\}$
- $f_5 = \{\}$
- $f_6 = \{(1, 2), (2, 2), (1, 5)\}$

در مجموعه‌ها تکرار اجزاء مهم نیست
 عجیب‌تر آنکه ۲ تا (۱, ۲) دارد



تابع است یعنی تابع است که هر خط برآزی محورهای (نام) آن را حد اکثر یک بار قطع کند (یا قطع نکند یا یک بار قطع کند) و در اصل هر خط نام زنی در تابع است



ضمیمه سوال
 $a = 1 \leftarrow a = \pm 1 \leftarrow a^{-1} = 1$
 $\boxed{a=1}$

گزینه تست ۱۹: اگر رابطه‌ی $f = \{(a, 1), (2, a-b), (b-a, a^2), (1, b^2), (b, a+b), (b-a, 1)\}$ تابع باشد، مقدار $a \cdot b$ کدام است؟
 ۲ (۴) ۱ (۳) -۱ (۲) -۲ (۱)

برای این که تابع باشد می بینیم $b-a$ هم با a^2 و هم با 1 در ارتباط است باید $a = \pm 1$ ، $a^{-1} = 1$
 $a = 1 \rightarrow f = \{(1, 1), (2, 1-b), (b-1, 1), (1, b^2), (b, 1+b), (b-1, 1)\}$

می بینیم عدد $a = 1$ هم با b^2 و هم با 1 در ارتباط است $b = 1$ یا $b = -1$ یا $b = 0$ یا $b = 2$ یا $b = 3$ یا $b = 4$ یا $b = 5$ یا $b = 6$ یا $b = 7$ یا $b = 8$ یا $b = 9$ یا $b = 10$ یا $b = 11$ یا $b = 12$ یا $b = 13$ یا $b = 14$ یا $b = 15$ یا $b = 16$ یا $b = 17$ یا $b = 18$ یا $b = 19$ یا $b = 20$ یا $b = 21$ یا $b = 22$ یا $b = 23$ یا $b = 24$ یا $b = 25$ یا $b = 26$ یا $b = 27$ یا $b = 28$ یا $b = 29$ یا $b = 30$ یا $b = 31$ یا $b = 32$ یا $b = 33$ یا $b = 34$ یا $b = 35$ یا $b = 36$ یا $b = 37$ یا $b = 38$ یا $b = 39$ یا $b = 40$ یا $b = 41$ یا $b = 42$ یا $b = 43$ یا $b = 44$ یا $b = 45$ یا $b = 46$ یا $b = 47$ یا $b = 48$ یا $b = 49$ یا $b = 50$ یا $b = 51$ یا $b = 52$ یا $b = 53$ یا $b = 54$ یا $b = 55$ یا $b = 56$ یا $b = 57$ یا $b = 58$ یا $b = 59$ یا $b = 60$ یا $b = 61$ یا $b = 62$ یا $b = 63$ یا $b = 64$ یا $b = 65$ یا $b = 66$ یا $b = 67$ یا $b = 68$ یا $b = 69$ یا $b = 70$ یا $b = 71$ یا $b = 72$ یا $b = 73$ یا $b = 74$ یا $b = 75$ یا $b = 76$ یا $b = 77$ یا $b = 78$ یا $b = 79$ یا $b = 80$ یا $b = 81$ یا $b = 82$ یا $b = 83$ یا $b = 84$ یا $b = 85$ یا $b = 86$ یا $b = 87$ یا $b = 88$ یا $b = 89$ یا $b = 90$ یا $b = 91$ یا $b = 92$ یا $b = 93$ یا $b = 94$ یا $b = 95$ یا $b = 96$ یا $b = 97$ یا $b = 98$ یا $b = 99$ یا $b = 100$

تست ۲۰: اگر رابطه $f = \{(1, n), (m, n+2), (1, m^2-2), (m, n^2)\}$ یک تابع باشد، آن گاه کدام گزینه نمی تواند صحیح باشد؟
 $mn = 4$ (۴) $mn = -4$ (۳) $mn = 1$ (۲) $mn = -1$ (۱)

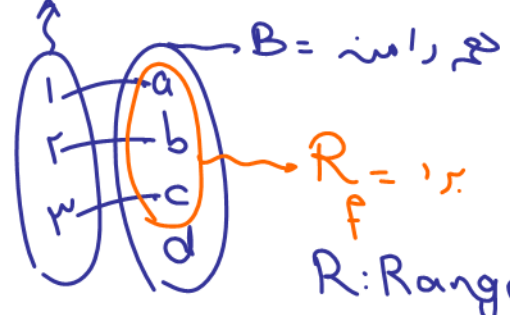
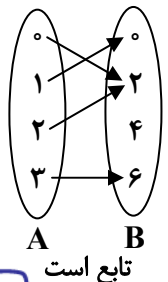
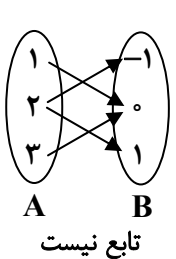
پاسخ: گزینه «۱» - چون عضو اول زوج های $(1, n)$ و $(1, m^2-2)$ برابرند، باید عضو دوم آن ها نیز برابر باشند، یعنی باید $m^2-2 = n$ به همین ترتیب در زوج های (m, n^2) و $(m, n+2)$

$n^2 = n+2 \Rightarrow \begin{cases} n = -1 \Rightarrow m = \pm 1 \\ n = 2 \Rightarrow m = \pm 2 \end{cases}$
 $n = -1, m = 1 \Rightarrow \{(1, -1), (1, 1)\}$ تابع نیست
 $n = -1, m = -1 \Rightarrow \{(1, -1), (-1, 1)\}$ تابع است $\Rightarrow mn = 1$
 $n = 2, m = 2 \Rightarrow \{(1, 2), (2, 4)\}$ تابع است $\Rightarrow mn = 4$
 $n = 2, m = -2 \Rightarrow \{(1, 2), (-2, 4)\}$ تابع است $\Rightarrow mn = -4$

صفت خاص
 $ax^2 + bx + c = 0$
 $a + b + c = 0 \rightarrow x_1 = 1, x_2 = \frac{c}{a}$
 $a + c = -b \rightarrow x_1 = -1, x_2 = -\frac{c}{a}$

۲) تعریف تابع از نظر نمودار ون

یک رابطه بین مجموعه A و مجموعه B که با نمودار ون نمایش داده می شود، وقتی تابع است که از هر مؤلفه مجموعه A (مؤلفه اول) فقط و فقط یک فلش خارج شود نه بیشتر و همه اعضای A به بازی گرفته شوند و هیچ عضوی از A نباشد که از آن فلش خارج نشود همان دامنه ی تابع است.

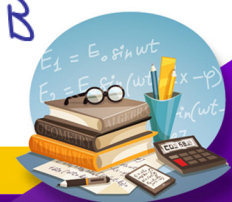


$f: A \rightarrow B$ $f: A \rightarrow B$ $f: A \rightarrow B$
 تعریف شده یعنی A دامنه و B هم رانده

چون از ۳ فلش خارج شد
 تابع نیست

نکته: همیشه برد کوچکتر یا مساوی است یعنی $R \subseteq B$

یعنی برد می تواند همان یکی B یا زیرمجموعه آن باشد



تست ۲۱: در گزینه‌های زیر اگر از تمام اعضای A به اعضای B پیکان رسم کنیم، کدام گزینه همیشه نشان‌دهنده‌ی یک تابع است؟



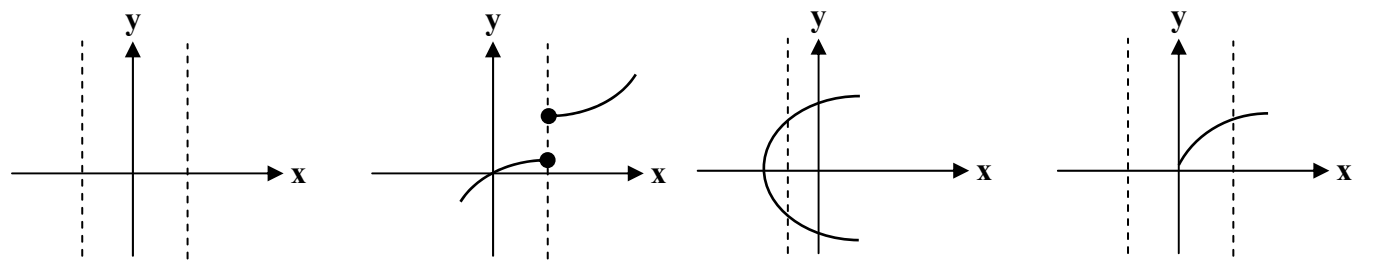
نمونه‌ت ۲۲: اگر A m عضو، B n عضو باشد، توابع از A به B n^m است. $f: A \rightarrow B$

تست ۲۲: از مجموعه‌ی $A = \{1, 2, 3, 4\}$ چند تابع به مجموعه‌ی $B = \{1, 2, 3\}$ می‌توانیم تعریف کنیم به شرطی که $f(1) = 1$ باشد؟



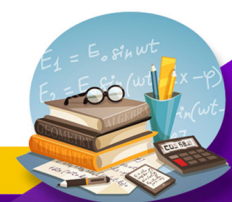
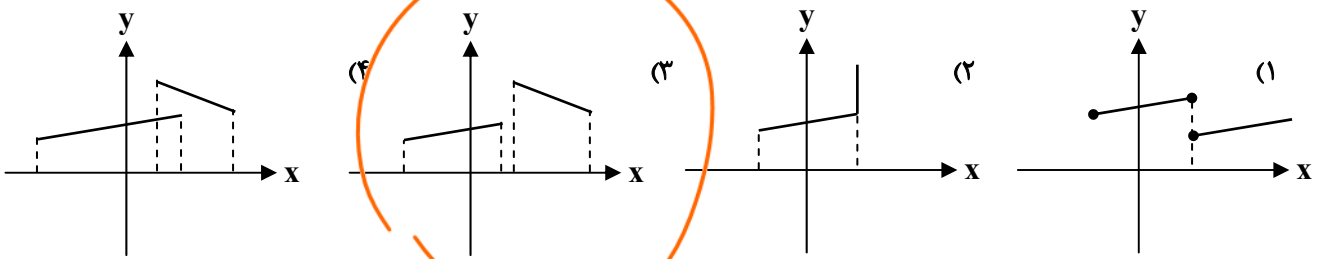
حالت ۱ = ۱۱ $3 \times 3 \times 3 \times 3 = 3^4 = 81$ (۴) حالت ۲ = ۲۷ $3 \times 3 \times 3 = 3^3 = 27$ (۳) حالت ۳ = ۲۷ $3 \times 3 \times 3 = 3^3 = 27$ (۳) حالت ۴ = ۱۶ (۱)

تعریف تابع از نظر نمودار دکارتی (هندسی) جوابت $3 \times 3 \times 3 = 27$ نقاطی تواند با $y=1$ داشته باشد. نمودار دکارتی وقتی نشان‌دهنده یک تابع است که هر خط عمودی (موازی محور y ها) نمودار را حداکثر در یک نقطه قطع کند، نه بیشتر. $f(1)=1$



تابع است. چون هر خط به موازات محور y، در هیچ جا چیزی را قطع نمی‌کند. تابع است. چون هر خط به موازات محور y، در یک نقطه نمودار را قطع می‌کند. تابع نیست. چون خطی به موازات محور y در بیش از یک نقطه، نمودار را قطع می‌کند. تابع است. چون هر خط به موازات محور y، حداکثر در یک نقطه نمودار را قطع می‌کند.

تست ۲۳: کدام شکل نمودار یک تابع است؟



۴) تعریف تابع از نظر ضابطه

ضابطه $y = f(x)$ وقتی نشان دهنده‌ی یک تابع است که به ازای هر x حداکثر یک y به دست آید.



توی این مدل از سوال‌ها x ای رو انتخاب کن به ازای اون مشکوک به تولید چند تا y بشی. در واقع برای اثبات تابع نبودن از مثال نقض استفاده می‌کنیم.

۱- اگر عبارت y دار توی قدرمطلق و یا درون پرانتز توان زوج بود کاری کن عبارت قدرمطلق و یا توان زوج با یک عدد مثبت برابر بشه:

الف) $|2y-1|+x-2=0$ $\xrightarrow{x=0} |2y-1|=2 \rightarrow 2y-1=2 \rightarrow y=\frac{3}{2}$
 $\xrightarrow{x=0} |2y-1|=-2 \rightarrow 2y-1=-2 \rightarrow y=-\frac{1}{2}$

ب) $(y-1)^2+x^2=1$ $\xrightarrow{x=0} (y-1)^2=1 \rightarrow \begin{cases} y-1=1 \rightarrow y=2 \\ y-1=-1 \rightarrow y=0 \end{cases}$
 (نکته: تابع نیست زیرا یک x دو تا y می‌دهد)

۲- وقتی چند y با توان‌های فرد و مختلف کنار هم هستند، x ای را انتخاب کنید که سمت راست تساوی صفر بشه:

پ) $y^3-y=2x-1$ $\xrightarrow{x=\frac{1}{2}} y^3-y=0 \rightarrow y(y^2-1)=0 \rightarrow y=0$ یا $y=1$ یا $y=-1$
 یک x مثل $\frac{1}{2}$ با سه تا y در ارتباطه بنابرین تابع نیست

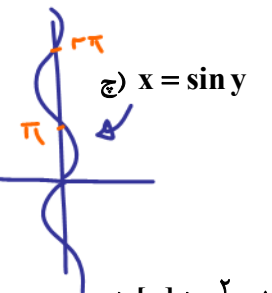
۳- اگر جمع چند عبارت نامنفی برابر صفر بشه، باید تک تک آن‌ها را برابر صفر قرار دهیم.

ت) $(y-1)^2+x^2=0$ $\xrightarrow{x=0, y=1} A(0,1)$
 یک نقطه بنابرین تابع است

ث) $(y^2-1)^2+x^2=0$ $\xrightarrow{x=0, y=1, y=-1} A(0,1) B(0,-1)$
 یک x دو تا y دار بنابرین تابع نیست

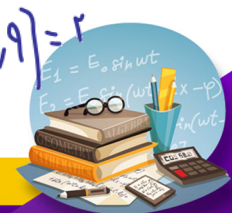
ج) $x^2+y^4+2y^3+y^2+4x+4=0 \rightarrow (x^2+2x+2)+y^2(y^2+2y+1)=0$
 $(x+1)^2+y^2(y+1)^2=0 \rightarrow (x+1)^2+(y(y+1))^2=0$
 $\begin{cases} x+1=0 \rightarrow x=-1 \\ y(y+1)=0 \rightarrow y=0 \text{ یا } y=-1 \end{cases} A(-1,0) B(-1,-1)$

معمولاً روابطی که در آن‌ها $|y|$ ، y^{2n} یا $[y]$ و یا $\sin y$ ، $\cos y$ ، $\tan y$ و یا $\cot y$ دیده می‌شه تابع نیستند.

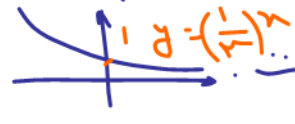
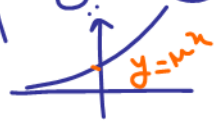


ج) $x = \sin y$ $\xrightarrow{x=0} \sin y = 0 \rightarrow y = 0, \pi, 2\pi, 3\pi, 4\pi, \dots$
 می‌بینیم یک x بی شمار y دار بنابرین تابع نیست

ح) $[y]+x^2-1=0$ $\xrightarrow{x=0} [y]=1 \rightarrow 1 < y < 2$
 یک x بی شمار y دار پس تابع نیست



نکته: تابع هایی مثل $y = 3^x$ یا $y = (\frac{1}{3})^x$ که متغیرش در نما (توان) هست تابع نمایی نام دارد که همواره مثبت و نمودارش بالای محور x است و هرگز به محور x برخورد نمی کند.



۴- اگر جمع چند عبارت نامنفی و یا چند عبارت همواره مثبت برابر یک عدد منفی بشه به رابطه ای برخورد کردیم که بیانگر تهی است و می دانیم تهی یک تابع است.

خ) $|y| + 3^x = -1$

در مورد (خ) و (د) طرف چپ تساوی یک عبارت مثبت است.

نمی تواند برابر سمت راست باشد. هیچ ربع مرتب (د، ب) در این در رابطه صدق نمی کند.

د) $\sqrt{x-1} + y^2 = -1$

پس بجز جواب \emptyset و \emptyset تابع است. (با علامت خند)

تست ۲۴: کدام رابطه یک تابع است؟

- ۱) $y^3 - 3y^2 + x = 0$
- ۲) $y + y^2 = x^3 + 1$
- ۳) $|y-1| + x = 0$
- ۴) $xy^2 - x = 1$

گزینه های ۱ و ۳ و ۴ رو تحلیل می کنیم و ثابت می کنیم که به ازای یک x بیش از یک مقدار واسه y بدست میاد پس تابع نیستن.

۱) $y^3 - 3y^2 + x = 0 \xrightarrow{x=0} y^3 - 3y^2 = 0 \Rightarrow y^2(y-3) = 0 \Rightarrow \begin{cases} y^2 = 0 \Rightarrow y = 0 \\ y-3 = 0 \Rightarrow y = 3 \end{cases}$

۳) $|y-1| + x = 0 \xrightarrow{x=-1} |y-1| - 1 = 0 \Rightarrow |y-1| = 1 \Rightarrow y-1 = \pm 1 \Rightarrow y = 2, y = 0$

۴) $xy^2 - x = 1 \xrightarrow{x=1} y^2 - 1 = 1 \Rightarrow y^2 = 2 \Rightarrow y = \pm\sqrt{2}$

نامعادله ها

تعیین علامت

یکی از روش های اصلی حل نامعادله ها، تعیین علامت عبارت های جبری است. برای تعیین علامت یک عبارت جبری (به هر شکلی که باشد)، کارهای زیر را انجام می دهیم:

- الف) ریشه های عبارت ها را (چه در صورت و چه در مخرج) پیدا می کنیم.
 - ب) مرتبه های ریشه ها را تعیین می کنیم.
 - پ) ریشه ها را به ترتیب در جدول تعیین علامت می نویسیم و ریشه های با مرتبه ی زوج را مشخص می کنیم (ما در این جا برای مشخص کردنشان، بالای شان یک * می گذاریم).
 - ت) عبارت در ریشه های صورت برابر صفر و در ریشه های مخرج تعریف نشده است. (بعضی ها روی خط ریشه های مخرج می نویسند ت، ن تعریف نشده) ولی ما بر اساس آن چه متداول شده (ولی درست نیست) نماد ∞ می گذاریم.
 - ث) علامت ضریب بزرگ ترین توان x را در صورت (بعد از ضرب کردن عامل ها) و علامت ضریب بزرگ ترین توان x را در مخرج، در هم ضرب می کنیم و نتیجه را می گذاریم توی اولین خانه ی سمت راست جدول.
 - ج) به سمت چپ حرکت می کنیم و با عبور از هر ریشه ی مرتبه ی فرد، علامت را عوض می کنیم؛ ولی با عبور از ریشه ی مرتبه ی زوج علامت را عوض نمی کنیم.
 - چ) ریشه ی قدر مطلق مثل ریشه ی مرتبه ی زوج عمل می کند.
- برای حل یک نامعادله با روش تعیین علامت، اول همه ی اجزا را می آوریم یک طرف تا به یک نامعادله به شکل $A > 0$ یا $A < 0$ برسیم و سپس عبارت A را تعیین علامت می کنیم و با توجه به جهت نامعادله، مجموعه جواب را انتخاب می کنیم.



تست ۲۵: مجموعه جواب نامعادله $\frac{x+1}{x-1} - \frac{x+6}{x+2} > 1$ ، شامل چند عدد صحیح است؟

- (۱) هیچ (۲) یک (۳) دو (۴) بی شمار

پاسخ: گزینه‌ی «۳» - اول همه‌ی عوامل را می‌آوریم یک طرف و مخرج مشترک می‌گیریم:

$$\frac{x+1}{x-1} - \frac{x+6}{x+2} - 1 > 0 \Rightarrow \frac{x^2 + 3x - 2 - x^2 - 5x + 6 - x^2 - x + 2}{(x-1)(x+2)} > 0 \Rightarrow \frac{-x^2 - 3x + 10}{(x-1)(x+2)} > 0$$

$$-x^2 - 3x + 10 = 0 \Rightarrow \begin{cases} x = -5 \quad (1) \\ x = 2 \quad (1) \end{cases} \quad (x-1)(x+2) = 0 \Rightarrow \begin{cases} x = 1 \quad (1) \\ x = -2 \quad (1) \end{cases}$$

x	-∞	-5	-2	1	2	+∞		
		-	+	∞	-	∞	+	-

با توجه به جهت نامعادله، مجموعه جواب برابر است با $1 < x < 2$ یا $-5 < x < -2$ که شامل اعداد صحیح -۴ و -۳ یعنی دو عدد صحیح است.

تست ۲۶: طول بزرگ‌ترین بازه‌ای که نامساوی $\frac{x^4 - 3x + 2}{(x-1)(x-2)} \leq 1$ در آن برقرار است، برابر کدام است؟

- (۱) $\frac{1}{2}$ (۲) ۱ (۳) ۲ (۴) ۳

پاسخ: گزینه‌ی «۳» - اول همه را می‌آوریم یک طرف و مخرج مشترک می‌گیریم:

$$\frac{x^4 - 3x + 2}{x^2 - 3x + 2} - 1 \leq 0 \Rightarrow \frac{x^4 - 3x + 2 - x^2 + 3x - 2}{x^2 - 3x + 2} \leq 0 \Rightarrow \frac{x^4 - x^2}{x^2 - 3x + 2} \leq 0$$

حالا کسر به دست آمده را تعیین علامت می‌کنیم:

$$x^4 - x^2 = 0 \Rightarrow \begin{cases} x = 0 \quad (2) \\ x = 1 \quad (1) \\ x = -1 \quad (1) \end{cases} \quad x^2 - 3x + 2 = 0 \Rightarrow \begin{cases} x = 1 \quad (1) \\ x = 2 \quad (1) \end{cases}$$

دقت کنید که چون ریشه‌ی $x = 1$ دو بار (یک بار در صورت و یک بار در مخرج) به دست آمده، پس مرتبه‌ی ریشه‌ی $x = 1$ زوج است؛ یعنی دو ریشه‌ی مرتبه‌ی زوج داریم: یکی $x = 0$ و دیگری $x = 1$:

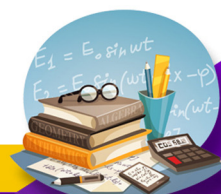
x	-∞	-1	0	1	2	+∞	
		+	-	-	∞	-	+

بنابراین بازه‌های جواب نامعادله عبارت‌اند از $[-1, 1)$ و $(1, 2)$ ؛ پس طول بزرگ‌ترین بازه‌ی جواب نامعادله برابر طول بازه‌ی $[-1, 1)$ یعنی ۲ است.

اگر بخواهیم عبارت درجه دوم $ax^2 + bx + c$ همواره مثبت یا همواره منفی یا همواره نامنفی یا همواره نامثبت باشد، باید داشته باشیم:

$$\text{همواره مثبت (بزرگ‌تر از صفر)} \begin{cases} \Delta < 0 \\ a > 0 \end{cases} \quad \text{همواره منفی (کوچک‌تر از صفر)} \begin{cases} \Delta < 0 \\ a < 0 \end{cases}$$

$$\text{همواره نامنفی (بزرگ‌تر یا مساوی صفر)} \begin{cases} \Delta \leq 0 \\ a > 0 \end{cases} \quad \text{همواره نامثبت (کوچک‌ر یا مساوی صفر)} \begin{cases} \Delta \leq 0 \\ a < 0 \end{cases}$$



تست ۲۷: اگر نمودار تابع $y = (m+3)x^2 + 2mx + 4$ به ازای تمام مقادیر x بالای محور x ها قرار گیرد، حدود m کدام است؟
 (۱) $-3 < m < 2$ (۲) $-3 < m < 6$ (۳) $-3 < m < -2$ (۴) $-2 < m < 6$

پاسخ: گزینه «۴» - با توجه به چیزهایی که در مورد تعیین علامت گفتیم، برای آن که عبارت درجه دوم $ax^2 + bx + c$ همواره مثبت باشد، باید ریشه نداشته باشد؛ یعنی $\Delta < 0$ و از طرفی عبارت هم علامت ضریب x^2 یعنی a است یعنی برای مثبت بودن عبارت، باید $a > 0$ باشد:

$$\Delta < 0 \Rightarrow 4m^2 - 16(m+3) < 0 \Rightarrow 4(m^2 - 4m - 12) < 0 \Rightarrow -2 < m < 6$$

$$a > 0 \Rightarrow m + 3 > 0 \Rightarrow m > -3$$

و اشتراک دو بازه‌ی $-2 < m < 6$ و $m > -3$ می‌شود: $-2 < m < 6$.

(تجربی ۹۸ و مشابه ۹۶)

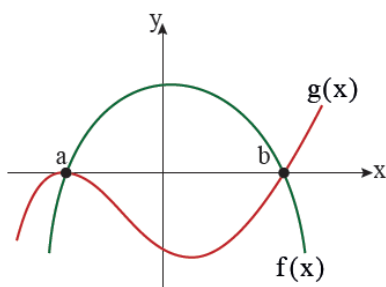
تست ۲۸: مجموعه جواب نامعادله $1 < \frac{2x-3}{x+1} < 3$ به کدام صورت است؟

- (۱) $\mathbb{R} - [-6, 4]$ (۲) $\mathbb{R} - [-4, 6]$ (۳) $x > 4$ (۴) $x < -6$

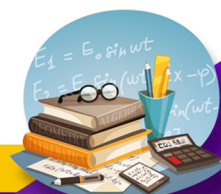
تست ۲۹: در کدام بازه‌ها، نمودار تابع $y = \frac{2x^2 - 6}{x^2 - x - 2}$ ، در زیر خط به معادله $y = 2$ قرار دارد؟

- (۱) $(1, +\infty)$ (۲) $(-1, 2)$ (۳) $(-\infty, -1) \cup (1, 2)$ (۴) $(-1, 1) \cup (2, +\infty)$

تست ۳۰: با توجه به نمودار توابع f و g ، اگر مجموعه جواب نامعادله $(f \cdot g)(x) > 0$ به صورت $(-\infty, -2)$ و مجموعه جواب نامعادله $(f - g)(x) > 0$ به صورت $(-1 - b, c - 1)$ باشد، حاصل $a + b + c$ کدام است؟



- (۱) ۱
 (۲) -۱
 (۳) صفر
 (۴) ۲



تست ۳۱: مجموع جواب نامعادلهی $x^2 - 2ax^2 + bx + c > 3$ به صورت $(-1, 1) \cup (1, +\infty)$ است. مقدار ac کدام است؟

$4 \quad (4) \qquad -4 \quad (3) \qquad 2 \quad (2) \qquad -2 \quad (1)$

تست ۳۲: فرض کنید مجموعه جواب نامعادلهی $\frac{((m^2 - 1)x^2 - 4mx + 4)(x - 2\sqrt{x} + 2)}{2x - 3} > 0$ ، به ازای $x > \frac{3}{2}$ بازه‌ی $[2, 4]$ باشد. مقدار m کدام است؟

$2 \quad (4) \qquad 1 \quad (3) \qquad \boxed{2} \quad \text{صفر} \qquad -2 \quad (1)$

به فرم \sqrt{x} باید $x \geq 0$

$x > 1,5$

$(\sqrt{x}-2)(\sqrt{x}-1)$

$(m^2-1)x^2 - 4mx + 4$

$2x-3$

بازه‌ی $[2, 4]$ باشد. (ریاضی ۱۴۰۰)

x	0	2	4	
$\sqrt{x}-2$	-	-	0	+
بازه	+	0	بازه	-
$(\sqrt{x}-2)(\sqrt{x}-1) > 0$	-	+	0	-

جواب

$x=2$ ریشه درجه ۲ هست

$(m^2-1)(2)^2 - 4m(2) + 4 = 0$

$4m^2 - 8m + 4 = 0$

$4m^2 - 8m = 0$


$4m(m-2) = 0$

$m=0$ یا $m=2$

ریشه ۲ منفی است

اول m اولی است به جهت ریشه ۲ ما بین $2 < x < 4$ یعنی مثلا اگر $m=3$ باشد

$m=0$: $y = -x^2 + 4$



قواعد تعیین دامنه

الف) توابع چند جمله‌ای: دامنه این توابع برابر با R است.

مثال ۳۳:

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

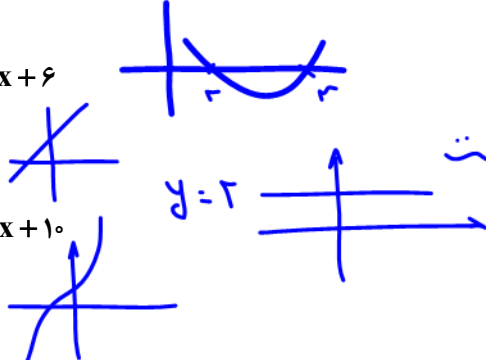
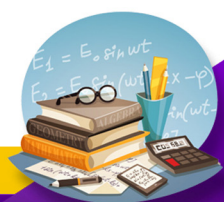
$f(x) = x + 1$

$f(x) = 2$

$f(x) = x^2 + 4x + 10$

$y = 2$

$y = 2$ از خانواده چند جمله‌ای هست

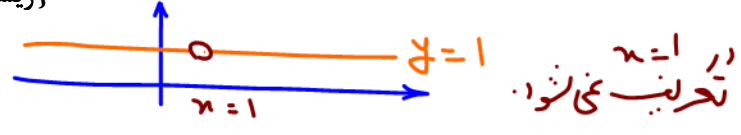



کرها را از خارج نگاه کن!

(ب) توابع کسری: اگر ضابطه f کسری باشد (تابع گویا)، x هایی که مخرج را صفر می کنند، قابل قبول نیستند.

$f(x) = \frac{g(x)}{h(x)}$ $D_f = \mathbb{R} - \{x | h(x) = 0\} = \mathbb{R} - \{\text{ریشه های مخرج}\}$

۱) $f(x) = \frac{x-1}{x-1} \Rightarrow x-1=0 \Rightarrow x=1 \Rightarrow D_f = \mathbb{R} - \{1\}$



۲) $f(x) = \frac{x+5}{x^2-1} \Rightarrow x^2-1=0 \Rightarrow x^2=1 \Rightarrow x=\pm 1 \Rightarrow D_f = \mathbb{R} - \{\pm 1\}$

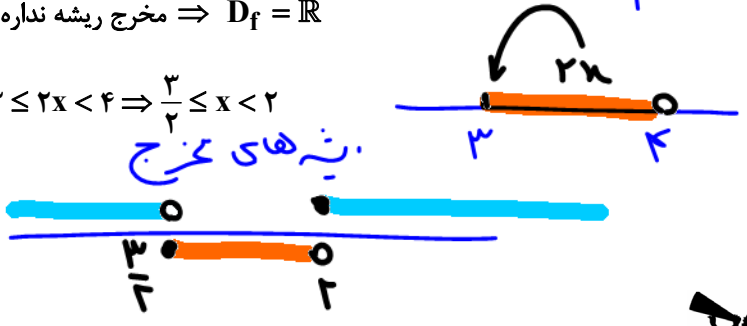
۳) $f(x) = \frac{1}{x^2+4x-5} \Rightarrow x^2+4x-5=0 \xrightarrow{a+b+c=0} x=1, x=-5 \Rightarrow D_f = \mathbb{R} - \{-5, 1\}$



۴) $f(x) = \frac{1}{x^2+1} \Rightarrow x^2+1=0 \Rightarrow x^2=-1$ غ.ق.ق \Rightarrow مخرج ریشه ندارد $\Rightarrow D_f = \mathbb{R}$

۵) $f(x) = \frac{1}{x^2+x+1} \Rightarrow x^2+x+1=0 \Rightarrow \Delta < 0$ مخرج ریشه ندارد $\Rightarrow D_f = \mathbb{R}$

۶) $f(x) = \frac{x+1}{[2x-3]}$ $[2x]-3=0 \Rightarrow [2x]=3 \Rightarrow 3 \leq 2x < 4 \Rightarrow \frac{3}{2} \leq x < 2$



$\Rightarrow D_f = \mathbb{R} - [\frac{3}{2}, 2) = (-\infty, \frac{3}{2}) \cup [2, +\infty)$

۷) $f(x) = \frac{1}{[x] - \frac{1}{2}}$ $[x] = \frac{1}{2} = 0.5$ قدرتمند

$D_f: \mathbb{R}$

قبل از تعیین دامنه، حق ساده کردن عبارت را ندارید!

برای تعیین دامنه هرگز ساده نکن.

۸) $g(x) = \frac{1}{\frac{x-1}{2x} - \frac{1}{x-2}}$ $D_g = \mathbb{R} - \{0, 1, 2\}$

۹) $g(x) = \frac{\frac{x^2-1}{x-2}}{\frac{x-3}{x-4}}$ $D_g: \mathbb{R} - \{2, 3, 4\}$

- $\mathbb{R} - (a, b) = (-\infty, a] \cup [b, +\infty)$
- $\mathbb{R} - [a, b) = (-\infty, a] \cup (b, +\infty)$
- $\mathbb{R} - [a, b] = (-\infty, a) \cup [b, +\infty)$
- $\mathbb{R} - (a, b] = (-\infty, a) \cup (b, +\infty)$

(ج) توابع رادیکالی با فرجه زوج: در این توابع باید عبارت زیر رادیکال را بزرگتر یا مساوی صفر قرار دهیم:

$f(x) = \sqrt[k]{g(x)}$ $D_f = \{x | g(x) \geq 0\}$

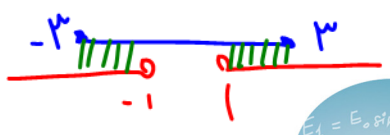
اگر رادیکال با فرجه زوج در مخرج کسر باشد، باید زیر رادیکال را فقط بزرگتر از صفر قرار دهیم:

۹) $f(x) = \frac{1}{\sqrt{x}} \Rightarrow x > 0 \Rightarrow D_f = (0, +\infty)$

کسر $\frac{1}{\sqrt{x}}$ هم صورت هم بخش مثبت ارزش آن مثبت د بالای محور x ها است.

۱۰) $f(x) = \frac{\sqrt{9-x^2}}{\sqrt{x^2-1}}$ $\begin{cases} 9-x^2 \geq 0 \Rightarrow -3 \leq x \leq 3 \\ x^2-1 > 0 \Rightarrow x < -1 \text{ یا } x > 1 \end{cases} \Rightarrow (1), (2) \cap \rightarrow D_f = [-3, -1) \cup (1, 3]$

$\begin{cases} u^2 < a^2 \rightarrow |u| < a \rightarrow -a < u < a \\ u^2 = a^2 \rightarrow |u| = a \rightarrow u = \pm a \\ u^2 > a^2 \rightarrow |u| > a \rightarrow u < -a \text{ یا } u > a \end{cases}$



محاولی که دامنه را محو می کنند: $D_f = D_{|f|} = D_{[f]} = D_{\sin f} = D_{\cos f} = D_{f^2} = D_{f^3} = D_{f^4} = D_{af} = D_{af+b} = D_{\sqrt[n]{f}}$

۱۱) $f(x) = \sqrt{\frac{x-3}{x+4}} \Rightarrow \frac{x-3}{x+4} \geq 0$

۳	۴
+	-
+	+

$D_f = (-\infty, -4) \cup [3, +\infty)$

دامنه $f(x) = 5 \left[\sin \left(\cos \left| \sqrt{\frac{1}{x}} \right| \right) \right] + 7$

$D_f: \mathbb{R} - \{0\}$

(د) توابع رادیکالی با فرجه فرد: برای تعیین دامنه توابع رادیکالی با فرجه فرد، رادیکال را نادیده می گیریم:

- $f(x) = \sqrt[k]{g(x)} \quad D_f = D_g$
- ۱۲) $f(x) = \sqrt{x^2 + x - 12}$ $D_f: \mathbb{R} - \{-3, -4\}$
- ۱۳) $f(x) = \sqrt{5x^2 - 7} \Rightarrow D_f = \mathbb{R}$
- ۱۴) $f(x) = \sqrt{\frac{1}{x-1}} \Rightarrow x-1=0 \Rightarrow x=1 \Rightarrow D_f = \mathbb{R} - \{1\}$
- ۱۵) $f(x) = \frac{1-x}{\sqrt{x}}$ $D_f: \mathbb{R} - \{0\}$

در تعیین دامنه توابع $f(x) = |g(x)|, f(x) = [g(x)]$ قدرمطلق و براکت را نادیده می گیریم یعنی $D_f = D_g$ است:

- ۱۶) $f(x) = [\sqrt{x}] \Rightarrow D_f = x \geq 0$
- ۱۷) $f(x) = \left[\frac{1}{x} \right] \Rightarrow D_f = \mathbb{R} - \{0\}$
- ۱۸) $f(x) = \frac{1}{[x]} \Rightarrow [x] = 0 \Rightarrow 0 \leq x < 1 \Rightarrow D_f = \mathbb{R} - [0, 1)$
- ۱۹) $f(x) = \frac{\sqrt{9-x^2}}{|x-1|}$

[جزء صحیح با براکت: آن عدد صحیح بزرگترین است
از عدد اعشاری بزرگتر عدد صحیح قبلی رو سینه
مثلاً $[-2, 3] = -2$

تست ۳۴: دامنه تابع با ضابطه $f(x) = \frac{1}{x^2 - (a+1)x - b}$ به صورت $\mathbb{R} - \{-1, 6\}$ است. مقدار $a+b$ کدام است؟

۱۲ (۴) ۱۰ (۳) ۸ (۲) ۶ (۱)

Setting \rightarrow کدر از خروجی نه کن

با فرض $f(x) = \frac{1}{(x+1)(x-7) = x^2 - 5x - 7}$

مقایسه کن

$a+1 = 5 \rightarrow a = 4$
 $b = 7$

$a+b = 10$



تست ۳۵: اگر دامنه تابع $f(x) = \frac{x}{2x^2 + ax + b}$ برابر $R - \{-2\}$ باشد، $b + a$ چه قدر است؟

۴ (۴) ۲۰ (۳) ۱۶ (۲) ۸ (۱)

$x = -2$ تنها ریشه خارج کسرت پس خارج کننده ۲ است باید ریشه مضرب دارد.

$$2(x+2)^2 = 2(x^2 + 4x + 4)$$

$$2x^2 + 8x + 8$$

مقایسه با خارج

$$a = 8 = b$$

$$a + b = 16 \quad \text{جواب}$$

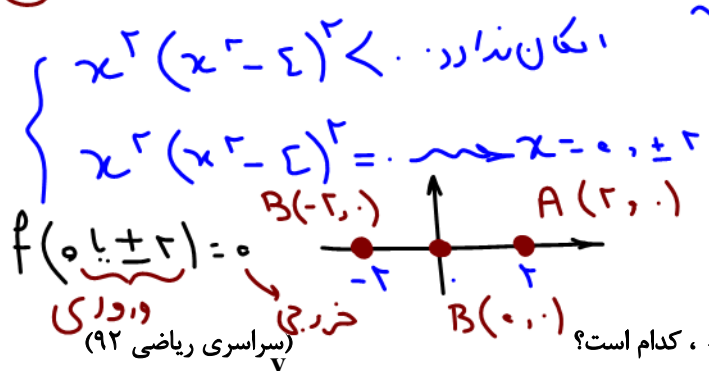
تست ۳۶: دامنه تابع $y = \sqrt{-x^2(x^2 - 4)^2}$ چند عضو دارد؟

۴ بی شمار ۳ (۳) ۱ (۲) ۱ (۱) صفر

$x^2(x^2 - 4)^2 \geq 0$ $x^2(x^2 - 4)^2 \leq 0$

طرفین منبسط (-) جهت نامعادله عوض میشه

زیرارائه‌ها: $-x^2(x^2 - 4)^2$ $x^2(x^2 - 4)^2$

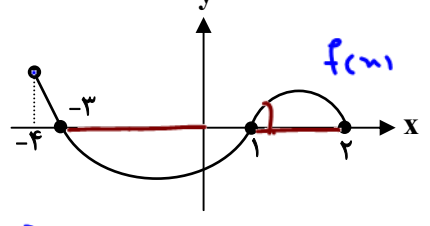


گزینه ۳ صحیح است

$D_f: \{0, \pm 2\}$ $R_f: \{0\}$

بد تداوم صفر دارد.

تست ۳۷: شکل روبه‌رو نمودار تابع $y = f(x)$ است. دامنه تابع $\sqrt{xf(x)}$ کدام است؟



$x f(x) \geq 0$

پس x و $f(x)$ باید هم علامت باشند

هر دو مثبت یا هر دو منفی باشند

- (۱) $[0, 2]$
- (۲) $[-3, 2]$
- (۳) $[-4, -3] \cup [1, 2]$
- (۴) $[-3, 0] \cup [1, 2]$ ✓

Setting → نمودار را از چپ به راست نگاه کن

$f(x)$ مثبت: بالای x هاست

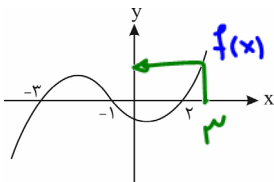
$f(x)$ منفی: زیر x هاست

$f(x)$ صفر: روی x هاست



(خارج ریاضی ۹۷)

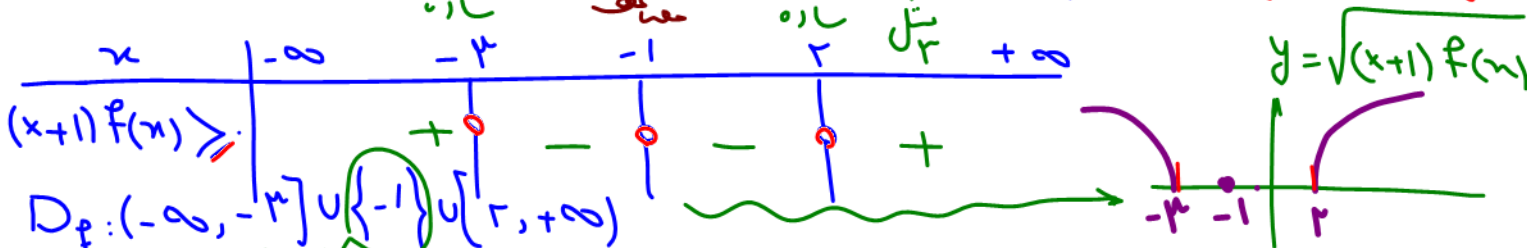
تست ۳۸: شکل زیر، نمودار تابع با ضابطه $y = f(x)$ است. دامنه تابع غیرنقطه‌ای $\sqrt{(x+1)f(x)}$ کدام است؟



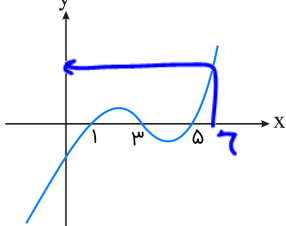
Handwritten notes: $(x+1)f(x) \geq 0$
 $x+1 = 0 \rightarrow x = -1$
 $f(x) = 0 \rightarrow x = -3, -1, 2$

- (۱) $[-3, 2]$
- (۲) $[-1, +\infty)$
- (۳) $(-\infty, -1]$
- (۴) $\mathbb{R} - (-3, 2)$ ✓

دامنه غیرنقطه‌ای $\mathbb{R} - (-3, 2)$ صحیح است. زیرا هم $x+1$ و هم $f(x)$ یک‌دست نشدند. دینچه را در بنه زنجیر اصغر کرده است.



تست ۳۹: اگر نمودار تابع $y = f(x)$ به صورت زیر باشد، دامنه $y = \frac{f}{\sqrt{(x^2 - 5x + 4)f(x)}}$ کدام است؟



Handwritten notes: $(x-1)(x-5)f(x) > 0$

- (۱) $(4, +\infty)$
- (۲) $(-\infty, 1)$
- (۳) $(1, 3) \cup (5, +\infty)$
- (۴) $(3, 4) \cup (5, +\infty)$ ✓



تست ۴۰: اگر دامنه $f(x) = \sqrt{(2a-3)x^2 + 4ax + 2a-3}$ مجموعه اعداد حقیقی باشد، حدود a کدام است؟

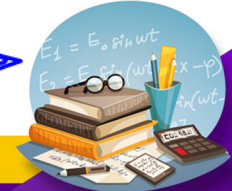
- (۱) $0 \leq a < \frac{3}{2}$
- (۲) $a \in \mathbb{R}$
- (۳) $\{ \}$
- (۴) $a \geq \frac{3}{2}$

پاسخ: گزینه «۳» - برای این که دامنه \mathbb{R} باشد، باید زیر رادیکال همواره نامنفی باشد.

$(2a-3)x^2 + 4ax + 2a-3 \geq 0$

برای آن که نامعادله درجه دو نامنفی باشد، باید ضریب x^2 مثبت و دلتای عبارت درجه دوم منفی یا صفر باشد.

Handwritten solution for test 40:
 Condition (1): $2a-3 > 0 \Rightarrow a > \frac{3}{2}$
 Condition (2): $\Delta \leq 0 \Rightarrow (4a)^2 - 4(2a-3)(2a-3) \leq 0 \Rightarrow 16a^2 - 4(4a^2 - 12a + 9) \leq 0 \Rightarrow -4(-12a + 9) \leq 0 \Rightarrow a \leq \frac{3}{2}$
 Final result: $(1) \cap (2) = \emptyset$



تست ۴۱: اگر دامنه تابع $f(x) = \frac{1}{(4a-3)x^2 + 2ax + 1}$ شامل همه اعداد حقیقی به غیر از یک عدد حقیقی باشد، چند مقدار برای a وجود دارد؟

$a=1 \rightarrow y = \frac{1}{x^2+2x+1} = \frac{1}{(x+1)^2} \quad D_f: \mathbb{R} - \{-1\}$
 $a=3 \rightarrow y = \frac{1}{9x^2+6x+1} = \frac{1}{(3x+1)^2} \quad D_f: \mathbb{R} - \{-\frac{1}{3}\}$
 $a=\frac{3}{4} \rightarrow y = \frac{1}{\frac{3}{4}x+1} \quad D_f: \mathbb{R} - \{-\frac{4}{3}\}$

تست ۴۲: اگر دامنه تابع $f(x) = \sqrt{(a+2)x^2 + ax + b}$ به صورت $(-\infty, 3]$ باشد، مقدار b کدام است؟

وجود دارد؟
 ۱ (۱) ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴)
 این به عدد است
 این به خروج است

حقیقتاً خروج یک اینه دار پس یا خروج درجه دو یا $\Delta = 0$ است یا خروج درجه یک است نه یک درجه دارد.
 $\Delta = b^2 - 4ac = 0 \rightarrow \Delta = (2a)^2 - 4(a-3)(1) = 0$
 $4a^2 - 4(a-3) = 0 \rightarrow 4a^2 - 4a + 12 = 0$
 $a^2 - a + 3 = 0$
 $a = 1, 3$
 $a = \frac{3}{4}$
 $a \in \{1, 3, \frac{3}{4}\}$

یک اینه ساره $x=3$ دارد و جدول تعیین علامت
 $x \mid -\infty \quad 3 \quad +\infty$
 $\quad \quad \quad + \quad 0 \quad -$
 است. اما ماه ما می دانیم که درجه ۲ نمی تواند یک اینه ساره باشد پس زیر را میال درجه ۲ است و فزین x صفر است، $a+2=0$ ، $a=-2$

یازدم «تساوی دو تابع»
 دو تابع f و g مساوی هستند هر گاه:
 الف) دامنه f و g با هم برابر باشند.
 ب) برای هر x از دامنه f (یا g) داشته باشیم، $f(x) = g(x)$ (ضابطه ها برابر باشند).
 تست ۴۳: به ازای چند مقدار a دو تابع $f(x) = \frac{2x^2 + 2x - 2a}{x^2 + x - a}$ و $g(x) = a^3 - a + 2$ با هم مساوی هستند؟
 ۱ (۱) صفر ۲ (۲) ۳ (۳) ۴ (۴) ۲ (۴)
 پاسخ: گزینه «۲»

$f(x) = \frac{2(x^2 + x - a)}{x^2 + x - a} = 2 = g(x) = a^3 - a + 2 \Rightarrow a^3 - a = 0 \Rightarrow a(a^2 - 1) = 0 \Rightarrow a = 0, \pm 1$
 $D_g = \mathbb{R}$ و دامنه $D_f = \mathbb{R}$ است پس همه a در ریشه Δ خروج $a, 1, -1$ گفته می شود.



از طرفی $D_g = \mathbb{R}$ پس $D_f = \mathbb{R}$ ، یعنی مخرج تابع f نباید دارای ریشه باشد.

$$x^2 + x - a \neq 0 \Rightarrow \Delta < 0 \Rightarrow 1 + 4a < 0 \Rightarrow a < -\frac{1}{4} \Rightarrow a = -1$$

تست ۴۴: کدام دو تابع با هم، برابرند؟

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

$$g(x) = x\sqrt{x} \cdot \sqrt{x+1}, f(x) = x\sqrt{x^2+x} \quad (1)$$

$$g(x) = 0, f(x) = \left[\frac{x^2+1}{x^2+2} \right] \quad (4) \checkmark$$

$$g(x) = \cos x, f(x) = \sqrt{1-\sin^2 x} \quad (3)$$

۱) $g(x) = x\sqrt{x}\sqrt{x+1} \geq 0$
 $(x \geq 0)(x \geq -1) = D_g: [0, +\infty)$

$$f(x) = x\sqrt{x^2+x} = x(x+1) \geq 0$$

$$x(x+1) \geq 0 \Rightarrow x \leq -1 \text{ or } x \geq 0$$

$D_f: (-\infty, -1] \cup [0, +\infty) \neq D_g$ برابر نیستند.

۲) $D_g: \mathbb{R} - \{-2, 1, -1\} \neq D_f: \mathbb{R} - \{1, -2\}$ برابر نیستند.

۳) $\sin^2 x + \cos^2 x = 1 \quad f(x) = \sqrt{1 - \sin^2 x} = \cos^2 x = |\cos x| \neq g(x) = \cos x$ برابر نیستند.

۴) $g(x) = \dots = f(x) = \left[\frac{x^2+1}{x^2+2} < 1 \right] = 0 \rightarrow$ **دو تابع همواره برابرند**

$D_g = \mathbb{R} = D_f: \mathbb{R}$ **کسر کمتر از واحد**

$am - bn =$

$\frac{1}{\frac{m}{r}} - 10 =$

$\frac{m}{\Sigma} - 10 = -\frac{27}{\Sigma}$

VIP تست ۴۵: اگر دو تابع $g(x) = \frac{x-b}{2x^2-3x-5}$ و $f(x) = \frac{ax+2}{x^2-mx+n}$ مساوی باشند، حاصل $am - bn$ کدام است؟

$\frac{23}{2} \quad (4)$

$-\frac{27}{4} \quad (3) \checkmark$

$\frac{17}{2} \quad (2)$

$-\frac{29}{4} \quad (1)$

$D_g: \mathbb{R} - \{-1, \frac{5}{2}\} \stackrel{?}{=} D_f$ **مخرج f باید دور نباشد** $x = -1$

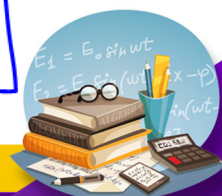
$g(x) = \frac{x-b}{2x^2-3x-5} = \frac{1}{2} \cdot \frac{x-b}{x^2-\frac{3}{2}x-\frac{5}{2}} = f(x) = \frac{ax+2}{x^2-mx+n}$

مقایسه ضرایب:

$m = \frac{3}{2}$
 $n = -\frac{5}{2}$

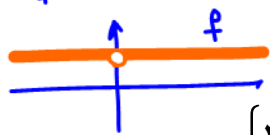
برای این که مخرج ها هر شکل شوند از کد ۲۱ در مخرج خانوار بزنیم

$\frac{1}{2} = a$
 $-\frac{b}{2} = 2 \rightarrow b = -4$



آیا $f(x) = \frac{x}{x}$ با $g(x) = 1$ برابریت؟
 $D_f: \mathbb{R} - \{0\} \neq D_g: \mathbb{R}$
 برابر نیستند.

$f(x) = \frac{x}{x} = 1$
 $x \neq 0$



تست ۴۶: به ازای کدام مقدار k ، دو تابع $f(x) = 2x - 1$ و $g(x) = \begin{cases} \frac{4x^2 - 1}{2x + 1}, & x \neq -\frac{1}{2} \\ 1 - k, & x = -\frac{1}{2} \end{cases}$ برابرند؟

- (۱) -۳ (۲) ۳ (۳) صفر (۴) -۱

چون دو تابع برابرند بایه به ازای $x = -\frac{1}{2}$ هر دو یک چیز برابر بشوند:
 $g(x = -\frac{1}{2}) = 1 - k = f(x = -\frac{1}{2}) = 2(-\frac{1}{2}) - 1 = -2$
 $1 - 2 = k \rightarrow \boxed{k = -1}$

تابع گویا (مخبر اربابی)

هر تابع کسری که صورت و مخرج آن چند جمله‌ای‌های جبری باشند به طوری که مخرج صفر نشود، تابع گویا نام دارد.

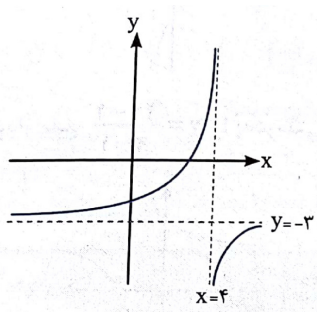
همدگر افند ساره

ساده‌ترین تابع گویا $f(x) = \frac{1}{x}$ با دامنه‌ی $\mathbb{R} - \{0\}$ است که به صورت

تابع کسری $\frac{1}{x}$ در $x=0$ در ریشه مخرج که تعریف نمی‌شود استفاده از انتقال رسم می‌کنیم.

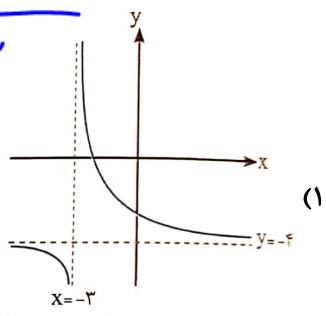
می‌باشد. حال با توجه به این تابع، بقیه را با

تست ۴۷: نمودار $y = \frac{1}{x+4} - 3$ در کدام گزینه به درستی نمایش داده شده است؟



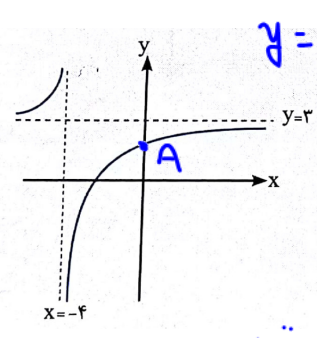
اولاً در $x = -4$ تعریف نمی‌شود

یا گزینه ۳ در رسته یا گزینه ۴ در رسته

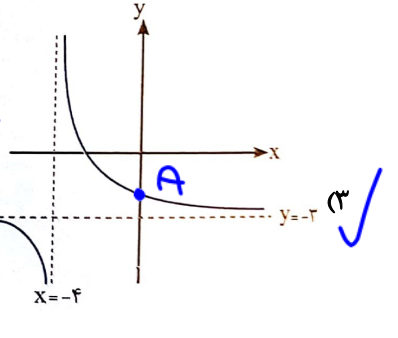


به ضابطه $y = \frac{1}{x+4} - 3$

در $x=0$ در رسته

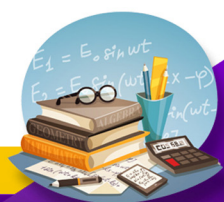


$A(0, \frac{1}{4} - 3 = -\frac{11}{4})$
 که با گزینه ۳ سازگار است.

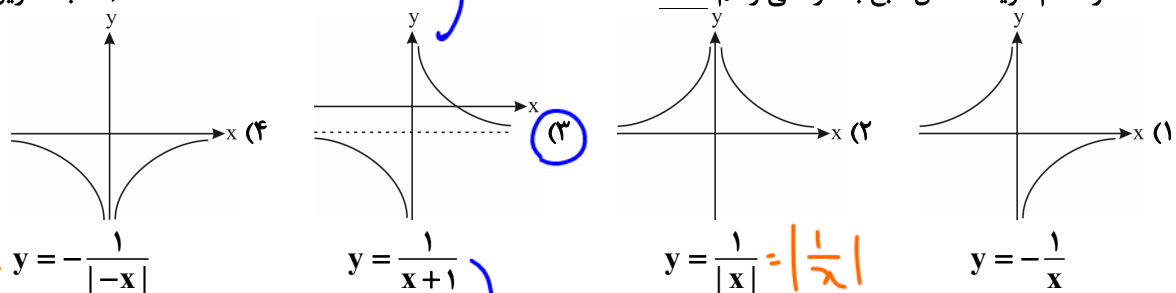


$x=0$ طول (ایکس) نامبرونگی تابع $\frac{1}{x} = \frac{1}{x}$ است
 حیاتی
 انفصال

دقت: در کسرها اول به ریشه‌های مخرج نگاه کن



تست ۴۸: در کدام گزینه، شکل تابع به درستی رسم نشده است؟

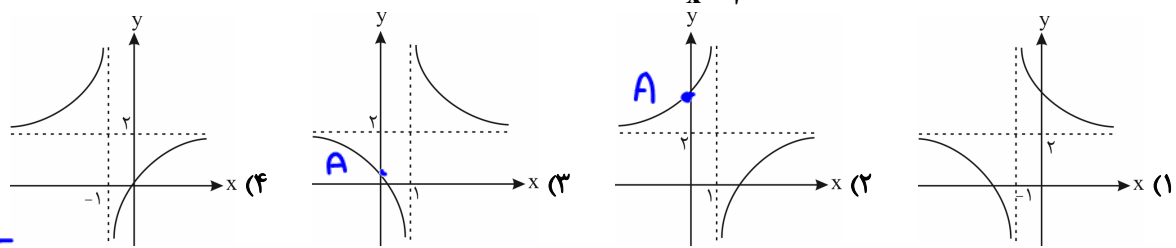


قدر منفی جزوه
 $y = -\frac{1}{|x|}$
 قدرینه $y = \frac{1}{|x|}$ است
 نسبت به محور y

همان $y = \frac{1}{x}$ است که بیه
 یک دانه به سمت چپ برود
 دایره $x = -1$ را
 تقوینت

اگر $y = -\frac{1}{x}$ را در \ominus فضا بکشیم
 بالای x ها است میاد زیر x ها در \ominus است
 $y = \frac{1}{x}$
 $y = -\frac{1}{x}$

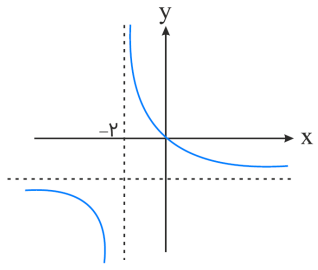
تست ۴۹: کدام یک از گزینه‌های زیر نمودار تابع $y = \frac{2x-1}{x-1}$ را به درستی نمایش می‌دهد؟



$y = \frac{2x-1}{x-1}$
 $A(0, 1)$
 محل برخورد تابع با محور y

$y = \frac{2x-1}{x-1}$ در $x=1$ تعریف نمی‌شود پس یا کزبینه ۲ در رسته یا کزبینه ۳
 $A(0, 1)$ در تابع صافه که تقو با کزبینه ۳ سازگار است

تست ۵۰: اگر نمودار تابع $f(x) = \frac{x+a}{bx-2}$ به صورت زیر باشد، $f(1)$ کدام است؟



بی بیسم شکل در $x = -2$ تعریف نشده است.
 پس $x = -2$ رینه مخج کزبنت
 $b(x-2) - 2 = 0$
 $-2b = 2 \rightarrow b = -1$

- (۱) -۱
- (۲) $-\frac{1}{2}$
- (۳) $-\frac{3}{2}$
- (۴) $-\frac{1}{3}$ ✓

بی بیسم تابع از مبدا $(0, 0)$ عبور کرده است پس
 $f(0) = \frac{x+a}{bx-2} = 0 \rightarrow a = 0$
 $f(x) = \frac{x}{-x-2} = -\frac{x}{x+2}$
 $f(1) = \frac{1}{-1-2} = -\frac{1}{3}$



تست ۵۱: اگر $f = \{(1, 4), (2, 3), (5, 1), (4, 2)\}$ و $g(x) = \frac{x+1}{x-1}$ باشد، کدام مجموعه‌ی زیر نشان‌دهنده‌ی تابع $f + g$ می‌باشد؟

۱) $\{(2, 6), (5, \frac{5}{4}), (4, \frac{11}{3})\}$ ✓
 ۲) $\{(2, 6), (5, \frac{5}{4})\}$ نکلنه: $f + g$ در اینجایی روی مدونه‌های دوم اینجایی می‌شود.
 ۳) $\{(2, 6), (5, 10), (4, 11)\}$
 ۴) $\{(2, 4), (5, 1), (4, 10)\}$

$$f = \{(1, 4), (2, 3), (5, 1), (4, 2)\} \quad f + g = \{(2, 3 + \frac{3}{1}), (5, 1 + \frac{3}{4}), (4, 2 + \frac{5}{3})\}$$

اعمال روی توابع ← جمع عمل یعنی چهار عمل اصلی $\frac{+}{x}$

اگر f و g دو تابع باشند، آن‌گاه جمع، تفاضل، ضرب و تقسیم این دو تابع به‌صورت زیر تعریف می‌شود:

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

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

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

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

دامنه‌ی توابع $f \pm g$ و $f \cdot g$ اشتراک دامنه‌های f و g است و دامنه‌ی $\frac{f}{g}$ اشتراک دامنه‌های f و g است به‌جز نقاطی که $g(x) = 0$.

اگر توابع f و g به‌صورت زوج‌های مرتب مطرح شوند، مثلاً $f = \{(a, b), (1, 2)\}$ و $g = \{(a, c), (2, 1)\}$ ، منظور از $f + g$ آن است که مؤلفه‌های دوم زوج‌های مرتبی از f و g را که دارای مؤلفه‌های اول یکی هستند (اشتراک دامنه‌ها)، با هم جمع کنیم. یعنی:

$$f + g = \{(a, b + c)\}$$

و به همین ترتیب $f - g$ ، $f \cdot g$ و $\frac{f}{g}$ عبارت است از:

$$f - g = \{(a, b - c)\} \quad , \quad f \cdot g = \{(a, b \times c)\} \quad , \quad \frac{f}{g} = \left\{ \left(a, \frac{b}{c} \right) \right\} \quad , \quad c \neq 0$$

حواستون باشه که دو زوج مرتب $(1, 2)$ و $(2, 1)$ در f و g ، چون مؤلفه‌های اول یکسان ندارند در $f \pm g$ و $f \cdot g$ و $\frac{f}{g}$ به بازی گرفته

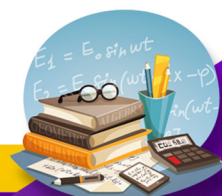
نمی‌شن!

تذکره: $(kf)(x) = kf(x)$ و $D_{kf} = D_f$ و منظور از $(kf)(x)$ آن است که اعضای برد f در k ضرب شوند. مثلاً:

$$f = \{(a, b), (1, 2)\} \Rightarrow 3f = \{(a, 3b), (1, 6)\}$$

تست ۵۲: اگر $f(x) = \sqrt{x+1}$ و $g(x) = \frac{x+1}{x-2}$ مقدار $(2f - g)(3)$ کدام است؟

$$2f(3) - g(3) = 2\sqrt{3+1} - \frac{3+1}{3-2} = 2\sqrt{4} - \frac{4}{1} = 2(2) - 4 = 4 - 4 = \text{صفر}$$



تست ۵۳: اگر $f = \{(1, 2), (2, 3), (3, 4)\}$ و $g = \{(1, 5), (2, 6), (3, 0)\}$ باشد، آن گاه تابع $\frac{2f}{g}$ کدام است؟

\emptyset (۱) $\{(1, \frac{4}{5}), (3, 1)\}$ (۲) $\{(1, \frac{4}{5}), (2, \frac{1}{6})\}$ (۳) $\{(2, 1), (1, \frac{4}{5})\}$ (۴)

$2f = \{(1, 4), (2, 6), (3, 8)\}$

$g = \{(1, 5), (2, 6), (3, 0)\}$

$\frac{2f}{g} = \{(1, \frac{4}{5}), (2, \frac{6}{6})\}$ ~~$(3, \frac{8}{0})$~~ نتیجه

تست ۵۴: اگر $f = \{(4, 3), (3, 1), (5, 4)\}$ و $2f - g = \{(3, 6), (4, 4)\}$ باشد، تابع $\frac{f}{g}$ کدام است؟

$g = \{(4, 9), (3, 6)\}$ تابع g را به صورت $\{(3, -\frac{1}{6})\}$ (۲) نتیجه
در نظریه بگیریم $\{(4, \frac{3}{4})\}$ (۴)

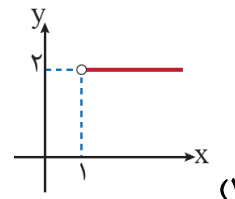
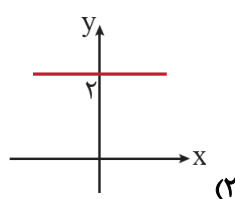
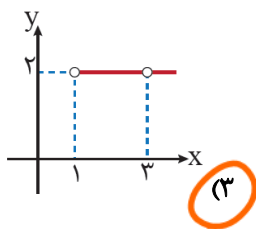
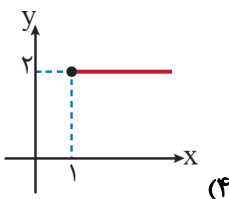
$2f = \{(8, 6), (6, 2), (10, 8)\}$ (۱)
 $\{(3, -\frac{1}{6}), (4, \frac{3}{4})\}$
 $\{(3, \frac{3}{8}), (4, \frac{3}{4})\}$ (۳)

$2f - g = \{(4, 7-9), (3, 2-6)\}$

$2f - g = \{(4, 2), (3, -4)\}$

$7-9 = 2 \rightarrow a = 2$ $2-6 = -4 \rightarrow b = -4$
 $g = \{(4, 2), (3, -4)\}$ $\frac{f}{g} = \{(4, \frac{3}{4}), (3, -\frac{1}{6})\}$

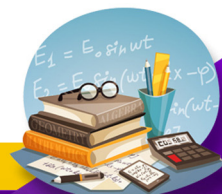
تست ۵۵: اگر $f(x) = \frac{\sqrt{x-1}}{x-3}$ و $g(x) = \frac{2x-6}{\sqrt{x-1}}$ ، آن گاه نمودار تابع $f \cdot g$ کدام است؟



راه سریع: $x=3$ نباید در جواب پذیری باشد چون ریشه حجب است. $y = f \cdot g$... بنابراین جواب نمی‌شود. لذا گزینه ۳ درسته!

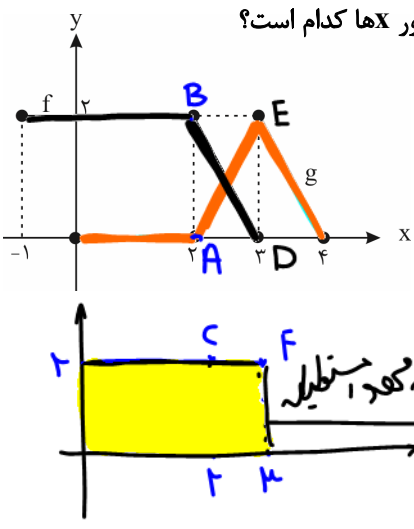
$D_{f \cdot g} = D_f \cap D_g = ([1, +\infty) - \{3\}) \cap ([1, +\infty)) = ([1, +\infty)) - \{3\}$

$y = f \cdot g = \frac{\sqrt{x-1}}{x-3} \cdot \frac{2(x-3)}{\sqrt{x-1}} = 2$ تابع ثابت ۲، اما توجه به $D_{f \cdot g}$ بیش ۲.



اسم منحل از (ح ص ر) یعنی گیر افتاده

تست ۵۶: اگر نمودار توابع f و g به صورت زیر باشد، مساحت محصور بین نمودار تابع $f+g$ و محور x ها کدام است؟



$D_{f+g} = D_f \cap D_g = [-1, 3] \cap [0, 3] = [0, 3]$

$y = 2$ (for $1 \leq x < 2$)

نصفه کعبه، مستطیل

$S = 2(3) = 6$

دسته‌بندی: $(A|_2 \in g) (B|_2 \in f) \rightarrow C|_2$

دسته‌بندی: $(D|_3 \in f) (E|_3 \in g) \rightarrow F|_3$

تست ۵۷: توابع $f(x) = \frac{x+1}{x}$ و $g(x) = \frac{x^2+1}{x}$ مفروض اند. برد تابع $f-g$ کدام است؟

- (۱) $\mathbb{R} - \{0\}$
- (۲) $\mathbb{R} - \{1\}$
- (۳) $\mathbb{R} - \{-1\}$
- (۴) \mathbb{R}

ادل $y = f - g$ را می‌سازیم. آن را رسم می‌کنیم روی محور y ها، آن را پیرس می‌کنیم هر جا که شد برد است:

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

خط $y=1-x$

$D_{f-g}: \mathbb{R} - \{0\}$

$R_{f-g}: \mathbb{R} - \{y=1\}$

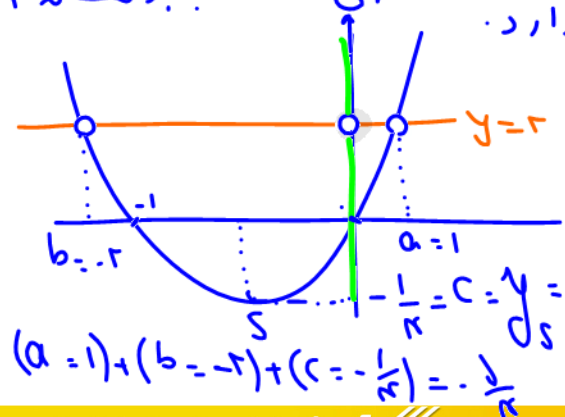
تست ۵۸: تابع $f(x) = \frac{x^2-x}{x-1}$ با دامنه‌ی $\mathbb{R} - \{a, b\}$ و برد $[c, +\infty) - \{2\}$ مفروض است. حاصل $a+b+c$ کدام است؟

- (۱) $\frac{7}{4}$
- (۲) $-\frac{9}{4}$
- (۳) $\frac{3}{4}$
- (۴) $-\frac{5}{4}$

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

$D_f: \mathbb{R} - \{a, b\}$ $x=0$ و $x=-1$ زیرا در همان جا به بالاتر از ۲ رسیده است.

$R_f: [c, +\infty) - \{2\}$



$y = ax^2 + bx + c$

س، $S(-\frac{b}{2a}, -\frac{\Delta}{4a})$

$y = x^2 + x$

مضراس

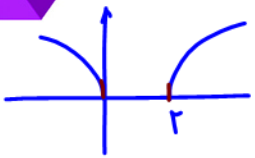


$\Delta = 1 - 4(1)(-2) = 9$

$\sqrt{\Delta} = 3$

$x = \frac{-1 \pm 3}{2} = 1, -2$

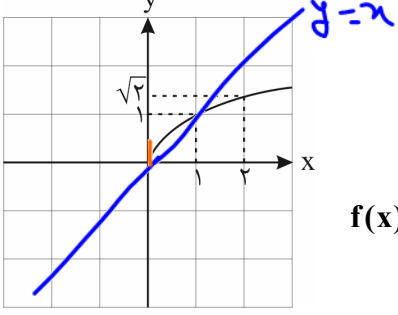
$(a=1) + (b=-2) + (c=-\frac{1}{4}) = -\frac{1}{4}$



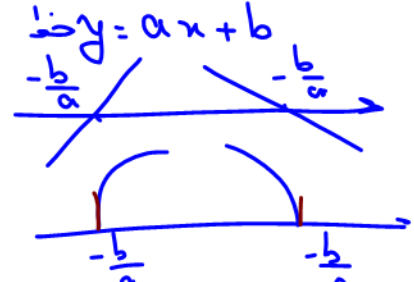
$y = \sqrt{x(x-2)}$ 
 $y = x^2 - 2x = x(x-2)$ $\xrightarrow{\text{فرجه ۲}}$ 
 $\xrightarrow{\text{فرجه ۳}}$ $y = \sqrt[3]{x(x-2)}$ 

تابع رادیکالی

هر تابع به صورت $f(x) = \sqrt{p(x)}$ (یک تابع از x است) را یک تابع رادیکالی (ریشه دوم) می نامیم. برای محاسبه دامنه ی این نوع توابع باید نامعادله ی $p(x) \geq 0$ را حل کرد. به طور مثال به تابع زیر و نمودار آن توجه کنید:

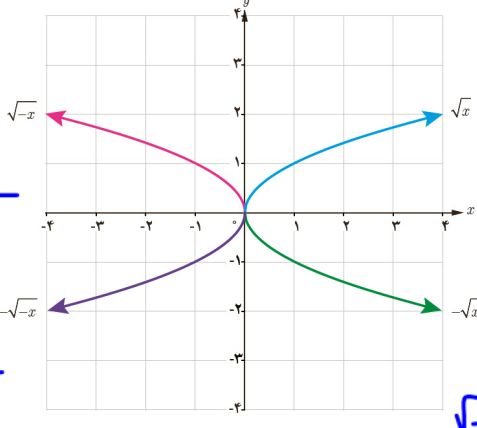


$f(x) \geq 0$ ارزش تابع $\sqrt{\dots}$ مثبت یا صفر.



اکنون با استفاده از قوانین انتقال می توانیم توابع رادیکالی به صورت $k\sqrt{ax+b}$ را رسم کنیم. مثال ۵۹: نمودار توابع $\sqrt{-x}$ و $-\sqrt{x}$ و $-\sqrt{-x}$ را به کمک نمودار تابع \sqrt{x} رسم کنید.

قرینه محوری
 $\sqrt{-x}$ قرینه \sqrt{x} نسبت به محور y ها
 $-\sqrt{x} \geq 0$
 $x \leq 0$ (منفی)



آند تابع در علامت \ominus ضرب شود
 نسبت به محور x ها قرینه می شود
 مثل $\sqrt{-x}$ - که قرینه \sqrt{x} نسبت به y است
 قرینه محوری

آند هم x را به $-x$ تبدیل کنیم
 و هم کل تابع را در \ominus ضرب کنیم
 شکل نسبت به مبدأ مختصات قرینه می شود
 (قرینه مرکزی)

آند x به $-x$ تبدیل شود ($x \rightarrow -x$)
 x ها رو بری داریم به جاش $-x$ می داریم
 شکل نسبت به محور y ها قرینه می شود مثل $\sqrt{-x}$
 تست ۶: در کدام گزینه، نمودار تابع صحیح رسم نشده است؟

۱) $y = \sqrt{x+1}$
 یک کمانه واحد بالا برده
 به چپ برده

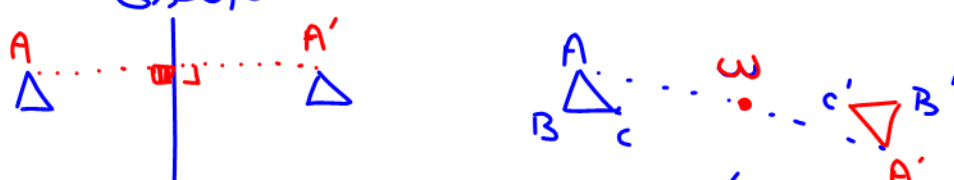
۲) $y = \sqrt{x} + 1$
 یک کمانه واحد بالا برده
 فرق این ۲ تارو ببینید

۳) $y = \sqrt{x} - 1$
 عرض های x ضرب بر ۲

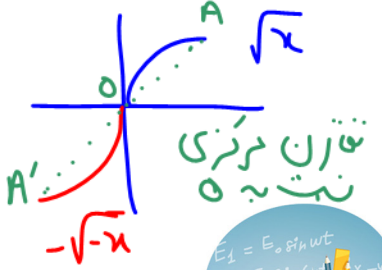
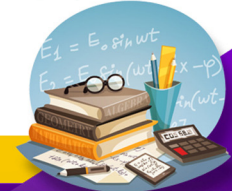
۴) $y = 2\sqrt{x}$
 عرض های x ضرب بر ۲

۵) $y = \sqrt{x+1} - 1$
 همون \sqrt{x} که یک واحد به چپ برده و واحد پایین

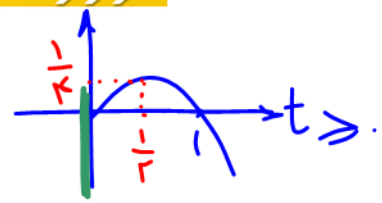
تقارن محوری



تقارن مرکزی
 از A به نقطه O وصل و به اندازه 2 ضلع OA در جهت مخالف O از A' به محور OA کن و به اندازه 2 ضلع OA در جهت مخالف O از A' به محور OA کن

$y = \sqrt{x-1} - (x-1) \xrightarrow{\sqrt{x-1}=t} t - t^2 = t(1-t) = \begin{cases} t=0 \\ t=1 \end{cases}$
 سه دهانه به پایین با رأس $t=0$ و $t=1$ داریم



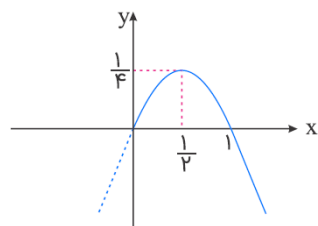
تست ۶۱: برد تابع $f(x) = \sqrt{x-1} + 1 - x$ کدام است؟

- گزینه ۱: $(-\infty, \frac{1}{4}]$ (گزینه صحیح)
- گزینه ۲: $[0, +\infty)$
- گزینه ۳: $(-\infty, \frac{1}{4})$
- گزینه ۴: $(-\infty, 1]$

$y = t - t^2$

پاسخ: گزینه «۱» - با تغییر متغیر $t = \sqrt{x-1}$ ضابطه تابع به صورت زیر درمی آید:

برد سهمی فوق با دامنه $[0, +\infty)$ ، برابر برد تابع f است. این سهمی در شکل زیر رسم شده است:



برد سهمی فوق و در نتیجه برد f برابر $(-\infty, \frac{1}{4}]$ است.

$y = \frac{\sqrt{x-2}-1}{|2-x|-x} \xrightarrow{x \geq 2} \frac{\sqrt{x-2}-1}{-2+x-x} = -\frac{1}{2}(\sqrt{x-2}-1)$

تست ۶۲: برد تابع $f(x) = \frac{\sqrt{x-2}-1}{|2-x|-x}$ کدام است؟

- گزینه ۱: $(-\infty, \frac{1}{2}]$
- گزینه ۲: $[\frac{1}{2}, +\infty)$
- گزینه ۳: $(-\infty, 1]$
- گزینه ۴: $[1, +\infty)$

پاسخ: گزینه «۱» - به ازای مقادیر $x \geq 2$ عبارت زیر رادیکال نامنفی است و داریم $|2-x| = x-2$ و تابع به صورت زیر ساده می شود:

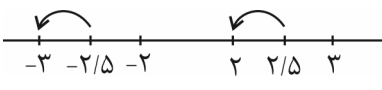
$f(x) = \frac{\sqrt{x-2}-1}{|2-x|-x} = \frac{\sqrt{x-2}-1}{x-2-x} = \frac{\sqrt{x-2}-1}{-2}$

تابع را با توجه به دامنه یعنی $x \geq 2$ می سازیم: **دقت!**

$x \geq 2 \Rightarrow \sqrt{x-2} \geq 0 \Rightarrow \sqrt{x-2}-1 \geq -1 \Rightarrow \frac{\sqrt{x-2}-1}{-2} \leq \frac{1}{2} \Rightarrow f(x) \leq \frac{1}{2} \Rightarrow R_f = (-\infty, \frac{1}{2}]$

راه ۲: راه رسم به کمک انتقال زیرصفتی جزء صحیح

جزء صحیح هر عددی مانند x را به شکل $[x]$ نمایش می دهیم و به این صورت تعریف می کنیم که اگر x عدد صحیح باشد جزء صحیح آن با خودش برابر است. مثلاً $[2] = 2$ و اگر x عددی غیر صحیح باشد، اولین عدد صحیح قبل آن، برابر جزء صحیح x است. مثلاً $[2/5] = 0$ و $[-2/5] = -1$ می باشد.



خاصیت جزء صحیح

(۱) خروجی جزء صحیح همواره یک عدد صحیح است، یعنی برای هر $x \in \mathbb{Z} : x \in \mathbb{R}$ مثلاً $[4] = 4$ و $[3/14] = 0$

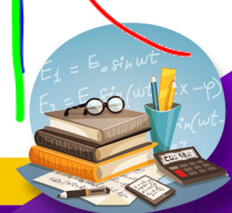
(۲) اگر عبارت داخل جزء صحیح یک عدد صحیح باشد می توانیم جزء صحیح را حذف می کنیم. یعنی برای هر $x \in \mathbb{Z}$ داریم: $[x] = x$

(۳) اعداد ثابت و عبارت هایی که مطمئن هستیم صحیح هستند می توانیم از جزء صحیح خارج کنیم یعنی اگر $k \in \mathbb{Z}$ باشد $[x+k] = [x] + k$ است.

مثلاً $[x+3]$ همان $[x]+3$ است. به مثال های زیر توجه کنید:

$\in \mathbb{Z}$
 ۱) $[x + [x]] = [x] + [x] = 2[x]$
 ۲) $[x + 2[x]] = [x] + 2[x] = 3[x]$

$f(x) = \frac{\sqrt{x-2}-1}{-2}$ به دامنه باینس $\sqrt{x-2}-1$
 $-\frac{(\sqrt{x-2}-1)}{2}$
 نمودار سهمی $y = -\frac{1}{2}(\sqrt{x-2}-1)$ را می بینیم که از $(2, 0)$ شروع می شود و به سمت بالا می رود.



$$3) [x - \underbrace{[x]}_{\in \mathbb{Z}}] = [x] - [x] = 0$$

$$[2x] = [x] + [x + \frac{1}{2}]$$

۴) خاصیت روبه‌رو در برخی از تست‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد:

مثلاً اگر دامنه تابع $y = \frac{2x}{[2x] - [x]}$ را بی‌رسند، داریم:

$$\text{مخرج} = 0 \Rightarrow [2x] - [x] = 0 \xrightarrow{[2x] = [x] + [x + \frac{1}{2}]} [x] + [x + \frac{1}{2}] - [x] = 0$$

$$\Rightarrow [x + \frac{1}{2}] = 0 \xrightarrow{\substack{[u]=k, k \in \mathbb{Z} \\ k \leq u < k+1}} 0 \leq x + \frac{1}{2} < 1 \xrightarrow{-\frac{1}{2}} \frac{-1}{2} \leq x < \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow D_f = \mathbb{R} - \left[-\frac{1}{2}, \frac{1}{2}\right) = (-\infty, -\frac{1}{2}) \cup [\frac{1}{2}, +\infty)$$

۵) برای هر $k \in \mathbb{Z}$ داریم: $k \leq x < k+1 \Rightarrow [x] = k$ یعنی اگر $[x] = 2$ باشد، حدود x به صورت $2 \leq x < 3$ است.

۶) مجموع عبارت‌های $[x]$ و $[-x]$ را می‌توان به صورت یک تابع دو ضابطه‌ای به شکل زیر نوشت:

$$[x] + [-x] = \begin{cases} 0 & x \in \mathbb{Z} \\ -1 & x \notin \mathbb{Z} \end{cases}$$

اگر $[x]$ را به سمت راست تساوی ببریم، در این صورت داریم:

$$\text{اگر } x \in \mathbb{Z} \Rightarrow [-x] = -[x]$$

$$\text{اگر } x \notin \mathbb{Z} \Rightarrow [-x] = -[x] - 1$$

۷) همواره رابطه $[x] + [y] \leq [x+y]$ برقرار است.

$$\begin{cases} |x+y| \leq |x| + |y| \\ [x] + [y] \leq [x+y] \end{cases}$$

به مقایسه مقابل توجه کنید:

۸) برای هر دو عدد حقیقی x و y ، مقدار $[x+y]$ می‌تواند دو مقدار متمایز زیر را اختیار کند:

$$[x+y] = [x] + [y] \quad \text{یا} \quad [x] + [y] + 1$$

(خارج تجربی)

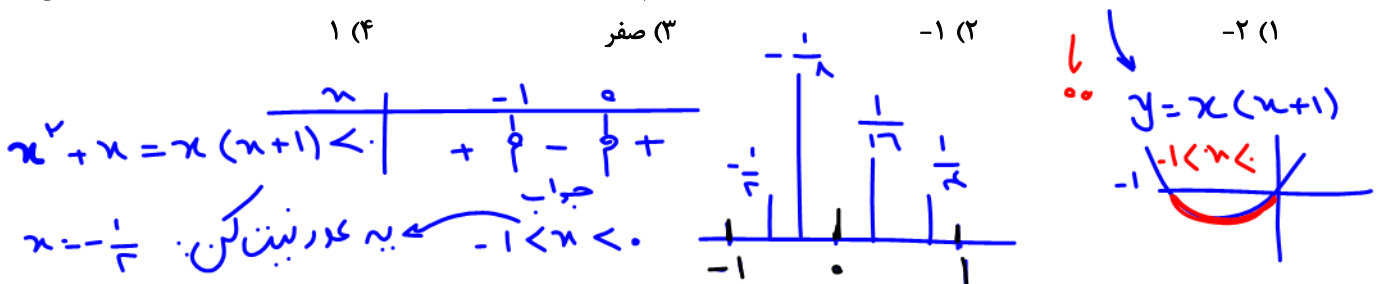
تست ۶۳: اگر $x^2 + x < 0$ ، آن‌گاه $[x] + [x^2] + [x^3] + [x^4]$ کدام است؟

۱ (۴)

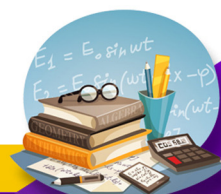
صفر (۳)

-۱ (۲)

-۲ (۱)



$$\underbrace{[x = -\frac{1}{2}]}_{-1} + \underbrace{[x^2 = (-\frac{1}{2})^2 = \frac{1}{4}]}_{\text{صفر}} + \underbrace{[x^3 = (-\frac{1}{2})^3 = -\frac{1}{8}]}_{-1} + \underbrace{[x^4 = (-\frac{1}{2})^4 = \frac{1}{16}]}_{\text{صفر}} = -2$$



تست ۶۴: اگر $|\frac{x}{y}| = 1$ باشد، حاصل $\sqrt{x^2 - 4x + 4} + \sqrt{x^2 - 8x + 16}$ کدام است؟

- ۶ (۴) ۴ (۳) ۳ (۲)

$$\sqrt{(x-2)^2} + \sqrt{(x-4)^2} = |x-2| + |x-4| = -x-2 -x+4 = 2$$

تست ۶۴: اگر $|\frac{x}{y}| = 1$ باشد، حاصل $\sqrt{x^2 - 4x + 4} + \sqrt{x^2 - 8x + 16}$ کدام است؟
 ۲ (۱)
 $1 \leq \frac{x}{y} \leq 2$
 ضرب در ۲ $2 \leq x < 4$
 به عدد نیندگن مثل $x=3$

تست ۶۵: در تابع با ضابطه $f(x) = x^2 - 2|x|$ مقدار $f(-\frac{1}{7}f(\sqrt{3}))$ کدام است؟

- ۲/۷۵ (۴) ۲/۵ (۳) ۲/۲۵ (۲) ۱/۷۵ (۱)

$$f(-\frac{1}{7}f(\sqrt{3})) = f(-\frac{1}{7}(3-2)) = f(-\frac{1}{7}) = (-\frac{1}{7})^2 - 2[-\frac{1}{7}] = \frac{1}{49} - 2(-\frac{1}{7}) = \frac{1}{49} + \frac{2}{7} = \frac{1}{49} + \frac{14}{49} = \frac{15}{49}$$

بازی از داخلی ترین تابع شروع می‌شود
 $f(\sqrt{3}) = (\sqrt{3})^2 - 2[\sqrt{3}] = 3 - 2(1) = 3 - 2 = 1$

تست ۶۶: اگر $x^2 - 6x = x^2 - 10x = 7$ باشد، حاصل $[(x-4)^2]$ کدام است؟

- ۲۳ (۴) ۲۴ (۳) ۱۶ (۲) ۷ (۱)

$$\begin{aligned} [x^2 - 6x] = 7 &\implies 7 \leq x^2 - 6x < 8 \\ [x^2 - 10x] = 7 &\implies 7 \leq x^2 - 10x < 8 \end{aligned}$$

$$\frac{14 \leq 2x^2 - 16x < 16}{\div 2} \implies 7 \leq x^2 - 8x < 8$$

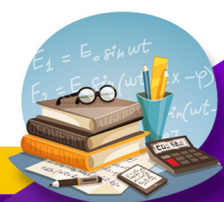
$$[(x-4)^2] = [x^2 - 8x + 16] = [x^2 - 8x] + 16 = 7 + 16 = 23$$

تست ۶۷: اگر $(1+\sqrt{2})^6 + (1-\sqrt{2})^6 = 198$ ، جزء صحیح عدد $(1+\sqrt{2})^7$ کدام است؟

- ۱۹۸ (۴) ۱۹۷ (۳) ۱۹۶ (۲) ۱۹۵ (۱)

$$[(1+\sqrt{2})^7] = [198 - (1-\sqrt{2})^7] = 198 - (1-1.4 = -0.4)^7 = 198 - 8 = 190$$

ایسیلون منفرد عدد ریزد نسبت



به عدد طبیعی n ؛ $2 \leq n$ در کتاه انتی-ب کن دبه عبارت به: $5, \dots$ شته $n=3$

تست ۶۸: برای هر عدد طبیعی $n > 2$ ، حاصل $[\sqrt{4n^2 - 3n + 1}] - 2[\sqrt{n^2 - 2n}]$ کدام است؟ (سراسری تجربی ۹۱)

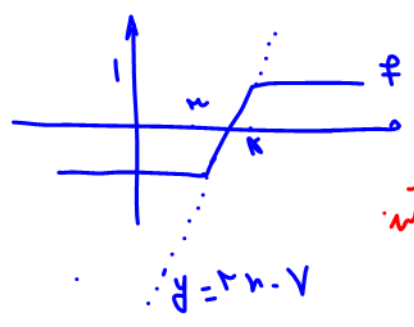
$$[\sqrt{4(3)^2 - 3(3) + 1} = 28 = 5, \dots] - 2[\sqrt{3^2 - 2(3) = 9 - 6 = 3} = 1, 7]$$

$$5 - 2(1) = 5 - 2 = 3 \quad \underline{3}$$

تست ۶۹: اگر $[x-2] = 1$ باشد، نمودارهای دو تابع $f(x) = |x-3| - |x-4|$ و $g(x) = 2x^2 + x - 17$ در چند نقطه مشترک هستند؟

$f(x) = |x-3| - |x-4|$ (۳) $f(x) = x-3+x-4 = 2x-7$ (۲) $[x]-2=1$ (۱)
 $f(x) = 3-x+x-4 = -1$ (۳) $[x]=3$ (۱)
 فاکتور نقطه‌ی مشترک (۴) $3 \leq x < 4$ (۲) $3 \leq x < 4$ (۱)

$$2x^2 + x - 17 = 2x - 7 \rightarrow 2x^2 - x - 10 = 0 \rightarrow x^2 - \frac{x}{2} - 5 = 0$$



$$(x+4)(x-5) = 0$$

$$x_1 = -4 \rightarrow x_2 = 5$$

$$x_1 = -\frac{-1}{2} = \frac{1}{2} \rightarrow x_2 = 5$$

تست ۷۰: معادله‌ی $[x] + [x^2] = \frac{x}{2}$ چند جواب دارد؟

هیچ یک از بازه $3 < x < 4$ نیستند (۳) $x=3, 5$ (۲) $x=0$ (۱) $x=0$ (۱) $x=0$ (۱) $x=0$ (۱)

جمع ۲ تا جزو مجموع یکدیگر معنیات پس باید $\frac{x}{2} = k \in \mathbb{Z}$ ، $x = 2k$ پس x یک عدد زوج و صحیح است و x^2 هم صحیح است پس x از بی‌نهایت خارج می‌شوند.

$x + x^2 = \frac{x}{2}$
 $\frac{x}{2} + x^2 = 0 \rightarrow x(\frac{1}{2} + x) = 0$
 $x = 0$ یا $x = -\frac{1}{2} \neq 2k$

پس جواب $x=0$ دارد.

تست ۷۱: دامنه و برد تابع $f(x) = \frac{x - [x]}{\sqrt{[x] + [-x] + 1}}$ کدام است؟

$D_f = \mathbb{Z}, R_f = \{0\}$ (۲) $D_f = \mathbb{N}, R_f = \{0\}$ (۱)
 $D_f = \mathbb{R} - \mathbb{N}, R_f = [0, 1)$ (۴) $D_f = \mathbb{R} - \mathbb{Z}, R_f = [0, 1)$ (۳)

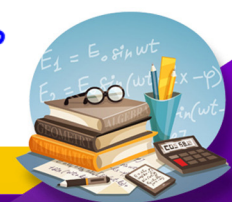
تعریف کنده:

$$f(x) = \frac{x - [x]}{\sqrt{[x] + [-x] + 1}}$$

اگر $x \in \mathbb{Z}$ $f(x) = \frac{x - x}{\sqrt{0 + 1}} = \frac{0}{1} = 0$
 اگر $x \notin \mathbb{Z}$ $f(x) = \frac{x - [x]}{\sqrt{-1 + 1}}$ صفر مطلق

بررسی تک نقطه دارد.

$D_f: \mathbb{Z} \quad R_f: \{0\}$



راه دوم: دو نام عدد را نگاه به عبارت می‌دهیم به سبب ضربی چه اعدادی خواهد شد؟

دلتخواه $x=0$ تست ۷۲: حاصل عبارت $[\frac{x-1}{2}] + [\frac{3-x}{2}]$ چه اعدادی می‌تواند باشد؟

$$[\frac{0-1}{2}] + [\frac{3-0}{2}] = [-\frac{1}{2}] + [1,5] = -1 + 1 = 0$$

دلتخواه $x=1$ عبارت را ساده می‌کنیم و از خاصیت‌ها استفاده می‌کنیم:

$$[\frac{x-1}{2}] + [\frac{3-x}{2}] = [\frac{x-1}{2}] + [\frac{2+1-x}{2}] = [\frac{x-1}{2}] + [\frac{1-x}{2} + 1] = \frac{x-1}{2} + \frac{1-x}{2} + 1 = 1$$

چون $\begin{cases} u \in \mathbb{Z} & [u] + [-u] = 0 \\ u \notin \mathbb{Z} & [u] + [-u] = -1 \end{cases}$ پس:

تست ۷۳: مجموعه جواب معادله $[x] - [-x] = 3$ کدام است؟ ([] علامت جزء صحیح است.)

- پاسخ: گزینه «۴»
- (۱) (۰, ۱) (۲) (۱, ۲) (۳) $\{\frac{3}{2}\}$ (۴) (۱, ۲)

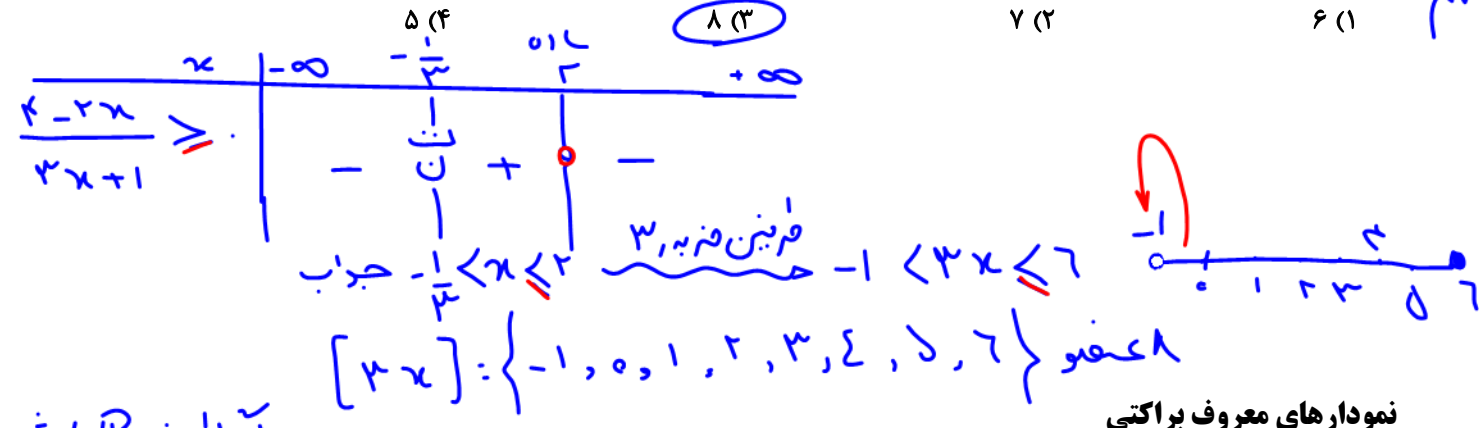
نکته: $[-x] = \begin{cases} -[x] & x \in \mathbb{Z} \\ -[x]-1 & x \notin \mathbb{Z} \end{cases}$

غ.ق ق $x \in \mathbb{Z} \Rightarrow [x] - (-[x]) = 3 \Rightarrow 2[x] = 3 \Rightarrow [x] = \frac{3}{2}$

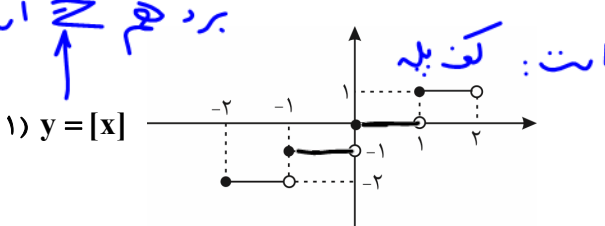
شما $x \notin \mathbb{Z} \Rightarrow [x] - (-[x]-1) = 3 \Rightarrow 2[x] + 1 = 3 \Rightarrow [x] = 1 \Rightarrow 1 < x < 2, x \notin \mathbb{Z} \Rightarrow x \in (1, 2)$

تست ۷۴: اگر $\frac{4-2x}{3x+1} \geq 0$ باشد، مجموعه مقادیر $[3x]$ چند عضو دارد؟

(تجربی ۱۴۰۱)



اگر دامنه \mathbb{R} باشد برد هم \mathbb{Z} است



نمودارهای معروف براکتی شکل‌های بسیار مهم توابع معروف براکتی (شامل جزء صحیح)

طول کف پله: $[ax]$ برابر $\frac{1}{|a|}$ است: کف پله

توجه کنید در تابع $y = [x]$ ، طول هر پله یک واحد است و نقاط سمت چپ همگی توپر می‌باشند. این‌جا به صورت دلتخواه در بازه $[-2, 2)$ آن را رسم کردیم. اگر بازه به صورت $[-2, 2]$ باشد (یعنی انتهای بازه بسته باشد) نقطه $x = 2$ را جداگانه بررسی می‌کنیم و داریم:

$x = 2 \Rightarrow y = [2] = 2 \Rightarrow A(2, 2)$



یکسانت

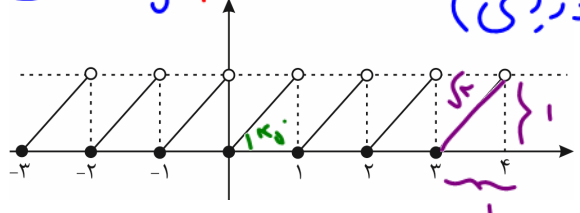
نکته: در توابع مثل $[x]$ در هر زیر بازه $[n, n+1)$ روبروی داریم به جاش عددی زاریم.

و این یعنی به شکل بالا باید نقطه $A(2,2)$ نیز اضافه شود.

- $-1 < x < 0 \rightarrow y = x + 1$
- $0 \leq x < 1 \rightarrow y = x$
- $1 \leq x < 2 \rightarrow y = x - 1$
- $2 \leq x < 3 \rightarrow y = x - 2$

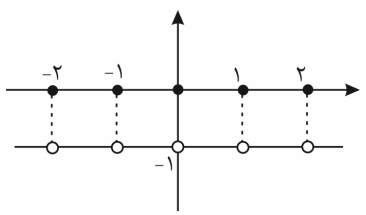
حرفی $y = x - [x]$ تابع جزئی اعشاری (خوردی)

۲) $y = x - [x]$
 $D_f: \mathbb{R}$
 $R_f: [0, 1)$



ویژگی‌های تابع $y = x - [x]$
 دامنه \mathbb{R}
 برد $[0, 1)$ یعنی: $0 \leq x - [x] < 1$ (خوردی)
 در نقاط $x \in \mathbb{Z}$ حد ندارد و ناپیوسته است ولی در سایر نقاط حد دارد و پیوسته است.
 طول هر پله $\sqrt{2}$ واحد است.
 متناوب است با دوره تناوب $T = 1$
 در این جا به طور دلخواه آن را در بازه $[-3, 4)$ رسم کردیم.

۳) $y = [x] + [-x] = \begin{cases} 0 & x \in \mathbb{Z} \\ -1 & x \notin \mathbb{Z} \end{cases}$

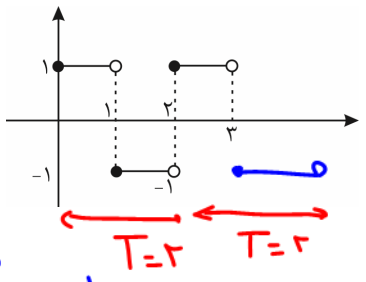


ویژگی‌های تابع $y = [x] + [-x]$

- دامنه \mathbb{R}
- برد دو عضوی $R_f = \{-1, 0\}$
- در نقاط $x \in \mathbb{Z}$ ناپیوسته است.
- در تمام نقاط دارای حد -1 است یعنی $\lim_{x \rightarrow a \in \mathbb{R}} [x] + [-x] = -1$
- متناوب است با دوره تناوب $T = 1$.
- نمودار به ازای اعداد صحیح صفر می‌شود و ریشه می‌دهد و به ازای سایر اعداد، -1 می‌شود.

عشق طرح

۴) $y = (-1)^{[x]} \quad 0 \leq x < 3$



- $0 \leq x < 1 \rightarrow y = (-1)^0 = 1$
- $1 \leq x < 2 \rightarrow y = (-1)^1 = -1$
- $2 \leq x < 3 \rightarrow y = (-1)^2 = 1$
- $3 \leq x < 4 \rightarrow y = (-1)^3 = -1$

ویژگی‌های $y = (-1)^{[x]}$

- در این جا به طور مثال در بازه $[0, 3)$ رسمش کردیم.
- دامنه \mathbb{R}
- برد دو عضوی $R_f = \{-1, 1\}$
- در نقاط $x \in \mathbb{Z}$ حد ندارد و ناپیوسته است.



(۴) متناوب است با دوره تناوب $T = 2$.

بازه را C_m و C_n بکن
در هر زیربازه عدد بگذار
بزرگتر بردار

۵) $y = x[x]$ $-1 \leq x < 1$

$-1 < x < 0 \rightarrow y = x(-1) = -x$
 $0 \leq x < 1 \rightarrow y = x(0) = 0$

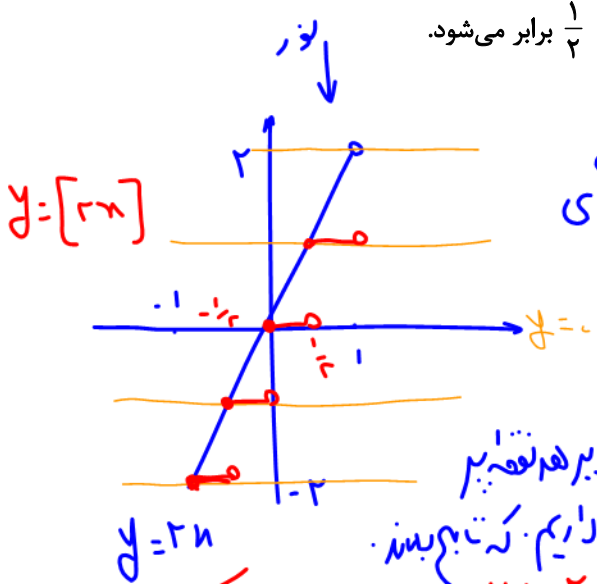
در این جا به طور مثال در بازه $(-1, 1)$ رسمش کردیم.
توجه کنید نقطه $x = 0$ برای این تابع، نقطه گوشه به حساب می آید.

رسم نمودار $y = [ax]$

تابع $y = [ax]$ از روی تابع $y = [x]$ رسم می شود. فقط توجه کنید که طول هر پله $\frac{1}{|a|}$ برابر می شود. مثلاً در رسم $y = [\frac{x}{4}]$ که

$a = \frac{1}{4}$ است طول پله ها $\frac{1}{4} = 2$ برابر و در رسم $y = [2x]$ که $a = 2$ است طول پله ها $\frac{1}{2}$ برابر می شود.

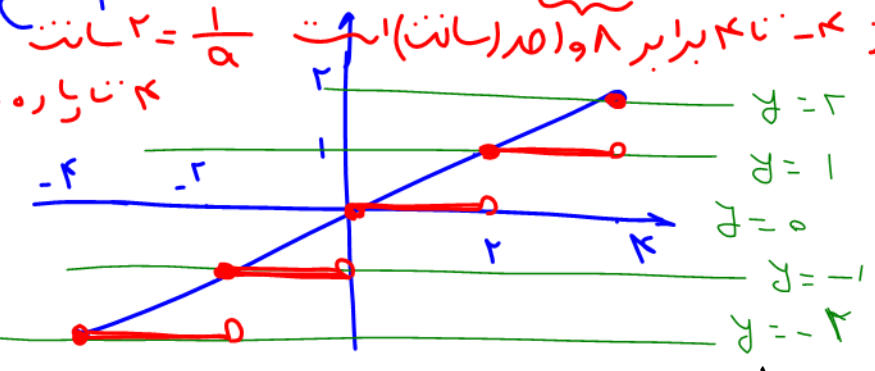
مثال ۷۵: تابع $y = [2x]$ را در بازه $(-1, 1)$ رسم کنید.



فرز رسم $y = [u]$ با داشتن $y = u$ ابتدا $y = u$ را رسم کنید پس خط های
متوالی $y = k$ و $y = k + 1$ که $k \in \mathbb{Z}$ را بکشید هر جا $y = u$
به این خط ها برخورد کرد در پیرامون آن بکشید از بالا به تابع نور بنمایند
این شبیهی که بین ۲ خط متوالی هستند را روی خط پایین تر ببینید از پله ها بکشید

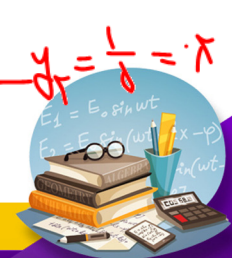
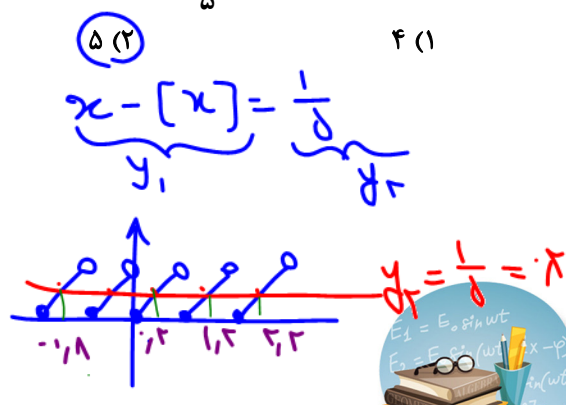
مثال ۷۶: نمودار تابع $y = [\frac{x}{4}]$ را در بازه $[-4, 4]$ رسم کنید.

از -4 تا 4 برابر 1 و 4 (هر سانت) است $\frac{1}{4}$ سانت $2 = \frac{1}{a}$ سانت 2 سانت حرکت پس
 4 تا 4 راه خط شد و دید نقطه $A(k, 2)$
 $a = \frac{1}{4}$
 $2 = \frac{1}{a}$
 $y = [\frac{x}{4}]$



تست ۷۷: معادله $x = \frac{1}{5} + [x]$ در فاصله $(-2, 3)$ چند جواب دارد؟

- $-2 < x < -1 \rightarrow x = \frac{1}{5} + (-1) = -1,2$
- $-1 \leq x < 0 \rightarrow x = \frac{1}{5} + (-1) = -1,2$
- $0 \leq x < 1 \rightarrow x = \frac{1}{5} + 0 = 0,2$
- $1 \leq x < 2 \rightarrow x = \frac{1}{5} + 1 = 1,2$
- $2 \leq x < 3 \rightarrow x = \frac{1}{5} + 2 = 2,2$



نکته: برای تست ۷۷: یکی از روشهای حل معادله، تبدیل معادله به نمادی است تابع قابل رسم است. هر ۲ را در یک دستگاه رسم می‌کنیم. بعد از آن با بر خورد ۲ تابع، تقاطع آنها را در دستگاه ۷۷. این ۵ برخورد داشته‌اند.

تست ۷۸: برد تابع $y = x - 2\left[\frac{x}{7} + 1\right]$ کدام است؟

- (۱) $[-2, 0]$ (۲) $[-1, 2]$ (۳) $[0, 2]$ (۴) $[-1, 1]$

راه‌بیب: به عدد دلخواه x به تابع می‌دهیم ضربی ۲- می‌گیریم تنها زنی‌ای که ۲- دارد یک است.

$$y = x - 2\left(\left[\frac{x}{7} + 1\right]\right) = x - 2\left[\frac{x}{7}\right] - 2 = 2\left(\frac{x}{7} - \left[\frac{x}{7}\right]\right) - 2$$

توجه: $0 \leq \frac{x}{7} - \left[\frac{x}{7}\right] < 1$ $\Rightarrow -2 < 2\left(\frac{x}{7} - \left[\frac{x}{7}\right]\right) - 2 < 0$

تولید می‌کنیم $0 < u - [u] < 1$ $\Rightarrow -2 < 2(u - [u]) - 2 < 0$

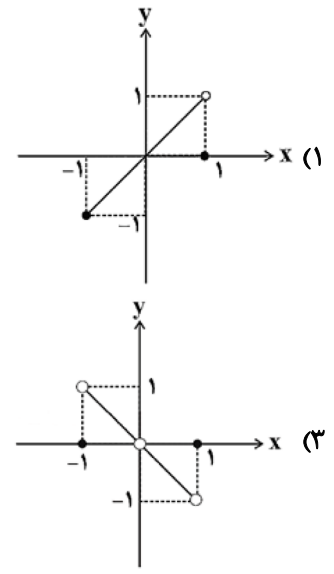
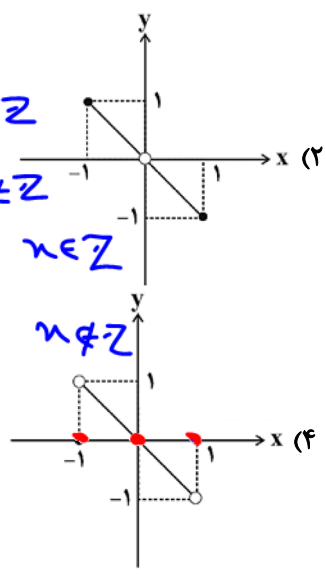
تست ۷۹: نمودار تابع $y = x([-x] + [x])$ با دامنه $-1 \leq x \leq 1$ کدام است؟ ([]، نماد جزء صحیح است.)

می‌دانیم: تابع چینی معروف

$$[x] + [-x] = \begin{cases} 0 & x \in \mathbb{Z} \\ -1 & x \notin \mathbb{Z} \end{cases}$$

$$y = x([x] + [-x]) = \begin{cases} 0 & x \in \mathbb{Z} \\ -x & x \notin \mathbb{Z} \end{cases}$$

با صغریا ۱-



پاسخ: گزینه «۴» - راه‌حل اول: عددگذاری:

در ضابطه تابع قرار می‌دهیم $x = 1 \rightarrow y = 1([-1] + [1]) = 1 \times (-1 + 1) = 0$

$x = 0 \Rightarrow y = 0$
 $x = -1 \Rightarrow y = 0$

یعنی تابع در سه نقطه دلخواهی که دادیم مقداری برابر با صفر دارد که این سه نقطه فقط در نمودار گزینه (۴) صدق می‌کند.

راه‌حل دوم:

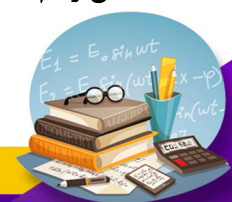
$$y = [x] + [-x] = \begin{cases} -1 & x \notin \mathbb{Z} \\ 0 & x \in \mathbb{Z} \end{cases}$$

نکته:

$$\begin{cases} -1 < x < 1 \xrightarrow{x \neq 0, x \notin \mathbb{Z}} y = -x \\ x = -1, 0, 1 \Rightarrow y = 0 \end{cases}$$

با توجه به نکته داریم:

تابع رسم شده در گزینه (۴) در نقاط $x = -1, 0, 1$ مقداری برابر با صفر دارد و در $-1 < x < 1$ برابر با $y = -x$ است.



(تجربی خارج)

مثال ۸۰: نمودار تابع $y = 2\left[\frac{x}{2}\right] + 1$; $x \in [-2, 6]$ از چند پاره خط مساوی هم تشکیل شده است؟

۶ (۴)

۵ (۳)

۴ (۲)

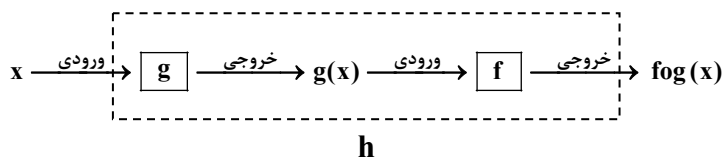
۳ (۱)

از $x = -2$ تا $x = 6$ برابر ۸ سانت است تبعاً ما $\frac{1}{2} = 2$ سانت ۲ سانت می‌کنند
۸ سانت تا ۲ سانت است $\frac{1}{2}$ سانت

دقت: در $y = 2\left[\frac{x}{2}\right] + 1$ کمی تأثیر، تعداد پاره خطها هستند جز آن ۲ پارت برکت ۴ ض‌های $\left[\frac{x}{2}\right]$
۲ برابر می‌کنند دگر ۱ تابع، اما $\frac{1}{2}$ واحد بالای برود در تعداد پاره خطها
تأثیر ندارند

تابع مرکب

به شکل زیر دقت کنید، می‌خواهیم با هم فرآیند آن را مرور کنیم. اگر x را به عنوان ورودی به ماشین g دهیم، خروجی آن $g(x)$ خواهد بود، حال این خروجی را به عنوان ورودی به ماشین f می‌دهیم و در نتیجه خروجی $f(g(x))$ حاصل می‌شود که ما آن را $f \circ g(x)$ می‌نامیم. پس در واقع می‌توانیم بگوییم $f \circ g(x)$ ، ماحصل رفتار ماشین h است وقتی به آن ورودی x را می‌دهیم.



مثال ۸۱: اگر $f = \{(1, 2), (2, -1), (2, 0), (-1, 4), (5, -7)\}$ و $g = \{(0, -1), (5, 2), (3, 5), (-2, 4)\}$ تابع $f \circ g$ را در صورت امکان بنویسید.

دول و کاری کنه

$$f(g(x)) = \{(0, 4), (5, 0), (3, -7)\}$$

$$g(0) = -1 \quad f(-1) = 4$$

$$g(5) = 2 \quad f(2) = 0$$

$$g(3) = 5 \quad f(5) = -7$$

$$g(-2) = 4 \quad f(4) = \text{تن}$$

تست ۸۲: اگر $f = \{(1, 1), (2, 3), (3, 3), (4, 2)\}$ و $g = \{(1, 2), (2, 3), (3, 1), (4, 6)\}$ باشد، برد تابع $f \circ g$ چند عضو دارد؟

سه (۴)

دو (۳)

یک (۲)

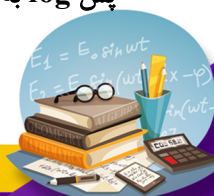
هیچ (۱)

پاسخ: گزینه‌ی «۳» - اول x را در g قرار می‌دهیم (چون در $f \circ g$ ، تابع g تابع درونی است) و بعد حاصلش را در f :

$$1 \xrightarrow{g} 2 \xrightarrow{f} 3 \Rightarrow (1, 3) \qquad 2 \xrightarrow{g} 3 \xrightarrow{f} 3 \Rightarrow (2, 3)$$

$$3 \xrightarrow{g} 1 \xrightarrow{f} 1 \Rightarrow (3, 1) \qquad 4 \xrightarrow{g} 6 \xrightarrow{f} \square$$

پس $f \circ g$ به صورت $f \circ g = \{(1, 3), (2, 3), (3, 1)\}$ است که بردش برابر $R = \{1, 3\}$ می‌باشد و دو عضو دارد.



تست ۸۳: اگر $f = \{(1, 2), (2, 3), (3, 4), (4, 5)\}$ باشد، تابع $((f \circ f) - f)$ چگونه تابعی است؟
 (۱) تهی (۲) همانی (۳) ثابت (۴) خطی
 پاسخ: گزینه «۳» - ابتدا $f \circ f$ را پیدا می‌کنیم:

$$\begin{aligned} 1 &\xrightarrow{f} 2 \xrightarrow{f} 3 \Rightarrow (1, 3) \\ 2 &\xrightarrow{f} 3 \xrightarrow{f} 4 \Rightarrow (2, 4) \\ 3 &\xrightarrow{f} 4 \xrightarrow{f} 5 \Rightarrow (3, 5) \\ 4 &\xrightarrow{f} 5 \xrightarrow{f} \square \end{aligned} \Rightarrow f \circ f = \{(1, 3), (2, 4), (3, 5)\}$$

$$((f \circ f) - f) = \{(1, 1), (2, 1), (3, 1)\}$$

حالا $((f \circ f) - f)$ را تشکیل می‌دهیم:

می‌بینیم که $((f \circ f) - f)$ همواره مقداری ثابت یعنی برابر ۱ دارد؛ پس تابع ثابت است.

تست ۸۴: $f = \{(2, 1), (3, 2), (4, 5), (1, 7)\}$ و $g = \{(1, 2), (3, 1), (a, 3), (b, 1)\}$ مفروض‌اند. اگر $(4, 2) \in f \circ g$ و $(4, 1) \in g \circ f$ باشند، دوتایی مرتب (a, b) کدام است؟ (سراسری ریاضی)

- (۱) $(3, 4)$ (۲) $(4, 3)$ (۳) $(4, 5)$ (۴) $(5, 4)$

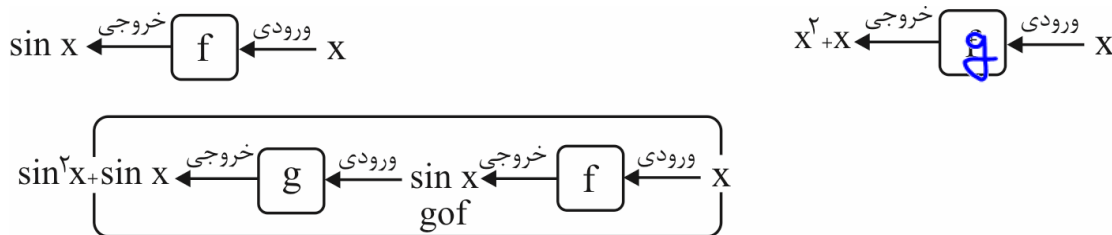
پاسخ: گزینه «۳» طبق فرض مسئله از آن جایی که $(4, 1) \in g \circ f$ پس $(g \circ f)(4) = 1$ است، در نتیجه داریم:

$$g(f(4)) = 1 \xrightarrow{f(4)=5} g(5) = 1 \xrightarrow{g(b)=1} b = 5$$

همچنین $(4, 2) \in f \circ g$ پس $(f \circ g)(4) = 2$ است، یعنی باید عدد ۴ در دامنه تابع g که به صورت $g = \{(1, 2), (3, 1), (a, 3), (5, 1)\}$ باشد، خیلی واضح است که باید $a = 4$ باشد. در نهایت خواسته مسئله برابر $(a, b) = (4, 5)$ است.

ترکیب تابع با ایده‌ی ماشین

اگر هر تابع را به عنوان یک ماشین در نظر بگیریم که x را به عنوان یک مقدار ورودی می‌پذیرد و مقدار $f(x)$ را به عنوان خروجی تحویل می‌دهد می‌توانیم ترکیب تابع‌ها را به عنوان ترکیب ماشین‌ها که به دنبال هم روی یک مقدار ورودی x اثر می‌گذارند در نظر بگیریم. مثلث اگر $f(x)$ تابعی با ضابطه‌ی $f(x) = \sin x$ و $g(x)$ تابعی با ضابطه‌ی $g(x) = x^2 + x$ باشد، ترکیب این دو تابع را می‌توانیم به شکل زیر نشان دهیم:

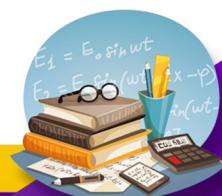


تست ۸۵: اگر $f(x) = \frac{2x+3}{2-x}$ و $g(x) = \frac{1-3x}{x+2}$ باشند، ضابطه‌ی تابع $g(f(x))$ کدام است؟ (تجربی خارج ۹۶)

(۱) x (۲) $-x$ (۳) $-x-1$ (۴) $x+1$

$$g(f(x)) = \frac{1-3f(x)}{f(x)+2} = \frac{1-3\left(\frac{2x+3}{2-x}\right)}{\frac{2x+3}{2-x}+2} \quad \text{در دنگوه مثلاً } x=1 \quad \frac{-14}{7} = -2$$

تجرباتی که برای $x=1$ می‌آید -2 شده که نتیجه است.



قدر منفی خوره منفی رومی خوره

$| - ۱ | = ۱$

$|۱۱| = \begin{cases} \text{توش مثبتنه} \\ \text{توش منبیه} \end{cases}$

(سراسری ریاضی خارج از کشور ۹۰)

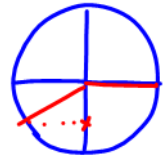
تست ۸۶: اگر $f(x) = ۲ - |x - ۲|$ ، ضابطه‌ی تابع $f(f(x))$ برابر کدام است؟

- (۱) x
- (۲) $۴ - x$
- (۳) $f(x)$
- (۴) $۲ - f(x)$

$$f(f(x)) = ۲ - |f(x) - ۲| = ۲ - |۲ - |x - ۲| - ۲| = ۲ - |-|x - ۲|| = ۲ - |x - ۲| = f(x)$$

قدر منفی خوره

تست ۸۷: اگر $f(x) = \frac{\sqrt{1-x^2}}{x}$ و $g(x) = \cos x$ باشند، ضابطه‌ی تابع $y = f(g(x))$ کدام است؟ (X در ربع سوم است.)



- (۱) $\cot x$
- (۲) $\tan x$
- (۳) $-\tan x$
- (۴) $-\cot x$

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

پاسخ: گزینه «۳» - ضابطه‌ی تابع $y = f(g(x))$ را به دست می‌آوریم. ببینید:

$$y = f(g(x)) = f(\cos x) = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 x}}{\cos x} = \frac{\sqrt{\sin^2 x}}{\cos x} = \frac{|\sin x|}{\cos x} = -\frac{\sin x}{\cos x} = -\tan x$$

از طرفی X در ربع سوم است، پس $\sin x$ عددی منفی است، در نتیجه خواهیم داشت:

$$y = f(g(x)) = \frac{|\sin x|}{\cos x} = \frac{-\sin x}{\cos x} = -\tan x$$

(سراسری ریاضی)

تست ۸۸: اگر خروجی ماشین مقابل $\frac{۴}{۳}$ باشد، مقدار ورودی کدام است؟

ورودی $\rightarrow \boxed{2x-2} \rightarrow \frac{x}{\sqrt{x+1}} \rightarrow$ خروجی

- (۱) $\frac{11}{9}$
- (۲) $\frac{۷}{۲}$
- (۳) ۳
- (۴) ۴

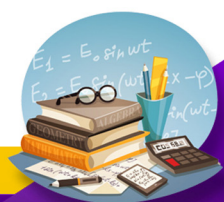
با کنترل گزینه ۳

تست ۸۹: اگر $f(x) = \frac{x}{x-1}$ باشد، ضابطه‌ی تابع $f(x^2) - 2f(x) + 1$ کدام است؟

- (۱) $\frac{1}{1-x^2}$
- (۲) $\frac{2x}{x^2-1}$
- (۳) $\frac{2x+1}{1-x^2}$
- (۴) $\frac{2x-1}{x^2-1}$

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

گزینه ۲ به ازای $x=2$ همان $\frac{4}{3}$ می‌شود.



$$(a-b)^3 = a^3 - 3a^2b + 3ab^2 - b^3$$

$$(x-2)^3 = x^3 - 2x^2 + 12x - 8$$

گفتن تا بلواز $(x-2)^3$

تست ۹۰: اگر $f(x) = x^3 - 6x^2 + 12x + 5$ باشد، آن گاه $f(\sqrt[3]{3} + 2)$ کدام است؟

۱۶ (۴)

۵ (۳)

$(\sqrt[3]{3} + 1)^3 - 1$ (۲)

صفر (۱)

$$f(x) = (x^3 - 2x^2 + 12x - 8) + 13 = (x-2)^3 + 13$$

$$f(x) = (x-2)^3 + 13$$

$$f(\sqrt[3]{3} + 2) = (\sqrt[3]{3} + 2 - 2)^3 + 13 = 3 + 13 = 16$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

(ریاضی ۱۴۰۱)

تست ۹۱: اگر $f(x) = \frac{\sqrt{2}x}{3x - \sqrt{2}}$ باشد، حاصل $f \circ f(\sqrt{2})$ کدام است؟

$\sqrt{2}$ (۳)

$\frac{1}{\sqrt{2}}$ (۲)

$\frac{1}{2}$ (۱)

قبلًا حساب کردیم $f(\sqrt{2}) = \frac{1}{\sqrt{2}}$

$$f\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = \frac{\sqrt{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}}{3 \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} - \sqrt{2}} = \frac{1}{\frac{3}{\sqrt{2}} - \sqrt{2}} = \frac{1}{\frac{3 - 2\sqrt{2}}{\sqrt{2}}} = \frac{\sqrt{2}}{3 - 2\sqrt{2}}$$

$$f(\sqrt{2}) = \frac{\sqrt{2}(\sqrt{2})}{3\sqrt{2} - \sqrt{2}} = \frac{2}{2\sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$f\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) = \frac{\sqrt{2} \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)}{3 \left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right) - \sqrt{2}} = \frac{1}{\frac{3}{\sqrt{2}} - \sqrt{2}} = \frac{1}{\frac{3 - 2\sqrt{2}}{\sqrt{2}}} = \frac{\sqrt{2}}{3 - 2\sqrt{2}}$$

تست ۹۲: تابع با ضابطه $g(x) = x - \sqrt{x}$ مفروض است. اگر نمودار تابع f ، محور x ها را در دو نقطه به طولهای ۶ و $-\frac{1}{4}$ قطع کند، آنگاه

(سراسری ریاضی خارج ۹۴)

نمودار تابع $f \circ g$ ، محور x ها را با کدام طول قطع می‌کند؟

$\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{9}$ (۳)

$\frac{1}{9}$ و $\frac{1}{4}$ (۲)

$\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{9}$ (۱)

نمودار f

$$f(7) = 0 \quad f\left(-\frac{1}{4}\right) = 0$$

نمودار $f \circ g$

ریشه $f \circ g = 0$

محور x ها: $x = 9$ و $x = \frac{1}{4}$

$$g(x) = x - \sqrt{x} = 7 \Rightarrow x = 9$$

$$g(x) = x - \sqrt{x} = -\frac{1}{4} \Rightarrow x = \frac{1}{4}$$

$$f \circ g = f(g(x)) = 0$$

زمانی صورتی که توی شش 7 یا $-\frac{1}{4}$ بیفتد

$$x - 2 = 7 \rightarrow x = 9$$

$$2 - x = 7 \rightarrow x = -5$$

تست ۹۳: اگر $\Delta f(x-2) + f(2-x) = 4x + 1$ باشد، آن گاه $f(3)$ کدام است؟

۵ (۳)

$\frac{4}{5}$ (۲)

۴ (۱)

پاسخ: گزینه «۲»

$$\begin{cases} x=5: \Delta f(3) + f(-3) = 21 \\ x=-1: \Delta f(-3) + f(3) = -3 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} -2\Delta f(3) - \Delta f(-3) = -10.5 \\ \Delta f(-3) + f(3) = -3 \end{cases} \Rightarrow -2\Delta f(3) = -10.8 \Rightarrow f(3) = \frac{4}{5}$$





هر وقت بخواهیم از روی تابع تابع (یه عبارتِ دارِ $f(x)$ ضابطه‌ی $f(x)$ رو پیدا کنیم، کافیه توی پرانتز رو t بگیریم و سپس x رو تنها کنیم و هر جا سمت راست مساوی x دیدیم مقدارش رو برحسب t جای گذاری کنیم و آخرش هم $x \rightarrow t$.

تست ۹۴: اگر $f(2x-3) = 4x^2 - 14x + 13$ باشد، ضابطه $f(x)$ برابر کدام است؟ (تجربی ۹۷)

- (۱) $x^2 - x + 3$ (۲) $x^2 - 2x - 1$ (۳) $x^2 - 2x + 1$ (۴) $x^2 - x + 1$

$2x - 3 = t \rightarrow x = \frac{t+3}{2}$ $f(2x-3=t) = 4\left(\frac{t+3}{2}\right)^2 - 14\left(\frac{t+3}{2}\right) + 13$

به یاد نداشتی که: مثلاً $x = \dots$
 $f(2x-3) = 4x^2 - 14x + 13$
 اِفاونی است که $x = 3$ بگیریم
 $f(3) = 13$ $f(3) = 13$ با 13 به

$f(t) = (t+3)^2 - 7(t+3) + 13$
 $f(t) = t^2 + 6t + 9 - 7t - 21 + 13$
 $f(t) = t^2 - t + 1$
 گزینه (۴) $f(x) = x^2 - x + 1$

تست ۹۵: اگر $g(x) = 2x - 3$ و $(f \circ g)(x) = 4(x^2 - 4x + 5)$ باشند، تابع $f(x)$ کدام است؟ (ریاضی داخل ۹۳)

- (۱) $x^2 - 4x + 3$ (۲) $x^2 - 4x + 5$ (۳) $x^2 - 2x + 5$ (۴) $x^2 - 2x + 3$

پاسخ: گزینه «۳» - می‌دانیم $(f \circ g)(x)$ همان $f(g(x))$ است. پس می‌توان نوشت:

$f(g(x)) = 4(x^2 - 4x + 5) \xrightarrow{g(x)=2x-3} f(2x-3) = 4x^2 - 16x + 20$

حالا برای این که $f(x)$ را به دست آوریم، از تغییر متغیر $2x - 3 = t$ کمک می‌گیریم. پس داریم:

$2x - 3 = t \Rightarrow 2x = t + 3 \Rightarrow x = \frac{t+3}{2}$
 $f(t) = 4\left(\frac{t+3}{2}\right)^2 - 16\left(\frac{t+3}{2}\right) + 20 = 4\left(\frac{t^2 + 6t + 9}{4}\right) - 8(t+3) + 20$
 $\Leftrightarrow f(t) = t^2 + 6t + 9 - 8t - 24 + 20 = t^2 - 2t + 5$

پس ضابطه تابع $f(x)$ به صورت $f(x) = x^2 - 2x + 5$ است.

تست ۹۶: اگر $g \circ f(x) = 5x^2 + 11$ و $f(x) = 2x$ باشد، کمترین مقدار $g(x-7)$ چقدر است؟ (تجربی ۱۴۰۱)

- (۱) ۷ (۲) ۹ (۳) ۱۱ (۴) ۳

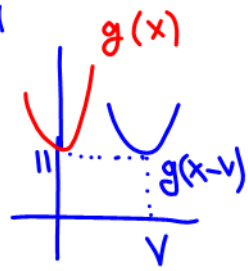
$g(f(x)) = 5x^2 + 11$ $g(x)$ هان است که 7 و 11 با 11 به Min $g(x-7)$ Min

$2x = t \rightarrow x = \frac{t}{2} \rightarrow g(2x=t) = 5\left(\frac{t}{2}\right)^2 + 11 = \frac{5}{4}t^2 + 11$

$g(t) = \frac{5}{4}t^2 + 11 \rightarrow g(x) = \frac{5}{4}x^2 + 11$

$g(x-7) = \frac{5}{4}(x-7)^2 + 11$

$S(7, 11)$ $S(7, 11)$ $S(7, 11)$



راه تری: به طرف $x=2$ برویم: $f\left(\frac{2-2}{2+1}\right) = 2+1=3$
 افادینه که صغریه ۳ میت

تست ۹۷: اگر $f\left(\frac{x-2}{x+1}\right) = x+1$ باشد، $f(x)$ کدام است؟

(۱) $\frac{3}{1-x}$ (۲) $\frac{3}{x-1}$ (۳) $\frac{1-x}{3}$ (۴) $\frac{x-1}{3}$

پاسخ: توی پرانتز رو t می گیریم.

$\frac{x-2}{x+1} = t$

پس $f(t) = x+1$ حالا باید x رو تنها کنیم: $x-2 = tx+t \Rightarrow tx-x = -t-2 \Rightarrow x(t-1) = -t-2 \Rightarrow x = \frac{-t-2}{t-1}$ (*)

حالا سمت راست هر جا x دیدیم (*) رو می ذاریم:

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



بعضی وقتها هم نیازی به t نیست فقط کافیست از اتحادها استفاده کنیم:

$a^3 + b^3 = (a+b)^3 - 3ab(a+b)$

$a^2 + b^2 = (a+b)^2 - 2ab$

$a^2 + b^2 = (a-b)^2 + 2ab$

۲ تا مثال خوب:

۱) $f\left(x - \frac{1}{x}\right) = x^2 + \frac{1}{x^2} - 4$, $f(x) = ?$

پاسخ:

$f\left(x - \frac{1}{x}\right) = \left(x - \frac{1}{x}\right)^2 + 2x \cdot \frac{1}{x} - 4 = \left(x - \frac{1}{x}\right)^2 + 2 - 4 = \left(x - \frac{1}{x}\right)^2 - 2$

$f(t) = t^2 - 2 \xrightarrow{t \rightarrow x} f(x) = x^2 - 2$

حالا $x - \frac{1}{x} = t$ پس:

واسه حلش از اتحاد $a^2 + b^2 = (a-b)^2 + 2ab$ استفاده کردیم.

۲) $f\left(x + \frac{1}{x}\right) = x^2 + \frac{1}{x^2} - 6$

$f\left(x + \frac{1}{x}\right) = \left(x + \frac{1}{x}\right)^2 - 2x \cdot \frac{1}{x} - 6 = \left(x + \frac{1}{x}\right)^2 - 2 - 6 = \left(x + \frac{1}{x}\right)^2 - 8$

$f(t) = t^2 - 8 \xrightarrow{t \rightarrow x} f(x) = x^2 - 8$

حالا $x + \frac{1}{x} = t$ پس:

واسه حلش از اتحاد $a^2 + b^2 = (a+b)^2 - 2ab$ استفاده کردیم.

تست ۹۸: اگر $f\left(x + \frac{1}{x}\right) = x^3 + \frac{1}{x^3}$ ضابطه‌ی تابع $f(x)$ کدام است؟

(۱) $x^3 + 3x$ (۲) $x^3 - 3x$ (۳) $(x-1)^3$ (۴) $(x+1)^3$

پاسخ: باید ببینیم f با ورودی‌های خود چه کرده است. یعنی دقیقاً بلایی که به سر $x + \frac{1}{x}$ اومده چیه؟

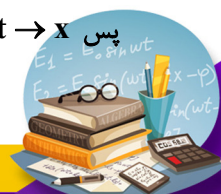
$f\left(x + \frac{1}{x}\right) = x^3 + \frac{1}{x^3} = \left(x + \frac{1}{x}\right)^3 - 3x \cdot \frac{1}{x} \left(x + \frac{1}{x}\right) = \left(x + \frac{1}{x}\right)^3 - 3\left(x + \frac{1}{x}\right)$

$f(t) = t^3 - 3t$

الان اگر $x + \frac{1}{x} = t$ بگیریم:

$f(x) = x^3 - 3x$

پس $x \rightarrow t$:





تذکر: چنانچه تابع $f \circ g$ و تابع بیرونی f را داشته باشیم و تابع درونی g را بخواهیم، ابتدا به جای x های تابع f ، $g(x)$ قرار می‌دهیم و تابع $f(g(x))$ را برحسب $g(x)$ می‌یابیم. از آنجا که تابع $f \circ g$ را هم داریم، با مقایسه‌ی این دو ضابطه، تابع g را بدست می‌آوریم. تست ۹۹: اگر f و g به عنوان ماشین به صورت $x \rightarrow f \rightarrow g \rightarrow 2x$ و $g(x) = 3x + 4$ باشند، آنگاه مقدار $f(5)$ کدام است؟ (سراسری تجربی خارج از کشور ۹۱)



$$g(f(x)) = 2x$$

$$x=5 \rightarrow 3f(5) + 4 = 2 \cdot 5 \rightarrow f(5) = 2$$

تست ۱۰۰: اگر $f(x) = x^2 - x - 2$ و $f(g(x)) = x^2 + x - 2$ ، آنگاه $(f+g)(x)$ کدام گزینه می‌تواند باشد؟ (خارج تجربی ۹۰)

- (۱) $x^2 - 1$
- (۲) $x^2 + 1$
- (۳) $x^2 - 2x$
- (۴) $x^2 + 2x$

دانش‌کن و تابعی را به یکدیگر ضمیمه به صورت $g(x) = ax + b$ است.

تست ۱۰۱: اگر $f(x) = x^2 + 1$ و $(f \circ g)(x) = x^3 - 3x^2 + 3x$ باشد، با شرط $x \geq 1$ ، ضابطه‌ی $g(x)$ کدام است؟

- (۱) $\sqrt{x-1}$
- (۲) $\sqrt[3]{x-1}$
- (۳) $(x-1)\sqrt{x-1}$
- (۴) $(x-1)\sqrt[3]{x-1}$

پاسخ: گزینه‌ی «۳» - $(f \circ g)(x)$ یعنی $f(g(x)) = g^2 + 1$ ، بنابراین:

$$g^2 + 1 = x^3 - 3x^2 + 3x \Rightarrow g^2 = x^3 - 3x^2 + 3x - 1 \Rightarrow g^2 = (x-1)^3 \Rightarrow g = \sqrt{(x-1)^3}$$

بنابراین ضابطه‌ی $g(x)$ به صورت $g(x) = |x-1|\sqrt{x-1}$ است. شرط $x \geq 1$ هم برای این داده شده که در این صورت

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

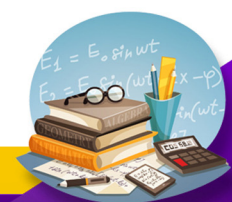
دامنه‌ی تابع مرکب

اگر f و g دو تابع باشند، آنگاه ترکیب آن‌ها یعنی $f(g(x))$ به شرطی تشکیل می‌شود که اولاً x اجازه داشته باشد به عنوان دامنه وارد g بشود ($x \in D_g$) و ثانیاً، $g(x)$ هم اجازه داشته باشد تا به عنوان دامنه وارد f بشود ($g(x) \in D_f$) و خواهیم داشت:

$$D_{f \circ g} = \{x \in D_g \mid g(x) \in D_f\}$$

برای ترکیب $g(f(x))$ نیز داریم:

$$D_{g \circ f} = \{x \in D_f \mid f(x) \in D_g\}$$





اگر نخواستید از راه تعریف، دامنه را بدست آورید، ضابطه‌ی fog یا gof را نوشته ولی به هیچ عنوان، آن را ساده نمی‌کنیم و از روی ضابطه، دامنه را بدست می‌آوریم.

مثال ۱۰۲: اگر $f(x) = \frac{2}{x-1}$ و $g(x) = \frac{3}{x}$ ، دامنه و ضابطه‌ی fog را به دست آورید.

تست ۱۰۳: اگر $f(x) = \sqrt{1-x}$ و $g(x) = \sqrt{x-1}$ ، دامنه‌ی تابع fog کدام است؟

- (۱) [۰, ۱] (۲) [۰, ۲] (۳) [۱, ۲] (۴) [۱, ۳]

$x = 0$ زیر $\sqrt{x-1}$ را نمی‌گذراند
گزینه ۲ خطی است $x = 3$ زیر $\sqrt{1-\sqrt{3-1}} = 2$ را نمی‌گذراند ← فقط فقط ۳ درسته

۲۰۱، $x-1 \geq 0 \Rightarrow x \geq 1$ (الف) $x-1 \geq 0$ (ب) [۱, ۲]

تست ۱۰۴: اگر $f(x) = 4x^2 - 1$ و $g(x) = \sqrt{1-x^2}$ باشد، دامنه‌ی تعریف fog(x) کدام است؟

- (۱) $[-\frac{\sqrt{2}}{2}, \frac{\sqrt{2}}{2}]$ (۲) $[-1, 1]$ (۳) $(-\frac{1}{2}, \frac{1}{2})$ (۴) $[-1, 1)$

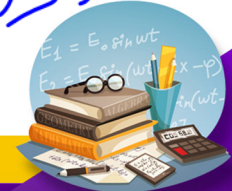
$1 \geq \sqrt{x-1}$
 $1 \geq x-1$
 $2 \geq x$ (ب)

$y = F(g(x)) = 4g^2(x) - 1 = 4(\sqrt{1-x^2})^2 - 1$
برای دامنه ساده شدن
 $1-x^2 \geq 0$
 $1 \geq x^2 \rightarrow 1 \geq |x|$ گ

تست ۱۰۵: اگر $f(x) = \frac{1+x^2}{1-x^2}$ و $g(x) = \sqrt{x-x^2}$ باشند، دامنه‌ی تابع gof، کدام است؟ (ریاضی ۹۶)

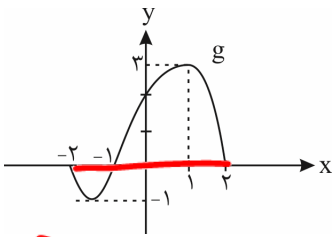
- (۱) [۰, ۱] (۲) {۰} (۳) (-۱, ۱) (۴) $\mathbb{R} - \{-1, -1\}$

$y = g(f(x)) = \sqrt{f - f^2} = \sqrt{\left(\frac{1+x^2}{1-x^2}\right) - \left(\frac{1+x^2}{1-x^2}\right)^2}$
 $x = \frac{1}{2} \rightarrow \sqrt{\left(\frac{1+\frac{1}{4}}{1-\frac{1}{4}}\right) - \left(\frac{1+\frac{1}{4}}{1-\frac{1}{4}}\right)^2} = \sqrt{\frac{5}{3} - \frac{25}{9}} = \sqrt{\frac{15-25}{9}} = \frac{-10}{9}$
گزینه ۱ شش $x = \frac{1}{2}$ خطی است
و گ (ب) درسته



f چندجذبی
D_f: R

تست ۱۰۶: اگر f(x) = 4x^2 - 2 و نمودار تابع g به صورت زیر باشد، دامنه‌ی تابع g ∘ f کدام است؟



$$D_{g(f(x))} = \{x \in D_f, f(x) \in D_g\}$$

$$x \in R, 4x^2 - 2 \in [-1, 1]$$

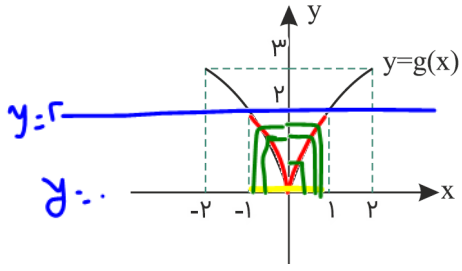
D_g(x) = [-1, 1]

D_{g(f(x))} = [-1, 1]

$-1 \leq 4x^2 - 2 \leq 1$
 $1 \leq 4x^2 \leq 3$
 $\frac{1}{4} \leq x^2 \leq \frac{3}{4}$
 $-\frac{\sqrt{3}}{2} \leq x \leq \frac{\sqrt{3}}{2}$

- (۱) [-1, 1] ✓
- (۲) [1/4, sqrt(5)/2]
- (۳) [-sqrt(5)/2, -1/4]
- (۴) [-sqrt(2), sqrt(2)]

تست ۱۰۷: اگر D_f = [0, 2] باشد و نمودار تابع g به صورت زیر باشد، دامنه‌ی f ∘ g کدام است؟



D_g(x) = [-1, 1]

f(x): 0 ≤ x ≤ 2
ف ورودی

- (۱) [-2, 2]
- (۲) [-1, 1] ✓
- (۳) [-2, -1] ∪ [1, 2]
- (۴) [0, 2]

$$D_{f(g(x))} = \{x \in D_g \text{ و } g(x) \in D_f\} = \{ -1 \leq x \leq 1 \cap g(x) \in [0, 2] \}$$

مقایسه‌ی دامنه‌ی f(x) و f(g(x))
 مقایسه‌ی دامنه‌ی f(x) و f(g(x))
 مقایسه‌ی دامنه‌ی f(x) و f(g(x))
 مقایسه‌ی دامنه‌ی f(x) و f(g(x))

(۱) اگر دامنه‌ی تابع f(x) بازه‌ی [a, b] باشد و بخواهیم دامنه‌ی تابع f(g(x)) را پیدا کنیم، باید نامعادله‌ی a ≤ g(x) ≤ b را حل کنیم. جواب برابر اشتراک جواب این نامعادله و دامنه‌ی تابع g است.
 (۲) اگر دامنه‌ی تابع f(g(x)) بازه‌ی [a, b] باشد و بخواهیم دامنه‌ی تابع f(x) را پیدا کنیم، باید برد تابع g را به ازای متعلق به بازه‌ی [a, b] پیدا کنیم.

تست ۱۰۸: اگر دامنه‌ی تابع f بازه‌ی [3, 12] باشد، دامنه‌ی تابع f(x/3 - 3) کدام است؟

- (۱) [-2, 1]
- (۲) [-1, 2]
- (۳) [18, 45]
- (۴) [6, 39]

پاسخ: گزینه‌ی «۳» - همان‌طور که گفتیم باید نامعادله‌ی 3 ≤ x/3 - 3 ≤ 12 را حل کنیم:

$$3 \leq \frac{x}{3} - 3 \leq 12 \Rightarrow 6 \leq \frac{x}{3} \leq 15 \Rightarrow 18 \leq x \leq 45$$

پس دامنه‌ی تابع f(x/3 - 3) برابر بازه‌ی [18, 45] است.



تست ۱۰۹: اگر دامنه‌ی تابع $f(x)$ بازه‌ی $[1, 5]$ باشد، دامنه‌ی تابع $f(\sqrt{x})$ حتمن شامل کدام مجموعه است؟

- (۱) $\{1, 2, 3, 4\}$ (۲) $\{1, 4, 9, 16\}$ (۳) $[1, 16]$ (۴) $[1, 2]$

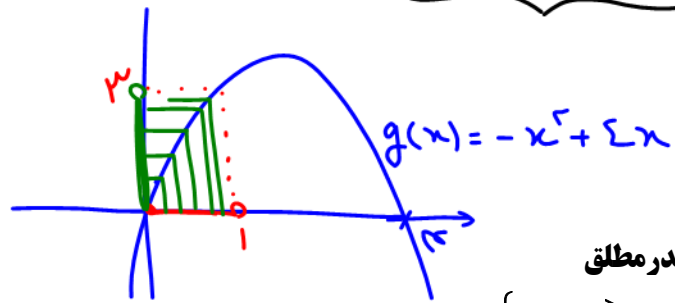
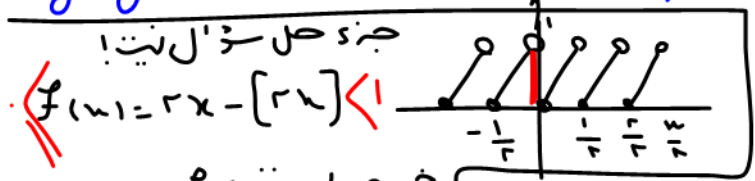
پاسخ: گزینه‌ی «۲» - اول برد $[x]$ را به ازای $1 \leq x < 5$ پیدا می‌کنیم. اگر $1 \leq x < 5$ باشد، $[x]$ مقادیری برابر ۱، ۲، ۳ و ۴ دارد، پس دامنه‌ی تابع $f(x)$ مجموعه‌ی $\{1, 2, 3, 4\}$ است. حالا دامنه‌ی تابع $f(\sqrt{x})$ را پیدا می‌کنیم. اگر \sqrt{x} بخواهد برابر ۱ یا ۲ یا ۳ یا ۴ باشد x باید برابر ۱، ۴، ۹ و ۱۶ باشد، پس دامنه‌ی تابع $f(\sqrt{x})$ حتمن شامل اعضای مجموعه‌ی $\{1, 4, 9, 16\}$ است. دقت کنید که دامنه‌ی تابع \sqrt{x} ممکن است شامل تمام بازه‌ی $[1, 16]$ هم باشد.

تست ۱۱۰: اگر $f(x) = 2x - [2x]$ و $g(x) = -x^2 + 4x$ باشند، برد تابع $g \circ f$ کدام است؟

- (۱) $[0, 2]$ (۲) $[0, 3]$ (۳) $[0, 4]$ (۴) $[1, 4]$

بی‌دینیم: $0 \leq u < [u] < u+1$ پس $f(x) = 2x - [2x]$ $\Rightarrow y = g(f(x)) < 3$

خریبی f و روی g است.
 $y = g(x) = -x^2 + 4x = x(-x + 4)$



خریبی یا برد تابع f و روی g تابع و خواهد شد

قدر مطلق تابع $f(x) = \begin{cases} x & x \geq 0 \\ -x & x < 0 \end{cases}$ را تابع قدر مطلق می‌خوانند و آن را با نماد $f(x) = |x|$ نمایش می‌دهند.
 تذکر: $\sqrt{a^2} = |a|$

قدری که توش مثبت خودش میاد بیرون. قدری که توش منفیه قرینه‌اش!

- $|\sqrt{3} - \sqrt{5}| =$
- $|1 - \sqrt{2}| =$
- $|\sqrt{3} - \sqrt{2}| =$
- $|\sin x - 1| =$
- $|1 - \cos x| =$

تست ۱۱۱: اگر $a < 0 < b$ و $|b| < |a|$ باشد، حاصل $|a+b| + |a-b| + |a| + |b|$ کدام است؟

- (۱) $2a + b$ (۲) $a + 2b$ (۳) $2b - a$ (۴) $b - 2a$

پاسخ: گزینه‌ی «۴» - چون $a < 0$ و $b > 0$ است، پس $|a| = -a$ و $|b| = b$ و چون $|a| > |b|$ است (یعنی زور عدد منفی بیشتر است) پس $|a+b| = -a-b$ و $|a-b| = -a+b$

$$|a+b| + |a-b| + |a| + |b| = -a-b - a+b - a+b = -3a+b$$

تست ۱۱۲: هرگاه x و y دو عدد حقیقی ناصفر باشند و $|x| + |y| = x - y$ حاصل $\sqrt{|x| + |y| + x} \sqrt{|x| + |y| - y}$ کدام است؟

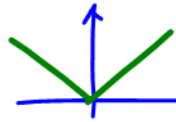
- (۱) $-x - y$ (۲) $y - x$ (۳) $x - y$ (۴) $x + y$

پاسخ: گزینه‌ی «۳» - چون $|x| + |y| = x - y$ شده است، پس $x > 0$ و $y < 0$ است و در نتیجه:

$$\sqrt{|x| + |y| + x} \sqrt{|x| + |y| - y} = \sqrt{x^2 - xy - yx + y^2} = \sqrt{x^2 - 2xy + y^2} = \sqrt{(x-y)^2} = |x-y| = x-y$$



ویژگی‌های تابع قدرمطلق:



$$|2-3| = |3-2|$$

۱) $|x| \geq 0$

مثبت یا صفر منتهی

۲) $\sqrt{u^2} = |u|$

۳) $|-x| = |x| \Rightarrow |a-b| = |b-a|$ یعنی داخل قدرمطلق را می‌توان در منفی ضرب نمود

مثلاً $|u| = a \xrightarrow{a \geq 0} u = \pm a \xrightarrow{\text{مثلاً}} |x-1| = 3 \Rightarrow x-1 = \pm 3 \Rightarrow x = 4, -2$

۴) $|u| \leq a \xrightarrow{a \geq 0} -a \leq u \leq a \xrightarrow{\text{مثلاً}} |x-1| \leq 3 \Rightarrow -3 \leq x-1 \leq 3 \Rightarrow -2 \leq x \leq 4$

یا $|u| \geq a \xrightarrow{a \geq 0} u \geq a \text{ یا } u \leq -a \xrightarrow{\text{مثلاً}} |x-1| \geq 3 \Rightarrow \begin{cases} x-1 \geq 3 \Rightarrow x \geq 4 \\ \text{یا} \\ x-1 \leq -3 \Rightarrow x \leq -2 \end{cases}$

۵) $|x| \geq x \xrightarrow{\text{مثلاً}} y = \sqrt{|x|-x} \xrightarrow{\text{دامنه}} |x|-x \geq 0 \Rightarrow |x| \geq x \text{ بدیهی} \Rightarrow D_f = \mathbb{R}$

۶) $|x|^2 = |x^2| = x^2$

۷) $|x+y| \leq |x|+|y|$ نامساوی مثلثی $\Rightarrow \begin{cases} |x+y| = |x|+|y| \Rightarrow xy \geq 0 \text{ و } x, y \text{ هم‌علامت} \\ |x+y| < |x|+|y| \Rightarrow xy < 0 \text{ و } x, y \text{ مختلف‌العلامت} \end{cases}$

تست ۱۱۳: اگر به ازای هر $x \in \mathbb{R}$ ، $A = \frac{x^2 - x + 1}{|x^2 - 1| + |x - 2|}$ باشد، دقیق‌ترین محدوده‌ی A کدام است؟

$A \geq 1$ (۴) $0 < A < 1$ (۳) $0 < A \leq 1$ (۲) $A > 0$ (۱)

پاسخ: گزینه‌ی «۲» - با توجه به نامساوی مثلثی $|a+b| \leq |a|+|b|$ نتیجه می‌گیریم که:

$$0 \leq \frac{|a+b|}{|a|+|b|} \leq 1 \xrightarrow{\substack{a=x^2-1 \\ b=2-x}} 0 \leq \frac{|x^2-x+1|}{|x^2-1|+|2-x|} \leq 1$$

از طرفی $x^2 - x + 1$ یک عبارت همواره مثبت است چون $\Delta < 0$ و $a > 0$ می‌باشد:

$$0 < \frac{x^2 - x + 1}{|x^2 - 1| + |x - 2|} \leq 1 \Rightarrow 0 < A \leq 1$$

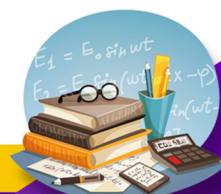
۸) $|xy| = |x||y| \xrightarrow{\text{مثلاً}} |x^2-1| = |x-1||x+1|$

۹) $|\frac{x}{y}| = \frac{|x|}{|y|}$

مثال: $|\frac{x-1}{x+2}| < 1$

یادت باشه: برای حل نامعادله قدرمطلق $|u| < |v|$ می‌توانیم دو طرف را به توان ۲ برسانیم تا قدرمطلق‌ها از بین بروند:

$$|x-1| < |x+2| \xrightarrow{\text{توان ۲}} (x-1)^2 < (x+2)^2 \Rightarrow x^2 - 2x + 1 < x^2 + 4x + 4 \Rightarrow -6x < 3 \Rightarrow x > -\frac{1}{2}$$



حل معادلات قدر مطلق

(۱) معادلات به فرم $|f(x)| = a$ ، $(a \geq 0)$: برای حل این معادله به صورت مقابل عمل می‌کنیم:

$$|f(x)| = a \Rightarrow f(x) = \pm a$$

مثلاً $|x-3| = 2$ به صورت $x-3 = \pm 2$ حل می‌شود که یک‌بار $x=5$ و یک‌بار $x=1$ به دست می‌آید.

(۲) معادلات به فرم $|f(x)| = |g(x)|$: حل این مدل از معادلات به صورت زیر است: مثلاً برای حل معادله $|2x-1| = |x|$ داریم:

$$|2x-1| = |x| \Rightarrow 2x-1 = \pm x \Rightarrow \begin{cases} 2x-1 = x \Rightarrow x=1 \\ 2x-1 = -x \Rightarrow 3x=1 \Rightarrow x=\frac{1}{3} \end{cases}$$

(۳) معادلات به فرم $|f(x)| = g(x)$: در حل این دسته از معادلات چون طرف چپ، یک عبارت نامنفی است پس برای برقرار بودن تساوی باید عبارت سمت راست هم، نامنفی باشد یعنی $g(x) \geq 0$. حالا با این شرط، جاب‌ها را به صورت زیر می‌یابیم:

$$|f(x)| = g(x) \Rightarrow f(x) = \pm g(x)$$

فقط x هایی قبول می‌شوند که $g(x)$ را منفی نکنند.

مثلاً برای حل معادله $|x-1| = -2x$ داریم:

$$|x-1| = -2x \Rightarrow x-1 = \pm 2x \Rightarrow \begin{cases} x-1 = 2x \Rightarrow x=-1 \\ x-1 = -2x \Rightarrow 3x=1 \Rightarrow x=\frac{1}{3} \end{cases}$$

اگر $x = \frac{1}{3}$ باشد سمت راست تساوی یعنی $-2x$ ، منفی می‌شود پس $x = \frac{1}{3}$ قبول نیست ولی اگر $x = -1$ باشد سمت راست یعنی $-2x$ ، منفی نمی‌شود پس $x = -1$ قبول است.

(۴) معادلات به فرم $|f(x)| = f(x)$: این دسته از معادلات زمانی برقرار هستند که $f(x) \geq 0$ باشد. مثلاً برای حل $|x-1| = x-1$ داریم:

$$|x-1| = x-1 \Rightarrow x-1 \geq 0 \Rightarrow x \geq 1$$

(۵) معادلات به فرم $|f(x)| = -f(x)$: این دسته از معادلات زمانی برقرار هستند که $f(x) \leq 0$ باشد. مثلاً برای حل $|x-2| = 2-x$ داریم:

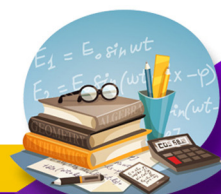
$$|x-2| = 2-x \Rightarrow x-2 \leq 0 \Rightarrow x \leq 2$$

(۶) معادلات به فرم $|f(x)| + |g(x)| = 0$: چون قدرمطلق یک عبارت همواره نامنفی است، از درسنامه معادلات گنگ فهمیدیم که جمع چند عبارت نامنفی زمانی صفر است که هر کدام از آن‌ها صفر باشد.

تست ۱۱۴: معادله $|x-x^2| + |x^3 - 2x^2 + 4x - 3| = 0$ چند جواب دارد؟ جمع دو نامنفی صفره شدند صفرند.

$$\begin{aligned} & \underbrace{|x-x^2|}_{(4)} + \underbrace{|x^3 - 2x^2 + 4x - 3|}_{(2)} = 0 \\ & \underbrace{x-x^2}_{(3)} = 0 \\ & x(1-x) = 0 \\ & \boxed{x=0} \quad x=1 \end{aligned}$$

فقط $x=0$ تنها دو صفر می‌کند.



۷) اگر معادله با هیچ یک از ۶ حالت قبل تطابق نداشت، باید به کمک تعیین علامت جواب‌ها را در صورت وجود پیدا کنیم. مثلاً معادله

$$|x| + |2x - 2| = x - 3$$

برای این منظور ابتدا ریشه‌های داخل قدرمطلق‌ها را به دست می‌آوریم که می‌شود $x = 0$ و $x = 1$ و سپس x را یک‌بار کوچک‌تر از ریشه کوچک، یک‌بار بین دو ریشه و یک‌بار بزرگ‌تر از ریشه بزرگ‌تر قرار می‌دهیم. سپس جواب به دست آمده را به شرطی قبول می‌کنیم که در محدوده تعیین شده قرار گرفته باشد.

$$x < 0 \Rightarrow -x - (2x - 2) = x - 3 \Rightarrow -x - 2x + 2 = x - 3 \Rightarrow x = \frac{5}{4}$$

$x = \frac{5}{4}$ در محدوده $x < 0$ قرار ندارد و اشتراکشان \emptyset شد پس $x = \frac{5}{4}$ قبول نمی‌شود.

$$0 \leq x < 1 \Rightarrow x - (2x - 2) = x - 3 \Rightarrow x - 2x + 2 = x - 3 \Rightarrow -2x = -5 \Rightarrow x = \frac{5}{2}$$

اشتراکشان \emptyset شد پس $x = \frac{5}{2}$ قبول نمی‌شود.

$$x \geq 1 \Rightarrow x + 2x - 2 = x - 3 \Rightarrow 2x = -1 \Rightarrow x = -\frac{1}{2}$$

اشتراکشان \emptyset شد پس $x = -\frac{1}{2}$ قبول نمی‌شود.

پس این معادله جواب ندارد.

تست ۱۱۵: مجموعه جواب معادله $|x^3 - 9x| + x^3 - 9x = 0$ شامل چند عدد طبیعی می‌باشد؟

$|x^3 - 9x| = -x^3 + 9x$ \rightarrow $|u| = -u \rightarrow u \leq 0$ $\rightarrow x^3 - 9x \leq 0$

۴ (۴) ۳ (۳) ۲ (۲) ۱ (۱)

$x^3 - 9x = x(x^2 - 9) = x(x+3)(x-3) \leq 0$

خط محور x با نقاط $-\infty, -3, 0, 3, +\infty$ و علامت‌ها: $-$ (بین $-\infty$ و -3), $+$ (بین -3 و 0), $-$ (بین 0 و 3), $+$ (بین 3 و $+\infty$). جواب: $x \in \mathbb{N} : 1, 2, 3$

تست ۱۱۶: مجموعه جواب معادله $x + \sqrt{x^2 - 2\sqrt{3}x + 3} = \sqrt{3}$ کدام است؟

- (۱) \mathbb{R} (۲) $\{\sqrt{3}\}$ (۳) $(-\infty, \sqrt{3}]$ (۴) $(\sqrt{3}, +\infty)$

پاسخ: گزینه «۳»

$$x + \sqrt{x^2 - 2\sqrt{3}x + 3} = \sqrt{3} \Rightarrow x + \sqrt{(x - \sqrt{3})^2} = \sqrt{3} \Rightarrow |x - \sqrt{3}| = \sqrt{3} - x$$

می‌دانیم اگر $|u| = -u$ باشد، آن‌گاه $u \leq 0$ است؛ پس:

$$x - \sqrt{3} \leq 0 \Rightarrow x \leq \sqrt{3} \Rightarrow x \in (-\infty, \sqrt{3}]$$

تست ۱۱۷: مجموعه‌ی جواب نامعادله $(-x^2 - 6)(5 - |2x - 1|) \leq 0$ کدام است؟

- (۱) $\mathbb{R} - (-2, 3)$ (۲) $[-2, 3]$ (۳) $(-2, 3)$ (۴) $\mathbb{R} - [-2, 3]$

$$-(x^2 + 6)(5 - |2x - 1|) \leq 0$$

باید مثبت یا منفی

$5 - |2x - 1| \geq 0 \Rightarrow |2x - 1| \leq 5 \Rightarrow -5 \leq 2x - 1 \leq 5 \Rightarrow -2 \leq x \leq 3$



تست ۱۱۸: مجموع ریشه‌های معادله $3|x| - |x-1| + x = 0$ کدام است؟

$-\frac{4}{5}$ (۴) ✓ $-\frac{7}{15}$ (۳) $-\frac{2}{15}$ (۲) $-\frac{4}{3}$ (۱)

$x < 0 \rightarrow -3x + x - 1 + x = 0 \rightarrow x = -1 < 0$ ✓
 $0 \leq x \leq 1 \rightarrow 3x + x - 1 + x = 0 \rightarrow x = \frac{1}{5} \in [0, 1]$ ✓
 $x > 1 \rightarrow 3x - x + 1 + x = 0 \rightarrow x = -\frac{1}{3}$ ✗

$(x_1 = -1) + (x_2 = \frac{1}{5}) = -\frac{4}{5}$

حل نامعادله قدرحلقی:

تست ۱۱۹: مجموعه جواب نامعادله $|x| + |3x-1| \leq 5$ شامل چند عدد صحیح است؟

(۱) هیچ (۲) یک (۳) دو (۴) سه

پاسخ: گزینه «۴» - ریشه‌های قدرمطلقها $x = 0$ و $x = \frac{1}{3}$ است، پس:

$|x| + |3x-1| \leq 5$

فرض $x \leq 0 \Rightarrow -x - 3x + 1 \leq 5 \Rightarrow x \geq -1 \Rightarrow -1 \leq x \leq 0$
 فرض $0 \leq x \leq \frac{1}{3} \Rightarrow x - 3x + 1 \leq 5 \Rightarrow x \geq -2 \Rightarrow 0 \leq x \leq \frac{1}{3}$
 فرض $\frac{1}{3} \leq x \Rightarrow x + 3x - 1 \leq 5 \Rightarrow x \leq \frac{3}{2} \Rightarrow \frac{1}{3} \leq x \leq \frac{3}{2}$

$\cup \rightarrow -1 \leq x \leq \frac{3}{2}$

ریشه قدرحلقی را بیابید در هر زیر بازه نامعادله را حل کنید بین فرض در جواب‌ها اشتراک بگیرید در آن فرضین جواب‌های نهایی اجتناب کنید.

پس مجموعه جواب نامعادله می‌شود بازه $[-1, \frac{3}{2}]$ که شامل ۳ عدد صحیح $-1, 0, 1$ است.

تست ۱۲۰: تمام جواب‌های نامعادله $|x-1| < |x-3|$ کدام است؟
 چون طرف مثبت به توان ۲ برسون جهت رد عوض نکن $x < 2$ (۴) $1 \leq x \leq 3$ (۳) $x > 2$ (۲) $x \leq 2$ (۱)

پاسخ: گزینه «۴» - طرفین را به توان ۲ می‌رسانیم:

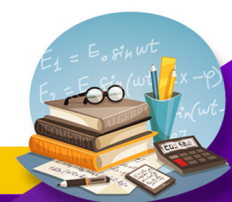
$|x-1| < |x-3| \xrightarrow{\text{توان ۲}} x^2 - 2x + 1 < x^2 - 6x + 9 \Rightarrow 4x < 8 \Rightarrow x < 2$
 یا $|x-1| < |x-3| \Rightarrow (x-1)^2 - (x-3)^2 < 0 \Rightarrow 2(2x-4) < 0 \Rightarrow x < 2$

تست ۱۲۱: اگر مجموعه جواب نامعادله $|ax+b| > 3$ به صورت $\mathbb{R} - [-1, 2]$ باشد، $a+b$ کدام می‌تواند باشد؟

$|u| > a \rightarrow u < -a \text{ یا } u > a$

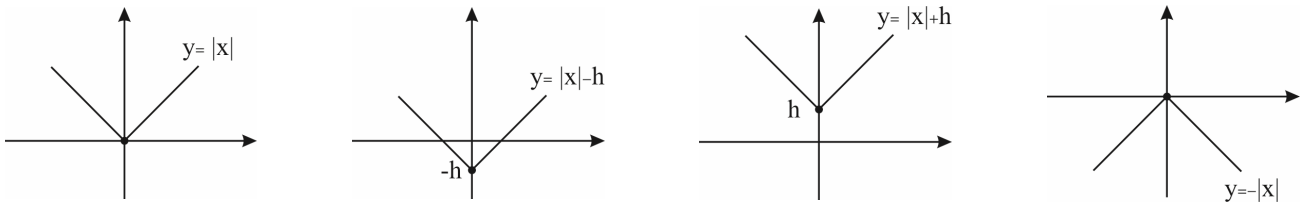
$\begin{cases} ax+b > 3 \rightarrow x > \frac{3-b}{a} = 2 \\ ax+b < -3 \rightarrow x < \frac{-3-b}{a} = -1 \end{cases}$

$\begin{cases} 3-b = 2a \\ -3-b = -a \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 3-b = 2a \\ 3+b = a \end{cases} \rightarrow \begin{matrix} 3-b = 2a \\ + \\ 3+b = a \\ \hline 6 = 3a \end{matrix} \rightarrow a = 2 \rightarrow \begin{matrix} 3-b = 2a \\ \rightarrow \\ 3-b = 4 \\ \rightarrow \\ b = -1 \end{matrix}$

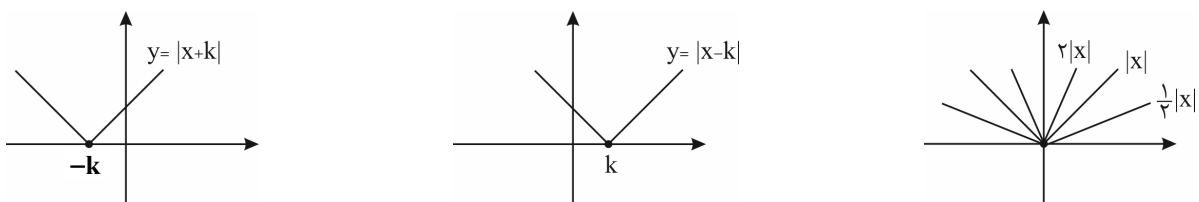


نمودارهای قدر مطلق

(۱) رسم به کمک انتقال: این روش برای رسم تابع‌هایی به فرم $\pm |x \pm k| \pm h$ کاربرد دارد. به مثال‌های زیر توجه کنید:



اگر $|x|$ را نسبت به محور x همان $|x|$ است که به اندازه h پایین آمده است. ($h > 0$)
 همان $|x|$ است که به اندازه h بالا رفته است. ($h > 0$)
 قرینه کنیم به $-|x|$ می‌رسیم.



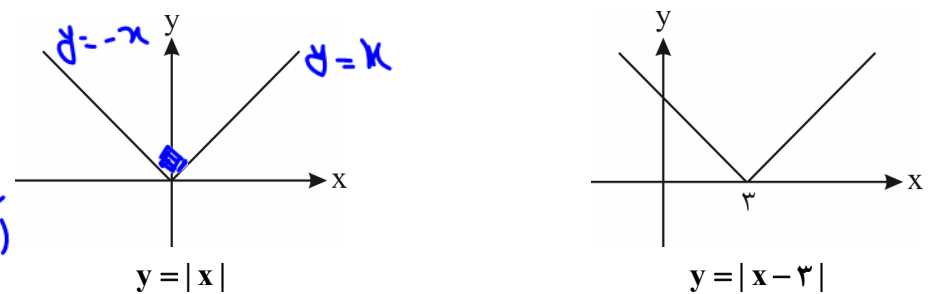
همان $|x|$ است که به اندازه k به چپ رفته است. ($k > 0$)
 همان $|x|$ است که به اندازه k به راست رفته است. ($k > 0$)
 همان $|x|$ است که به اندازه k به چپ رفته است. ($k > 0$)

رسم چند تابع قدر مطلق:

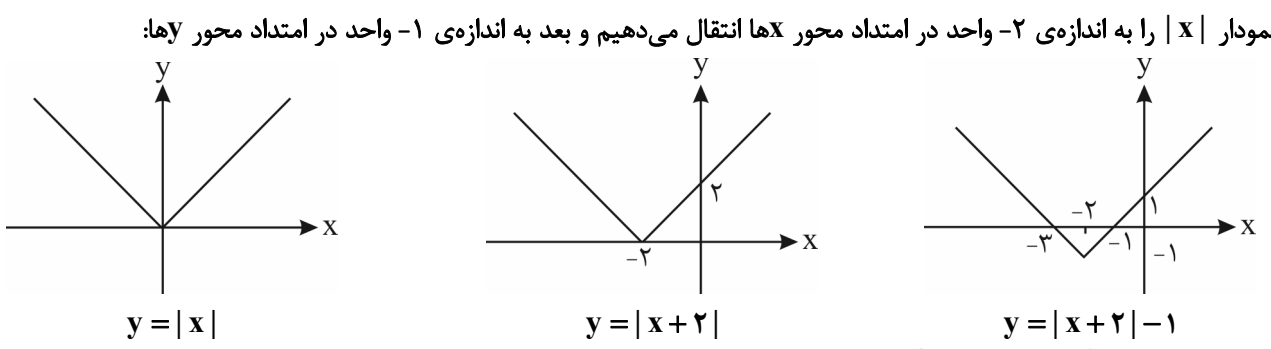
(۱) در تابع‌های ساده مثل $y = |x - a| + k$ می‌شود نمودار را با انتقال نمودار تابع $y = |x|$ رسم کرد.

توجه: برای رسم نمودار تابع $f(x+a)$ نمودار $f(x)$ را به اندازه a در امتداد محور x انتقال می‌دهیم و برای رسم نمودار تابع $f(x) + k$ نمودار $f(x)$ را به اندازه k در امتداد محور y انتقال می‌دهیم. این مثال را ببینید:
 $f(x) = |x - 3|$
 نمودار $y = |x|$ را به اندازه 3 واحد ($-a$ می‌شود $-(-3)$) در امتداد محور x انتقال می‌دهیم.

ریشه سازه داخل قدر مطلق قبول فقط زاویه دار (لوحه) است



حالا یکی دیگر: اول نمودار $|x|$ را به اندازه 2 واحد در امتداد محور x انتقال می‌دهیم و بعد به اندازه 1 واحد در امتداد محور y :



در $x = -2$ تمیز شده



از رسم نمودار توابع شامل قدرمطلق می توان برای پیدا کردن مینیمم و ماکسیمم تابع (و در نتیجه برد تابع) استفاده کرد. کافی است نمودار را رسم کنیم و سپس کمترین یا بیشترین مقدار y را از روی نمودار پیدا کنیم.

تست ۱۲۲: مساحت مثلث که بین نمودار تابع $y = |x-3|-2$ و محور طولها تشکیل می شود، چند واحد سطح است؟

- ۵ (۴)
- ۴ (۳)
- ۳ (۲)
- ۲ (۱)

پاسخ: گزینه ی «۳» - نمودار تابع را رسم می کنیم:

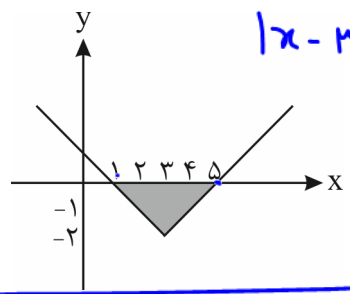
مثلی که بین نمودار تابع و محور x ها تشکیل می شود، مثلثی است با قاعده ی به طول ۴ (نمودار محور x ها را در $x=1$ و $x=5$ قطع کرده

است (چرا؟!)) و ارتفاع ۲ پس مساحتش برابر $\frac{4 \times 2}{2} = 4$ است.

$$|x-3|-2=0$$

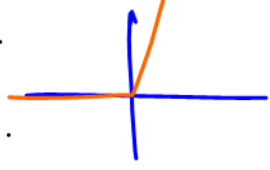
$$|x-3|=2$$

$$\begin{cases} x-3=2 & x=5 \\ x-3=-2 & x=1 \end{cases}$$

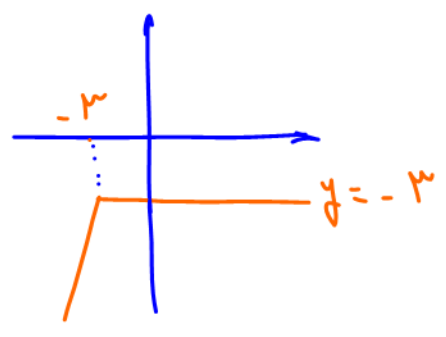


حللولیت رسم نمودار توابع زیر:

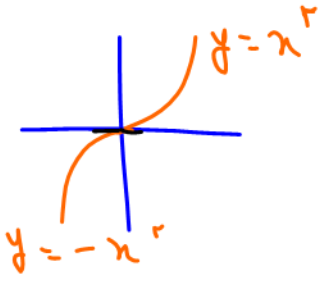
۱) $y = x + |x| = \begin{cases} x-x=0 & x \leq 0 \\ x+x=2x & x \geq 0 \end{cases}$



۲) $y = x - |x+3| = \begin{cases} x-x-3=-3 & x \geq -3 \\ x+x+3=2x+3 & x \leq -3 \end{cases}$

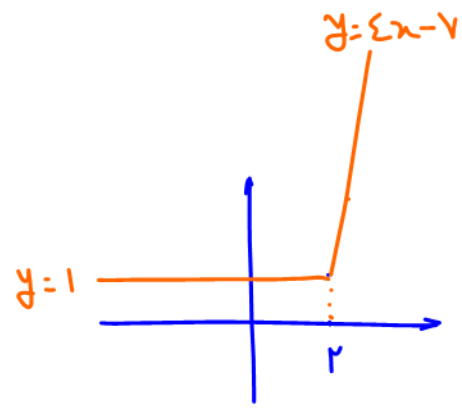
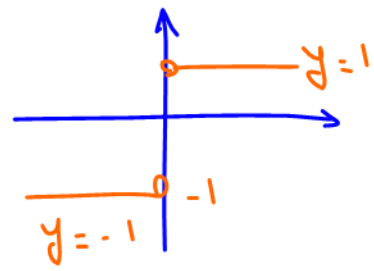


۳) $y = x \sqrt{|x|} = \begin{cases} x(x) = x^2 & x \geq 0 \\ x(-x) = -x^2 & x < 0 \end{cases}$

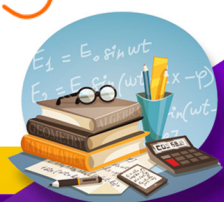


نکته: اگر ریشه یاره داخل قدرمطلق ضرب آن را مقولانه آن نقطه زاویه دار است

۴) $y = \frac{|x|}{x} = \begin{cases} \frac{x}{x} = 1 & x > 0 \\ \frac{-x}{x} = -1 & x < 0 \end{cases}$
 $D_f: \mathbb{R} - \{0\}$



۵) $y = 2x - 3 + |2x - 4| = \begin{cases} 2x - 3 + 2x - 4 = 4x - 7 & x \geq 2 \\ 2x - 3 - 2x + 4 = 1 & x < 2 \end{cases}$



نیم خط
پاره خط
نیم خط

⑥ $y = |x-1| + |x-3| = \begin{cases} x < 1 : y = -x+1-x+3 = -2x+4 \\ 1 \leq x \leq 3 : y = x-1-x+3 = 2 \\ x > 3 : y = x-1+x-3 = 2x-4 \end{cases}$

جمع دو قدر مطلق
شکل x
شکل x و نه!

مقدارشان $x = \frac{1+3}{2} = 2$

$y_{min} = 2$
بر $y \geq y_{min} = 2$

نیم خط
پاره خط
نیم خط

⑦ $y = |x-1| - |x-3| = \begin{cases} x < 1 : y = -x+1+x-3 = -2 \\ 1 \leq x \leq 3 : y = x-1+x-3 = 2x-4 \\ x > 3 : y = x-1-x+3 = 2 \end{cases}$

تفریق دو قدر مطلق
آب را با سر سره است!

بر $y \geq -2$

$x_w = \frac{1+3}{2} = 2$

مقدارشان $w(2, 0)$

نکته: برای یافتن \min توابع $y = |a_1x-b_1| + |a_2x-b_2| + \dots + |a_nx-b_n|$ ، بیشترین قدر مطلق‌ها را یافته آن‌ها را در یک عبارت بنویسید. کمترین x در دست است.

y_{min} است

⑧ $y = x + |x-2| + |x+3|$

$x=2$ $x=-3$

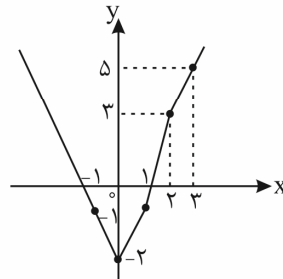
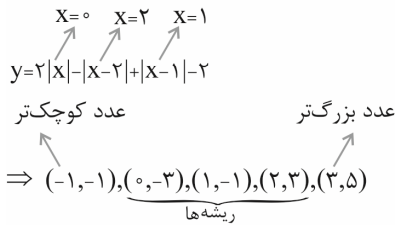
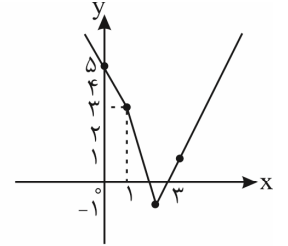
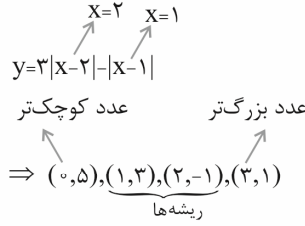
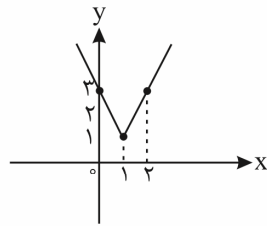
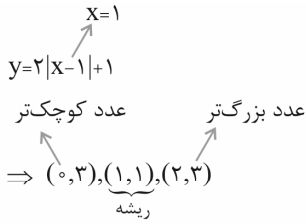
A(-3, 4) B(-2, 2) C(2, 7) D(3, 13)

$y_{min} = 2$
بر $y \geq y_{min} = 2$



۲) برای رسم توابعی که به صورت $y = |a_1x - x_1| + |a_2x - x_2| + \dots + |a_nx - x_n| + k$ هستند کافی است ریشه‌ی هر کدام از قدرمطلق‌ها را پیدا کنیم و بعد یک عدد کوچک‌تر از کوچک‌ترین ریشه و یک عدد بزرگ‌تر از بزرگ‌ترین ریشه در نظر بگیریم و بعد مختصات نقاطی را که این عددها و ریشه‌ها طول‌هایشان هستند، پیدا کنیم و آن‌ها را روی محور مختصات مشخص و به ترتیب به هم وصل کنیم و دو پاره‌خط اول و آخر را امتداد دهیم.

این مثال‌ها را ببینید:



اگر دقت کنید در این ضابطه‌ها پس از ساده کردن قدرمطلق‌ها و تعیین علامت آن‌ها در بازه‌ای مختلف یک معادله خط در هر بازه باقی خواهد ماند و از آن‌جا که خطی که از هر دو نقطه می‌گذرد منحصر به فرد می‌باشد ما با این کار از هر خط دو نقطه را می‌دهیم که با وصل کردن آن‌ها به یکدیگر نمودار خط هر قسمت به دست می‌آید.

تست ۱۲۳: کم‌ترین مقدار تابع $f(x) = |3x| + |x+2| - x$ برابر کدام است؟

-۱ (۴)

۲ (۳) ✓

۱ (۲)

صفر (۱)

$$x = 0 \rightarrow f(0) = 0 + 2 - 0 = 2 = 4 \text{ min}$$

$$x = -2 \rightarrow f(-2) = 2 - 0 + 2 = 4$$

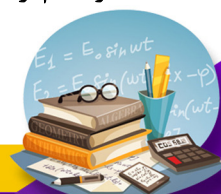
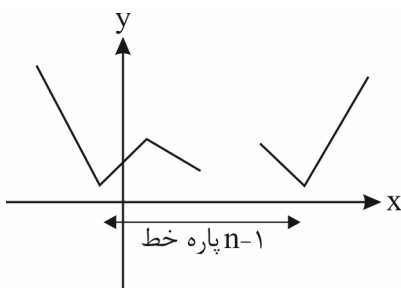
چند نکته در مورد نمودارهای توابع شامل قدرمطلق

۱) با توجه به روش رسم نمودار تابع $y = |a_1x - b_1| + |a_2x - b_2| + \dots + |a_nx - b_n|$ مشخص است که نمودار این تابع از $n-1$ پاره‌خط و دو نیم‌خط تشکیل شده است. (چرا؟)

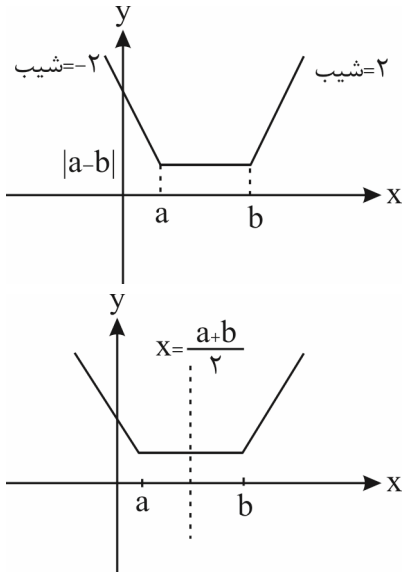
پس کم‌ترین مقدار تابع همیشه به ازای یکی از ریشه‌ها به دست می‌آید.

بنابراین برای پیدا کردن حداقل عبارت‌هایی مثل عبارت بالا کافی است مقدار تابع را به ازای ریشه‌ی

هر کدام از قدرمطلق‌ها پیدا کنیم و کم‌ترین مقدار به دست آمده را انتخاب کنیم.



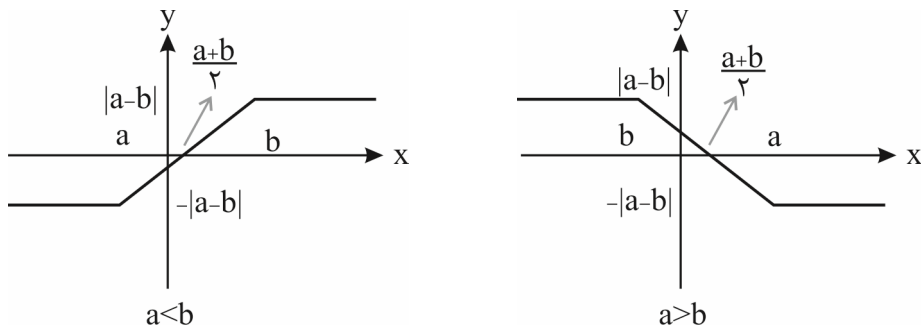
۲) نمودار تابع با ضابطه‌ی $y = |x - a| + |x - b|$ را می‌توانیم با همان روشی که تا الان یاد گرفته‌ایم، رسم کنیم. ولی در مورد این تابع می‌توانید این نکته را هم یاد بگیرید.



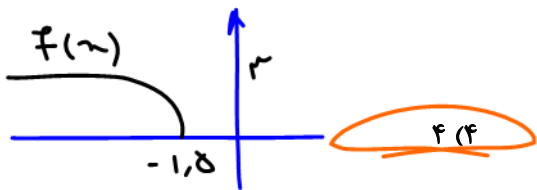
نمودار این تابع‌ها به صورت روبه‌رو است: (بعضی‌ها دوست دارند بگویند گلدانی است!) کم‌ترین مقدار تابع برابر $|a - b|$ و طول نقاط زاویه‌دار نمودار ریشه‌های عبارت‌های داخل قدرمطلق است، شیب دو نیم‌خطی هم که در سمت چپ و راست پاره‌خط افقی رسم می‌شوند برابر -2 و 2 است. منحنی دارای یک محور تقارن است به معادله‌ی $x = \frac{a+b}{2}$ یا «میانگین ریشه‌ها» x

۳) محور تقارن تابع $y = |x - a| + |x - b|$ خط $x = \frac{a+b}{2}$ است. اگر به نمودار نگاه کنید، می‌بینید محور تقارن در اصل همان میانگین ریشه‌ها است. پس به طور کلی معادله‌ی محور تقارن هر تابع با ضابطه‌ی $y = |a_1x + b_1| + |a_2x + b_2|$ (به شرط این که $|a_1| = |a_2|$ باشد) به صورت «میانگین ریشه‌ها» x است.

۴) نمودار تابع‌هایی با ضابطه‌ی $y = |x - a| - |x - b|$ را هم می‌توان با استفاده از روشی که برای رسم نمودار تابع‌های شامل قدرمطلق یاد گرفتید رسم کرد. ولی در مورد این تابع خوب است این‌ها را هم بدانید:

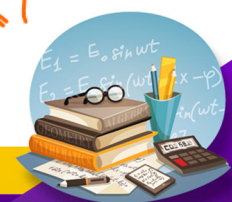
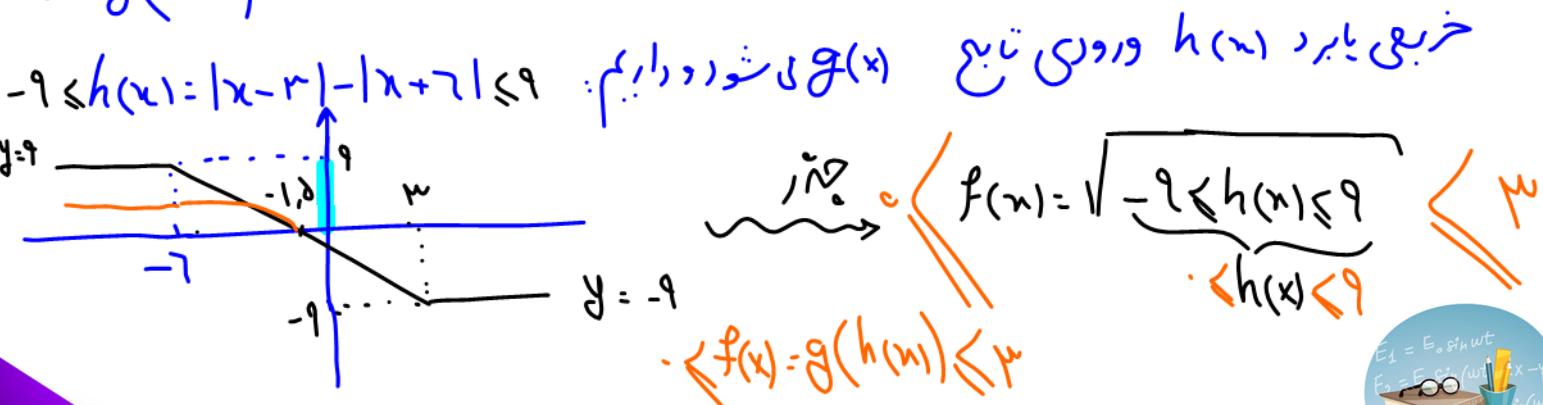


نمودار تابع به یکی از دو صورت بالا است (بعضی‌ها دوست دارند بگویند سرسره‌ای یا آبشاری!) تابع همواره بین $|a - b|$ و $-|a - b|$ است یعنی $|a - b| \geq y \geq -|a - b|$. نمودار تابع یک مرکز تقارن دارد که مختصاتش $(\frac{a+b}{2}, 0)$ است، شیب خطی که دو پاره‌خط افقی را به هم وصل می‌کند برابر 2 یا -2 است.



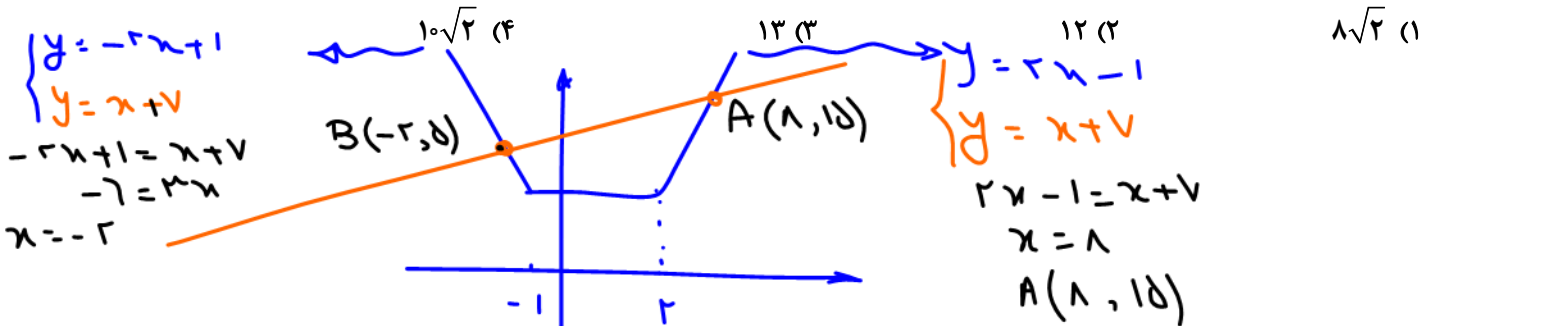
تست ۱۲۴: برد تابع $f(x) = \sqrt{|x-3| - |x+6|}$ شامل چند عدد صحیح است؟
 ۳ (۳) ۷ (۲) ۱۰ (۱)

می‌دانیم این تابع ترکیب دو تابع $g(x) = \sqrt{x}$ و $h(x) = |x-3| - |x+6|$ است. $f(x) = g(h(x))$ خردی باید $h(x)$ و دردی تابع $g(x)$ شود داریم: $-9 \leq h(x) = |x-3| - |x+6| \leq 9$



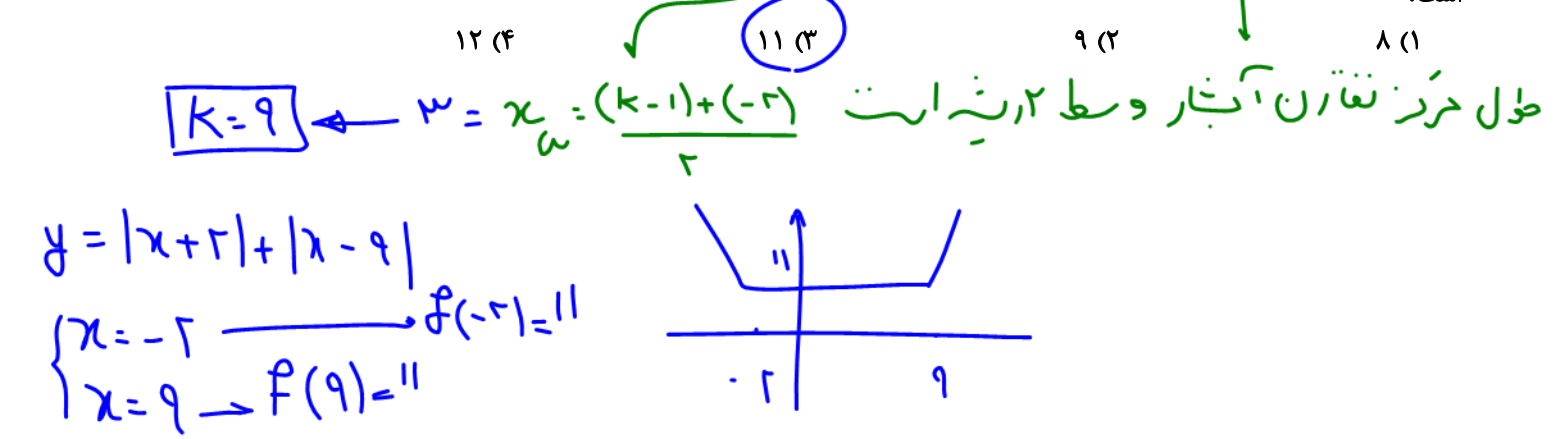
تست ۱۲۵: نمودارهای دو تابع $y = |x-2| + |x+1|$ و $y = x+7$ ، در دو نقطه‌ی A و B متقاطع هستند. اندازه‌ی پاره‌خط AB، کدام است؟

(ریاضی خارج ۹۹)

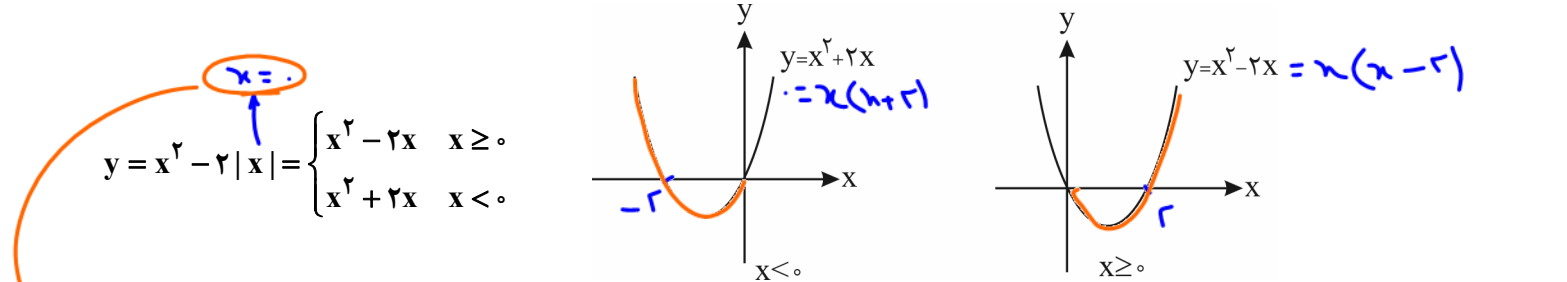


$$AB = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} = \sqrt{(1 - (-2))^2 + (8 - 5)^2} = \sqrt{10^2 + 3^2} = \sqrt{109} = 10.44$$

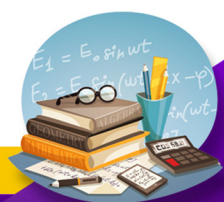
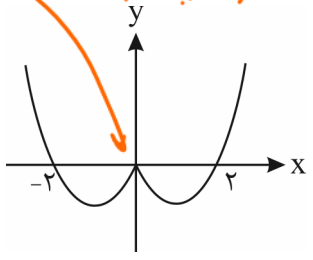
تست ۱۲۶: اگر مرکز تقارن نمودار تابع $y = |x-k+1| - |x+2|$ باشد، کمترین مقدار تابع $y = |x+2| + |x-k|$ کدام است؟

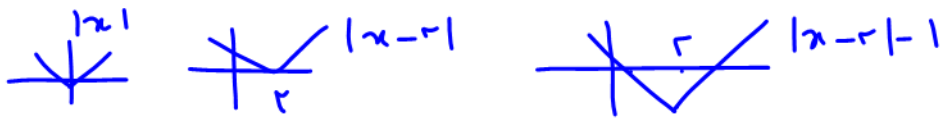


۳) راه اصلی رسم نمودار این توابع تعیین علامت عبارت داخل قدرمطلق است. به این مثال توجه کنید:



قسمتی از نمودار اول که $(x \geq 0)$ در ناحیه‌ی اول یا چهارم است را به قسمتی از نمودار دوم که $(x \leq 0)$ در ناحیه‌ی سوم یا دوم است متصل می‌کنیم.



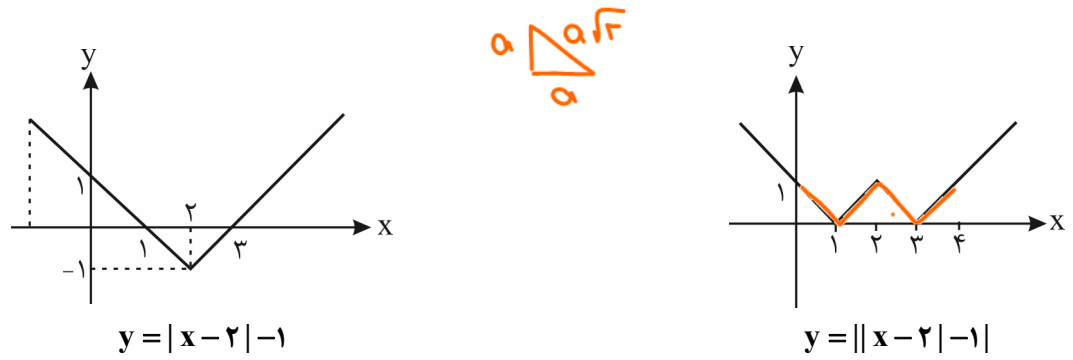


۴) برای رسم نمودار تابع $y = |f(x)|$ ابتدا نمودار تابع $y = f(x)$ را رسم می‌کنیم و سپس قسمت‌های پایین محور طول‌ها را نسبت به محور طول‌ها قرینه می‌کنیم.

تست ۱۲۷: مجموع طول پاره‌خط‌های تشکیل‌دهنده نمودار تابع $y = ||x-2|-1|$ در بازه $0 \leq x \leq 4$ کدام است؟

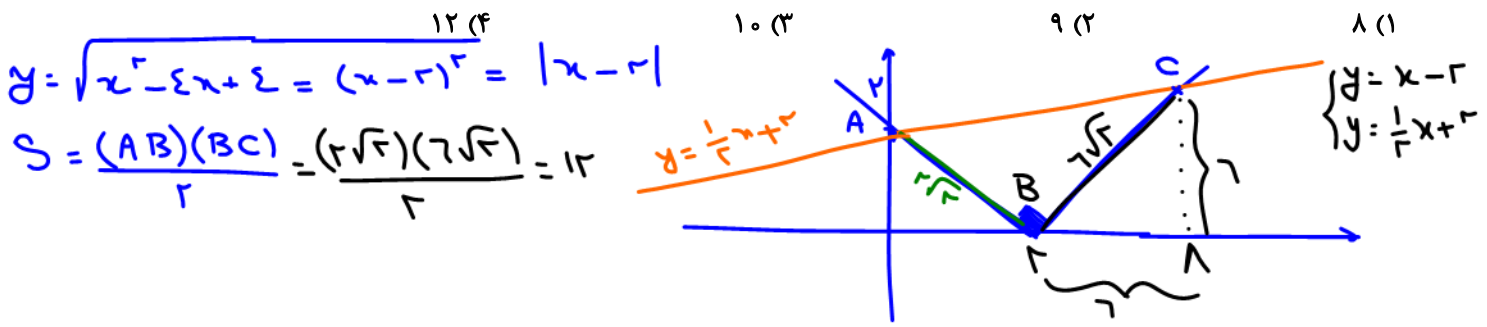
- ۸√۲ (۴)
- ۶√۲ (۳)
- ۴√۲ (۲)
- ۲√۲ (۱)

پاسخ: گزینه‌ی «۲» - ابتدا نمودار تابع $f(x) = |x-2|-1$ را رسم می‌کنیم و سپس قسمت‌های پایین محور Xها را نسبت به محور Xها قرینه می‌کنیم:

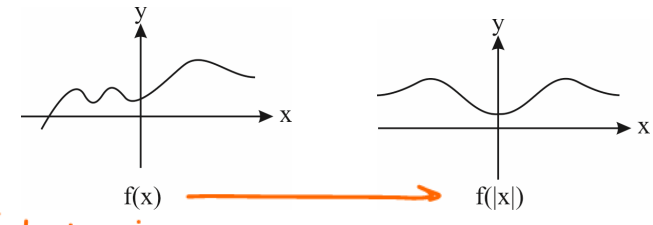


حالا برای آن که طول پاره‌خط‌ها را پیدا کنیم مختصات دو نقطه به طول $x=4$ و $x=0$ را پیدا می‌کنیم که می‌شود $(0,1)$ و $(4,1)$. حالا به شکل نگاه کنید نمودار از چهار پاره‌خط تشکیل شده که طول همه‌شان $\sqrt{2}$ است پس مجموع طول پاره‌خط‌ها می‌شود $4\sqrt{2}$.

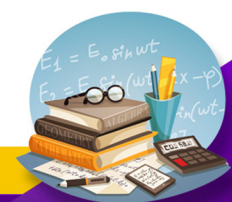
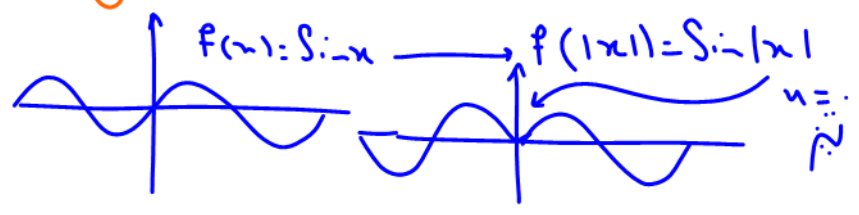
تست ۱۲۸: مساحت ناحیه محدود به نمودارهای دو تابع $y = \frac{1}{7}x + 2$ و $y = \sqrt{x^2 - 4x + 4}$ ، کدام است؟ (ریاضی ۹۹)



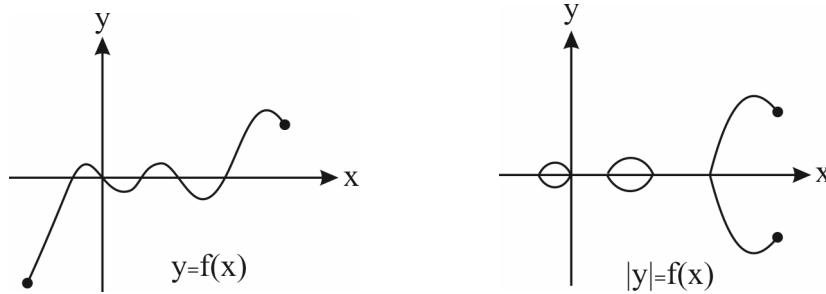
۵) برای رسم نمودار تابع $y = f(|x|)$ ابتدا نمودار تابع $y = f(x)$ را رسم می‌کنیم و سپس قسمتی را که سمت چپ محور Yها (یعنی $x < 0$) است، حذف می‌کنیم و قرینه قسمت سمت راست (یعنی $x > 0$) را نسبت به محور Yها رسم می‌کنیم.



همه‌ها رو به بااربریش $|x|$ بااربر



۶) برای رسم نمودار ضابطه‌ی $|y| = f(x)$ که عموماً یک تابع نیست، ابتدا نمودار تابع $y = f(x)$ را رسم می‌کنیم و سپس قسمت زیر محور x ‌ها را حذف می‌کنیم و قرینه‌ی قسمت بالای محور x ‌ها را نسبت به محور x ‌ها رسم می‌کنیم.

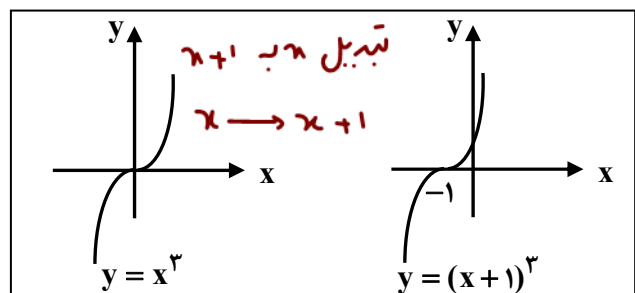
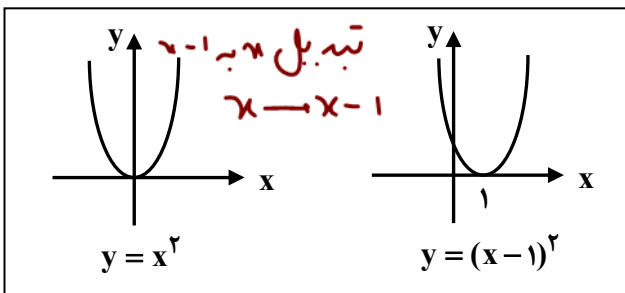


تبدیل نمودار توابع

۱- انتقال افقی

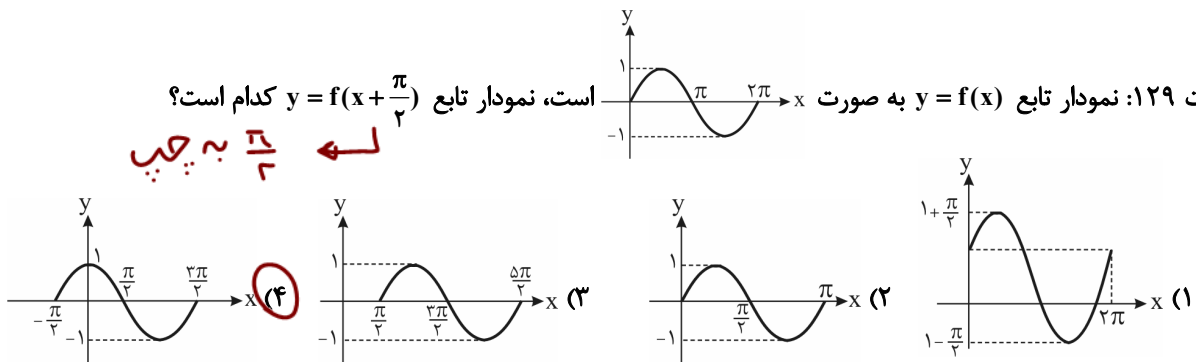
۱) اگر $a > 0$ باشد، نمودار $y = f(x - a)$ همان نمودار f است که a واحد به سمت راست انتقال داده شده است. در این حالت به مقادیر x ، a واحد اضافه شده است. (دامنه تغییر می‌کند.)

۲) اگر $a > 0$ باشد نمودار $y = f(x + a)$ همان نمودار f است که a واحد به چپ انتقال داده شده است. در این حالت از مقادیر x ، a واحد کم می‌شود. (دامنه تغییر می‌کند.)



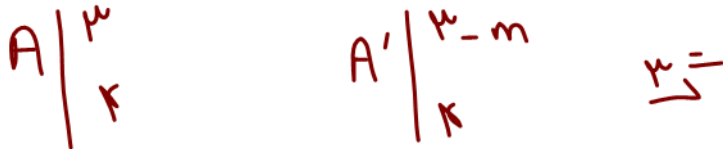
تست ۱۲۹: نمودار تابع $y = f(x)$ به صورت $y = f(x + \frac{\pi}{4})$ است، نمودار تابع $y = f(x + \frac{\pi}{4})$ کدام است؟

← $\frac{\pi}{4}$ به چپ



تست ۱۳: اگر نقطه $A(3, 4)$ روی تابع $f(x)$ قرار گیرد، در این صورت کدام نقطه زیر، روی تابع $y = f(x+m)$ قرار می‌گیرد؟
 (۱) $(3+m, 4)$ (۲) $(3-m, 4-m)$ (۳) $(3-m, 4)$ (۴) $(3+m, 4+m)$

چون $x \rightarrow x+m$ تبدیل شده انتقال افقی را می‌دانیم و تابع m واحد به چپ می‌رود و عرض تابع m واحد کم می‌شود.

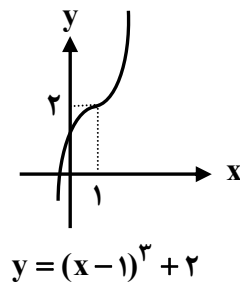
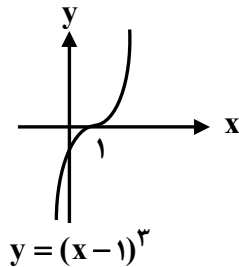


۲- انتقال عمودی

(۱) اگر $a > 0$ باشد نمودار $y = f(x) + a$ همان نمودار f است که a واحد به بالا انتقال داده شده است. در این حالت به مقادیر y (برد) a واحد اضافه می‌شود (برد تغییر می‌کند).

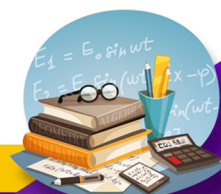
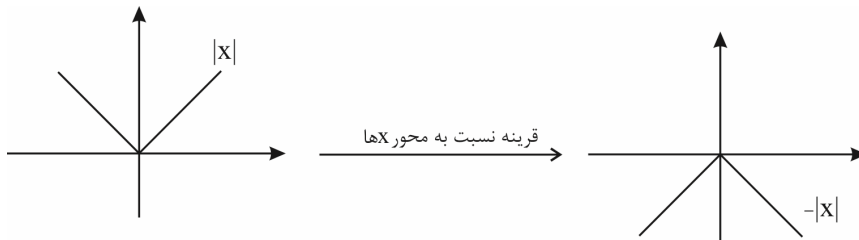
(۲) اگر $a < 0$ باشد نمودار $y = f(x) + a$ همان نمودار f است که a واحد به پایین انتقال داده شده است. در این حالت از مقادیر y (برد) a واحد کم می‌شود (برد تغییر می‌کند).

مثلاً برای رسم نمودار $y = x^3 - 3x^2 + 3x + 1$ می‌نویسیم: $y = (x-1)^3 + 2$ حالا:

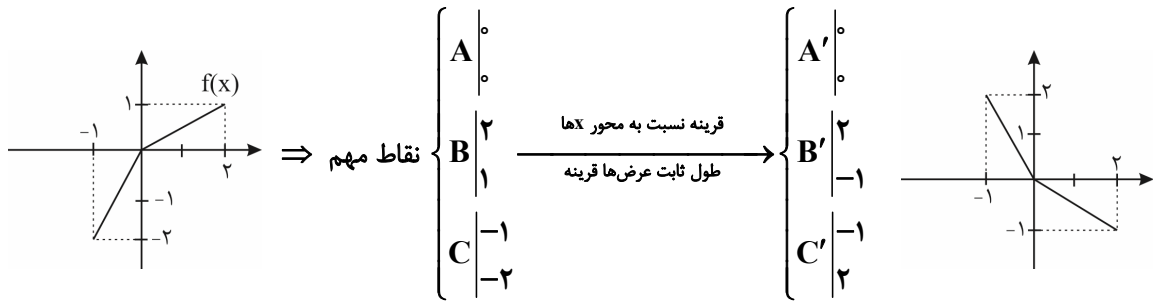


۳- رسم $-f(x)$:

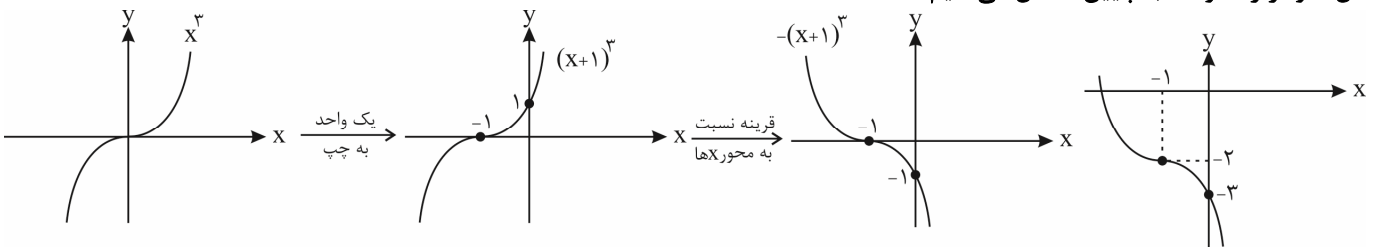
برای رسم $-f(x)$ کافی است نمودار f را نسبت به محور x قرینه کنیم. توجه کنید در این حالت طول نقاط ثابت ولی عرضشان قرینه می‌شود. پس مقادیر دامنه ثابت ولی مقادیر برد قرینه خواهند شد. مثلاً برای رسم تابع $y = -|x|$ داریم:



و یا مثلاً اگر $f(x)$ به صورت مقابل باشد داریم:



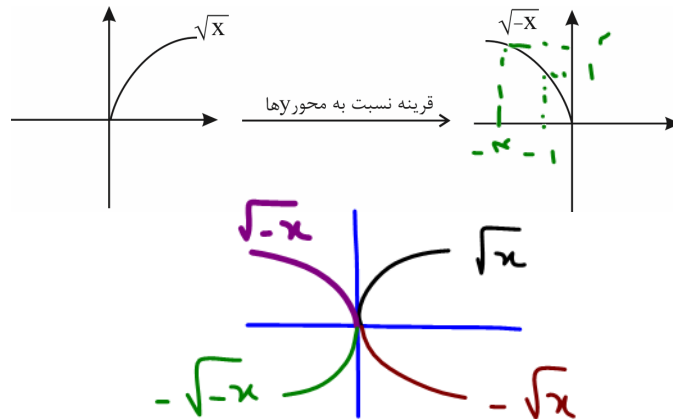
برای رسم تابع $y = -(x+1)^3 - 2$ ابتدا x^3 را یک واحد به سمت چپ انتقال داده و سپس نسبت به محور x ها قرینه می‌کنیم و در نهایت کل نمودار را ۲ واحد به پایین منتقل می‌کنیم:



همان‌طور که دیدید اولویت با انتقال افقی، سپس با علامت منفی پشت تابع و در نهایت با انتقال عمودی است.

۴- رسم $f(-x)$:

برای رسم نمودار $f(-x)$ کافی است نمودار f را نسبت به محور y ها قرینه کنیم. توجه کنید در این حالت طول نقاط قرینه شده ولی عرضشان ثابت می‌ماند. پس مقادیر دامنه قرینه خواهند شد ولی برد تغییری نمی‌کند. **ما رو برمی‌داریم x می‌ذاریم تابع نسبت به محور y ها قرینه می‌شود.** مثلاً برای رسم $y = \sqrt{-x}$ داریم:

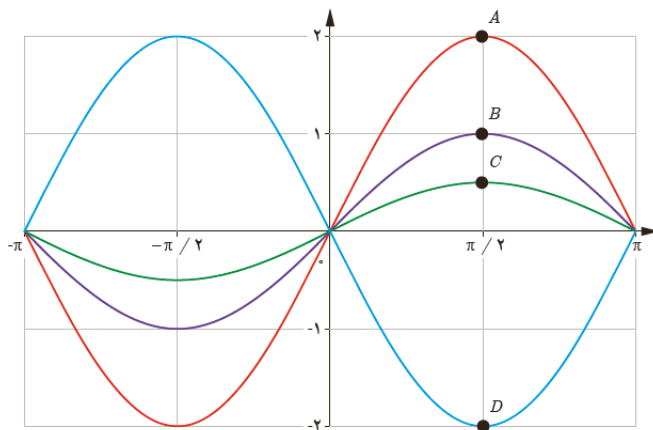


۵- رسم $y = af(x)$

- (۱) اگر $a > 1$ باشد، نمودار $f(x)$ در امتداد محور y ها با ضریب a کشیده می‌شود که به آن انبساط عمودی می‌گوییم. در این حالت مقادیر برد (y) ها، a برابر می‌شوند.
- (۲) اگر $0 < a < 1$ باشد، نمودار $f(x)$ در امتداد محور y ها با ضریب a فشرده می‌شود که به آن انقباض عمودی می‌گوییم. در این حالت نیز مقادیر برد (y) ها، a برابر می‌شوند.
- (۳) اگر پشت تابع یک عدد منفی ضرب شده باشد ($a < 0$) ابتدا تابع را نسبت به محور x ها قرینه می‌کنیم که از منفی خلاص شویم و سپس عرض‌ها را در عدد مثبت a ضرب می‌کنیم (مثل حالت ۲ بالا).



مثال ۱۳۱: در شکل زیر نمودار توابع با ضابطه‌های $y = \sin x$ و $y = 2 \sin x$ و $y = -2 \sin x$ و $y = \frac{1}{2} \sin x$ در بازه $[-\pi, \pi]$ رسم شده است. مشخص کنید هر کدام از ضابطه‌ها مربوط به کدام نمودار است. دامنه و برد هر کدام را مشخص کنید.



یادت باشه: در این نوع از توابع $(af(x))$ ، عرض نقاط در عدد a ضرب می‌شود اما x ها (طول نقاط) ثابت می‌ماند.

۶- رسم $f(ax)$

با فرض این که $a > 0$ است، برای رسم $f(ax)$ کافی است طول هر نقطه از نمودار $f(x)$ را $\frac{1}{a}$ برابر کنیم.

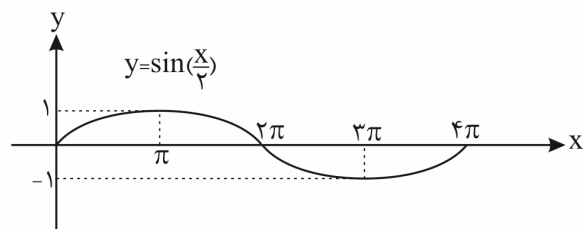
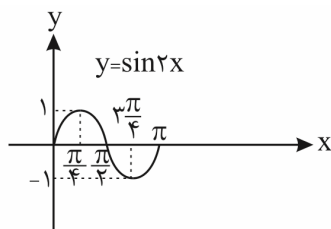
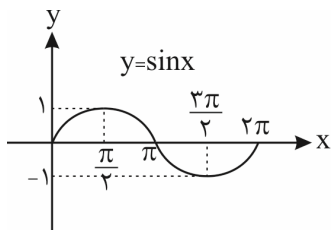
(۱) اگر $a > 1$ باشد منحنی با ضریب $\frac{1}{a}$ در امتداد محور x ها منقبض (فشرده) می‌شود.

(۲) اگر $0 < a < 1$ باشد منحنی با ضریب $\frac{1}{a}$ در امتداد محور x ها کشیده می‌شود.

در هر دو حالت فوق، مقادیر دامنه $\frac{1}{a}$ برابر می‌شود.

یادت باشه: در این مدل از توابع $(f(ax))$ ، طول نقاط در عدد $\frac{1}{a}$ ضرب می‌شود اما عرض نقاط ثابت می‌ماند. مثلاً اگر $f(x) = \sin x$

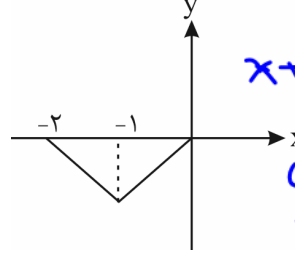
باشد برای رسم $f(\frac{x}{2})$ و $f(2x)$ ، به ترتیب طول نقاط را در ۲ و $\frac{1}{2}$ ضرب می‌کنیم:



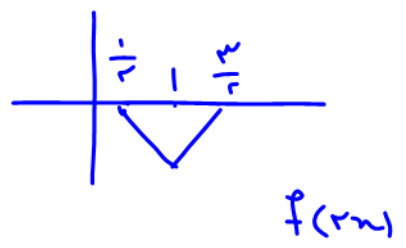
بعد از این که ترتیب عملیات را آنتیم و عمل عکس را هم گفتیم بیا و دوباره حل کن

(قلمچی رشته ریاضی)

مثال ۱۳۲: اگر شکل زیر مربوط به نمودار تابع $y = f(1-x)$ باشد، نمودار تابع $y = f(2x)$ کدام است؟

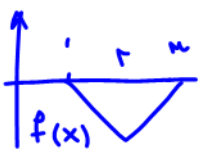


$f(-x+1) = f(1-x)$ اول در تابع $f(x)$ ها به $x+1$ تبدیل شده اند و تابع به واسطه به چپ رفته و سپس با تبدیل x به $-x$ نسبت به محور y ها قرینه شده

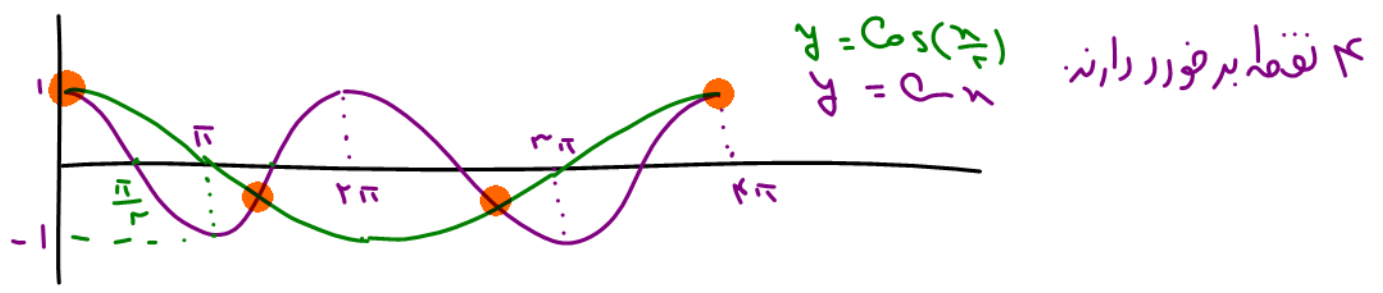


پس ابتدا به ای خنثی کردن تغییرات داریم. تابع را نسبت به محور y ها قرینه می کنیم که به صورت $f(x+1)$ در بیاید. با همان $f(x)$ پس تابع $f(x+1)$ که همان $f(x)$ بود واسطه به چپ رفتن را به راست می بریم.

تست ۱۳۳: اگر $f(x) = \cos x$ باشد، آن گاه نمودار دو تابع $y = f(x)$ و $y = f(\frac{x}{4})$ در بازه $[0, 4\pi]$ در چند نقطه مشترک اند؟



$\cos x$ نسبتاً همیشه و x ها دو برابر می شوند. $2(1)$ $3(3)$ $4(4)$ $5(2)$ $2(1)$



۷- رسم $y = Af(bx+c)+D$

بهترین و کامل ترین روش رسم، همین مورد است که تمام موارد قبلی را شامل می شود.

مراحل رسم:

(۱) ابتدا انتقال عدد ثابت c را انجام می دهیم.

(۲) با توجه به مقدار b نمودار را در راستای افقی یعنی محور x ها منبسط یا منقبض می کنیم.

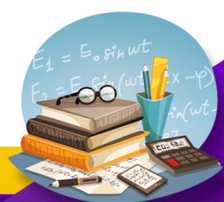
(۳) اگر b منفی باشد، در پایان، نمودار را نسبت به محور y ها قرینه می کنیم.

(۴) با توجه به مقدار A نمودار در راستای محور y ها کشیده و یا فشرده می کنیم (عرض نقاط را در A ضرب می کنیم).

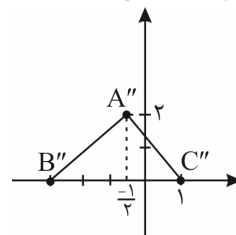
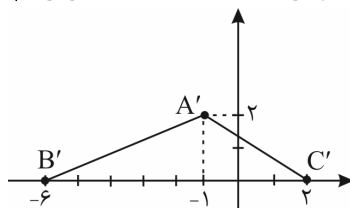
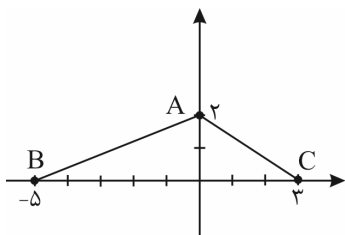
(۵) اگر A منفی باشد پس از آن که عرض نقاط را در عدد مثبت پشت تابع ضرب کردیم، تابع را نسبت به محور x ها قرینه می کنیم (یعنی با

ثابت نگه داشتن x ها، عرض نقاط را در منفی ضرب می کنیم).

(۶) انتقال عمودی عدد D را انجام می دهیم.



مثال ۱۳۴: اگر $f(x)$ به صورت زیر باشد، نمودار $y = -2f(1-2x)$ را رسم کنید.



$$A \begin{matrix} 0 \\ 2 \end{matrix} \rightarrow A' \begin{matrix} -1 \\ 2 \end{matrix}$$

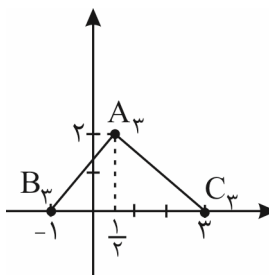
$$B \begin{matrix} -5 \\ 0 \end{matrix} \rightarrow B' \begin{matrix} -6 \\ 0 \end{matrix}$$

$$C \begin{matrix} 3 \\ 0 \end{matrix} \rightarrow C' \begin{matrix} 2 \\ 0 \end{matrix}$$

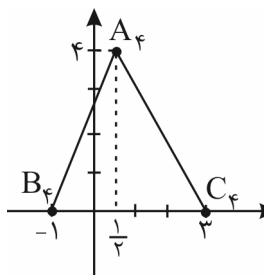
$$B' \begin{matrix} -6 \\ 0 \end{matrix} \rightarrow B'' \begin{matrix} -3 \\ 0 \end{matrix}$$

$$C' \begin{matrix} 2 \\ 0 \end{matrix} \rightarrow C'' \begin{matrix} 1 \\ 0 \end{matrix}$$

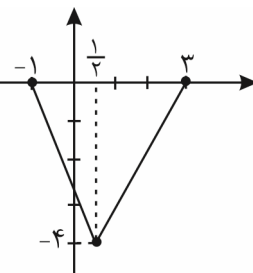
$$A' \begin{matrix} -1 \\ 2 \end{matrix} \rightarrow A'' \begin{matrix} -\frac{1}{2} \\ 2 \end{matrix}$$



عرض‌ها دو برابر می‌شوند



تقارن عمودی



$$B''' \begin{matrix} -1 \\ 0 \end{matrix} \rightarrow B'' \begin{matrix} -3 \\ 0 \end{matrix}$$

$$A''' \begin{matrix} \frac{1}{2} \\ 2 \end{matrix} \rightarrow A'' \begin{matrix} \frac{1}{2} \\ 2 \end{matrix}$$

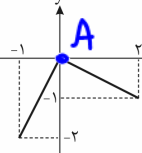
$$C''' \begin{matrix} 3 \\ 0 \end{matrix} \rightarrow C'' \begin{matrix} 1 \\ 0 \end{matrix}$$

$$C'''' \begin{matrix} -1 \\ 0 \end{matrix} \rightarrow C' \begin{matrix} -6 \\ 0 \end{matrix}$$

$$B'''' \begin{matrix} 3 \\ 0 \end{matrix} \rightarrow B' \begin{matrix} 2 \\ 0 \end{matrix}$$

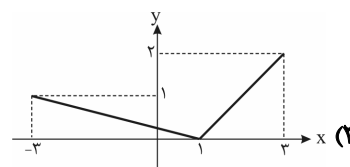
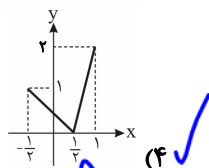
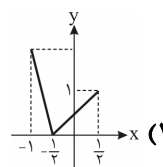
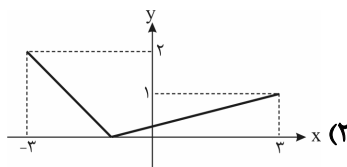
$$A'''' \begin{matrix} \frac{1}{2} \\ 4 \end{matrix} \rightarrow A' \begin{matrix} -1 \\ 2 \end{matrix}$$

تست ۱۳۵: نمودار تابع $y = f(x)$ به صورت x است، نمودار تابع $y = -f(1-2x)$ کدام است؟



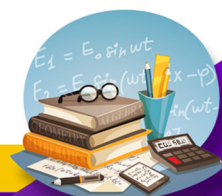
باید ۳ ها لطف شوند.

دامنه $f(x)$ از ۰ تا ۱ برابر ۳ است
 انتظارات دامنه باید $\frac{3}{2}$ است
 نت بدو پس یگانه



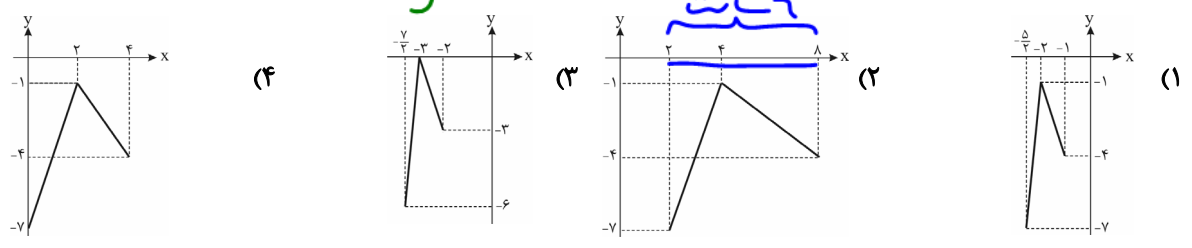
$$A \begin{matrix} 0 \\ 2 \end{matrix} \in f(x) \quad A_1 \begin{matrix} -1 \\ 2 \end{matrix} \in f(1+x)$$

$$A_2 \begin{matrix} -\frac{1}{2} \\ 2 \end{matrix} \in f(1+2x) \quad A_3 \begin{matrix} -\frac{1}{2} \\ 2 \end{matrix} \in f(1-2x) \quad A_4 \begin{matrix} 0 \\ 2 \end{matrix} \in -f(1-2x)$$

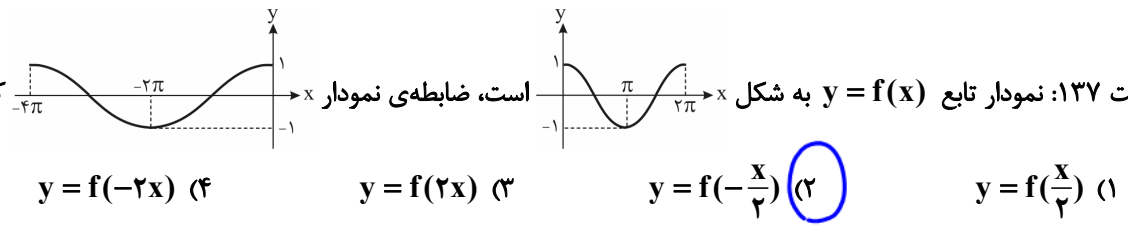


دامنه $f(x)$ در رزنت ۱۳۵ از ۱ تا ۲ و برابر ۳ سانت بود که به خاطر $\frac{1}{3}$ باید ۲ برابر شود و بشود ۶ سانت که فقط گزینه (۲) درست است

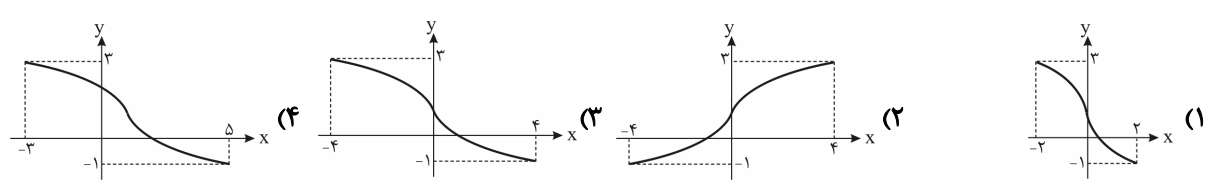
تست ۱۳۶: بر اساس نمودار تابع $y = f(x)$ در تست قبلی، نمودار تابع $y = 3f(\frac{x}{3} - 2) - 1$ کدام است؟



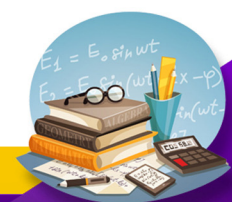
تست ۱۳۷: نمودار تابع $y = f(x)$ به شکل x به شکل $y = f(x)$ ضابطه‌ی نمودار x کدام است؟



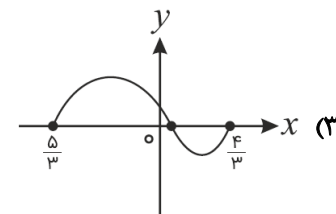
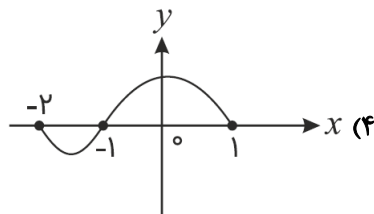
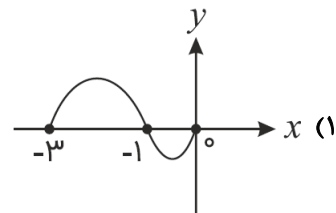
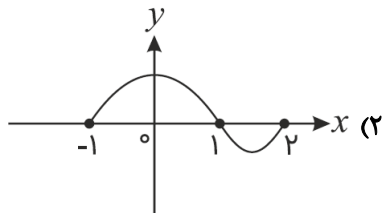
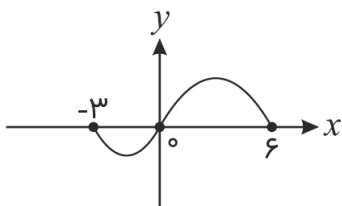
تست ۱۳۸: نمودار تابع $y = f(x)$ به صورت x است، نمودار تابع $y = -2f(\frac{x}{2}) + 1$ کدام است؟



به خاطر θ قدیمیت به n هاینه دهر جابلائی محور x هانت بیاد باینه که $y = \theta f(\frac{x}{\theta}) + 1$ به خاطر $\frac{1}{3}$ دامنه ۲ برابرینه لزا $\frac{1}{3}$ غلطه
 باید سه جای خودش بید و اصله بالا بره لزا $\frac{1}{3}$ درسته که هم غلطه چون بید و اصله به رامت رفته.

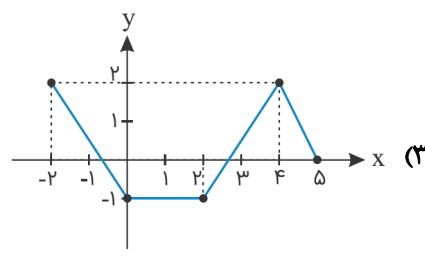
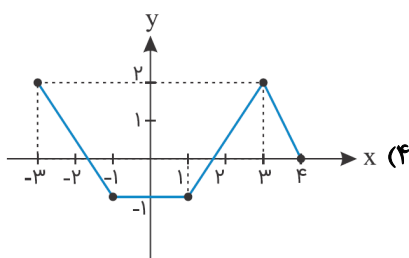
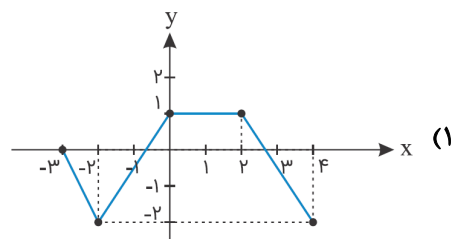
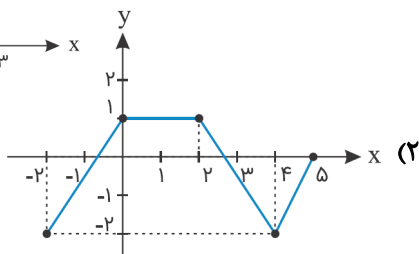
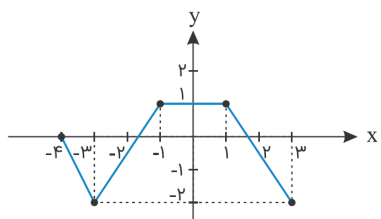


تست ۱۳۹: اگر نمودار $y = f(x)$ به صورت زیر باشد، نمودار تابع $y = f(1-3x)$ کدام است؟

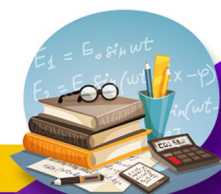


پاسخ: گزینه «۳» - باید تابع نسبت به محور y ها قرینه شود و هم‌چنین x های آن $\frac{1}{3}$ گردد و در آخر نمودار $\frac{1}{3}$ به سمت راست منتقل گردد.

تست ۱۴۰: اگر نمودار تابع $f(x)$ به صورت زیر باشد، نمودار $-f(-x+1)$ کدام است؟

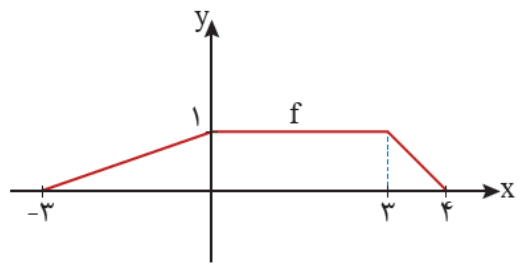


پاسخ: گزینه «۳» - برای رسم نمودار تابع $-f(-x+1)$ باید مراحل زیر را انجام داد: ابتدا نمودار ۱ واحد به سمت چپ انتقال داده شود و نمودار نسبت به محور y ها قرینه شود، سپس برای این که نمودار $-f(-x+1)$ را رسم کنید باید نمودار را نسبت به محور x ها قرینه کنید که در نهایت به گزینه (۳) می‌رسیم.



نوشته است f به برآه \sim چپ

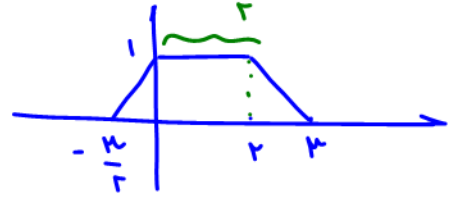
تست ۱۴۱: اگر نمودار تابع f به صورت شکل زیر و $g(x) = \begin{cases} f(x+1) & x \geq 0 \\ f(2x) & x < 0 \end{cases}$ باشد، مساحت سطح محدود بین نمودار تابع g و محور x ها



نوشته ها \downarrow مثل هانفند

- $\frac{11}{4}$ (۲)
- $\frac{15}{4}$ (۴)

- کدام است؟
- $\frac{7}{4}$ (۱)
- $\frac{13}{4}$ (۳)



$S = \frac{(11)(\frac{9}{4} + 1)}{2} = \frac{13}{4}$

$3 - (-\frac{3}{2}) = \frac{9}{4}$

ها را برابر $x+3$ بنویس

تست ۱۴۲: تابع $y = 2^{x+3} + |x+3|$ را ۳ واحد در امتداد محور x ها در جهت منفی و سپس در امتداد محور y ها ۲ واحد در جهت منفی انتقال می‌دهیم. منحنی حاصل، محور x ها را با کدام طول، قطع می‌کند؟ (خارج تجربی ۱۴۰۰)

$x+3 + |x+3| = -2$

$x+3 + |x+3| = 2$

$x+3 + |x+3| = -2$

$x+3 + |x+3| = 2$

$x+|x+3| = -2$

$\begin{cases} x \geq -3 & x+x+3 = -2 \rightarrow 2x = -5 \rightarrow x = -\frac{5}{2} \\ x < -3 & x-x-3 = -2 \rightarrow -3 = -2 \end{cases}$

جذب ندارد

تست ۱۴۳: نقطه $A(-1, 3)$ روی نمودار تابع $f(x)$ و نقطه متناظر با آن یعنی $A'(a, b)$ روی نمودار تابع $y = 3f(2x-5) - 7$ قرار دارد. $a-b$ کدام است؟

- ۴ (۴)
- ۲ (۳)
- صفر (۲)
- ۲ (۱)

پاسخ: گزینه «۲»

$A \begin{matrix} -1 \\ 3 \end{matrix} \xrightarrow{\text{واحد به راست}} \begin{matrix} 4 \\ 3 \end{matrix} \xrightarrow{\text{انقباض طولی}} \begin{matrix} 2 \\ 3 \end{matrix} \xrightarrow{\text{انبساط عرضی}} \begin{matrix} 2 \\ 9 \end{matrix} \xrightarrow{\text{انتقال به پایین}} \begin{matrix} 2 \\ 2 \end{matrix}$

$\Rightarrow A'(2, 2) \Rightarrow a-b = 2-2 = 0$

تست ۱۴۴: قرینه نمودار $f(x) = \sqrt{x}$ را نسبت به محور y ها تعیین کرده، سپس ۲ واحد به طرف x های مثبت انتقال می‌دهیم. نمودار حاصل، نیمساز ناحیه اول و سوم را با کدام طول قطع می‌کند؟ (خارج تجربی ۹۷)

$\sqrt{-x}$ $\sqrt{-x}$ $\sqrt{-x}$

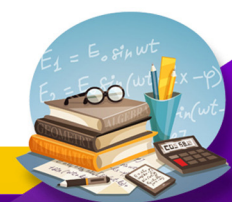
۱/۵ (۴) ۱ (۳) $0/5$ (۲) -2 (۱)

۲ واحد به سمت مثبت y یعنی $x-2$ می‌زنیم

$\sqrt{-(x-2)} = \sqrt{-x+2}$

$\sqrt{-x+2} = x$ $\rightarrow -x+2 = x^2$ $\rightarrow x^2+x-2=0$ $\rightarrow \begin{cases} x=1 \\ x=-2 \end{cases}$

خرجهی را برضال منسی نمی‌زنه

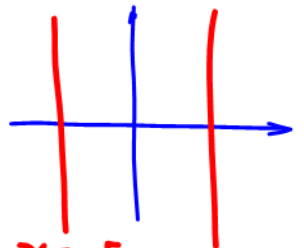


تبدیل شده بین تابع لنتب محور ل ها قرینه شده

$y = f(x+1) \leftarrow y = f(-x+1)$

تست ۱۴۵: اگر $x=2$ محور تقارن $y = f(x+1)$ باشد، محور تقارن $y = f(1-x)$ کدام است؟

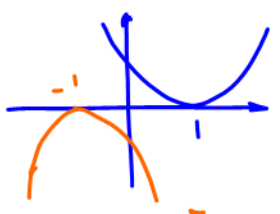
- (۱) $x = -4$
- (۲) $x = 4$
- (۳) $x = -2$ ✓
- (۴) $x = -1$



محور تقارن $x = 2$
قرینه نسبت به y $x = -2$
 $x = -4$

تست ۱۴۶: ابتدا قرینه نمودار تابع $f(x) = (x-1)^2$ را نسبت به مبدأ مختصات رسم کرده، سپس منحنی حاصل را ۴ واحد به سمت بالا انتقال می‌دهیم. طول نقاط تلاقی منحنی اخیر با منحنی اصلی کدام است؟

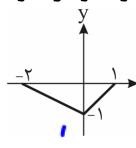
- (۱) ۰.۲
- (۲) ۱.۱
- (۳) ۱.۲
- (۴) ۲.۱



کنترل قرینه $x = 1$
 $-(x+1)^2 + 4 = (x-1)^2$

گاهی اوقات نمودار انتقال یافته رو میدان و نمودار خود $f(x)$ رو می‌پرسن. در عملیات برعکس از x خراب اول و برعکس انجام می‌دهیم مثل داستان پوشیدن جوراب و کش و درآوردن کش و جوراب

تست ۱۴۷: نمودار $y = f(1-2x)$ به صورت x است، نمودار $y = f(x)$ کدام است؟

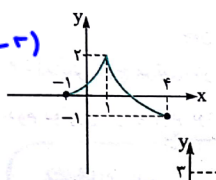


- (۱) ✓
- (۲)
- (۳)
- (۴)

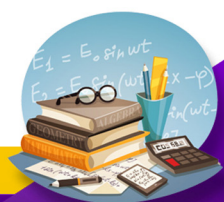
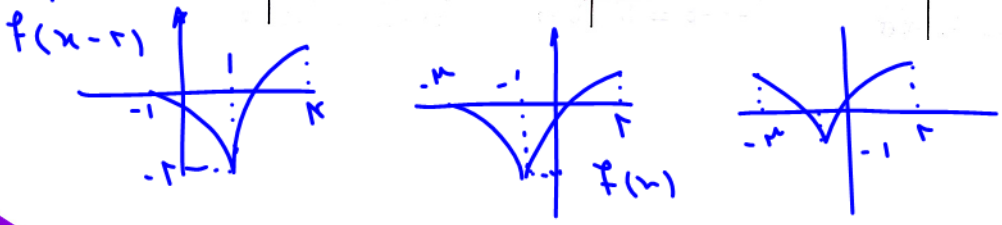
در نمودار تغییر یافته دامنه تابع از -2 تا 1 برابر ۳ است. در نمودار $f(x)$ دامنه باید ۲ برابر شود. شونده فقط در قرینه ۱ به این صورت است.

$y = f(1-2x)$

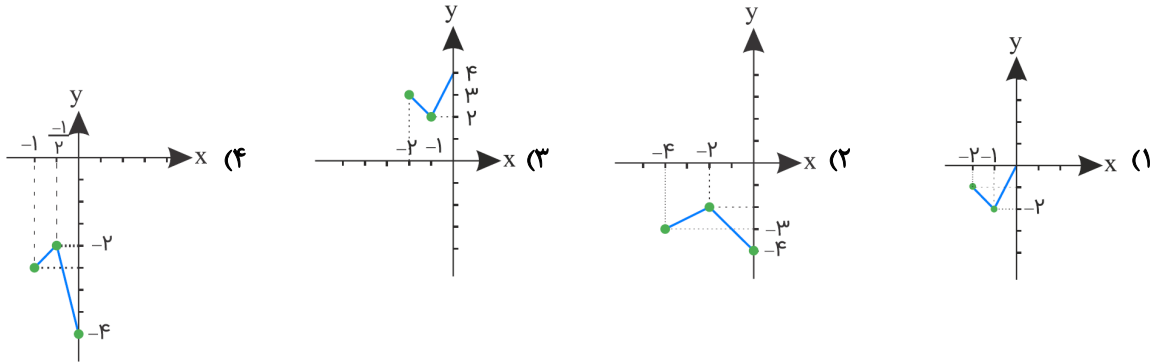
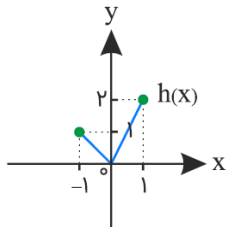
تست ۱۴۸: اگر نمودار تابع $y = -f(x-2)$ به شکل مقابل باشد، نمودار تابع $y = 1 + f(x)$ کدام است؟



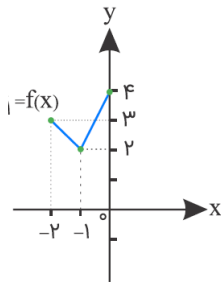
- (۱) ✓
- (۲)
- (۳)
- (۴)



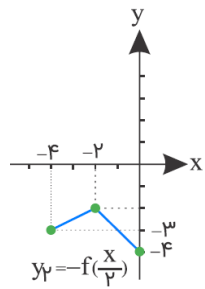
تست ۱۴۹: نمودار تابع $h(x) = f(x-1) - 2$ مطابق شکل زیر است. کدام گزینه نمودار تابع $-f(\frac{x}{3})$ را به درستی نشان می‌دهد؟



پاسخ: گزینه «۲» - ابتدا باید نمودار تابع $y_1 = f(x)$ را به دست آوریم. برای این منظور، کافی است نمودار $y = h(x)$ را یک واحد به سمت چپ و دو واحد به سمت بالا انتقال دهیم؛ بنابراین:



حال برای رسم $y_2 = -f(\frac{x}{3})$ کافی است نمودار تابع $y_1 = f(x)$ را در راستای افقی دو برابر منبسط و سپس نسبت به محور xها قرینه کنیم؛ در نتیجه تابع $y_2 = -f(\frac{x}{3})$ به صورت زیر به دست می‌آید:



تأثیر انتقال روی دامنه و برد تابع

۱) اگر دامنه f بازه $[a, b]$ باشد، برای یافتن دامنه $A.f(Bx+c)+D$ کافی است نامعادله $a \leq Bx+c \leq b$ را حل کنید. مثال ۱۵۰: اگر دامنه تابع f بازه $[-2, 3]$ باشد، دامنه $y = 5f(3x) - 3$ را بیابید.

دردی f بیدین -2 تا 3 باشد

$D_f = [-2, 3]$

دردی f بیدین -2 تا 3 باشد

$D_{f(3x)} = [-2, 3]$

$D_{5f(3x)-3} = [-2, 3]$

$D_f = D_{af+b}$

نتیجه:

$D_f = D_{af+b}$



۲) اگر دامنه‌ی $A \cdot f(Bx + c) + D$ بازه‌ی $[a, b]$ باشد، برای یافتن دامنه‌ی $f(x)$ با قرار دادن $a \leq x \leq b$ ، عبارت $Bx + c$ را بسازیم و محدوده‌اش را بیابیم.
 مثال ۱۵۱: اگر دامنه‌ی $y = -2f(4x - 1)$ بازه‌ی $[-3, 3]$ باشد، دامنه‌ی f را بیابید.

$$\begin{aligned}
 & -3 \leq x < 3 \\
 & \downarrow \times 4 \\
 & -12 \leq 4x < 12 \\
 & \downarrow -1 \\
 & -13 \leq 4x - 1 < 11 \\
 & D_f: [-13, 11)
 \end{aligned}$$

۳) اگر برد f ، بازه‌ی $[a, b]$ باشد، برای یافتن برد $A \cdot f(Bx + c) + D$ کافی است برد f را در A ضرب کنیم و سپس با D جمع می‌کنیم.

تست ۱۵۲: اگر برد تابع f برابر $R_f = [-\sqrt{3}, 2]$ باشد، برد تابع $y = \sqrt{2}f(x-1) + 1$ شامل چند عدد صحیح است؟

- (۱) ۵ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴

$$\begin{aligned}
 & -\sqrt{3} \leq f(x) \leq 2 \xrightarrow{\text{ضرب در } \sqrt{2}} -\sqrt{3} \leq f(x-1) \leq 2 \\
 & \xrightarrow{\text{ضرب در } \sqrt{2}} -\sqrt{6} \leq \sqrt{2}f(x-1) \leq 2\sqrt{2} \\
 & \xrightarrow{+1} 1 - \sqrt{6} \leq \sqrt{2}f(x-1) + 1 \leq 2\sqrt{2} + 1 \\
 & \text{برد } \leq 3, 1 \text{ و } \geq -1, \dots \\
 & \text{پس } -1, 0, 1, 2, 3
 \end{aligned}$$

تست ۱۵۳: دامنه‌ی تابع $y = \frac{-f(x)}{2}$ به صورت $[0, 4]$ است. دامنه‌ی تابع $y = -f(\frac{-x}{2})$ کدام است؟

- (۱) $[-8, 0]$ (۲) $(-8, 0]$ (۳) $[0, 8]$ (۴) $(0, 8)$

پاسخ: گزینه «۲» - می‌دانیم دامنه‌ی توابع $y = \frac{-f(x)}{2}$ و $y = f(x)$ برابر است. (قبوله؟) پس داریم: $D_{\frac{-f(x)}{2}} = D_{f(x)} = [0, 4]$

از طرفی برای محاسبه‌ی دامنه‌ی تابع $y = -f(\frac{-x}{2})$ می‌توان نوشت: $0 \leq -\frac{x}{2} < 4 \xrightarrow{\times(-2)} -8 < x \leq 0$

پس دامنه‌ی تابع $y = -f(\frac{-x}{2})$ برابر $(-8, 0]$ است.

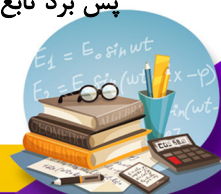
تست ۱۵۴: اگر برد تابع $y = f(x-1)$ به صورت $[0, 2]$ باشد، برد تابع $y = -3f(2-x) + 1$ کدام است؟

- (۱) $(-1, 5]$ (۲) $[-1, 5)$ (۳) $(-5, 1]$ (۴) $[-5, 1)$

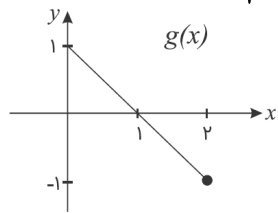
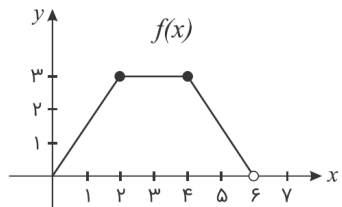
پاسخ: گزینه «۳» - می‌دانیم انتقال افقی روی برد تابع اثر ندارد یعنی برد دو تابع $f(x-1)$ و $f(2-x)$ یکی است. حالا شروع می‌کنیم و محدوده‌ی برد تابع خواسته‌شده را پیدا می‌کنیم، پس داریم:

$$0 \leq f(2-x) < 2 \xrightarrow{\times(-3)} -6 < -3f(2-x) \leq 0 \xrightarrow{+1} -5 < -3f(2-x) + 1 \leq 1$$

پس برد تابع $y = -3f(2-x) + 1$ بازه‌ی $(-5, 1]$ است.



تست ۱۵۵: اگر نمودار توابع f و g به صورت زیر باشند، دامنه تابع $\frac{f(2x)}{g(\frac{1}{4}x)}$ کدام است؟



- (۱) $[0, 3] - \{2\}$
- (۲) $[0, 4] - \{2\}$
- (۳) $[0, 3] - \{1\}$
- (۴) $[0, 3] - \{1\}$

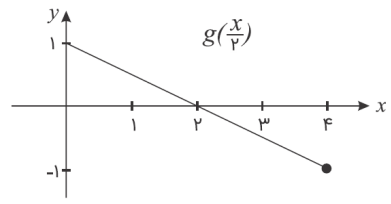
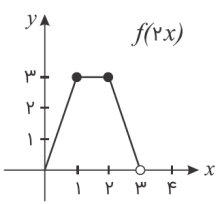
پاسخ: گزینه «۱»

$D_{f(x)} = [0, 6] \Rightarrow D_{f(2x)} = [0, 3]$

$D_{g(x)} = [0, 2] \Rightarrow D_{g(\frac{x}{4})} = [0, 4]$

$D_{\frac{f(2x)}{g(\frac{x}{4})}} = [0, 3] \cap [0, 4] - \{x \mid g(\frac{x}{4}) = 0\} = [0, 3] - \{2\}$

نکته: اگر دامنه $f(x)$ تقسیم بر k شود، دامنه $f(kx)$ به دست می‌آید و اگر $0 < k < 1$ باشد، این دامنه بزرگ‌تر و اگر $k > 1$ باشد، این دامنه کوچک‌تر می‌شود.



توابع چندجمله‌ای روی \mathbb{R} بسوزند و اکثر توان فرد داشته (بزرگ‌ترین توان فرد) بر \mathbb{R} دارند.

در سال‌های گذشته با توابع خطی آشنا شدید. هر تابع به صورت $f(x) = ax + b$ را یک تابع خطی می‌نامیم. اگر $a = 0$ ، تابع به صورت $f(x) = b$ درمی‌آید که آن را تابع ثابت می‌نامیم. تابع ثابت و تابع خطی حالت خاصی از توابعی هستند که توابع چندجمله‌ای نام دارند. توابع درجه دوم نیز حالت خاصی از توابع چندجمله‌ای هستند.

هر تابع به صورت $f(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_2 x^2 + a_1 x + a_0$ را که در آن $a_n, a_{n-1}, \dots, a_2, a_1, a_0$ اعداد حقیقی و n یک عدد صحیح نامنفی و $a_n \neq 0$ ، یک تابع چندجمله‌ای از درجه n می‌نامند. دامنه‌ی توابع چندجمله‌ای مجموعه‌ی اعداد حقیقی است.

مثال ۱۵۶: توابع زیر نمونه‌ای از توابع چندجمله‌ای هستند که به ترتیب از درجه‌ی ۱، ۲، ۳ و ۵ هستند.

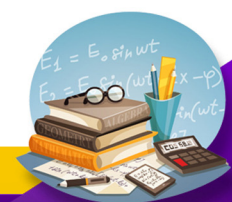
$y = 3x + 5$, $y = -8x^2 + 2x - \frac{1}{4}$, $y = \sqrt{2}x^3 - \frac{3}{4}x$, $y = 2x^5 - 4x^3 + \sqrt{7}x^2$

تست ۱۵۷: نمودار تابع با ضابطه $f(x) = -(x-1)^3 + m$ به ازای چه مقادیری از m ، از ناحیه سوم عبور نمی‌کند؟

- (۱) $m \leq 1$
- (۲) $m \geq 1$
- (۳) $m \leq -1$
- (۴) $m \geq -1$



تابع
چند
جمله‌ای
درجه
فرد
بر
دامنه
 \mathbb{R}
دارد



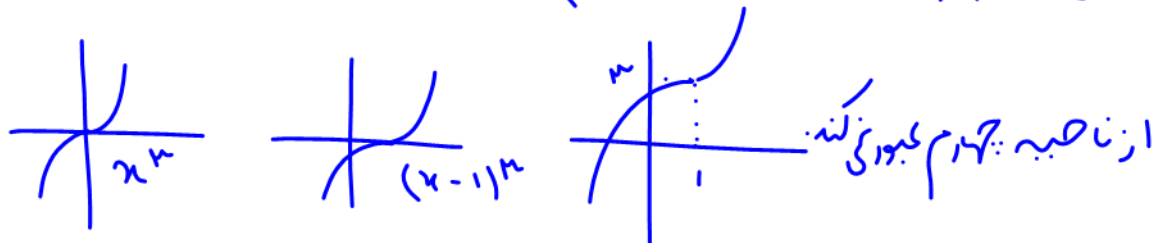
$$(x-1)^3 = x^3 - 3x^2 + 3x - 1$$

$$(x-2)^3 = x^3 - 2x^2 + 12x - 8$$

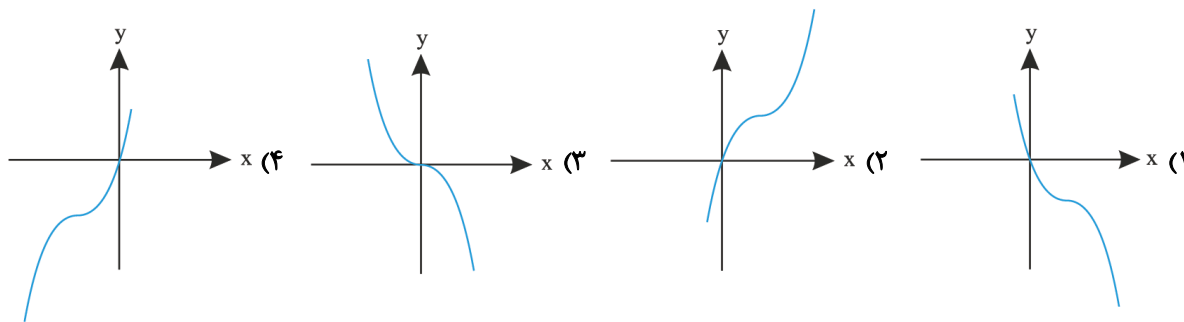
تست ۱۵۸: نمودار تابع با ضابطه $f(x) = x^3 - 3(x^2 - x) + 2$ از کدام ناحیه دستگاه مختصات عبور نمی‌کند؟

(۱) اول (۲) دوم (۳) سوم (۴) چهارم

$$f(x) = x^3 - 3x^2 + 3x + 2 = (x^3 - 3x^2 + 3x - 1) + 3 = (x-1)^3 + 3$$



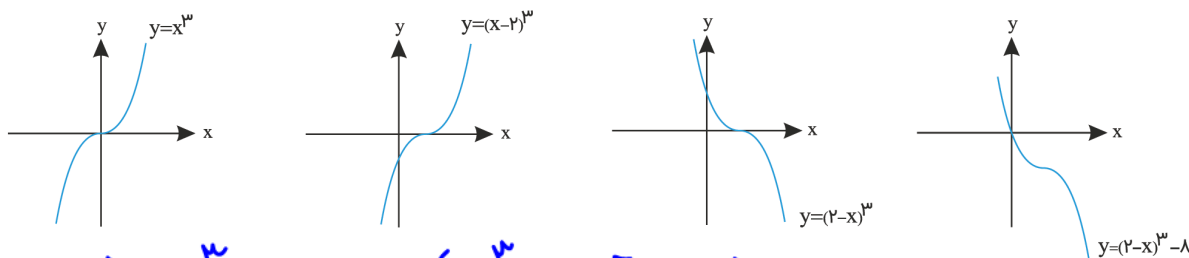
تست ۱۵۹: نمودار تابع $f(x) = 6x^2 - x^3 - 12x$ شبیه کدام گزینه است؟



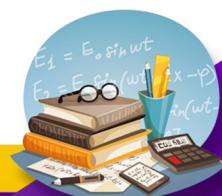
پاسخ: گزینه «۱»

$$f(x) = \underbrace{6x^2 - x^3 - 12x + 8 - 8}_{(2-x)^3} = (2-x)^3 - 8$$

حالا مرحله به مرحله نمودار تابع را رسم می‌کنیم:



$$y = 6x^2 - x^3 - 12x = -(x^3 - 2x^2 + 12x - 8) = -(x^3 - 2x^2 + 12x - 8) - 8$$

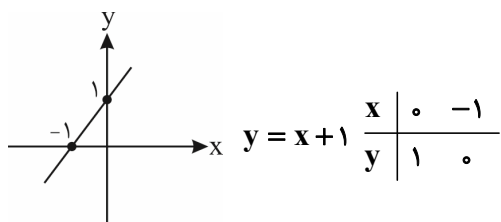


تابع های خطی، ثابت، همانی

۱- تابع خطی

به هر تابع که بتوان ضابطه آن را به شکل $f(x) = ax + b$ نوشت یک تابع خطی می نامند. برای یافتن معادله یک تابع خطی کافی است دو نقطه از آن را داشته باشیم. نمودار یک تابع خطی به صورت یک خط راست می باشد. مثلاً برای رسم تابع $f(x) = x + 1$ دو نقطه را به شکل زیر در نظر گرفته و آن را رسم می کنیم:

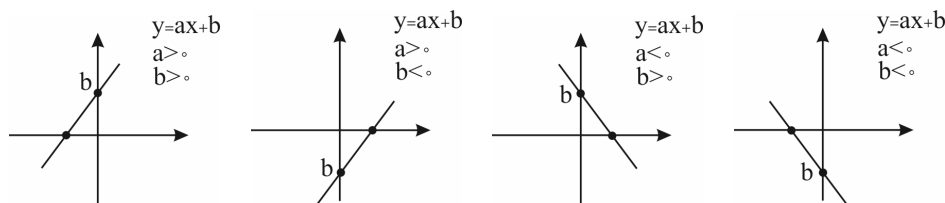
بهرتر است یک بار $x = 0$ داده و y را پیدا کنیم و بار دیگر $y = 0$ داده و x را پیدا کنیم.



در تابع خطی $f(x) = ax + b$ ، a شیب تابع و b عرض از مبدأ آن است. در این نوع توابع با افزایش منظم در x ها، y ها به طور منظم تغییر می کنند. برای تشخیص خطی بودن یک تابع باید بفهمیم که نسبت تغییرات y به x (همان $\frac{\Delta y}{\Delta x}$ یا شیب) ثابت است یا خیر.

$\Delta y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$

به شکل های زیر توجه کنید:



تست ۱۶۰: اگر برد تابع خطی $f(x) = ax + b$ با دامنه $[1, 3]$ برابر $[-3, 4]$ باشد با فرض مثبت بودن a مقدار b کدام است؟

شیب خط مثبت و صعودی

۳/۵ (۴) -۳/۵ (۳) -۶/۵ (۲) ۶/۵ (۱)

$f(1) = -3$ $f(3) = 4$

$$\begin{cases} a + b = -3 \\ 3a + b = 4 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} -a - b = 3 \\ 3a + b = 4 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} 2a = 7 \\ a = 3.5 \\ b = -7 \end{cases}$$

$b = -7, 0$

تست ۱۶۱: تابع خطی f برای هر x در تساوی $f(2x) = 2f(x)$ صدق می کند. اگر مساحت محدود به $y = |f(x)|$ و خط $y = 6$ برابر ۱۲ باشد، مقدار $f(9)$ کدام می تواند باشد؟

- ۳۶ (۴) ۲۷ (۳) ۲۴ (۲) ۱۸ (۱)

$f(x) = ax + b \rightarrow f(2x) = 2f(x) \rightarrow 2ax + b = 2(ax + b)$

$2ax + b = 2ax + 2b \rightarrow b = 0 \rightarrow f(x) = ax + b \rightarrow f(x) = ax$

$S = \frac{(\frac{12}{a})^2}{2} = 12 \rightarrow a = 3$

$f(x) = 3x$

$f(9) = 3(9) = 27$



۲- تابع ثابت

به تابعی گفته می‌شود که برد آن فقط شامل یک عضو است. نمایش این تابع به صورت $f(x) = c$ است مثل $f(x) = 0$ ، $f(x) = 2$. اگر این تابع را رسم کنیم به صورت یک خط افقی درمی‌آید. نمودار تابع ثابت با دامنه \mathbb{R} ، خط افقی است ولی اگر دامنه تابع \mathbb{R} نباشد نمودار تابع بخشی از یک خط افقی و یا نقاطی روی آن است. در تابع خطی $f(x) = ax + b$ اگر $a = 0$ باشد به تابع ثابت می‌رسیم.

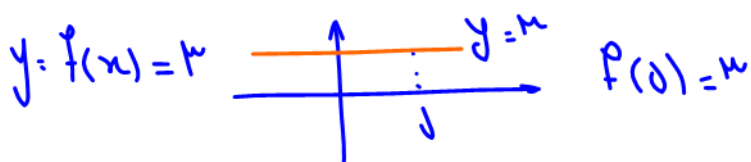
تست ۱۶۲: اگر تابع $f(x) = (a+1)x^2 - (b+2)x + a - 2b$ یک تابع ثابت باشد، حاصل $f(5)$ کدام است؟

$\begin{matrix} 3 & (1) \\ -5 & (3) \\ 5 & (2) \\ -3 & (1) \end{matrix}$

مقدار x برابر 3 ، x^2 صفر

$a+1=0 \rightarrow a=-1$ $b+2=0 \rightarrow b=-2$

$$f(x) = (a+1)x^2 - (b+2)x + a - 2b = 3 \rightarrow f(x) = 3$$



در گزینه‌های بقیه به صورت

تست ۱۶۳: مجموع دو تابع $f(x) = 4 - x$ و $f(4-x)$ تابعی ثابت است. ضابطه‌ی $f(x)$ کدام می‌تواند باشد؟

$x^2 + 4x$ (۴) $x^2 - 4x$ (۳) $x^2 - 2x$ (۲) $x^2 + 2x$ (۱)

$f(x) = x^2 + bx$ عدد $k - f(x) + f(4-x) =$

$$k - (x^2 + bx) + (4-x)^2 + b(4-x) =$$

$$k - x^2 - bx + 16 - 8x + x^2 + 4b - bx =$$

$$(-2bx - 8x) + 16 + 4b = 0 \rightarrow (-2b - 8)x + 16 + 4b = 0$$

$-2b - 8 = 0 \rightarrow b = -4$

تست ۱۶۴: به ازای کدام مقدار a ، نمودار تابع $y = \frac{(a-2)x+3}{a+5-2x}$ نمایش یک خط افقی با حذف یک نقطه آن است؟ (سنجش جامع)

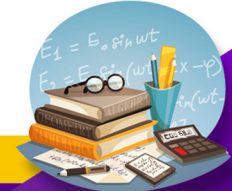
$\begin{matrix} 1 & \text{و} & 4 & (1) \\ -1 & \text{و} & 3 & (2) \\ -1 & \text{و} & 5 & (3) \\ -1 & \text{و} & -5 & (4) \end{matrix}$

$f(x) = \frac{3}{a+5} = k$

$f(x) = \frac{(a-2)x+3}{a+5-2x} = \frac{a+1}{a+3} = k$

تساوی نیند

تکلیف: خ به انتقال توابع + ثابت خطی



۳- تابع همانی

اگر در یک تابع، هر عضو از دامنه، دقیقاً به همان عضو از برد نظیر شود، تابع همانی است. ضابطه تابع همانی $f(x) = x$ است. نمودار تابع همانی با دامنه \mathbb{R} ، خط $y = x$ (نیمساز ناحیه اول و سوم) است. ولی اگر دامنه \mathbb{R} نباشد، نمودار بخشی از $y = x$ و یا نقاطی بر روی آن است. توابع زیر همگی همانی هستند:

۱) $f(x) = x$, $D_f = \mathbb{R}$

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

$D_f: \mathbb{R} - \{-1\}$

$f(2) = 2$ $f(3) = 3$ $f(-1) = -1$

$D_f = R_f: \mathbb{R}$

این تابع روی دامنه اش یعنی $\mathbb{R} - \{-1\}$ همانی است.

۳) $f(x) = (\sqrt{x})^2 = x$

۴) $\{(0,0), (1,1), (2,2)\}$ یا

برای دامنه $x \geq 0$ باشد.
برای رسم ساده بکن.

این تابع نیز روی دامنه اش یعنی $[0, +\infty)$ همانی است.

تست ۱۶۵: اگر $f(x) = \frac{ax + 2b + 6}{(b+3)x + 2}$ ضابطه یک تابع همانی باشد $a + b$ کدام است؟

(۱) صفر (۲) -۱ (۳) ۱ (۴) -۲

هدن

$$f(x=0) = \frac{2b+6}{2} = 0 \rightarrow b = -3$$

هدن

$$f(x=1) = \frac{a+2b+6}{(b+3)+2} = 1 \rightarrow a = 2 \quad a+b = -1$$

تست ۱۶۶: اگر تابع $y = \frac{3x^2 + x}{(a-1)x^2 + bx + c}$ یک تابع همانی باشد، حاصل $a + b + c$ کدام است؟ اگر تابع همانی باشد برابر $y = x$ است

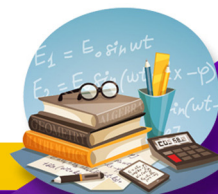
۶ (۴) ۵ (۳) ۴ (۲) ۳ (۱)

این دلیل هانی

$$y = \frac{3x^2 + x}{(a-1)x^2 + bx + c} = x$$

او طرف برابرند طرف اول $3x^2 + x$ برابر پس ضریب x طرف دوم باید معض باشد:

$a-1=0 \rightarrow a=1$ $b=3$ $c=1$ $a+b+c=5$

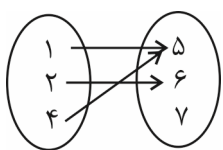


تابع یک‌به‌یک: یک به یک را ببینید

۱) تابعی که در آن هیچ دو زوج متمایزی، مولفه دوم تکراری نداشته باشد، یک‌به‌یک می‌گویند. تابع یک‌به‌یک دارای تعداد عضوهای یکسان دامنه و برد است.

برای پیدا کردن مجهول در تست‌های مربوط به تابع یک‌به‌یک، ابتدا سراغ مولفه‌های دوم یکسان می‌رویم و مولفه‌های اولشان را برابر می‌گذاریم. مثلاً در $f = \{(2,5), (3,1), (m,5)\}$ به سراغ $(2,5), (m,5)$ می‌رویم و مولفه‌های اولشان را مساوی قرار می‌دهیم: $m = 2$ توجه کنید در این مدل از سؤالات شرط تابع بودن را نیز کنترل کنید. مثلاً $f = \{(1,5), (1,6)\}$ اصلاً تابع نیست پس شرط یک‌به‌یک بودن را کنترل نمی‌کنیم.

۲) در نمودار ون چنان‌چه بیش از یک فلش به مولفه‌های دوم وارد شود، تابع دیگر یک‌به‌یک نخواهد بود. مثلاً:



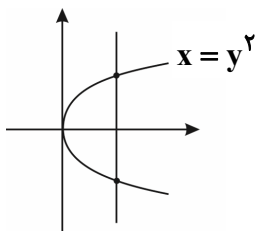
یک به یک نیست

یک‌به‌یک نیست چون $(4,5), (1,5)$ دارای مولفه دوم تکراری هستند.

۳) در نمودار دکارتی، تابعی یک‌به‌یک است که در آن هر خط به موازات محور x ها، نمودار تابع را حداکثر در یک نقطه قطع کند.

<p>یک‌به‌یک نیست چون یک خط افقی نمودار تابع را در بیشتر از یک نقطه قطع کرده است.</p>	<p>یک‌به‌یک نیست، چون یک خط افقی نمودار تابع را در بیشتر از یک نقطه قطع کرده است.</p>	<p>یک‌به‌یک است. چون هر خط افقی دلخواه، حداکثر در یک نقطه نمودار تابع را قطع کرده است.</p>

توجه کنید نمودار اصلاً بیانگر یک تابع نیست پس شرط یک‌به‌یک بودن را اصلاً کنترل نمی‌کنیم.



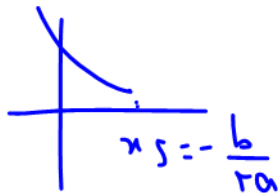
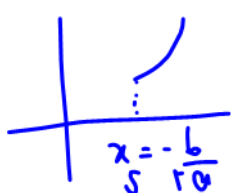
تابع ثابت $y=k$ ، مستند به $y=x^2$ یا $y=|x|$ یا $y=(x-3)^2$ یا $x=y^2$

یادت باشه: معمولاً وجود x^2 ، $|x|$ ، $|x|$ یا نسبت‌های مثلثاتی $\sin x$ ، $\cos x$ ، $\tan x$ و $\cot x$ تابع را غیریک‌به‌یک می‌کند.

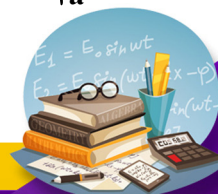
چند نکته مهم:

۱) تابع خطی $y = ax + b$ با شرط $a \neq 0$ (شیب غیرصفر، خطی که افقی نباشد) همواره یک‌به‌یک است.

۲) تابع $f(x) = ax^2 + bx + c$ در فاصله طول رأس به بعد و یا طول رأس به قبل، یک‌به‌یک است یعنی در این فاصله‌ها: $(-\infty, \frac{-b}{2a}]$ یا $[\frac{-b}{2a}, +\infty)$



$(-\infty, \frac{-b}{2a}]$ یا $[\frac{-b}{2a}, +\infty)$



تغییرات

اگر تابعی آبدر آبیکو باشد، یک به یک است. آبدر معصوری با آبیکو نزدیکی

(۳) توابع چند جمله‌ای از درجه زوج (بزرگ توان x زوج است) غیر یک به یک هستند.

(۴) توابع $|x|$ یا $\frac{|x|}{x}$ ، $x + |x|$ ، $|x| - x$ ، $x - |x|$ با توجه به نمودارشان که در درس نامه قدم‌مطلق دیدیم، یک به یک نیستند چون در

بخشی از نمودارشان به شکل یک خط افقی درمی‌آیند و هر وقت قسمتی از نمودار به شکل یک خط افقی باشد تابع حتماً غیر یک به یک است.

(۵) توابع $[x]$ ، $x - [x]$ ، $[x] + [-x]$ و $(-1)^{[x]}$ به دلیل مشابه مورد بالا، غیر یک به یک هستند.

(۶) تابع $x + [x]$ یک به یک است.

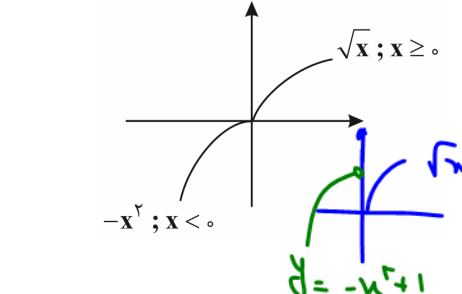
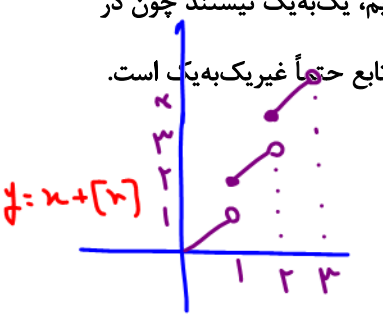
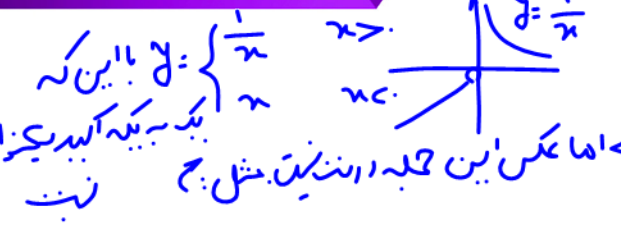
(۷) تابع هموگرافیک $y = \frac{ax+b}{cx+d}$ با شرط $ad - bc \neq 0$ یک به یک است.

(۸) در بررسی یک به یک بودن توابع دو یا چند ضابطه‌ای ابتدا یک به یک بودن ضابطه را در دامنه آن بررسی کرده و سپس بررسی می‌کنیم که هر خط افقی بیشتر از یک مرتبه نمودار تابع را قطع نکند

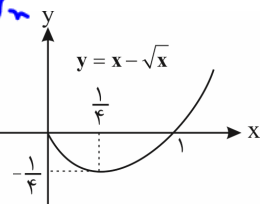
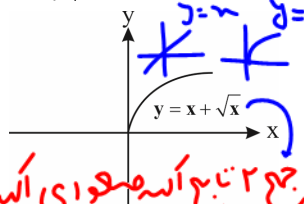
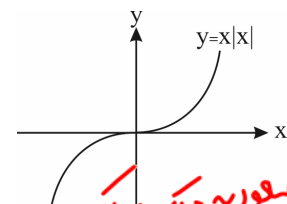
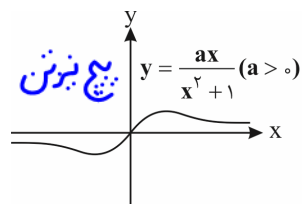
(برد ضابطه‌ها با هم اشتراک نداشته باشد)، مثلاً تابع $y = \begin{cases} \sqrt{x} & x \geq 0 \\ -x^2 & x < 0 \end{cases}$ یک به یک است چون طبق

نمودار هر خط افقی فقط در یک نقطه نمودار تابع را قطع می‌کند.

(۹) توابع $x + \sqrt{x}$ و $x|x|$ یک به یک و توابع $x - \sqrt{x}$ و $\frac{ax}{x^2+1}$ غیر یک به یک هستند.



انحال رابه ذهن بسیار!



جمع ۳ تابع آبدر معصوری آبیکو و یک به یک

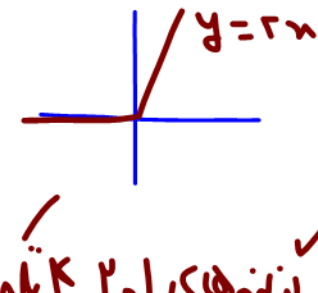
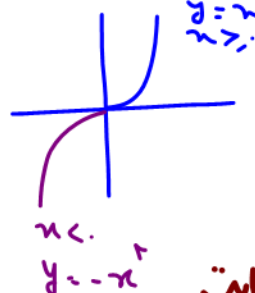
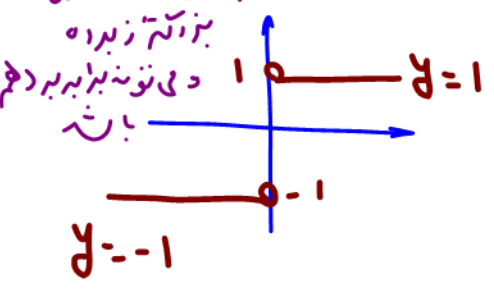
تست ۱۶۷: اگر تابع $f = \{(-1, 1), (1, 2), (2, 3), (a, m-1), (a+2, n), (m, 3)\}$ یک به یک باشد، مقدار n کدام است؟

$y=3$ آبیکو آبیکو در ارتباط باشد پس $m=3$

$y=1$ آبیکو آبیکو در ارتباط باشد پس $a=-1$ پس $(a+2, n) = (1, n)$ آبیکو آبیکو در ارتباط باشد پس $n=2$ و آبیکو آبیکو در ارتباط است

$f: A \rightarrow B$

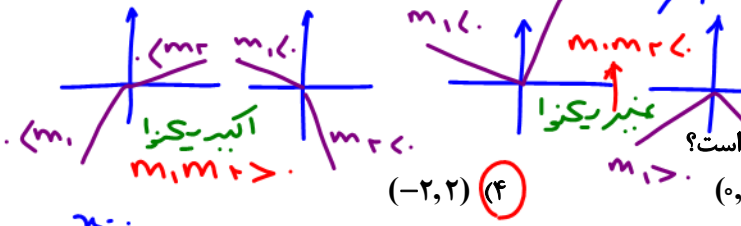
تست ۱۶۸: تابع $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ با کدام ضابطه، یک به یک است؟
 (۱) $f(x) = x - |x|$ (۲) $f(x) = x + |x|$ (۳) $f(x) = x|x|$ (۴) $f(x) = \frac{|x|}{x}$



نمونه‌های ۱ و ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۲، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶، ۳۷، ۳۸، ۳۹، ۴۰، ۴۱، ۴۲، ۴۳، ۴۴، ۴۵، ۴۶، ۴۷، ۴۸، ۴۹، ۵۰، ۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵۴، ۵۵، ۵۶، ۵۷، ۵۸، ۵۹، ۶۰، ۶۱، ۶۲، ۶۳، ۶۴، ۶۵، ۶۶، ۶۷، ۶۸، ۶۹، ۷۰، ۷۱، ۷۲، ۷۳، ۷۴، ۷۵، ۷۶، ۷۷، ۷۸، ۷۹، ۸۰، ۸۱، ۸۲، ۸۳، ۸۴، ۸۵، ۸۶، ۸۷، ۸۸، ۸۹، ۹۰، ۹۱، ۹۲، ۹۳، ۹۴، ۹۵، ۹۶، ۹۷، ۹۸، ۹۹، ۱۰۰



بارآوری: هر خط $y=mx$ عبوری از مبدأ است.

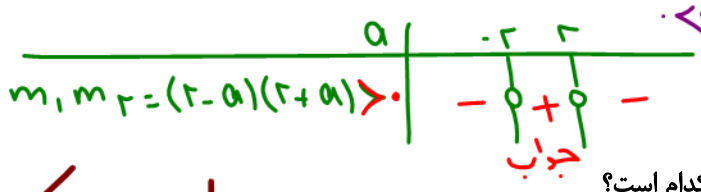


دوین خط عبوری از مبدأ به یکی از چهار مدل تقابلند:

تست ۱۶۹: اگر تابع $f(x) = a|x| + 2x$ یک به یک باشد، حدود a کدام است؟
 (۱) $(2, +\infty)$ (۲) $(-\infty, -2) \cup (2, +\infty)$ (۳) $(0, 2)$ (۴) $(-2, 2)$

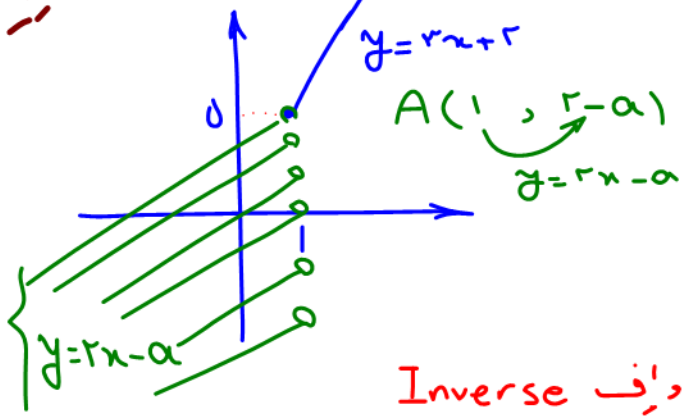
$$y = a|x| + 2x = \begin{cases} x \leq 0 & y = -ax + 2x = (2-a)x \\ x \geq 0 & y = ax + 2x = (2+a)x \end{cases}$$

بین تابع و تابعی خط عبوری از مبدأ هستند. برای یک به یک بودن باید به صورت آبیدگیزا باشد یعنی



تست ۱۷۰: اگر تابع $f(x) = \begin{cases} 3x+2 & x \geq 1 \\ 2x-a & x < 1 \end{cases}$ یک به یک باشد، حدود a کدام است؟
 (۱) \mathbb{R} (۲) \emptyset (۳) $[-3, +\infty)$ (۴) $(-\infty, -3]$

دو تابعی هار آبیدگی!



عرض نقطه توخالی (حفره) باید ۵ یا کمتر باشد:

$$2-a \leq 5 \Rightarrow -3 \leq a$$

تابع معکوس (تابع وارون) با $f^{-1} \neq \frac{1}{f}$ نشان داده می شود و f^{-1} Inverse

تابع یک به یک f ، در زیر داده شده است. اگر جای مولفه های اول و دوم زوج های مرتب f را عوض کنیم، تابع دیگری مانند g به دست می آید:
 $f = \{(1, 2), (0, -3), (4, 7)\}$, $g = \{(2, 1), (-3, 0), (7, 4)\}$
 دو تابع f و g را معکوس هم می نامند اگر برد و دامنه دو تابع بالا را مقایسه کنید می بینید که دامنه f برابر برد g و برد f مساوی دامنه g است:
 $D_f = R_g = \{1, 0, 4\}$, $R_f = D_g = \{2, -3, 7\}$

هرگاه $f: A \rightarrow B$ یک به یک باشد، تابع معکوس f^{-1} را که با نماد f^{-1} نشان می دهیم به صورت زیر تعریف می کنیم:

$$f^{-1} = \{(y, x) | (x, y) \in f\}$$

همان طور که در مثال دیدیم، می توانیم بگوییم که همواره $D_f = R_{f^{-1}}$ و $R_f = D_{f^{-1}}$ می باشد.

توجه کنید که شرط لازم و کافی برای آن که f^{-1} تابع باشد (معکوس پذیر باشد) آن است که f یک به یک باشد. پس اگر در یک سؤال از ما شرط وارون پذیری بپرسند، در واقع منظور همان شرط یک به یک بودن است که در درس نامه قبلی بسیار کامل بررسی کردیم.
 نکته مهم در معکوس توابع مرکب: اگر f و g دو تابع یک به یک باشند آن گاه همواره داریم:

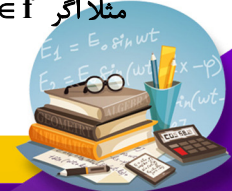
$$\begin{cases} 1) (g^{-1} \circ f^{-1})(x) = (f \circ g)^{-1}(x) \\ 2) (f^{-1} \circ g^{-1})(x) = (g \circ f)^{-1}(x) \end{cases}$$

تذکر: اگر نقطه $A(a, b)$ روی تابع f باشد، نقطه $A'(b, a)$ روی f^{-1} است یعنی:

$$f(a) = b \Rightarrow f^{-1}(b) = a$$

$$f(2) = 3 \Rightarrow f^{-1}(3) = 2$$

مثلاً اگر $A(2, 3) \in f$ باشد:



تست ۱۷۱: در تابع $f = \{(1,2), (2,3), (4,5), (3,4)\}$ و $g = \{(2,1), (3,2), (5,4)\}$ مفروضه اند. تابع $g^{-1} \circ f^{-1}$ کدام است؟

(ریاضی خارج ۹۰)

$\{(3,3), (5,5), (4,3)\}$ (۲)

$\{(4,4), (1,1), (3,4)\}$ (۱)

$\{(2,2), (3,3), (5,5)\}$ (۴) ✓

$\{(2,2), (1,1), (4,4)\}$ (۳)

$g^{-1} \circ f^{-1} = (f \circ g)^{-1}$

$f \circ g = f(g(x)) = \{(2,2), (3,3), (5,5)\}$

$(f \circ g)^{-1} = \{(2,2), (3,3), (5,5)\}$

تست ۱۷۲: دو تابع $f = \{(5,2), (7,3), (1,4), (3,6), (9,1)\}$ و $g(x) = \sqrt{5x+9}$ مفروضه اند. اگر $(g^{-1} \circ f^{-1})(a) = 8$ باشد، a کدام است؟

(تجربی خارج ۹۶)

است؟

۷ (۴)

۶ (۳)

۳ (۲) ✓

۲ (۱)

$g^{-1}(f^{-1}(a)=7) = 8 \rightarrow$ ضربی قهقرون دوری می‌باشد:

$g(8) = \sqrt{5(8)+9} = \sqrt{49} = 7$

$g(8) = 7$

$g^{-1}(7) = 8$

$f^{-1}(a) = 7 \rightarrow f(7) = a = 3$

تست ۱۷۳: دو تابع با ضابطه‌ی $f(x) = \begin{cases} \sqrt{x} & , x \geq 0 \\ -\sqrt{-x} & , x < 0 \end{cases}$ و $g = \{(2,-1), (-1,4), (3,-2), (-4,-3)\}$ مفروضه اند. اگر $g^{-1}(f(a)) = 3$ باشد، a کدام است؟

(ریاضی خارج ۹۳)

است؟

۴ (۴)

۲ (۳)

-۱ (۲)

-۴ (۱)

$g(3) = -2$

$g^{-1}(f(a)) = 3 \rightarrow$

$g(3) = -2$

$g^{-1}(-2) = 3$

$f(a) = -2$

ضابطه دوم آسنی بیده

$f(a) = -\sqrt{-a} = -2 \rightarrow \sqrt{-a} = 2 \rightarrow -a = 4$

$a = -4$

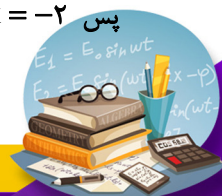
۷) اگر $f^{-1}(a)$ را بپرسند، اسم آن x گذاشته و $f(x) = a$ را حل می‌کنیم. x همان جواب مسئله است. مثلاً اگر $f(x) = -x + \sqrt{-2x}$

و $f^{-1}(4)$ را بپرسند:

$f^{-1}(4) = x \Rightarrow f(x) = 4 \Rightarrow -x + \sqrt{-2x} = 4$

$\Rightarrow \sqrt{-2x} = x + 4 \xrightarrow[\text{حدس}]{x=-2} \sqrt{-2(-2)} = -2 + 4 \Rightarrow 2 = 2 \checkmark$

پس $x = -2$ جواب مسئله است. (ریاضی ۸۸)



$$f(\alpha) = \beta \quad f^{-1}(\beta) = \alpha$$

درودی f خردی-کماست و خردی f درودی f^{-1} باشد.

$$g(x) = f^{-1}(x)$$

تست ۱۷۴: فرض کنید $g(x)$ وارون تابع $f(x) = x + 2\sqrt{x}$ باشد. حاصل $g(3) + g(15)$ کدام است؟
 ۸ (۴) ۱۰ (۳) ۱۱ (۲) ۱۲ (۱)

اعداد ۳ و ۱۵ درودی f هستند پس خردی f هم می‌شوند: $\rightarrow ۱۰$
 $g(3) = f^{-1}(3) = 1$
 $g(15) = f^{-1}(15) = 9$

$$3 = x + 2\sqrt{x} \rightarrow x = 1$$

$$15 = x + 2\sqrt{x} \rightarrow x = 9$$

$$f(1) = 3 \rightarrow f^{-1}(3) = 1$$

$$f(9) = 15 \rightarrow f^{-1}(15) = 9$$

تست ۱۷۵: اگر $f(x) = x + \sqrt{x}$ و $g(x) = \frac{9x+6}{1-x}$ باشند، مقدار $(g^{-1} \circ f^{-1})(20)$ کدام است؟
 $\frac{2}{4}$ (۴) $\frac{2}{3}$ (۳) $\frac{2}{5}$ (۲) $\frac{2}{5}$ (۱) ✓

$$g^{-1}(f^{-1}(20)) = g^{-1}(17) = \frac{2}{5}$$

۲۰ درودی f^{-1} و همون خردی f است: $f(x) = x + \sqrt{x} = 20$
 حل: $x = 16$
 $f(16) = 20$ و $f^{-1}(20) = 16$

$$f(x) = x + \sqrt{x} = 20$$

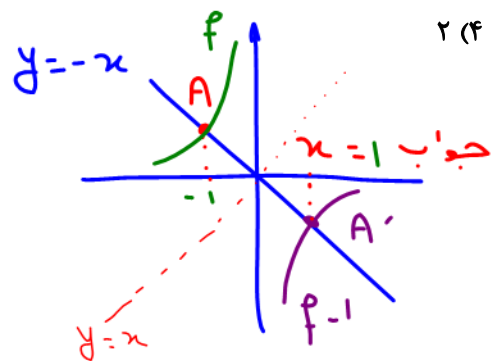
۱۷ درودی f^{-1} و همون خردی f است:
 $g(x) = \frac{9x+7}{1-x} = 17 \rightarrow 9x+7 = 17-17x \rightarrow x = \frac{10}{18} = \frac{5}{9}$

$$g(x) = \frac{9x+7}{1-x} = 17 \rightarrow 9x+7 = 17-17x \rightarrow x = \frac{10}{18} = \frac{5}{9}$$

$$g(\frac{2}{5}) = 17 \rightarrow g^{-1}(17) = \frac{2}{5}$$

تست ۱۷۶: تابع f با ضابطه $f(x) = x - \frac{2}{x}$ در دامنه $D_f = (-\infty, 0)$ را در نظر بگیرید. نمودار تابع f^{-1} نیمساز ناحیه چهارم را با کدام طول قطع می‌کند؟ **جواب: ۱**

$$x - \frac{2}{x} = -x \rightarrow x = \pm 1 \rightarrow x < 0 \rightarrow x = -1$$

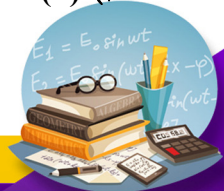


لازم نیست f^{-1} را بیابیم بلکه کافی است خود f را با $y = -x$ قطع دهیم
 نقطه A مسافرت A جواب است یعنی A دوطرفش از ارزش f^{-1} است.

(۱) نمودار تابع‌های f ، f^{-1} نسبت به خط $y = x$ قرینه یکدیگرند. بنابراین اگر نمودار یک تابع یک‌به‌یک نسبت به خط $y = x$ متقارن باشد، آن‌گاه تابع و وارونش با هم برابرند.

(۲) اگر $f(a) = b$ ، آن‌گاه $f^{-1}(b) = a$ به عبارت دیگر اگر نقطه (a, b) روی نمودار تابع f باشد، آن‌گاه نقطه (b, a) روی نمودار f^{-1} است.

$$(f^{-1})^{-1}(x) = f(x) \quad (۳)$$



(۴) اگر نمودارهای f و f^{-1} ، یکدیگر را در نقطه (a, b) قطع کنند آن گاه $f(a) = b$ و $f(b) = a$. یعنی هم (a, b) و هم (b, a) ، نقاط تقاطع هستند.

(۵) اگر f تابعی وارون پذیر باشد، آن گاه: $(f^{-1} \circ f)(x) = x$ ، $x \in D_f$ یا $x \in R_{f^{-1}}$

فرقی نمی کند، اگر f را داشتید دامنه اش و اگر f^{-1} را داشتید بردش را حساب می کنید.

(ب) $(f \circ f^{-1})(x) = x$ ، $x \in D_{f^{-1}}$ یا $x \in R_f$

فرقی نمی کند، اگر f را داشتید بردش و اگر f^{-1} را داشتید دامنه اش را حساب می کنید.

(۶) دو تابع $f^{-1} \circ f$ و $f \circ f^{-1}$ فقط به شرطی با هم مساوی هستند که f وارون پذیر باشد و دامنه و برد f یکسان باشد. بعضی ها فکر می کنند که چون $f^{-1}(f(x)) = x$ و $f(f^{-1}(x)) = x$ هستند پس این دو همیشه برابرند.

مثال: در تابع $f(x) = -x + 1$ با شرط $-1 \leq x \leq 2$ ، $f^{-1} \circ f = f \circ f^{-1}$ است چون برد این تابع در محدوده دامنه $[-1, 2]$ ، برابر است.

(۷) اگر دو تابع f و g وارون یکدیگر باشند، ترکیب آن ها همانی است اما عکس موضوع همواره برقرار نیست.

تست ۱۷۷: ضابطه ی وارون $y = \frac{x}{1+|x|}$ کدام است؟

دوی f^{-1} است.

$$y = \frac{1-|x|}{|x|}, |x| > 1 \quad (۲)$$

$$y = \frac{x}{1-|x|}, |x| < 1 \quad (۱)$$

$$y = \frac{|x|-1}{x}, |x| < 1 \quad (۴)$$

$$y = \frac{x}{|x|-1}, |x| > 1 \quad (۳)$$

بیستم (۰، ۰) دوی f است پس بایه $A'(0,0)$ دوی f باشد گزینه های ۲ و ۴ نمی توانند

$x=0$ بگیرند چون $x=0$ در آن ها است گزینه ۳ نیز به خاطر شرط $|x| > 1$ نمی تواند $x=0$ را بگیرد چون $x=0$ در آن ها است گزینه ۱ نیز به خاطر شرط $|x| > 1$ نمی تواند

تست ۱۷۸: ضابطه ی معکوس $y = \begin{cases} \frac{|x|}{x} \sqrt{|x|}, & x \neq 0 \\ 0, & x = 0 \end{cases}$ به کدام صورت است؟ (تجربی خارج ۹۲)

$$y = x\sqrt{|x|}, x \in \mathbb{R} - \{0\} \quad (۲)$$

$$y = x\sqrt{|x|}, x \in \mathbb{R} \quad (۱)$$

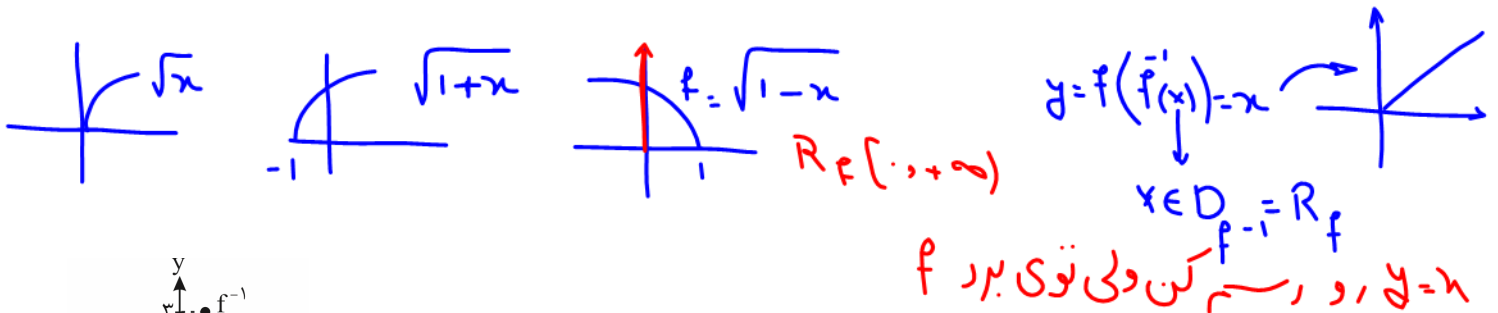
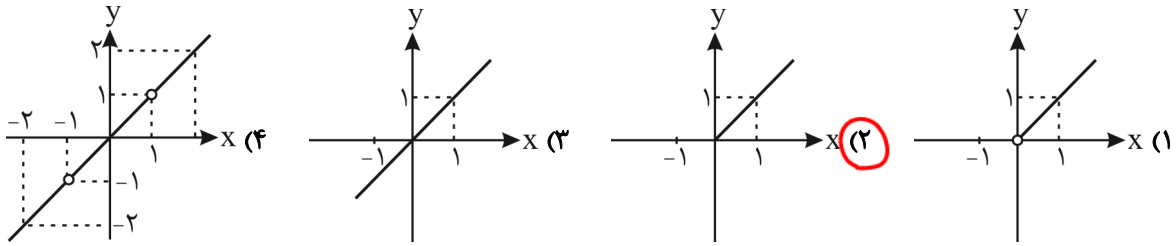
$$y = x|x|, x \in \mathbb{R} \quad (۴)$$

$$y = x|x|, x \in \mathbb{R} - \{0\} \quad (۳)$$

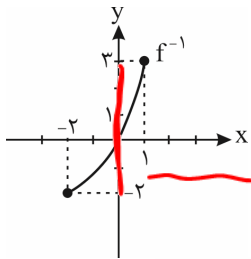
دوی که جزو اصل راه مثل $x=4$ به تابع بییم $f(4) = \frac{|4|}{4} \sqrt{4} = 2$ پس $A(4,2) \in A$ و بایه $A'(2,4) \in A'$ فقط گزینه های ۳ و ۴ که $x=2$ می دهیم خوبی 4 دارند. از طرفی $B(0,0) \in B$ پس بایه $A'(0,0) \in A'$ باشد ولی گزینه ۳ و ۴ را به خاطر شرط جلوش نمی گیریم پس گزینه ۴ است!



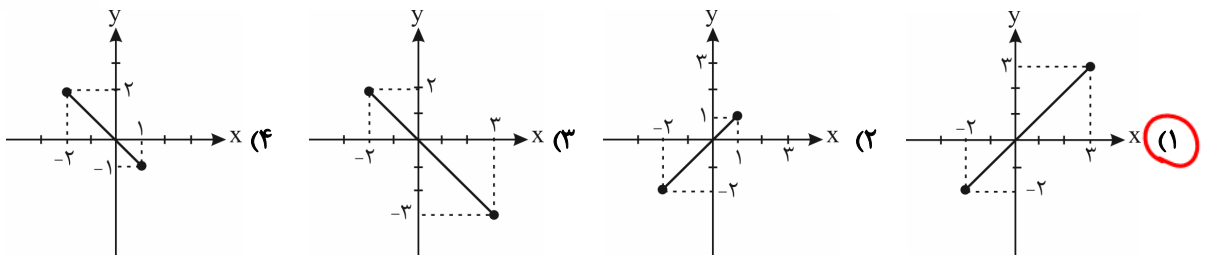
تست ۱۷۹: اگر $f(x) = \sqrt{1-x}$ باشد، نمودار $(f \circ f^{-1})(x)$ کدام است؟



تست ۱۸۰: نمودار تابع f^{-1} به صورت زیر است. نمودار تابع $y = f^{-1} \circ f(x)$ کدام است؟

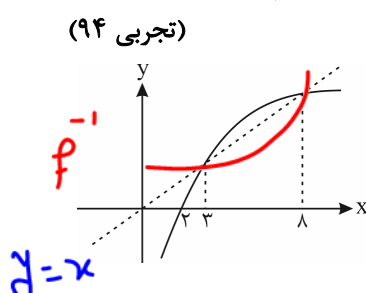


$R_{f^{-1}} = [-2, 3] = D_f$



$y = f^{-1}(f(x)) = x \rightarrow$ گزینه ۱ صحیح است
 $x \in D_f = R_{f^{-1}} = [-2, 3] \rightarrow$ گزینه ۱ صحیح است

تست ۱۸۱: شکل روبه‌رو، نمودار تابع $y = f(x)$ و نیمساز ناحیه اول و سوم است. دامنه تابع با ضابطه $\sqrt{x - f^{-1}(x)}$ کدام است؟



$x - f^{-1}(x) \geq 0$
 $x \geq f^{-1}(x)$

- (۱) $(0, 2]$
- (۲) $[2, 3]$
- (۳) $[2, 8]$
- (۴) $[3, 8]$ ✓

باید دید کجاها (در کدام x ها) تابع $y = x$ از نمودار $f^{-1}(x)$ بالاتر یا مساوی است؟

در محور همان سمتی که $f^{-1}(x) < x$ است به $y = x$ می بینیم در بازه $[3, 8]$ تابع $y = x$ از $f^{-1}(x)$ بالاتر است.



به دست آوردن ضابطه‌ی تابع وارون

برای به دست آوردن ضابطه‌ی تابع وارون (البته تابع اصلی باید یک‌به‌یک باشد) این ۳ کار رو می‌کنیم:
 ۱- به جای $f(x)$ می‌نویسیم y .
 ۲- x رو تنها می‌کنیم.

نتیج را برابر y فرض کنید x را بر حسب y بیابید و جای y را عوض نکنید.
 وارون خط: $f(x) = ax + b$

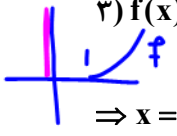
$f^{-1}(x) = \frac{1}{a}x - \frac{b}{a}$

۳- وقتی x تنها شد، به جای x قرار می‌دهیم $f^{-1}(x)$ و به جای y می‌ذاریم x .

۱) $f(x) = 2x - 3 \Rightarrow y = 2x - 3 \Rightarrow y + 3 = 2x \xrightarrow{\div 2} \frac{y+3}{2} = x \xrightarrow{\text{تعویض } x \text{ و } y} \frac{x+3}{2} = y \Rightarrow \frac{x+3}{2} = f^{-1}(x) = \frac{1}{2}x + \frac{3}{2}$

۲) $f(x) = \frac{1}{x-1} \Rightarrow y = \frac{1}{x-1} \Rightarrow x-1 = \frac{1}{y} \Rightarrow x = \frac{1}{y} + 1 \Rightarrow f^{-1}(x) = \frac{1}{x} + 1 = \frac{x+1}{x}$

۳) $f(x) = (x-1)^2; x \geq 1 \Rightarrow y = (x-1)^2$ جذر می‌گیریم تا از شر توان ۲ و اساس x خلاص بشیم. $\sqrt{y} = |x-1|$ خودش گفته $x \geq 1$ پس $\sqrt{y} = x-1 \xrightarrow{\text{خودش}} \sqrt{y} = x-1$



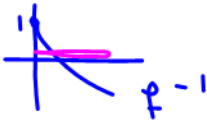
$\Rightarrow x = \sqrt{y} + 1 \xrightarrow{\text{مرحله سوم}} f^{-1}(x) = \sqrt{x} + 1$ $x > .$



نکته: f و f^{-1} از نظر صعودی نزولی یکنه.

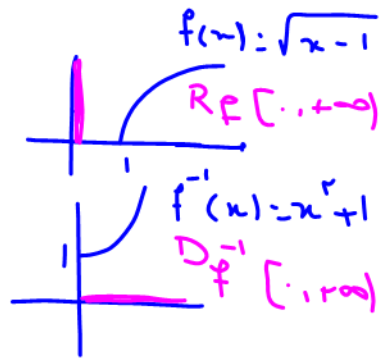
۴) $f(x) = (x-1)^2; x < 1$
 $\Rightarrow y = (x-1)^2 \xrightarrow{\sqrt{\quad}} \sqrt{y} = |x-1|$ خودش گفته $x < 1$ $\sqrt{y} = 1-x \Rightarrow x = 1 - \sqrt{y}$
 قرینش $|x-1| = 1-x$

$\xrightarrow{\text{مرحله سوم}} f^{-1}(x) = 1 - \sqrt{x}$ $x > .$



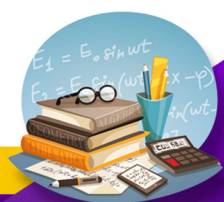
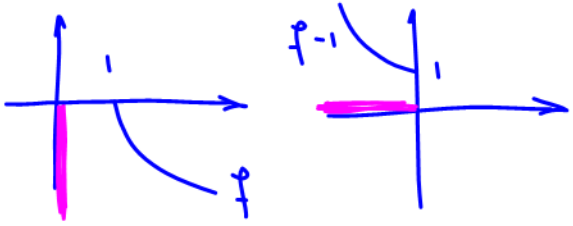
۵) $f(x) = \sqrt{x-1} \Rightarrow y = \sqrt{x-1}$ به توان ۲ می‌رسونیم تا از شر رادیکال خلاص بشیم و x آزاد بشه $y^2 = x-1 \Rightarrow x = y^2 + 1$

$\xrightarrow{\text{مرحله سوم}} f^{-1}(x) = x^2 + 1$ $x > .$

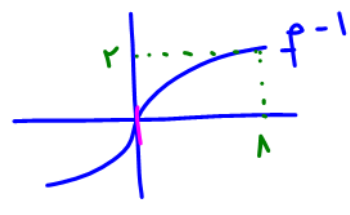
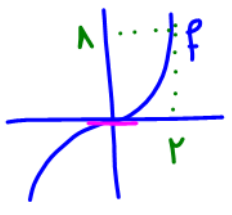


۶) $f(x) = -\sqrt{x-1} \Rightarrow y = -\sqrt{x-1}$ توان ۲ $y^2 = (-\sqrt{x-1})^2 = x-1 \Rightarrow x = y^2 + 1$

$\xrightarrow{\text{مرحله سوم}} f^{-1}(x) = x^2 + 1$ $x \leq .$



۷) $f(x) = x^3 \Rightarrow y = x^3 \xrightarrow{\sqrt[3]{\quad}} \sqrt[3]{y} = x \xrightarrow{\text{مرحله سوم}} f^{-1}(x) = \sqrt[3]{x}$



۸) $f(x) = x^3 - 3x^2 + 3x + 5 \Rightarrow y = x^3 - 3x^2 + 3x + 5 \Rightarrow y = x^3 - 3x^2 + 3x - 1 + 6 \Rightarrow y = (x-1)^3 + 6$
 حالا عبارت x دارو رو تنها کن.

$(x-1)^3 = y - 6 \xrightarrow{\sqrt[3]{\quad}} x-1 = \sqrt[3]{y-6} \Rightarrow x = \sqrt[3]{y-6} + 1 \xrightarrow{\text{مرحله سوم}} f^{-1}(x) = \sqrt[3]{x-6} + 1$

تست ۱۸۲: قرینه خط به معادله $3y - 2x = 4$ را نسبت به خط $y = x$ خط d می‌نامیم. عرض از مبدأ خط d کدام است؟

دانش است. $\left. \begin{matrix} 2 (4) \\ 1 (3) \\ -1 (2) \\ -2 (1) \end{matrix} \right\}$ (سراسری تجربی داخل ۹۷)

نوی d (وارون تابع) x بزار
 داین مدل این که نوی خود تابع
 $y = 0$ بزار: $3y - 2x = 4$
 $x = -2$

راه رینه این که وارون یا همون d ایا بییم و x را معر کنیم
 ، حفظ جای x و y رو عوض کن:
 $3y - 2x = 4$
 $y = -2$

تست ۱۸۳: درباره‌ی تابع خطی f به ازای هر مقدار حقیقی x می‌دانیم $f^{-1}(x) = f(x-10)$. مقدار $f(7)$ کدام است؟

$\frac{1}{a}x - \frac{b}{a} = a(x-10) + b = ax + b - 10a$
 $f(x) = ax + b$
 $f^{-1}(x) = \frac{1}{a}x - \frac{b}{a}$

دو طرف برابرند پس ضریب x و اعداد ثابت در طرفتاری باید
 یکسان باشند:

$\frac{1}{a} = a \rightarrow a^2 = 1 \rightarrow a = \pm 1$ $a=1 \rightarrow b=5$ $f(x) = x+5$ $f(7) = 7+5 = 12$

(۱) وارون تابع هموگرافیک $f(x) = \frac{ax+b}{cx+d}$ با شرط $ad - bc \neq 0$ به شکل $f^{-1}(x) = \frac{-dx+b}{cx-a}$ است.

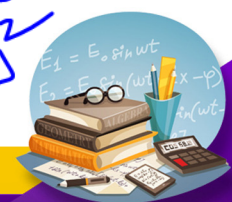
(۲) در تابع هموگرافیک $f(x) = \frac{ax+b}{cx+d}$ با شرط $ad - bc \neq 0$ اگر $a + d = 0$ باشد، تابع و وارونش بر یکدیگر منطبق هستند یعنی:

$f(x) = f^{-1}(x)$

تست ۱۸۴: نمودار تابع $f(x) = \frac{x+4}{x-2}$ با دامنه‌ی $\mathbb{R} - \{2\}$ ، نمودار وارون خود را با کدام طول قطع می‌کند؟ (تجربی خارج ۹۶)

$f = f^{-1}$ $1, 4 (4)$ $1, -4 (3)$ $-1, 4 (2)$ $-1, -4 (1)$

$\frac{x+4}{x-2} = \frac{2x+4}{x-1}$ \rightarrow گزینه ۳، ۴ نگاه هستن زیرا $x=1$ رینه
 فنج است $x=-4$ در معادله صاف نیست لذا
 گزینه ۱ و ۲ در لنگه! 😊



f^{-1} بیابید

تست ۱۸۵: قرینه‌ی نمودار تابع $y = 2 + \sqrt{x-1}$ را نسبت به خط $y = x$ رسم کرده و سپس نمودار حاصل را ۲ واحد در جهت مثبت محور x ها و ۳ واحد در جهت منفی محور y ها انتقال می‌دهیم و آن را $y = g(x)$ می‌نامیم. مقدار $g(4)$ کدام است؟ (تجربی ۱۴۰۰)

$(1) \quad 3 \quad (2) \quad -3 \quad (3) \quad -2 \quad (4) \quad -4$
 $y - 2 = \sqrt{x - 1} \rightarrow (y - 2)^2 = x - 1 \rightarrow x = 1 + (y - 2)^2 \rightarrow y = 1 + (x - 2)^2$
 $y = 1 + (x - 2)^2 - 3$
 $g(4) = -2 \quad \rightsquigarrow \quad g(x) = (x - 4)^2 - 2$

تست ۱۸۶: تابع $f(x) = x^2 \sqrt{x^2}$ در یک بازه نزولی است. ضابطه‌ی وارون تابع در این بازه کدام است؟ (ریاضی ۱۴۰۱)

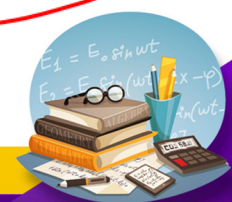
$(1) \quad -\sqrt{x}; x \geq 0 \quad (2) \quad -\sqrt{x^3}; x \leq 0 \quad (3) \quad -\sqrt{x}; x \leq 0 \quad (4) \quad -\sqrt{x^3}; x \geq 0$
 $y = x^2 |x| = \begin{cases} x^3 & x \geq 0 \\ -x^3 & x < 0 \end{cases}$
 $y = -x^3 \rightarrow \sqrt[3]{y} = -x$
 $-\sqrt[3]{y} = x$
 $-\sqrt[3]{x} = y = f^{-1}(x)$ یا $z = y = f^{-1}(x)$
 $R_f = D_{f^{-1}} = (0, +\infty)$
 پس گزینه ۱ درست است!

تست ۱۸۷: وارون تابع $y = x^3 - x + 1$ از کدام نقطه عبور می‌کند؟ (تجربی ۱۴۰۱)

$(1) \quad (\frac{5}{8}, \frac{1}{2}) \quad (2) \quad (1, 2) \quad (3) \quad (-\frac{1}{2}, -\frac{11}{8}) \quad (4) \quad (-1, -2)$
 $A(\alpha, \beta) \in f \leftrightarrow A^{-1}(\beta, \alpha) \in f^{-1}$
 $f(\frac{1}{8}) = (\frac{1}{8})^3 - (\frac{1}{8}) + 1 = \frac{1}{8} - \frac{1}{8} + 1 = \frac{1 - 1 + 8}{8} = \frac{8}{8} = 1$
 $A(\frac{1}{8}, 1) \in f \rightarrow A^{-1}(1, \frac{1}{8}) \in f^{-1}$
 امده لازم نیست f^{-1} را بیابیم بلکه کافی است جای (x, y) را مضمحل کرده در همین تابع f کنترل کنیم.

تست ۱۸۸: تابع با ضابطه‌ی $f(x) = 2x - |4 - 2x|$ در بازه‌ای وارون پذیر است. ضابطه‌ی $f^{-1}(x)$ در آن بازه کدام است؟ (ریاضی خارج ۹۲)

$(1) \quad \frac{1}{4}x + 1, x \geq 4 \quad (2) \quad \frac{1}{4}x - 1, x \leq 4 \quad (3) \quad \frac{1}{4}x - 1, x \geq 4 \quad (4) \quad \frac{1}{4}x + 1, x \leq 4$
 $f(x) = 2x - |4 - 2x| = \begin{cases} x \leq 2 & y = 2x - (4 - 2x) = 4x - 4 \rightarrow f^{-1}(x) = \frac{1}{4}x + \frac{4}{4} = \frac{1}{4}x + 1 \\ x > 2 & y = 2x - (-4 + 2x) = 4 \end{cases}$
 تابع ثابت غیریک به یک وارون ناپذیر
 $x < 2 \quad R_f = D_{f^{-1}} = (-\infty, 4]$



نگلیف: نت از هر سنج

تست ۱۸۹: تابع با ضابطه $y = x|x-2|$ در یک بازه نزولی است. ضابطه معکوس آن در این بازه کدام است؟ (تجربی ۹۴)

$A(2, 0) \in f$
 $A'(0, 2) \in$ گزینه

$1 - \sqrt{1-x}, x < 1$ (۲) $1 - \sqrt{1+x}, x < 0$ (۱)
 $1 - \sqrt{1-x}, 0 < x < 1$ (۴) $1 + \sqrt{1-x}, 0 < x < 1$ (۳) ✓

$y = x|x-2| = \begin{cases} x(x-2) & x \geq 2 \\ -x(x-2) & x < 2 \end{cases}$

$R_f = D_f - 1$ (۱)

تست ۱۹۰: اگر $f(x) = \frac{1}{y}(x + \sqrt{x^2 + 4})$ باشد، حاصل $f^{-1}(x) + f^{-1}(\frac{1}{x})$ کدام است؟ (سراسری داخل ۹۵)

- (۱) $2x$ (۲) $\frac{2}{x}$ (۳) $x^2 - 1$ (۴) صفر

پاسخ: گزینه «۴» - ابتدا باید $f^{-1}(x)$ را به دست آوریم، پس می توان نوشت:

$$y = \frac{1}{y}(x + \sqrt{x^2 + 4}) \xrightarrow{\times y} 2y = x + \sqrt{x^2 + 4} \Rightarrow 2y - x = \sqrt{x^2 + 4} \xrightarrow{\text{توان دو}} 4y^2 + x^2 - 4xy = x^2 + 4$$

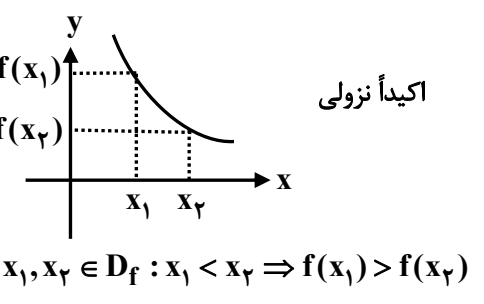
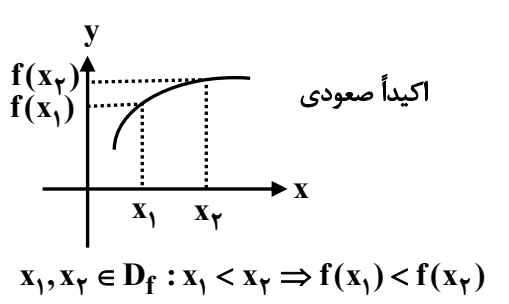
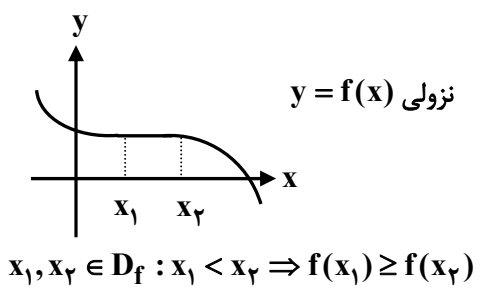
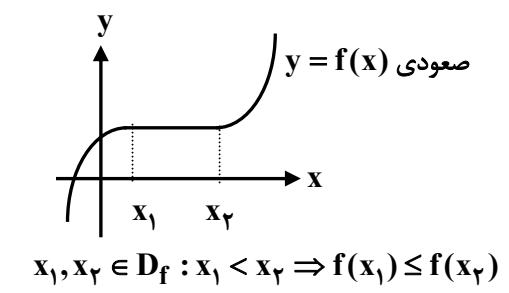
$$\Rightarrow 4y^2 = 4y^2 - 4 \xrightarrow{+4} xy = y^2 - 1 \Rightarrow x = \frac{y^2 - 1}{y} \Rightarrow f^{-1}(x) = \frac{x^2 - 1}{x} = x - \frac{1}{x}$$

همچنین $f^{-1}(\frac{1}{x}) = \frac{1}{x} - \frac{1}{\frac{1}{x}} = \frac{1}{x} - x$ است، پس داریم:

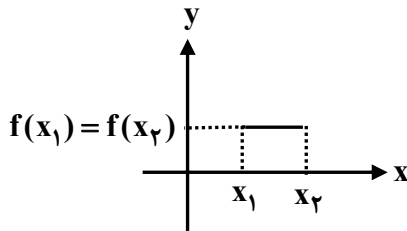
$$f^{-1}(x) + f^{-1}(\frac{1}{x}) = (x - \frac{1}{x}) + (\frac{1}{x} - x) = 0$$

«توابع صعودی و نزولی»

اگر با افزایش x ، مقادیر y افزایش یافته و یا تغییر نکند، تابع صعودی و اگر با افزایش x مقادیر y کاهش یافته و یا تغییر نکند، تابع نزولی است. توابع صعودی یا نزولی را (یکنوا) نیز می گویند.

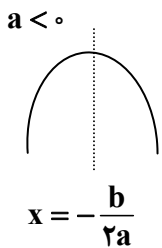


- (۱) تابعی که اکیداً صعودی یا نزولی باشد، اکیداً یکنوا نام دارد.
 (۲) توابع ثابت هم صعودی و هم نزولی اند ولی اکیداً صعودی یا اکیداً نزولی نیستند.
 مثلاً $y = [x]$ و $y = x + |x|$ ، توابعی صعودی هستند.

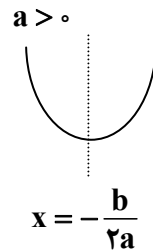


$$x_1, x_2 \in D_f : x_1 < x_2 \Rightarrow f(x_1) = f(x_2)$$

(۳) توابع درجه دوم $y = ax^2 + bx + c$ در کل روی R نه صعودی است و نه نزولی، اما از راس سهمی به قبل و یا از راس سهمی به بعد اکیداً یکنوا (اکیداً صعودی یا اکیداً نزولی) هستند.



صعودی اکید: $(-\infty, -\frac{b}{2a}]$
 نزولی اکید: $[-\frac{b}{2a}, +\infty)$



نزولی اکید: $(-\infty, -\frac{b}{2a}]$
 صعودی اکید: $[-\frac{b}{2a}, +\infty)$

تست ۱۹۱: تابع $f(x) = 3x^2 + kx + 3k^2$ در بازه $[-2, +\infty)$ صعودی است. حدود k کدام است؟
 (۱) $k \geq -12$ (۲) $k \leq -12$ (۳) $k \geq 12$ (۴) $k \leq 12$

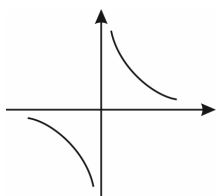
سهمی دهانه به بالا است
 باید طول راس یا x کمتر یا ساری
 -۲ باشد:

یا

$x_s = -2$ $x_s < -2$

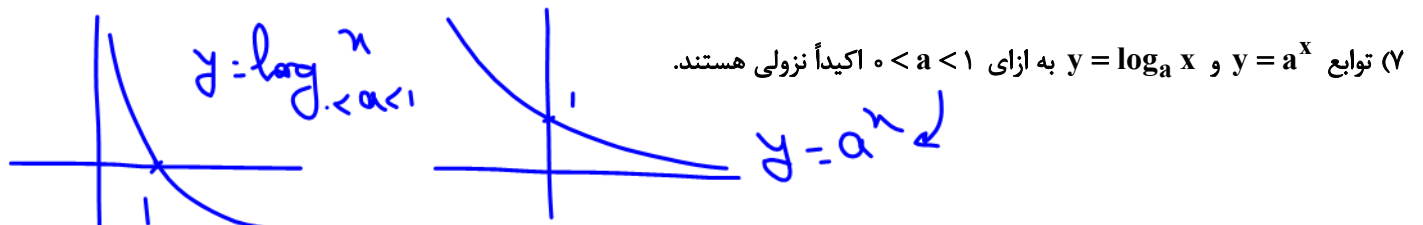
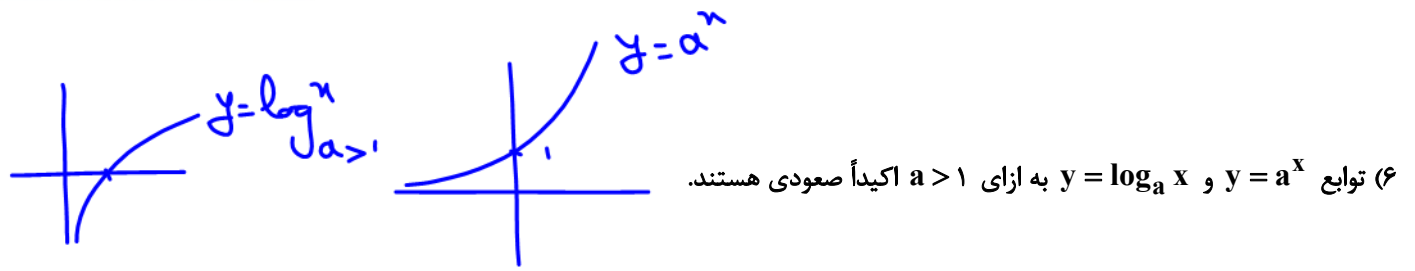
$$x_s = \frac{-b}{2a} = \frac{-k}{2(3)} \leq -2 \rightarrow \frac{-k}{6} \leq -2 \rightarrow -k \leq -12 \rightarrow k \geq 12$$

(۴) اگر تابع در قسمت‌هایی از دامنه صعودی و در قسمت‌های دیگر نزولی باشد می‌گوییم نه صعودی و نه نزولی است. به این توابع غیریکنوا گفته می‌شود.



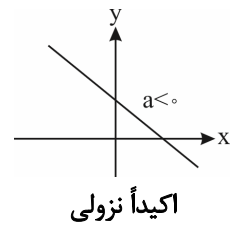
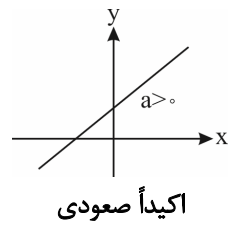
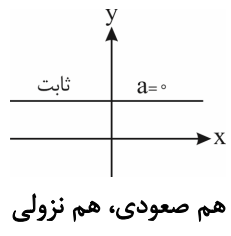
(۵) ممکن است یک تابع در دامنه‌اش نه صعودی و نه نزولی باشد ولی در بازه‌هایی از دامنه‌اش صعودی و یا نزولی باشد. مثلاً $y = \frac{1}{x}$ در فاصله $(0, +\infty)$ و یا در فاصله $(-\infty, 0)$ اکیداً نزولی است ولی روی دامنه‌اش نه صعودی و نه نزولی است.





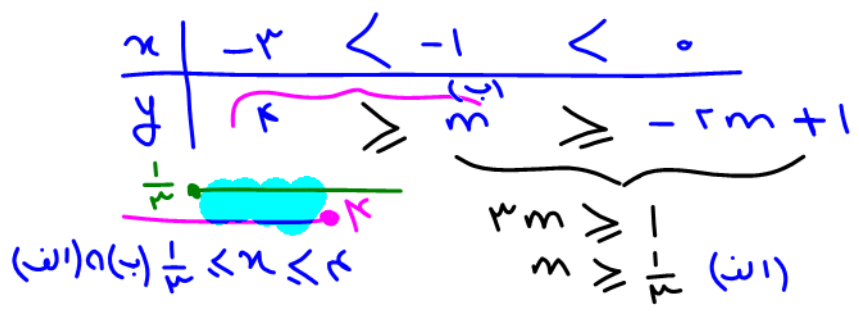
۸) تابع خطی $f(x) = ax + b$ با شرط $a \neq 0$ اکیداً یکنوا است و اگر $a = 0$ باشد به صورت یک خط افقی درمی آید که هم صعودی و هم نزولی است اما اکیداً صعودی و یا اکیداً نزولی نیست.

در خصوص دو مورد قبلی در بخش توابع نمایی و لگاریتمی صحبت کرده ایم.



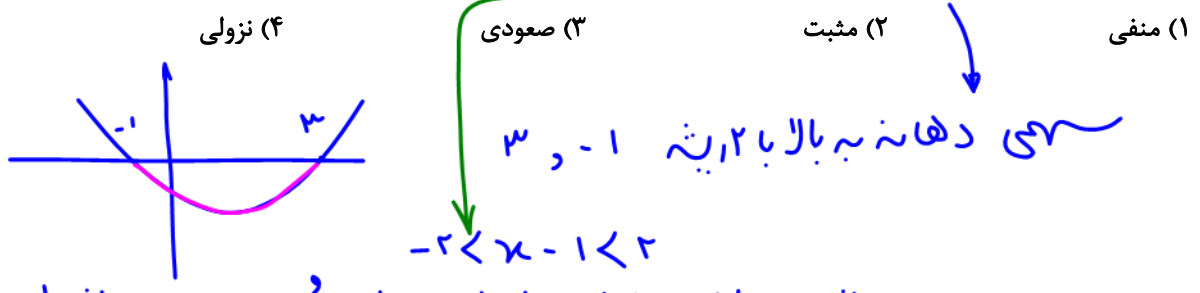
تست ۱۹۲: اگر $f = \{(-3, 4), (0, -2m+1), (-1, m)\}$ نزولی باشد، حدود m کدام است؟
 (۱) $(-\infty, 4)$ (۲) $(\frac{1}{3}, 4)$ (۳) $[\frac{1}{3}, 4]$ (۴) $(\frac{1}{3}, +\infty)$

جلوی ایم با بن سیره لفته هم میزنم
همه داره:

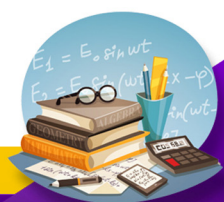


(ریاضی ۹۱)

تست ۱۹۳: تابع با ضابطه $f(x) = x^2 - 2x - 3$ با دامنه $\{x : |x-1| < 2\}$ همواره چگونه است؟



تابع در بازه $-1 < x < 3$ زیر محور، منفی است. گزینه (۱)





شرط اول
 $x < 2$

تله‌بان

تست ۱۹۴: در بازه‌ای که تابع با ضابطه $f(x) = |x-2| + |x-3|$ اکیداً نزولی است، نمودار آن با نمودار تابع $g(x) = 2x^2 - x - 1$ در چند نقطه مشترک هستند؟ (تجربی داخل ۹۷)

(۴) فاقد نقطه مشترک

(۳) ۳

$$y = -x + 2 - x + 3$$

$$y = -2x + 5$$

$$y = 2x^2 - x - 1$$

(۱) ۱

$$2x^2 - x - 1 = -2x + 5$$

$$2x^2 + x - 6 = 0$$

$$x_1 = -3$$

$$x_2 = 2$$

نیز به $x_2 = 2$ توجه کنید

در بازه آیه نزولی است!

اگر $x_1, x_2 \in D_f: x_1 < x_2 \Rightarrow f(x_1) < f(x_2)$ یعنی f تابعی است اکیداً صعودی و اگر $x_1, x_2 \in D_f: x_1 < x_2 \Rightarrow f(x_1) > f(x_2)$ یعنی f تابعی است اکیداً نزولی پس اگر مثلاً داشته باشیم $f(x^2) > f(x)$ و f تابعی اکیداً صعودی باشد نتیجه می‌گیریم که $x^2 > x$ است و داریم $x^2 - x > 0 \Rightarrow x < 0$ یا $x > 1$ و اگر مثلاً داشته باشیم $f(x^2) > f(x)$ و f تابعی اکیداً نزولی باشد نتیجه می‌گیریم که $x^2 < x$ است و داریم:

$$x^2 < x \Rightarrow x^2 - x < 0 \Rightarrow 0 < x < 1$$

در واقع در تابع اکیداً نزولی با حذف f ها، جهت نامساوی عوض می‌شود و در تابع اکیداً صعودی با حذف f ها جهت نامساوی عوض نمی‌شود.

بدنی جهت بری

تست ۱۹۵: اگر f تابعی نزولی اکید با دامنه‌ی R باشد، دامنه‌ی تعریف $y = \sqrt{f(|x-2|)} - f(|2x-1|)$ کدام است؟

- (۱) $[1, +\infty)$
- (۲) R
- (۳) $[-1, 1]$
- (۴) $(-\infty, -1] \cup [1, +\infty)$

$$f(|x-2|) \geq f(|2x-1|)$$

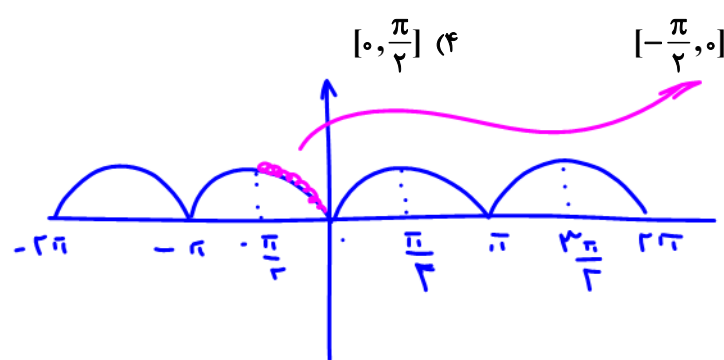
$$|x-2| \leq |2x-1|$$

$$x^2 - 4x + 4 \leq 4x^2 - 4x + 1$$

$$3x^2 - 3 \geq 0 \Rightarrow x^2 - 1 \geq 0 \Rightarrow x \leq -1 \text{ یا } x \geq 1$$

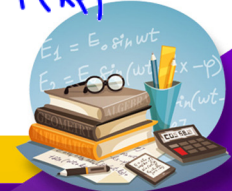
تست ۱۹۶: تابع $f(x) = |\sin x|$ مفروض است. در کدام یک از بازه‌های زیر، برای هر x_1 و x_2 عضو این بازه، رابطه $x_1 < x_2 \Rightarrow f(x_1) > f(x_2)$ برقرار است؟

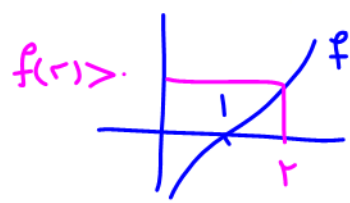
- (۱) $(\frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2})$
- (۲) $(-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2})$
- (۳) $[-\frac{\pi}{2}, 0]$
- (۴) $[0, \frac{\pi}{2}]$



آیه نزولی

$x_1 < x_2$
 $f(x_1) > f(x_2)$



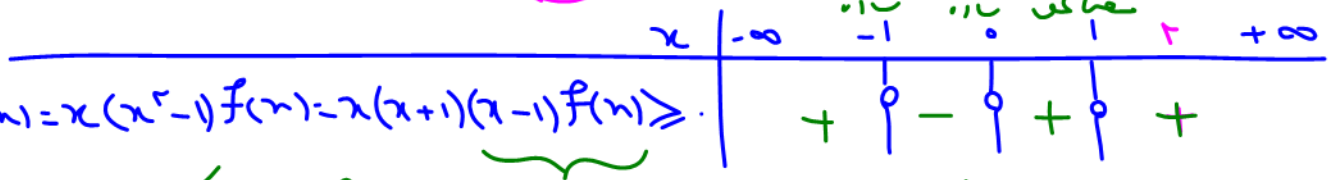


تست ۱۹۷: اگر تابع f اکیداً صعودی و $f(1) = 0$ باشد، آن گاه دامنه $\sqrt{(x^3 - x)f(x)}$ برابر با $\mathbb{R} - (a, b)$ است. حاصل $a + b$ کدام است؟

۲ (۴)

-۱ (۳)

ببین f همبندگی بیش
صفر (۲)
مفادین بار، بار، بار



$$(x^3 - x)f(x) = x(x^2 - 1)f(x) = x(x+1)(x-1)f(x) \geq 0$$

$x=1$ هم $x-1$ هم $f(x)$ را منفی کند و نتیجه منفی است
(با $\mathbb{R} - (a, b)$ جواب)

تست ۱۹۸: کدام یک از توابع زیر یک به یک است؟

یعنی آیه بگنات

دوران پذیر → بد به بد → آیه بگنات
 $y = 2x^2 - |x|$ (۴)

$y = x + \frac{1}{x}$ (۳)

$y = x - x\sqrt{x}$ (۲)

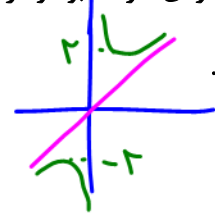
$y = x^2 + 2\sqrt{x}$ (۱)

پاسخ: گزینه «۱» - تابع $y = 2\sqrt{x}$ با شرط $x \geq 0$ اکیداً صعودی است، به علاوه x^2 هم در این فاصله اکیداً صعودی است. پس

$y = x^2 + 2\sqrt{x}$ اکیداً صعودی خواهد بود و در نتیجه یک به یک است.

گزینه (۲): یک به یک نیست.
 $y = x(1 - \sqrt{x}), y = 0 \Rightarrow \begin{cases} x = 0 \\ x = 1 \end{cases}$

نتیجه
 $\begin{cases} x + \frac{1}{x} \geq 2 & x > 0 \\ x + \frac{1}{x} \leq -2 & x < 0 \end{cases}$



گزینه (۳):
 $y = x + \frac{1}{x} = \frac{x^2 + 1}{x}, y = 3 \Rightarrow \frac{x^2 + 1}{x} = 3 \Rightarrow x^2 - 3x + 1 = 0 \Rightarrow \Delta > 0$

به ازای دو مقدار از x مقدار تابع ۳ می شود پس تابع یک به یک نیست.

گزینه (۴):
 $y = 2x^2 - |x| = |x|(2|x| - 1), y = 0 \Rightarrow \begin{cases} x = 0 \\ x = \pm \frac{1}{2} \end{cases}$

به ازای سه مقدار از x مقدار تابع صفر می شود و یک به یک نیست.

به دامنه دقت کن!

تست ۱۹۹: اگر $f(x) = \frac{x^4 - 1}{\sqrt{x - 2}}$ و $g(x) = \frac{\sqrt{x - 2}}{x^2 - 1}$ ، آن گاه نمودار تابع $y = (f \cdot g)(x)$ چگونه است؟

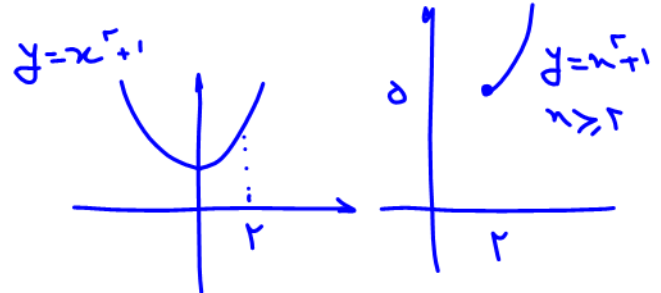
(۲) نزولی

(۱) صعودی

(۴) ابتدا نزولی، سپس صعودی

(۳) ابتدا صعودی، سپس نزولی

پاسخ: گزینه «۱» - ابتدا دامنه تابع $y = (f \cdot g)(x)$ را می یابیم:



$$\left. \begin{aligned} D_{f \cdot g} &= D_f \cap D_g \\ D_f : x - 2 > 0 &\Rightarrow x \in (2, +\infty) \\ D_g : \begin{cases} x - 2 \geq 0 \\ x^2 - 1 \neq 0 \end{cases} &\Rightarrow x \in [2, +\infty) \end{aligned} \right\} \Rightarrow D_{f \cdot g} = (2, +\infty)$$

$$y = (f \cdot g)(x) = f(x) \times g(x) = \frac{x^4 - 1}{\sqrt{x - 2}} \times \frac{\sqrt{x - 2}}{x^2 - 1} = \frac{x^4 - 1}{x^2 - 1} = \frac{(x^2 - 1)(x^2 + 1)}{x^2 - 1} \Rightarrow y = (f \cdot g)(x) = x^2 + 1$$

آیه صعودی، صعودی کسری نش.

این تابع در بازه $(2, +\infty)$ صعودی است.





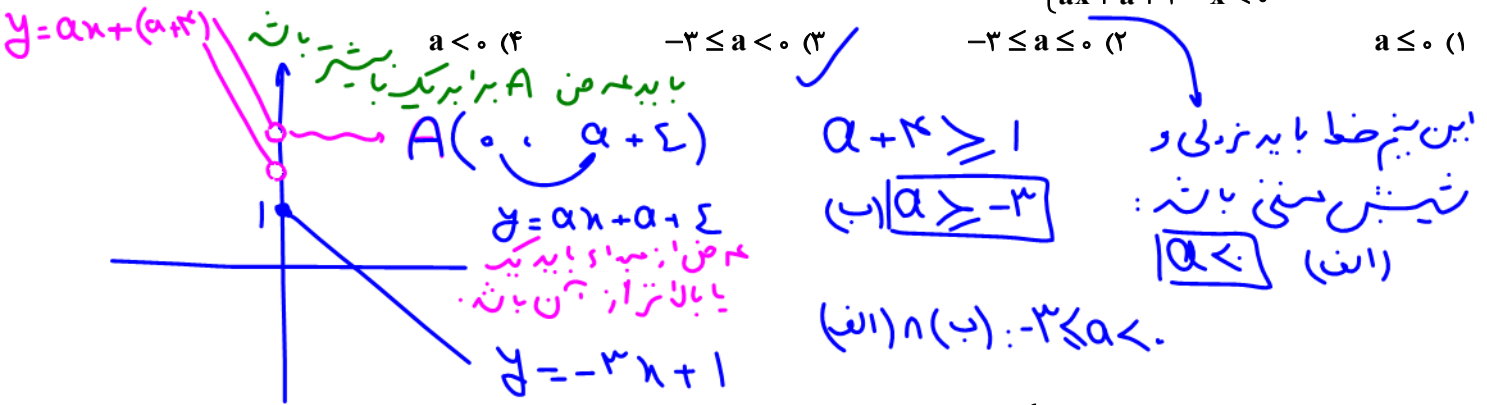
تست ۲۰۰: تابع $f(x) = (-9 + k^2)x^3 + 5$ اکیداً نزولی است. مجموع مقادیر صحیح k چقدر است؟ (تجربی ۱۴۰۱)

$(1) \quad 1$
 $(2) \quad 2$
 $(3) \quad 6$
 $(4) \quad \text{صفر}$

$-9 + k^2 < 0$
 $k^2 < 9$
 $|k| < 3$
 $-3 < k < 3$

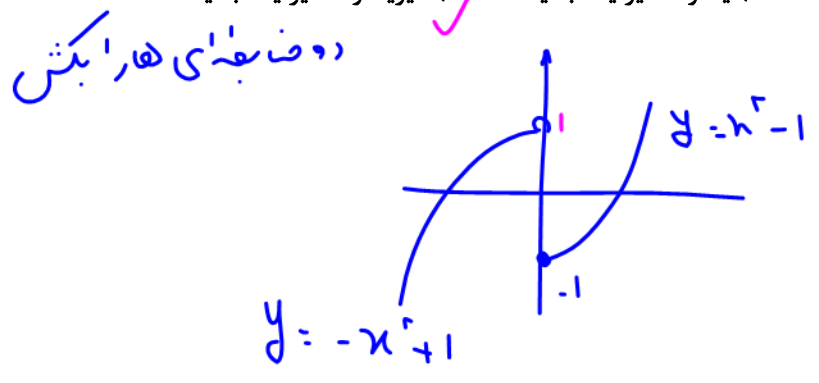
$k = \pm 2, \pm 1, 0$
 مجموع صفره

تست ۲۰۱: اگر تابع $f(x) = \begin{cases} -3x+1 & x \geq 0 \\ ax+a+4 & x < 0 \end{cases}$ در تمام دامنه‌اش نزولی اکید باشد، مجموعه تمام مقادیر ممکن برای a کدام است؟

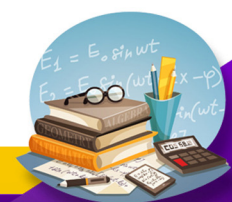
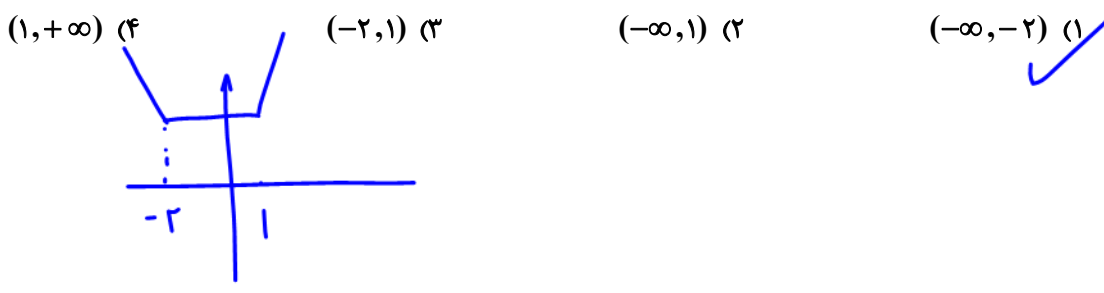


تست ۲۰۲: تابع با ضابطه $f(x) = \begin{cases} x^2 - 1 & x \geq 0 \\ 1 - x^2 & x < 0 \end{cases}$ بر روی مجموعه اعداد حقیقی چگونه است؟ (سراسری - ۸۹)

- (۱) یکنوا - یک به یک
 (۲) غیر یکنوا - یک به یک
 (۳) یکنوا - غیر یک به یک
 (۴) غیر یکنوا - غیر یک به یک



تست ۲۰۳: تابع با ضابطه $f(x) = |x+2| + |x-1|$ در کدام بازه اکیداً نزولی است؟ (تجربی ۹۸)



نامعادلات نمایی و لگاریتمی

با توجه به مفهوم یکنوایی توابع $y = a^x$ و $y = \log_a x$ می‌توان نکات زیر را برای حل نامعادلات نمایی و لگاریتمی نتیجه گرفت:

نامعادلات نمایی: در حل نامعادلات توابع نمایی از روابط زیر استفاده می‌کنیم:

$$1) a^x > a^y \xleftrightarrow{a > 1} x > y$$

$$2) a^x > a^y \xleftrightarrow{0 < a < 1} x < y$$

یعنی در حل نامعادلات نمایی، اگر پایه بین صفر و یک باشد، جهت نامساوی عوض می‌شود. (حتماً می‌دانید که دلیل این تغییر جهت آن است

که تابع $y = a^x$ با شرط $0 < a < 1$ اکیداً نزولی است.)

نامعادلات لگاریتمی: در حل نامعادلات لگاریتمی از روابط زیر استفاده می‌کنیم:

$$1) \log_a x > y \xleftrightarrow{a > 1} x > a^y$$

$$2) \log_a x > y \xleftrightarrow{0 < a < 1} x < a^y$$

$$3) \log_a x > \log_a y \xleftrightarrow{a > 1} x > y$$

$$4) \log_a x > \log_a y \xleftrightarrow{0 < a < 1} x < y$$

تست ۲۰۴: مجموعه جواب نامعادله $(\frac{\sqrt{2}}{4})^{x^2} \geq (\frac{\sqrt{2}}{4})^x$ به کدام صورت است؟

(۴) $(-\infty, 1]$

(۳) $[0, 1]$

(۲) $\mathbb{R} - (0, 1)$

(۱) $[0, +\infty)$

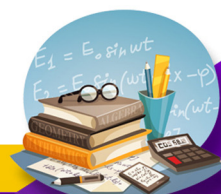
تست ۲۰۵: مجموعه جواب نامعادله $\log_{0.1}(x-3) \geq \log_{0.1}(5-x)$ شامل چند عدد طبیعی است؟

(۴) ۴

(۳) ۳

(۲) ۲

(۱) ۱



تست ۲۰۶: اگر $f(x) = 3 - 2^x$ باشد، دامنه تابع $g(x) = \sqrt{xf^{-1}(x)}$ کدام است؟

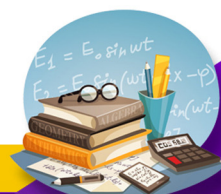
- (۱) $[0, 2]$ (۲) $[0, 3]$ (۳) $[2, 3]$ (۴) $[1, 3]$

تست ۲۰۷: بزرگ‌ترین بازه برای k که در آن تابع نمایی $y = \left(\frac{5-k}{1-3k}\right)^x$ همواره اکیداً صعودی باشد، کدام است؟

- (۱) $(-1, \frac{1}{3})$ (۲) $(-2, \frac{1}{3})$ (۳) $(-3, \frac{1}{3})$ (۴) $(-4, \frac{1}{3})$

تست ۲۰۸: تابع $f(x) = \begin{cases} a - \log_{\frac{1}{3}} x & x \geq 3 \\ 2x + 1 & x < 3 \end{cases}$ به ازای چه حدودی از a همواره در شرط $x_2 > x_1 \Rightarrow f(x_2) \geq f(x_1)$ صدق می‌کند؟

- (۱) $a \leq 6$ (۲) $a \geq 6$ (۳) هیچ مقدار a (۴) فقط $a = 6$



تقسیم و روابط آن

یکی از سؤالات معروف در دوره‌ی اول این بود که «عدد ۳۱ را بر ۷ تقسیم کنید و خارج قسمت و باقی‌مانده را بیابید.»

باقی‌مانده + خارج قسمت \times مقسوم‌علیه = مقسوم

$$31 = 7 \times 4 + 3$$

با استفاده از همین موضوع ساده، تقسیم چندجمله‌ای‌ها را به این صورت انجام می‌دهیم:

۱- مقسوم را بر اساس توان‌های نزولی از بزرگ به کوچک مرتب می‌کنیم.

۲- جمله‌ای که در مقسوم، بزرگ‌ترین درجه را دارد بر جمله‌ای از مقسوم‌علیه که بزرگ‌ترین درجه را دارد تقسیم می‌کنیم.

۳- عبارت به‌دست‌آمده در خارج قسمت را در مقسوم‌علیه ضرب می‌کنیم و علامتش را قرینه کرده با مقسوم جمع می‌کنیم.

۴- این مراحل سه‌گانه را تا جایی ادامه می‌دهیم که درجه‌ی به‌دست‌آمده در ردیف باقی‌مانده کم‌تر از درجه‌ی مقسوم‌علیه باشد.

مثلاً: عبارت $x^3 + x^2 - 2$ را بر $x - 1$ تقسیم می‌کنیم:

مقسوم	مقسوم‌علیه
$x^3 + x^2 - 2$	$x - 1$
$-x^3 + x^2$	$x^2 + 2x + 2$
$2x^2 - 2$	خارج قسمت
$-2x^2 + 2x$	
$2x - 2$	
$-2x + 2$	
$0 = R$	
باقی‌مانده	

با توجه به قانون تقسیم داریم:

باقی‌مانده + خارج قسمت \times مقسوم‌علیه = مقسوم

$$x^3 + x^2 - 2 = (x - 1)(x^2 + 2x + 2) + 0$$

پس اگر مقسوم را با $P(x)$ ، مقسوم‌علیه را با $D(x)$ ، خارج قسمت را با $Q(x)$ و باقی‌مانده را با $R(x)$ نمایش دهیم، خواهیم داشت:

باقی‌مانده + خارج قسمت \times مقسوم‌علیه = مقسوم

$$P(x) = D(x) \times Q(x) + R(x)$$

یادت باشه همواره باقی‌مانده حداقل یک درجه کم‌تر از مقسوم‌علیه است.

۱- محاسبه‌ی باقی‌مانده‌ی تقسیم $P(x)$ بر چندجمله‌ای درجه اول $ax + b$:

وقتی $P(x)$ را بر $ax + b$ تقسیم می‌کنیم کافی است، برای یافتن باقی‌مانده، به جای x قرار دهیم $-\frac{b}{a}$. به این ترتیب داریم:

$$ax + b = 0 \Rightarrow x = -\frac{b}{a}$$

$$R = P\left(-\frac{b}{a}\right) \text{ باقی‌مانده}$$



مثال ۲۰۹: باقی مانده‌ی تقسیم $x^4 - ax^3 + x^2 + 2ax + 1$ بر $x + 1$ برابر ۴ شده است. a کدام است؟ (سراسری ریاضی ۸۰)
پاسخ:

$$R = P(-1) = 4 \Rightarrow (-1)^4 - a(-1)^3 + (-1)^2 + 2a(-1) + 1 = 4 \Rightarrow 1 + a + 1 - 2a + 1 = 4 \Rightarrow -a = 1 \Rightarrow a = -1$$

مثال ۲۱۰: باقی مانده‌ی تقسیم $15x^2 + 14x - 29$ را بر $x - 1$ بیابید.

$$x - 1 = 0 \Rightarrow x = 1$$

$$R = P(1) = 15(1)^2 + 14(1) - 29 = 29 - 29 = 0 \Rightarrow R = 0$$

باقی مانده صفر شد، یعنی این که $15x^2 + 14x - 29$ بر $x - 1$ بخش پذیر است. پس عامل $x - 1$ را در خود دارد.
۲- محاسبه‌ی باقی مانده‌ی تقسیم $P(x)$ بر یک چندجمله‌ای با درجه‌ی بیشتر از یک:

گفتیم برای پیدا کردن باقی مانده، مقسوم علیه را صفر می‌کنیم:

و این برای وقتی بود که مقسوم علیه از درجه‌ی اول بود. حال اگر مقسوم علیه از درجه‌ی اول نباشد باز هم آن را مساوی صفر قرار می‌دهیم. اما این جا، جمله‌های پرتوان را بر حسب جمله‌های با توان کم‌تر می‌نویسیم و با ظاهر کردن جملات پرتوان در مقسوم، معادل کم‌توانشان را جاگذاری می‌کنیم.

مثال ۲۱۱: باقی مانده‌ی تقسیم $x^5 + 2x^9 + 2$ را بر $x^3 - 1$ بیابید.

پاسخ: ابتدا قرار می‌دهیم $x^3 - 1 = 0$ پس $x^3 = 1$ (این یک معادله نیست. یعنی نباید نتیجه بگیرد که $x = 1$ است). حال در رابطه‌ی $x^5 + 2x^9 + 2$ می‌سازیم و به جایش $(x^3 = 1)$ قرار می‌دهیم.

$$2x^9 + x^5 + 2 = 2(x^3)^3 + (x^3)x^2 + 2 \stackrel{x^3=1}{=} 2(1)^3 + (1)x^2 + 2 = x^2 + 4$$

یعنی باقی مانده، $x^2 + 4$ است.

۳- اگر باقی مانده‌ی تقسیم عبارت $P(x)$ بر $x - a$ و $x - b$ به ترتیب R_1 و R_2 باشد، باقی مانده‌ی تقسیم $P(x)$ بر $(x - a)(x - b)$ برابر است با $R(x) = Ax + B$ چرا که مقسوم علیه از درجه دو است و باقی مانده باید درجه‌اش از مقسوم علیه کم‌تر باشد:

$$\frac{P(x)}{R = Ax + B} \Big| \frac{(x - a)(x - b)}{Q(x)}$$

مثال ۲۱۲: اگر باقی مانده‌ی تقسیم $f(x)$ بر $x + 1$ و $x - 2$ به ترتیب -1 و 5 باشد، باقی مانده‌ی $f(x)$ بر $x^2 - x - 2$ کدام است؟

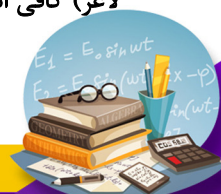
$$\frac{f(x)}{R = Ax + B} \Big| \frac{x^2 - x - 2}{Q(x)}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} x + 1 = 0 \Rightarrow x = -1 \Rightarrow R = f(-1) = -1 \Rightarrow \begin{cases} A(-1) + B = -1 & \text{(I)} \\ x - 2 = 0 \Rightarrow x = 2 \Rightarrow R = f(2) = 5 \Rightarrow \begin{cases} A(2) + B = 5 & \text{(II)} \end{cases} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \text{(I)} \times 2 \Rightarrow -2A + 2B = -2 \\ \text{(II)} \Rightarrow 2A + B = 5 \end{cases} \Rightarrow 3B = 3 \Rightarrow B = 1 \Rightarrow A = 2 \Rightarrow R = Ax + B = 2x + 1$$

پس باقی مانده $R = 2x + 1$ است.

۴- هرگاه باقی مانده‌ی تقسیم عبارتی، اغلب با درجه بالاتر بر عبارتی مثل $x^2 \pm x + 1$ یا $x^2 \pm 2x + 4$ خواسته شود (مرتبط با اتحاد چاق و لاغر) کافی است عبارات فوق را در قسمت لاغر $(x \mp 1)$ یا $(x \mp 2)$ ضرب کنیم.



مثال ۲۱۳: باقی مانده‌ی تقسیم x^{27} بر $x^2 - x + 1$ کدام است؟

$$-1 \quad (1) \qquad 1 \quad (2) \qquad x-7 \quad (3) \qquad 3x+1 \quad (4)$$

پاسخ: گزینه‌ی «۱»

(این یک معادله نیست) $(x^2 - x + 1)(x + 1) \Rightarrow x^3 + 1 = 0 \Rightarrow x^3 = -1$

یادت باشه

$$\Rightarrow R = x^{27} = (x^3)^9 = (-1)^9 = -1$$

این مورد را پس از فصل مشتق یادتان می‌دهم.

۵- اگر عبارت $P(x)$ بر $(x-a)^n$ بخش پذیر باشد، $x=a$ خود $P(x)$ و مشتقات متوالی آن را تا $(n-1)$ مرتبه صفر می‌کند.

$$P(a) = P'(a) = P''(a) = \dots = P^{(n-1)}(a) = 0$$

مثال ۲۱۴: به ازای چه مقدار از a و b عبارت $ax^6 + bx^5 - 1$ بر $(x-1)^2$ بخش پذیر است؟

پاسخ: $(x-1)^2 = 0 \Rightarrow x=1$ (ریشه $P(x)$ و ریشه $P'(x)$)

$$P(x) = ax^6 + bx^5 - 1 \Rightarrow P(1) = 0 \Rightarrow \begin{cases} a + b - 1 = 0 \\ 6a + 5b = 0 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} a + b = 1 & \xrightarrow{-5} -5a - 5b = -5 \quad (I) \\ 6a + 5b = 0 & \quad (II) \end{cases} \xrightarrow[\text{حل دستگاه}]{(I)+(II)} a = -5, b = 6$$

۶- اگر باقی مانده‌ی تقسیم عبارات $f(x)$ و $g(x)$ بر عبارت $h(x)$ به ترتیب R_1 و R_2 باشد، باقی مانده‌ی تقسیم $f(x) \cdot g(x)$ بر عبارت $h(x)$ برابر است با، باقی مانده‌ی تقسیم $R_1 R_2$ بر $h(x)$.

مثال ۲۱۵: اگر باقی مانده‌ی تقسیم عبارت‌های $f(x)$ و $g(x)$ بر $x^2 - x - 5$ به ترتیب $x+2$ و x باشد، باقی مانده‌ی تقسیم $f(x) \cdot g(x)$ را بر $x^2 - x - 5$ بیابید.

پاسخ:

$$R_1 R_2 = x(x+2) = x^2 + 2x \quad \left| \begin{array}{r} x^2 - x - 5 \\ -x^2 + x + 5 \\ \hline 3x + 5 \end{array} \right.$$

پس باقی مانده‌ی تقسیم $f(x) \cdot g(x)$ بر $x^2 - x - 5$ برابر است با $3x+5$.

$P(x) = x^n - y^n$ ۷- $x^n - y^n$ همواره بر $x-y$ بخش پذیر است. چون:

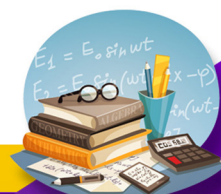
$$x - y = 0 \Rightarrow x = y \Rightarrow P(y) = y^n - y^n = 0$$

$$x^n - y^n = (x-y)(x^{n-1} + x^{n-2}y^1 + x^{n-3}y^2 + \dots + xy^{n-2} + y^{n-1})$$

۸- $x^n - y^n$ زمانی بر $x+y$ بخش پذیر است که n زوج باشد. چون:

$$x + y = 0 \Rightarrow x = -y \Rightarrow P(-y) = (-y)^n - (y)^n \stackrel{\text{زوج } n}{=} y^n - y^n = 0$$

$$x^n - y^n = (x+y)(x^{n-1} - x^{n-2}y^1 + \dots + xy^{n-2} - y^{n-1})$$



۹- $x^n + y^n$ هیچ‌گاه بر $x - y$ بخش پذیر نیست.

۱۰- $x^n + y^n$ زمانی بر $x + y$ بخش پذیر است که n فرد باشد، چون:

$$x + y = 0 \Rightarrow x = -y \Rightarrow P(-y) = (-y)^n + y^n \stackrel{n \text{ فرد}}{=} -y^n + y^n = 0$$

تست‌ها:

تست ۲۱۶: اگر عبارت $x^4 + ax^2 - bx + 4$ بر $(x-1)^2$ بخش پذیر باشد، b کدام است؟ (سراسری ریاضی خارج ۹۴)

- ۳ (۱) ۴ (۲) ۵ (۳) ۶ (۴)

پاسخ: گزینه‌ی «۴»

بهت یاد دادم که اگر $P(x)$ بر $(x-a)^n$ بخش پذیر باشد، خودش و مشتق‌هاشو تا $(n-1)$ مرتبه صفر می‌کند. پس این‌جا

$$x=1 \Rightarrow (x-1)^2 = 0 \Rightarrow P(x) \text{ و } P'(x) \text{ رو صفر می‌کند.}$$

$$P(1) = 0 \Rightarrow 1 + a - b + 4 = 0 \Rightarrow a - b = -5 \quad (I)$$

$$P'(x) = 4x^3 + 2ax - b \Rightarrow P'(1) = 4 + 2a - b = 0 \Rightarrow 2a - b = -4 \quad (II)$$

$$(I) \times (-2) \begin{cases} -2a + 2b = 10 \\ 2a - b = -4 \end{cases} \Rightarrow b = 6, a = 1$$

تست ۲۱۷: به ازای مقداری از a ، چندجمله‌ای $f(x) = x^4 + ax^3 - 8x$ بر $x+2$ بخش پذیر است. کوچک‌ترین ریشه‌ی معادله‌ی

$f(x) = 0$ کدام است؟ (سراسری ریاضی ۹۴)

- ۱- $\sqrt{3}$ (۱) ۲- $\sqrt{5}$ (۲) ۳- $-\sqrt{3}$ (۳) ۴- $-\sqrt{5}$ (۴)

پاسخ: گزینه‌ی «۴» - $f(x)$ بر $x+2$ بخش پذیر یعنی این که $f(-2) = 0 \Rightarrow x = -2 \Rightarrow x+2 = 0$ ، می‌شه پس:

$$f(-2) = (-2)^4 + a(-2)^3 - 8(-2) = 16 - 4a + 16 = 0 \Rightarrow 8a = 32 \Rightarrow a = 4$$

حالا بیا $f(x)$ رو بنویس: $f(x) = x^4 + 4x^3 - 8x = 0 \Rightarrow x(x^3 + 4x^2 - 8) = 0$

حالا چون صورت سؤال گفته $(x+2)$ یک عامل عبارت است، می‌تونیم عامل $x^3 + 4x^2 - 8x$ رو به $x+2$ تقسیم کنیم و عامل درجه دوم حاصل رو حل کنیم و کوچک‌ترین ریشه رو به دست بیاریم.

$$\begin{array}{r|l} x^3 + 4x^2 - 8 & x+2 \\ -x^3 - 2x^2 & \\ \hline 2x^2 - 8 & \\ -2x^2 - 4x & \\ \hline -4x - 8 & \\ 4x + 8 & \\ \hline 0 & \end{array}$$

$$\Rightarrow x^2 + 2x - 4 = 0 \xrightarrow[\Delta=20]{\text{حل به روش دلتا}} x = \frac{-2 \pm \sqrt{20}}{2} = \frac{-2 \pm 2\sqrt{5}}{2} = -1 \pm \sqrt{5} \xrightarrow{\text{کوچک‌ترین ریشه}} -1 - \sqrt{5}$$

ریشه‌های این معادله عبارت‌اند از: $-1 - \sqrt{5}, -1 + \sqrt{5}, -2, 0$



(سراسری ریاضی ۸۶)

تست ۲۱۸: عبارت $x^2 + fax^2 + 2bx + 1$ بر $x^2 - 4$ بخش پذیر است. $a + b$ کدام است؟

(۱) $-\frac{15}{8}$ (۲) $-\frac{17}{16}$ (۳) $\frac{17}{6}$ (۴) $\frac{15}{8}$

پاسخ: گزینه‌ی «۲»

مقسوم‌علیه را مساوی صفر قرار بده: $x^2 - 4 = 0 \Rightarrow x^2 = 4$

حالا در مقسوم به جای x^2 ، ۴ رو قرار بده و کل عبارت رو مساوی صفر بذار چون قراره بخش پذیر بشه پس باقی‌مانده صفر هست.

$$x^4 + fax^2 + 2bx + 1 = (x^2)^2 + fa(x^2) + 2bx + 1 \stackrel{x^2=4}{=} (4)^2 + fa(4) + 2bx + 1 = 16 + 16a + 2bx + 1 = 0$$

حالا چون این تساوی باید به ازای هر x برقرار باشد، پس این رابطه به x وابسته نیست و باید به جوری x رو حذف کنیم. پس ضریب x رو صفر قرار می‌دهیم:

$$2b = 0 \Rightarrow b = 0 \Rightarrow 16 + 16a + 1 = 0 \Rightarrow 16a = -17 \Rightarrow a = -\frac{17}{16}$$

بنابراین: $a + b = 0 - \frac{17}{16} = -\frac{17}{16}$

روش دوم: مقسوم‌علیه قابل تجزیه است. پس رابطه‌ی تقسیم رو این‌جوری می‌نویسیم:

$$x^4 + fax^2 + 2bx + 1 = \underbrace{(x-2)(x+2)}_{x^2-4} Q(x) + R(x)$$

حالا با قرار دادن $x = 2$ و $x = -2$ ، $Q(x)$ رو حذف می‌کنیم.

$$\begin{cases} x=2 \Rightarrow 16 + 16a + 2b + 1 = 0 \\ x=-2 \Rightarrow 16 + 16a - 2b + 1 = 0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 16a + 2b = -17 \\ 16a - 2b = -17 \end{cases} \xrightarrow{\text{جمع}} 32a = -34 \Rightarrow a = -\frac{17}{16} \Rightarrow b = 0$$

پس $a + b = -\frac{17}{16}$

تست ۲۱۹: اگر عبارت $x^{2n+1} + 2x^{2n} + x^5 - 5x^3 + k$ به ازای هر عدد طبیعی x بر دو جمله‌ای $x + 2$ بخش پذیر باشد، آن‌گاه

(سراسری ریاضی ۸۹)

باقی‌مانده‌ی تقسیم آن بر $x^2 - 1$ کدام است؟

(۱) $-3x - 6$ (۲) $-2x + 1$ (۳) $2x + 4$ (۴) $3x - 4$

پاسخ: گزینه‌ی «۱»

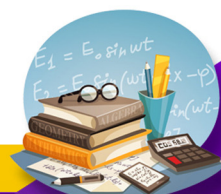
چون $P(x)$ بر $x + 2$ بخش پذیره، پس $x = -2 \Rightarrow P(-2) = 0$ است. لذا داریم:

$$(-2)^{2n-1} + 2(-2)^{2n} + (-2)^5 - 5(-2)^3 + k = 0 \Rightarrow \underbrace{(-2)(-2)^{2n} + 2(-2)^{2n}}_{\text{صفر}} - 32 + 40 + k = 0 \Rightarrow k = -8$$

حالا $P(x) = x^{2n+1} + 2x^{2n} + x^5 - 5x^3 - 8$ رو بنویس:

واسه این که باقی‌مانده‌ی تقسیم $P(x)$ بر $x^2 - 1$ رو به دست بیاریم کافیه که $x^2 = 1$ (مقسوم‌علیه رو مساوی صفر گذاشتیم) رو در $P(x)$ جاگذاری کنیم:

$$P(x) = (x^2)^n x + 2(x^2)^n + (x^2)^2 x - 5(x^2)x - 8 \stackrel{x^2=1}{=} x + 2 + x - 5x - 8 = -3x - 6$$



تست ۲۲۰: اگر باقی مانده‌ی تقسیم $f(x)$ بر $x(x-3)(x+3)$ برابر $5x^2 + 3x + 1$ باشد و باقی مانده‌ی تقسیم $f(x)$ بر $x^2 - 3x$ برابر $ax + b$ باشد، آن گاه $2a + b$ کدام است؟

- (۱) ۲۰ (۲) ۳۷ (۳) -۲۳ (۴) ۱۹

پاسخ: گزینه‌ی «۲»

باقی مانده خارج قسمت مقسوم علیه
 $P(x) = D(x) Q(x) + R(x)$ رابطه‌ی کلی تقسیم $P(x)$ به $Q(x)$ رو یادته؟

حالا این جا هم $f(x)$ مقسوم و $x(x-3)(x+3)$ مقسوم علیه و $5x^2 + 3x + 1$ باقی مانده است. و در حالت بعدی $f(x)$ مقسوم، $x^2 - 3x$ مقسوم علیه و $ax + b$ باقی مانده است. پس:

$$\begin{cases} f(x) = x(x-3)(x+3)Q(x) + 5x^2 + 3x + 1 \quad (I) \\ f(x) = (x^2 - 3x)Q'(x) + ax + b = x(x-3)Q'(x) + ax + b \quad (II) \end{cases}$$

(II) : $f(0) = b, f(3) = 3a + b$ $\xrightarrow{\text{مقایسه}}$ $b = 1, 3a + 1 = 55 \Rightarrow 3a = 54 \Rightarrow a = 18$

(I) : $f(0) = 1, f(3) = 55$

بنابراین $2a + b = 36 + 1 = 37$

تست ۲۲۱: باقی مانده‌ی تقسیم عبارت $f(x) = (x+1)^3(x-1)^2 + x^4 - x^2 - 1$ بر $x^2 - 1$ کدام است؟

- (۱) $x + 1$ (۲) ۱ (۳) -۱ (۴) $-x - 1$

پاسخ: گزینه‌ی «۳» - برای یافتن باقی مانده بهت یاد دادم که مقسوم علیه رو صفر کنی $x^2 = 1 \Rightarrow x^2 - 1 = 0$ ، و در مقسوم به جای x^2 ، ۱ بذاری؛ اما اول $f(x)$ رو جمع و جورتر بنویس:

$$f(x) = \overbrace{(x+1)(x+1)^2(x-1)^2}^{\text{مزدوج}} + x^4 - x^2 - 1 = (x+1)(x^2-1)^2 + x^4 - x^2 - 1 = (x+1)((x^2-1)^2) + (x^2)^2 - (x^2) - 1$$

$$\xrightarrow{x^2=1} (x+1)(1-1)^2 + (1)^2 - 1 - 1 = -1 \Rightarrow R = -1$$

تست ۲۲۲: عبارت $a^{28} + b^{28}$ بر کدام یک از عبارات زیر بخش پذیر است؟

- (۱) $a + b$ (۲) $a^2 + b^2$ (۳) $a^4 + b^4$ (۴) $a^7 + b^7$

پاسخ: گزینه‌ی «۳»

یادته گفتیم که $x^n + y^n$ وقتی به $x + y$ بخش پذیره که n فرد باشد. حالا $a^n + b^n$ وقتی به $a^m + b^m$ بخش پذیره که n مضرب فرد و طبیعی از m باشد. ۲۸ مضرب فرد و طبیعی از ۴ است (مضرب ۷) پس $a^{28} + b^{28}$ بر $a^4 + b^4$ بخش پذیر است. روش دوم: در گزینه‌ی «۳» داریم:

$$a^4 + b^4 = 0 \Rightarrow a^4 = -b^4 \Rightarrow a^{28} + b^{28} = (a^4)^7 + b^{28} = (-b^4)^7 + b^{28} = -(b^{28}) + b^{28} = 0$$

چون توان $(-b^4)^7$ فرد است، پس منفی رو پس می ده:

$$(-b^4)^7 = -b^{28}$$

تست ۲۲۳: عبارت $x^{24} + 1$ بر کدام عبارت زیر همواره بخش پذیر است؟

- (۱) $x^{12} + 1$ (۲) $x^3 + 1$ (۳) $x^6 + 1$ (۴) $x^8 + 1$



پاسخ: گزینه‌ی «۴» - $x^{24} + 1$ همان $x^{24} + 1^{24}$ است و مثل سؤال قبلی وقتی به $x^m + 1^m$ بخش‌پذیره که 24 مضرب طبیعی و فرد از m باشد. در گزینه‌ی «۴»، 24 بر 8 می‌شه 3 و مضرب فرد از اون هست.

روش دوم: دست تو جیب در گزینه‌ی «۴» داریم:

$$x^8 + 1 = 0 \Rightarrow x^8 = -1$$

$$x^{24} + 1 = (x^8)^3 + 1 = (-1)^3 + 1 = -1 + 1 = 0$$

پس $x^{24} = 1$ بر $x^8 + 1$ بخش‌پذیره چون باقی‌مانده‌اش صفر شد.

تست ۲۲۴: خارج‌قسمت $x^9 + 4x^6 + 2x - 1$ بر $x + 1$ را بر $x - 1$ تقسیم کرده‌ایم. باقی‌مانده کدام است؟

- (۱) -1 (۲) 1 (۳) 3 (۴) 4

پاسخ: گزینه‌ی «۳» - ابتدا باقی‌مانده $P(x)$ رو بر $x + 1$ پیدا می‌کنیم:

$$x + 1 = 0 \Rightarrow x = -1 \Rightarrow R = P(-1) = -1 + 4 - 2 - 1 = 0 \Rightarrow R = 0$$

$$x^9 + 4x^6 + 2x - 1 = (x + 1)Q(x) \quad (I)$$

$$Q(x) = (x - 1)Q'(x) + R'$$

$$\xrightarrow{x=1} Q(1) = \overbrace{(1-1)Q'(1)}^{=0} + R' \Rightarrow Q(1) = R'$$

از ما R' رو می‌خواد پس $Q'(x)$ رو حذف می‌کنیم:

از قسمت (I)، $Q(1)$ رو حساب می‌کنیم:

$$\xrightarrow{x=1} 1 + 4 + 2 - 1 = (1 + 1)Q(1) \Rightarrow 6 = 2Q(1) \Rightarrow Q(1) = 3 \Rightarrow R' = 3$$

تست ۲۲۵: اگر باقی‌مانده تقسیم چندجمله‌ای $f(x)$ بر $x - 1$ و $x - 2$ به ترتیب 3 و -1 باشد، باقی‌مانده تقسیم

$$g(x) = x^2 f(x) - 2x + 1 \text{ بر } x^2 - 3x + 2 \text{ کدام است؟}$$

- (۱) $11 - 9x$ (۲) $7 - 4x$ (۳) $7 + 4x$ (۴) $11 + 9x$

تست ۲۲۶: در تقسیم $x^{15} + x^3 + 2x - 11$ بر $x + 1$ ، مجموع ضرایب خارج‌قسمت تقسیم کدام است؟

- (۱) 4 (۲) 18 (۳) 16 (۴) 14

تست ۲۲۷: حاصل خارج‌قسمت تقسیم $x^9 + 1$ بر $x + 1$ به ازای $x = -1$ کدام است؟

- (۱) صفر (۲) 1 (۳) -1 (۴) 9

