



۱- در معادله  $2x^2 - 8x + m = 0$  اگر یکی از جواب‌ها دو واحد بیشتر از جواب دیگر باشد  $m$  و هر دو جواب را پیدا کنید.

۲- صفرهای توابع زیر را در صورت وجود به دست آورید.

الف)  $f(x) = x^3 - 4x$       ب)  $g(x) = (x + \frac{1}{x})^2 + (x + \frac{1}{x})$

۳- معادلات زیر را حل کنید.

الف)  $2x^3 + x^2 + 3x = 0$       ب)  $\frac{3x^2 - 11}{8} + \frac{74 - 2x^2}{12} = 10$

۴- معادله‌ی درجه دومی بنویسید که:

الف) ریشه‌های آن  $\frac{1}{5}$  و  $\frac{4}{5}$  باشد.

ب) ریشه‌های آن  $1 \pm \sqrt{3}$  باشد.

۵- مقدار ماکزیمم یا مینیمم توابع زیر را به دست آورید.

الف)  $f(x) = 9x^2 + 6x + 3$       ب)  $f(x) = 4 + 8x - x^2$

۶- اگر  $\alpha$  و  $\beta$  ریشه‌های معادله‌ی درجه دوم  $4x^2 - 5x - 5 = 0$  باشد معادله‌ای بنویسید که ریشه‌های آن  $\frac{1}{\alpha}$  و  $\frac{1}{\beta}$  باشد.

۷- بدون حل معادله، و با استفاده از  $S$  و  $P$  و  $\Delta$  در وجود و علامت ریشه‌های معادله‌ی  $5x^2 - 7x - 5 = 0$  بحث کنید.

۸- از دبیر ریاضی کلاس حسابان سنش را پرسیدند. پاسخ داد: ۲۱ سال بعد سن من توان دوم سنی خواهد بود که ۲۱ سال پیش از این داشتم. این دبیر چند سال سن دارد؟

۹- (مسئله‌ای از کتاب جبر و مقابله خوارزمی) کدام عدد (مثبت) است که چون یک سوم آن را با یک و همچنین یک چهارم آن را با یک جمع کنیم و دو حاصل جمع را در هم ضرب کنیم، برابر ۲۰ شود؟

۱۰- در ضرب دو عدد مثبت که یکی از دیگری  $10^\circ$  واحد بزرگتر است؛ اشتباهی رخ می‌دهد. در نتیجه رقم دهگان ۴ واحد کوچکتر می‌شود. برای آزمایش، حاصلضرب را بر عدد کوچکتر تقسیم می‌کنند. خارج قسمت ۳۹ و باقی‌مانده آن ۲۲ می‌شود آن دو عدد را پیدا کنید.

۱۱- معادلات زیر را حل کنید.

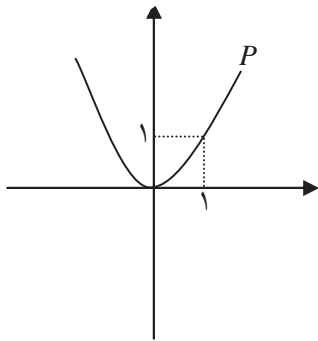
الف)  $x^4 - 3x^2 + 2 = 0$       ب)  $(\frac{x^2}{3} - 2)^2 - 7(\frac{x^2}{3} - 2) + 6 = 0$

ج)  $(4 - x^2)^2 - 2(4 - x^2) - 15 = 0$

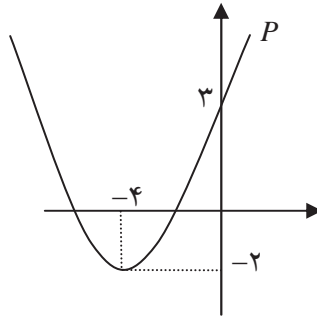


۱۲- کمترین مقدار تابع  $f(x) = x + \frac{2}{x}$  را به ازای مقادیر مثبت  $x$  پیدا کنید.

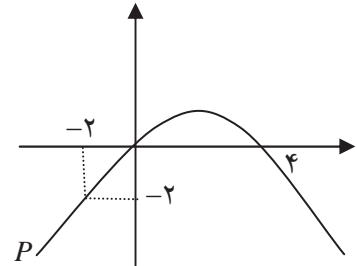
۱۳- در تابع درجه دوم  $P(x) = ax^2 + bx + c$  در هر یک از حالت‌های زیر اولاً ضرایب  $a$  و  $b$  و  $c$  ثانیاً علامت  $P(x)$  را تعیین کنید.



(ج)



(ب)



(الف)

۱۴- محیط یک زمین مستطیل شکل ۱۸ متر و مساحت آن ۱۴ مترمربع است. اندازه‌ی طول و عرض این زمین را تعیین کنید.

### معادلات شامل عبارات گویا



#### حل یک مسئله



در یک مزرعه شالیکاری دو کارگر که با هم کار می‌کنند، کار نشاکاری را در ۱۸ روز تمام می‌کنند. اما اگر هر کدام به تنهایی کار می‌کردند، کارگر اول ۱۵ روز زودتر از کارگر دوم این کار را تمام می‌کرد. هر کدام از این دو کارگر به تنهایی کار را در چند روز تمام می‌کنند؟

خانم تقوی دبیر دبیرستان ایمان است. او معمولاً درس خود را با طرح یک مسئله آغاز می‌کند. او امروز مسئله بالا را طرح کرد و به دانش‌آموزان فرصت داد تا روی مسئله کار کنند. سپس از آن‌ها خواست راه حل خود را مطرح کنند. زهرا: فکر می‌کنم مسئله با تشکیل یک معادله حل می‌شود. فرض می‌کنیم کارگر اول در  $x$  روز کار را تمام کند، پس کارگر دوم همین کار را در  $x+15$  روز تمام می‌کند. باید مفروضات مسئله را به زبان ریاضی بنویسیم، اما من توانستم این کار را انجام دهم. خانم تقوی: این دو کارگر با هم در یک روز چه کسری از کار را انجام می‌دهند؟ دانش‌آموزان: معلوم است  $\frac{1}{18}$  کار را.



خانم تقوی: حال شما مشخص کنید در یک روز هر کارگر چه میزان از کار را انجام می‌دهد و ببینید چگونه بین این نسبت‌ها می‌توانید ارتباط برقرار کنید.

سارا: فکر کنم بتوانم ارتباط بین این نسبت‌ها را بنویسم سپس از معلم اجازه خواست و پای تابلو نوشت:

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{x+15} = \frac{1}{18}$$

و توضیح داد که  $\frac{1}{x}$  میزان کار کارگر اول و  $\frac{1}{x+15}$  میزان کار کارگر دوم است و مجموع آن‌ها مجموع کار هر دو کارگر است که برابر  $\frac{1}{18}$  است.

خانم تقوی: شما معادله مورد نظر را پیدا کردید و برای حل مسئله کافی است این معادله را حل کنید. برای حل این معادله باید عبارت متناظر آن را ساده کنیم.

مینا: ما قبلاً برای جمع کسرها از روش هم‌مخرج کردن استفاده می‌کردیم این‌جا هم می‌توانیم از روش کلی هم‌مخرج کردن کسرها استفاده کنیم. یک راه را که امسال با آن آشنا شدیم استفاده از کوچکترین مضرب مشترک مخرج هاست. که در این‌جا همان حاصل ضرب مخرج‌ها می‌شود.

$$\frac{x+15+x}{x(x+15)} = \frac{1}{18} \Rightarrow \frac{2x+15}{x^2+15x} = \frac{1}{18} \Rightarrow 18(2x+15) = x^2+15x$$

$$\Rightarrow x^2 - 21x - 270 = 0 \Rightarrow (x-30)(x+9) = 0 \Rightarrow x = 30, x = -9$$

جواب  $x = -9$  قابل قبول نیست (چرا؟) و جواب مسئله  $30$  روز است.



## حل یک مسئله



در یک مغازه‌ی ماهی‌های تزئینی، ماهی‌های آب شور در محلول‌های آب نمک با غلظت ۷ درصد نگهداری می‌شوند. به‌علت تازه کار بودن کارگراها، ۲۰۰ کیلوگرم محلول آب نمک ۴ درصدی ساخته شده است. چگونه می‌توان این محلول را به‌غلظت مورد نظر رساند؟

حالت اول: فرض می‌کنیم نمک به‌اندازه‌ی کافی موجود باشد و بتوانیم با اضافه کردن نمک کافی، محلول با ۷ درصد نمک بسازیم. ابتدا محاسبه می‌کنیم که در محلول فعلی چند کیلوگرم نمک وجود دارد.

$$\frac{4}{100} \times 200 = 8 \text{ کیلو}$$

اگر  $x$  کیلوگرم نمک به این محلول بیفزاییم، میزان نمک آب  $x + 8$  کیلوگرم می‌شود و وزن کل محلول  $x + 200$  کیلو می‌شود،



پس برای داشتن محلول ۷ درصدی نمک باید داشته باشیم :

$$\frac{8+x}{200+x} = \frac{7}{100}$$

با حل این معادله نتیجه می شود  $x = \frac{600}{93}$  . یعنی تقریباً ۶ کیلو و ۴۵۲ گرم نمک باید به محلول اضافه شود.  
حالت دوم : اگر نمک موجود نباشد و بخواهیم با تبخیر  $y$  کیلوگرم از آب، محلول ۷ درصد نمک بسازیم، باید داشته باشیم :

$$\frac{8}{200-y} = \frac{7}{100}$$

با حل این معادله داریم  $y = \frac{600}{7}$  . یعنی تقریباً ۸۵ کیلو و ۷۱۴ گرم آب را باید تبخیر کنیم.

برای حل معادلات شامل عبارات گویا با ضرب طرفین معادله در کوچکترین مضرب مشترک مخرج کسرها و ساده کردن عبارت جبری به دست آمده، معادله را حل می کنیم. جواب به دست آمده نباید مخرج هیچ یک از کسرها را صفر کند. (چرا؟) همچنین ممکن است برخی از جوابها با شرایط مسئله که از واقعیت می آیند مطابقت نداشته باشند که این جوابها نیز قابل قبول نیستند.

### بحث در کلاس

در حل مسئله محلول آب نمک، اگر مقدار نمک موجود در مغازه ۵ کیلوگرم باشد و آن را به محلول اضافه کنیم، چند کیلوگرم از آب محلول را باید تبخیر کنیم تا به هدف موردنظر برسیم؟

### مثال

مجموعه جواب معادله  $\frac{2x+3}{2x-2} - \frac{5}{x^2-1} = \frac{2x-3}{2x+2}$  را به دست آورید.

ابتدا کوچکترین مضرب مشترک مخرجها را به دست می آوریم. برای این کار ابتدا مخرج کسرها را تجزیه می کنیم.

$$\begin{cases} 2x-2 = 2(x-1) \\ x^2-1 = (x-1)(x+1) \\ 2x+2 = 2(x+1) \end{cases}$$

$K = 2(x-1)(x+1)$  . م.م.م. مخرجها



طرفین معادله را در این عبارت ضرب می‌کنیم.

$$(x+1)(2x+3) - 5 \times 2 = (x-1)(2x-3)$$

$$2x^2 + 3x + 2x + 3 - 10 = 2x^2 - 3x - 2x + 3$$

$$10x - 10 = 0$$

$$x = 1$$

اما  $x = 1$  مخرج کسر معادله را صفر می‌کند. پس معادله جواب ندارد.

### تمرین در کلاس



هریک از معادلات زیر را حل کنید.

$$\frac{3}{2x} = \frac{x+2}{x^2-3x} \quad (\text{ب})$$

$$\frac{t-1}{t+4} - \frac{2}{t-4} = \frac{7}{6} \quad (\text{الف})$$

$$\frac{5}{x} - \frac{4}{x(x-2)} = \frac{x-4}{x-2} \quad (\text{ج})$$

### مسائل



هریک از معادلات زیر را حل کنید.

$$1) \frac{6}{p} = 2 + \frac{p}{p+1}$$

$$2) \frac{k}{2-k} + \frac{2}{k} = 5$$

$$3) 2 + \frac{5}{3k-1} = \frac{-2}{(3k-1)^2}$$

$$4) \frac{3y+5}{y^2+5y} + \frac{y+4}{y+5} = \frac{y+1}{y}$$

$$5) \frac{3}{m+2} + \frac{2}{m} = \frac{4m-4}{m^2-4}$$

$$6) \frac{2}{x-3} - \frac{3}{x+3} = \frac{12}{x^2-9}$$

۷- معلم سؤال کرد مجموعه جواب معادله  $\frac{x+3}{x+3} = 1$  چیست؟ برخی از دانش‌آموزان گفتند: همه اعداد. معلم گفت این جواب صحیح نمی‌باشد؟ جواب صحیح چیست؟

۸- آقای عماد چند اسباب بازی یکسان برای هدیه به مهد کودک خرید که در مجموع قیمت آن‌ها ۱۲۰۰۰ تومان شد. اگر فروشنده برای هر اسباب بازی ۱۰۰ تومان به او تخفیف می‌داد او با همان پول ۴ اسباب‌بازی بیشتر می‌توانست بخرد. قیمت هر اسباب‌بازی را قبل از تخفیف به دست آورید.



## معادلات شامل عبارات گنگ

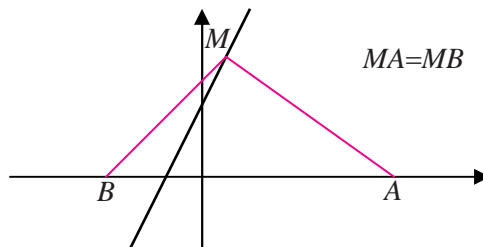
حل یک مسئله



نقطه‌ای روی خط  $y = 2x + 1$  بیابید که از دو نقطه‌ی  $A(3, 0)$  و  $B(-1, 0)$  به یک فاصله باشد.

سجاد و صادق دو دانش‌آموز علاقمند هستند که روی این مسئله کار کرده‌اند.

سجاد: مناسب است برای درک بهتر مسئله شکلی رسم کنیم که مشخصات مسئله در آن دیده شود.



صادق: ما می‌توانیم نقطه دلخواهی روی خط  $y = 2x + 1$  در نظر بگیریم و فاصله آن را تا  $A$  و  $B$  حساب کنیم و ببینیم تحت چه شرایطی این فاصله‌ها مساوی می‌شوند.

سجاد: بسیار خوب. اگر این نقطه را  $M$  بنامیم چون روی خط  $y = 2x + 1$  قرار دارد مختصات آن باید به شکل  $M(a, 2a+1)$  باشد.

صادق: همچنین باید داشته باشیم  $MA = MB$ ، یعنی

$$MA = \sqrt{(a-3)^2 + (2a+1-0)^2} = \sqrt{(a+1)^2 + (2a+1-0)^2} = MB$$

با به توان دو رساندن طرفین این رابطه خواهیم داشت:

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

$$a^2 - 6a + 9 = a^2 + 2a + 1$$

$$a = 1$$

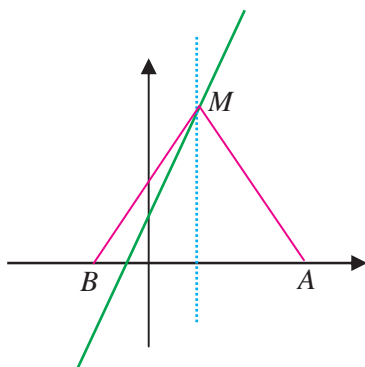
سجاد: پس جواب مسئله نقطه  $M(1, 3)$  است.

صادق: این مسئله را می‌توانیم به صورت هندسی نیز حل کنیم. نقاطی که از دو نقطه

$A$  و  $B$  به یک فاصله اند روی عمود منصف پاره خط واصل آن دو نقطه قرار دارند. پس نقطه

$M$  روی عمود منصف  $AB$  است؛ از طرف دیگر  $M$  روی خط  $y = 2x + 1$  است، پس محل

برخورد این دو خط است.





برخی معادلات دارای عبارت‌های رادیکالی از مجهول هستند که آن‌ها را معادلات گنگ می‌نامند. برای حل آن‌ها با توان رسانی طرفین معادله و در صورت لزوم تکرار آن و ساده کردن، معادله‌ای بدون عبارت گنگ به دست می‌آید که آن را حل می‌کنیم. جواب‌های به دست آمده باید در معادله‌ی اصلی آزمایش شوند زیرا عملیات توان رسانی ممکن است جواب‌های اضافی تولید کنند.

مثال

معادله‌ی  $\sqrt{15} + \sqrt{2x+80} = 5$  را حل می‌کنیم.  
با به توان دو رساندن طرفین معادله خواهیم داشت:

$$\begin{aligned} 15 + \sqrt{2x+80} &= 25 \\ \sqrt{2x+80} &= 10 \end{aligned}$$

دوباره طرفین معادله‌ی اخیر را به توان ۲ می‌رسانیم. خواهیم داشت:

$$2x + 80 = 100 \Rightarrow x = 10$$

جواب به دست آمده را در معادله‌ی اصلی قرار می‌دهیم:

$$\sqrt{15} + \sqrt{2 \cdot 10 + 80} = \sqrt{15} + 10 = \sqrt{25} = 5$$

تساوی برقرار است و  $x = 10$  جواب معادله می‌باشد.

مثال

آیا عدد صحیحی وجود دارد که جمع آن با جذرش برابر ۶ باشد.  
اگر عدد مورد نظر را  $x$  بنامیم باید تساوی  $x + \sqrt{x} = 6$  برقرار شود. یعنی

$$\sqrt{x} = 6 - x$$

با به توان ۲ رساندن طرفین معادله خواهیم داشت:

$$x = 36 + x^2 - 12x$$

با حل این معادله خواهیم داشت:

$$x = 9, \quad x = 4$$



با آزمایش جواب‌ها در معادله‌ی اصلی دیده می‌شود،  $x=9$  نمی‌تواند مورد قبول واقع شود و تنها جواب معادله  $x=4$  می‌باشد.

$$x=9: \quad 9 + \sqrt{9} = 6$$

$$9 + 3 = 6$$

$$12 = 6$$

×

$$x=4: \quad 4 + \sqrt{4} = 6$$

$$4 + 2 = 6$$

$$6 = 6$$

✓

## بحث در کلاس

چرا یکی از جواب‌های معادله‌ی اخیر در معادله‌ی اولیه صدق نمی‌کند؟ این جواب اضافه به چه دلیل ایجاد شده است؟

## تمرین در کلاس



هر یک از معادلات زیر را حل کنید.

$$2\sqrt{x} = \sqrt{3x+4} \quad (\text{ب})$$

$$\sqrt{5q-1} + 3 = 0 \quad (\text{الف})$$

$$\sqrt{3-3p} = 3 + \sqrt{3p+2} \quad (\text{ج})$$

## مسائل



۱- معادلات رادیکالی زیر را حل کنید.

$$2 + \sqrt{1+x} = \sqrt{x} \quad (\text{ج}) \quad \frac{1-\sqrt{x}}{1+\sqrt{x}} = 1-x \quad (\text{ب}) \quad \sqrt{1-x^2} = x \quad (\text{الف})$$

۲- بدون حل معادله‌ی  $\sqrt{1-x} + \sqrt{2-x} + 3 = 0$  توضیح دهید چرا مجموعه‌ی جواب تهی است؟

۳- در هر یک از فرمول‌های زیر متغیر خواسته شده را بر حسب سایر متغیرها بیابید.

$$V = \sqrt{\frac{2k}{m}} \quad (\text{الف}) \quad , \quad k = ?$$

$$F = \frac{1}{2\pi} \sqrt{LC} \quad (\text{ب}) \quad , \quad L = ?$$





ج)  $I = \frac{nE}{R + nr}$  ,  $n = ?$

د)  $\frac{PV_1}{T_1} = \frac{PV_2}{T_2}$  ,  $T_1 = ?$

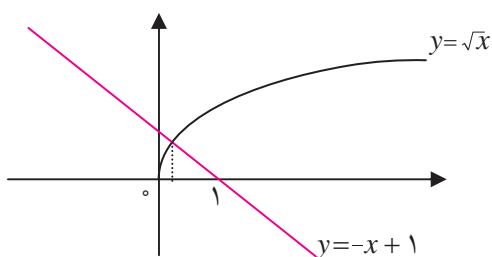
ه)  $A = p(1+i)^2$  ,  $i = ?$

### حل معادلات به روش هندسی

تاکنون با حل انواعی از معادلات با روش‌های جبری آشنا شده‌ایم. در اینجا می‌خواهیم با روش دیگری از حل معادلات آشنا شویم که از برخی لحاظ بر روش جبری ارجحیت دارند. در این روش مقدار تقریبی جواب‌ها و تعداد جواب‌ها آسان‌تر مشخص می‌شوند. حتی در برخی مثال‌ها حل جبری امکان‌پذیر نیست ولی حل با روش هندسی امکان‌پذیر است.



#### فعالیت ۸



نمودار دو تابع  $y = \sqrt{x}$  و  $y = -x + 1$  در روبرو رسم شده است.

۱- اگر طول نقطه تلاقی این دو نمودار  $a$  باشد، نشان دهید  $a$  یک جواب معادله  $-x + 1 = \sqrt{x}$  است.

۲- برعکس اگر بدانیم عددی مانند  $a$  یک جواب معادله  $-x + 1 = \sqrt{x}$  است، آنگاه  $a$  طول یکی از نقاط تلاقی دو نمودار است؟

۳- از طریق شکل بالا استدلال کنید که معادله  $\sqrt{x} = -x + 1$  فقط یک جواب دارد که در فاصله  $[0, 1]$  قرار دارد.

۴- مقدار دقیق جواب معادله  $\sqrt{x} = -x + 1$  چیست؟

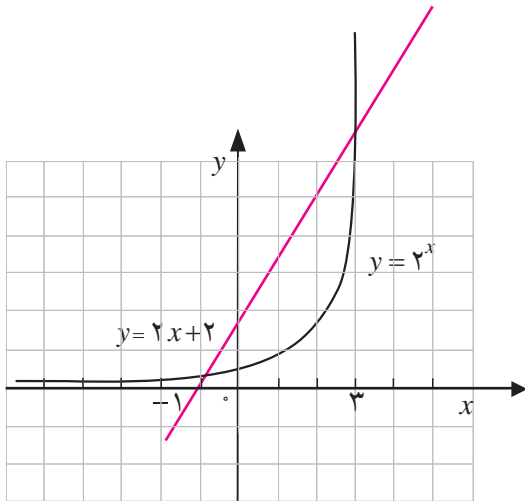
به کمک فعالیت بالا قضیه زیر به دست می‌آید.

اگر  $y = f(x)$  و  $y = g(x)$  دو تابع باشند؛ طول نقاط محل تلاقی این دو نمودار جواب‌های معادله  $f(x) = g(x)$  خواهند بود و برعکس هر جواب این معادله، طول یکی از نقاط محل تلاقی این دو نمودار است

این شیوهی حل معادلات را که از طریق آن تعداد جواب‌ها و مقدار تقریبی جواب‌ها قابل تشخیص است، روش هندسی (نموداری) حل معادلات می‌نامند.



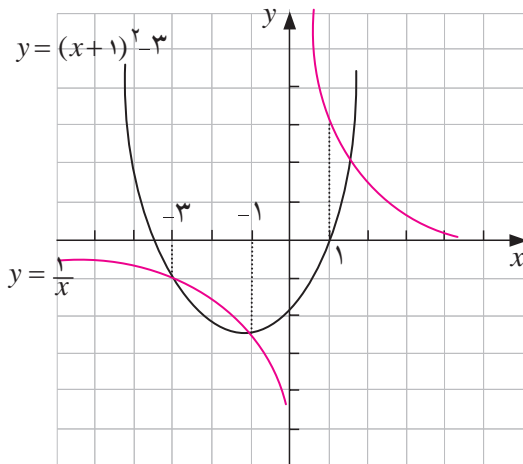
مثال



معادله  $2^x = 2x + 2$  را به روش هندسی حل می‌کنیم. کافی است نمودار توابع  $y = 2^x$ ,  $y = 2x + 2$  را رسم کنیم و محل تلاقی نمودارها را به دست آوریم. از روی نمودار واضح است که معادله دارای جوابی بین  $-1$  و  $3$  و یک جواب مثبت است و معادله فقط همین دو جواب را دارد.

جواب مثبت این معادله  $3$  است ولی جواب دیگر را به طور دقیق نمی‌توانیم به دست آوریم اما با روش آزمون و خطا که در سال‌های قبل آموخته‌اید می‌توانید تقریبات اعشاری جواب را با دقت مورد نظر به دست آورید.

مثال



تعداد جواب‌های معادله  $\frac{1}{x} = x^2 + 2x - 2$  از طریق هندسی می‌یابیم، سپس با استفاده از روش جبری جواب‌های معادله را به طور دقیق تعیین می‌کنیم.

نمودار تابع  $y = \frac{1}{x}$  را می‌شناسید. توجه داریم که این تابع در  $x = 0$  تعریف نمی‌شود و شامل دو شاخه در ربع اول و سوم خواهد شد. با استفاده از رسم تابع  $y = x^2$  و انتقال نمودار آن، تابع  $y = x^2 + 2x - 2$  را رسم می‌کنیم. توجه داریم که

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

از روی شکل می‌توان حدس زد که یکی از جواب‌ها  $1$  خواهد شد و با جای‌گذاری  $x = 1$  در معادله، درستی این حدس تأیید می‌شود. شکل نشان می‌دهد که این معادله دو جواب دیگر هم دارد که منفی هستند. اگر مقدار دقیق جواب‌ها را بخواهیم ابتدا با ضرب طرفین معادله در  $x$  آن را به صورت  $x^3 + 2x^2 - 2x - 1 = 0$  می‌نویسیم. چون چندجمله‌ای  $x^3 + 2x^2 - 2x - 1$  بر  $x - 1$  بخش پذیر است، داریم:

$$x^3 + 2x^2 - 2x - 1 = (x-1)(x^2 + 3x + 1) = 0$$

$$x = \frac{-3 \pm \sqrt{5}}{2}, \quad x = 1 \text{ در نتیجه}$$



تمرین در کلاس



- ۱- معادله  $\sqrt{x+1} - x^2 = 2x+1$  را به روش هندسی و جبری حل کنید و جواب‌های به دست آمده را مقایسه کنید.
- ۲- تعداد جواب‌های معادله  $x - 2\sin x = 0$  را مشخص کنید.
- ۳- از طریق جبری و هندسی نشان دهید معادله  $\sqrt{x} = x+1$  جواب ندارد.

مسائل



- ۱- با روش هندسی به طور تقریبی هر یک از معادلات زیر را حل کنید و در صورت امکان جوابهای دقیق را با روش جبری به دست آورید.

$$\frac{2x-1}{x} = 5-x \quad (\text{ب})$$

$$\sqrt{x-1} = x-3 \quad (\text{الف})$$

$$\sqrt{x} + 2x = x^2 + 2 \quad (\text{د})$$

$$2^x = x^2 \quad (\text{ج})$$

- ۲- به روش نقطه یابی نمودار تابع  $y = x^2$  را رسم کنید. سپس با استفاده از انتقال نمودار تابع  $y = (x+1)^2$  را رسم کنید و جواب‌های معادله  $(x+1)^2 = -3x+5$  را با روش هندسی به طور تقریبی به دست آورید.

قدرمطلق و ویژگی‌های آن

در سال‌های قبل با مفهوم قدرمطلق و تابع قدرمطلق آشنا شدید. اگر  $a$  عددی حقیقی باشد، قدرمطلق  $a$  که آن را با  $|a|$  نشان می‌دهیم. اگر  $a$  مثبت یا صفر باشد، برابر خود عدد  $a$  و اگر  $a$  منفی باشد، برابر قرینه  $a$  است. این مطلب را به صورت زیر می‌توان خلاصه کرد.

$$|a| = \begin{cases} a & a \geq 0 \\ -a & a < 0 \end{cases}$$

تمرین در کلاس



- ۱- حاصل هر یک از عبارات زیر را بدون علامت قدرمطلق بنویسید.
  - (الف)  $| -2 - (-3) |$
  - (ب)  $| 1 - \sqrt{2} |$
  - (ج)  $|\sqrt{3} - \sqrt{5}|$
- ۲- عبارات زیر را به ساده‌ترین صورت بنویسید.
  - (الف)  $\sqrt{4 - 2\sqrt{3}}$
  - (ب)  $\sqrt{x^4 + 2x^2 + 1}$
- ۳- عبارت «فاصله‌ی بین دو عدد  $x$  و  $a$  کمتر از  $1/10$  است» را با استفاده از نماد قدرمطلق بنویسید.



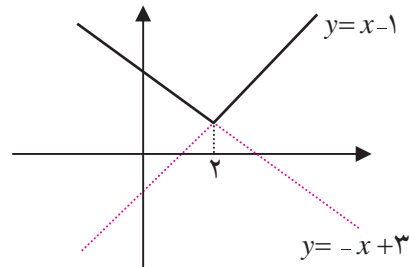
با توجه به تعریف قدرمطلق می‌توان عبارات قدرمطلق را ساده نمود.

### مثال

نمودار  $y = |x - 2| + 1$  را رسم می‌کنیم.

با رسم نمودار این تابع از طریق انتقال‌های مناسب نمودار  $y = |x|$  آشنا هستید، ولی در اینجا می‌خواهیم با استفاده از مفهوم قدرمطلق و ساده کردن عبارت این کار را انجام دهیم. ابتدا جدول تعیین علامت  $x - 2$  را تشکیل می‌دهیم و از طریق آن علامت  $x - 2$  را تشخیص می‌دهیم.

$x$	۲	
$x - 2$	-	+
$ x - 2 $	$-x + 2$	$x - 2$
$ x - 2  + 1$	$-x + 3$	$x - 1$



$$y = |x - 2| + 1 = \begin{cases} -x + 3 & ; x \leq 2 \\ x - 1 & ; 2 < x \end{cases}$$

### تمرین در کلاس



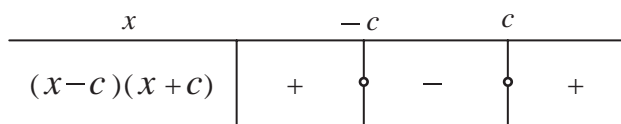
فرض کنید  $a$  و  $b$  دو عدد حقیقی باشند:

۱- با توجه به این که  $\sqrt{a^2} = |a|$  نشان دهید  $|ab| = |a||b|$

۲- با فرض  $b \neq 0$  و استفاده از قسمت قبل ثابت کنید:  $\left| \frac{a}{b} \right| = \frac{|a|}{|b|}$

۳- اگر  $|x| \leq c$  ( $c \geq 0$ ) با استفاده از استدلال زیر توضیح دهید چگونه می‌توان نتیجه گرفت:  $-c \leq x \leq c$ .

$$|x| \leq c \Rightarrow |x|^2 \leq c^2 \Rightarrow x^2 \leq c^2 \Rightarrow x^2 - c^2 \leq 0 \Rightarrow (x - c)(x + c) \leq 0$$



۴- اگر  $c \geq 0$  و  $-c \leq a \leq c$  ثابت کنید  $|a| \leq c$ .



### مسائل



۱- برای هر عدد حقیقی  $a$  نشان دهید  $|a| = |-a|$  و  $|a|^2 = a^2$

۲- برای هر عدد حقیقی  $a$  نشان دهید  $-|a| \leq a \leq |a|$

۳- برای هر دو عدد حقیقی  $a$  و  $b$  ثابت کنید:  $-|a|-|b| \leq a+b \leq |a|+|b|$  و نتیجه بگیرید:

$$|a+b| \leq |a| + |b|$$

(خاصیت بالا را خاصیت نامساوی مثلث می نامند.)

۴- برای هر دو عدد حقیقی  $x$  و  $y$  ثابت کنید:  $|y| \leq |x| + |y-x|$  و نتیجه بگیرید:

$$|y| - |x| \leq |y-x|$$

۵- اگر  $c > 0$  و  $|a| > c$  نشان دهید  $a > c$  یا  $a < -c$ .

۶- به کمک تعیین علامت عبارتهای داخل قدر مطلق، ضابطه‌ی توابع زیر را بدون استفاده از قدر مطلق

بنویسید.

ج)  $y = |x-1| + |x+2|$

ب)  $f(x) = |x+1| - 2$

الف)  $f(x) = x|x|$

## معادلات قدر مطلق

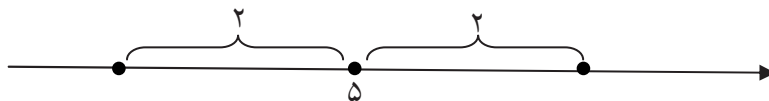


### حل یک مسئله



فاصله چه نقاطی روی محور اعداد از نقطه متناظر ۵ برابر ۲ است.

برای حل این مسئله ابتدا شکل زیر را رسم می کنیم.



اگر طول نقطه جواب را  $x$  بنامیم شرط مسئله به معنای آن است که  $|x-5| = 2$ . این یک معادله بر حسب مجهول  $x$  است. شرط

$|x-5| = 2$  به معنای آن است که  $x-5 = 2$  یا  $x-5 = -2$ . جواب‌های هر کدام از این دو معادله جواب معادله  $|x-5| = 2$  می باشند.

در نتیجه  $x=7$  و  $x=3$  دو جواب آن معادله هستند.



به طور کلی قضیه زیر برقرار است.

جواب‌های یک معادله به صورت  $|f(x)| = |g(x)|$  همان جواب‌های دو معادله  $f(x) = g(x)$  و  $f(x) = -g(x)$  روی هم هستند. به معادلاتی نظیر این معادلات که شامل عبارات قدرمطلق هستند معادلات قدرمطلق گویند.

برای یافتن جواب این معادلات با استفاده از خواص قدرمطلق و حذف علامت قدرمطلق معادله‌ی ساده شده را حل می‌کنیم.



### مثال

۱: معادله‌ی  $|x| = |2x - 3|$  را حل می‌کنیم. جواب‌های این معادله همان جواب‌های دو معادله  $2x - 3 = \pm x$  هستند که نتیجه می‌شود ۳ و ۱ جواب‌های آن هستند.

۲: معادله‌ی  $|x + 1| = 4 + 2x$  را حل می‌کنیم. توجه داریم که سمت چپ عبارت متناظر معادله نامنفی است پس باید داشته باشیم:  $4 + 2x \geq 0$  در نتیجه  $x \geq -2$ . حال دو معادله  $x + 1 = \pm(4 + 2x)$  را حل می‌کنیم.

$$x + 1 = 4 + 2x \Rightarrow x = -3$$

این جواب قابل قبول نیست، زیرا باید  $x \geq -2$ .

$$x + 1 = -(4 + 2x) \Rightarrow x = -\frac{5}{3}$$

این جواب قابل قبول است.

### تمرین در کلاس



معادلات قدرمطلق زیر را حل کنید.

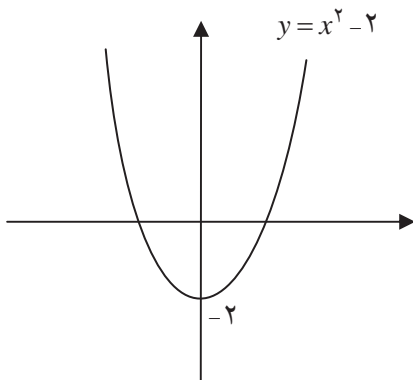
الف)  $||x| - 1| = 5$

ب)  $|2x - 1| + |x| = 7$

ج)  $x|x| = -4$



فعالیت ۹



در شکل روبه‌رو نمودار تابع  $y = x^2 - 2$  آمده است.

۱- با توجه به علامت  $x^2 - 2$  نمودار تابع  $f(x) = |x^2 - 2|$  را رسم کنید.

۲- نمودار  $y = 2$  را رسم کنید و محل تلاقی آن با نمودار تابع  $f(x) = |x^2 - 2|$  را مشخص کنید.

۳- جواب‌های معادله  $|x^2 - 2| = 2$  را با استفاده از بند ۲ به‌طور تقریبی تعیین کنید.

۴- به‌روش جبری معادله  $|x^2 - 2| = 2$  را حل کرده و با جواب‌های به‌دست آمده در بند ۳ مقایسه کنید.

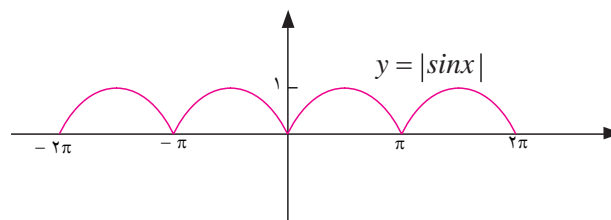
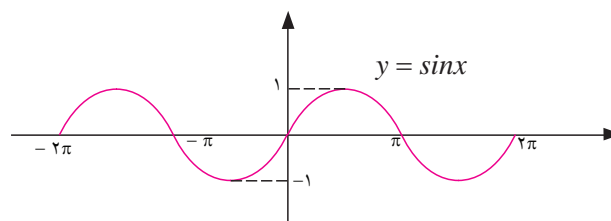
با توجه به تجربه بالا در رسم نمودار تابع  $y = |x^2 - 2|$  می‌توانید رابطه بین نمودار دو تابع  $f(x)$  و  $|f(x)|$  را به‌دست آورید.

در بازه‌هایی که نمودار  $f(x)$  بالای محور  $x$  است  $f(x)$  مثبت است و  $|f(x)| = f(x)$ . یعنی در این بازه‌ها نمودار  $f(x)$  و  $|f(x)|$

بر هم منطبق است. اما در بازه‌هایی که نمودار  $f(x)$  پایین محور  $x$  است  $f(x)$  منفی است و  $|f(x)| = -f(x)$ . یعنی در این بازه‌ها نمودار  $|f(x)|$  تصویر آینه‌ای نمودار  $f(x)$  است.

برای رسم نمودار  $|f(x)|$  کافی است نمودار  $f(x)$  را رسم کنیم و در جاهایی که نمودار  $f(x)$  زیر محور  $x$  است

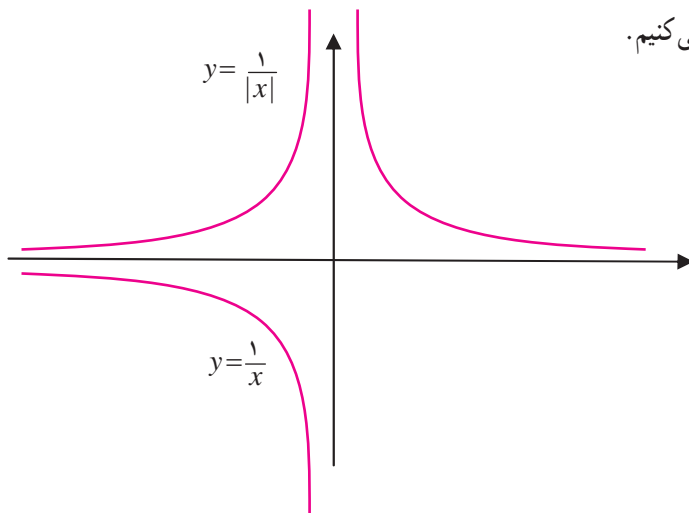
تصویر آینه‌ای نمودار  $f(x)$  را رسم کنیم.





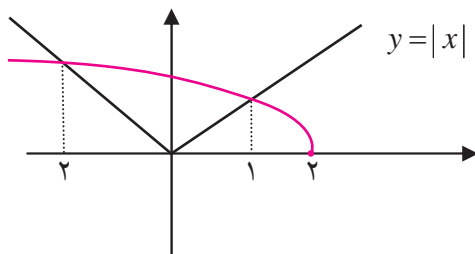
مثال

۱: نمودار تابع  $y = \frac{1}{|x|}$  را رسم می‌کنیم.



۲: به روش جبری و نموداری (هندسی) معادله  $|x| = \sqrt{2-x}$  را حل می‌کنیم.

در روش جبری با به توان دو رساندن طرفین معادله خواهیم داشت:  $x^2 = 2 - x$  در نتیجه  $x^2 + x - 2 = 0$  که



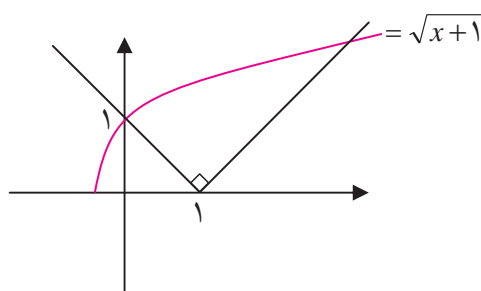
جواب‌های آن  $x = 1$ ,  $x = -2$  هستند که هر دو در معادله اصلی صدق می‌کنند پس معادله دو جواب دارد.

در روش هندسی نمودارهای توابع  $y = |x|$  و  $y = \sqrt{2-x}$  را رسم می‌کنیم. طول‌های محل تلاقی دو نمودار جواب‌های معادله‌اند.

تمرین در کلاس



۱- به روش هندسی جواب‌های معادله  $|\sin x| = \frac{1}{4}$  را در بازه  $[-\pi, \pi]$  به دست آورید.



۲- معادله  $|x^2 - 1| = 2x - |x|$  را با روش هندسی

حل کنید.

۳- در شکل روبه‌رو نمودار تابع  $y = \sqrt{x+1}$  و یک تابع قدرمطلق که نمودار آن نسبت به خط  $x=1$  متقارن است دیده می‌شود. معادله‌ای که جواب‌های آن طول نقاط تلاقی این دو منحنی است را تشکیل دهید و به روش جبری آن را حل کنید.





مسائل



۱- هریک از معادلات قدرمطلق زیر را حل کنید و مجموعه‌ی جواب آن را مشخص کنید.

(الف)  $|2t-1|-3=0$  (ب)  $|y^2-2|=7$  (ج)  $|2x-3|=3-2x$

۲- نمودار هریک از روابط زیر را رسم کنید. سپس به ازای  $y=3$  معادله به دست آمده را با روش هندسی و جبری حل کنید.

(الف)  $y = |2x-4|$  (ب)  $y = |x| + |1-x|$  (ج)  $y = x + \frac{x}{|x|}$

نامعادلات قدرمطلق

در سال قبل با تعیین علامت چندجمله‌ای‌ها و استفاده از آن در حل نامعادله‌های درجه‌ی دوم آشنا شدید. هر نامعادله‌ی درجه دوم را با استفاده از جدول تعیین علامت و خواص نامساوی‌ها می‌توان حل نمود.

تمرین در کلاس

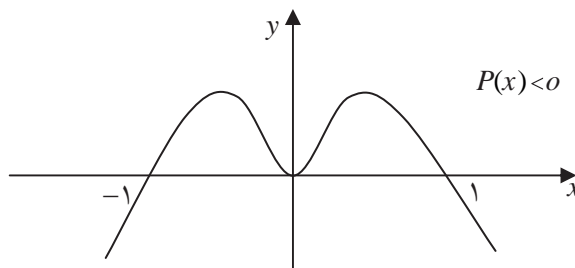
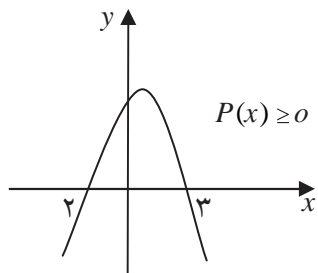


۱- هریک از نامعادلات زیر را حل کنید.

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

(د)  $1 + \frac{1}{x} < x$  (ج)  $(1-x)(x+2) > 2x^2 - 1$

۲- در هریک از حالت‌های زیر نمودار تابعی، مانند  $P(x)$  داده شده است. مجموعه جواب نامعادله‌ی داده شده را مشخص کنید.





نامعادلاتی که دارای عبارت‌های قدرمطلق هستند، نامعادلات قدرمطلق می‌نامند. برای حل این گونه نامعادلات عموماً از دو خاصیت مهم قدرمطلق استفاده می‌کنند.

اگر  $k$  عددی مثبت باشد، نامساوی  $|u| \leq k$  معادل با آن است که  $-k \leq u \leq k$ .  
و نامساوی  $|u| \geq k$  معادل است با آن که  $u \geq k$  یا  $-u \geq k$ .

## مثال

۱: نامعادله‌ی  $|2x-1| \leq 7$  را حل می‌کنیم.

$$|2x-1| \leq 7 \Rightarrow -7 \leq 2x-1 \leq 7 \Rightarrow -6 \leq 2x \leq 8 \Rightarrow -3 \leq x \leq 4$$

مجموعه جواب بازه  $[-3, 4]$  می‌باشد.

۲: نامعادله‌ی  $|6-3x| \geq 5$  را حل می‌کنیم.

مجموعه جواب این نامعادله، اجتماع مجموعه جواب‌های دو نامعادله  $6-3x \geq 5$  و  $6-3x \leq -5$  است. مجموعه جواب

اولی بازه  $[-\infty, \frac{1}{3}]$  و مجموعه جواب دومی  $(\frac{1}{3}, \infty)$  است و اجتماع این دو بازه مجموعه جواب نامعادله اصلی است.

۳: نامعادله‌ی  $|2x+1| \geq 3$  را حل می‌کنیم.

این نامعادله را می‌توان مانند مثال قبل حل کرد. اما از روش دیگری هم می‌توانیم استفاده کنیم. با توجه به مثبت بودن طرفین نامساوی، طرفین را به توان دو می‌رسانیم و نامعادله را حل می‌کنیم.

$$(2x+1)^2 \geq 9 \Rightarrow 4x^2 + 4x + 1 \geq 9 \Rightarrow 4x^2 + 4x - 8 \geq 0 \Rightarrow x^2 + x - 2 \geq 0 \\ \Rightarrow (x+2)(x-1) \geq 0$$

$x$	$-2$	$1$	
$P = (x+2)(x-1)$	+	-	+
$0 \leq P$	جواب		جواب
	جواب		جواب

برای حل نامعادله‌ی اخیر از جدول

تعیین علامت استفاده می‌کنیم.

مجموعه جواب  $(-\infty, -2] \cup [1, +\infty)$

## تمرین در کلاس



مجموعه جواب هریک از نامعادلات زیر را مشخص کنید.

(ب)  $|2-3x| > 5$

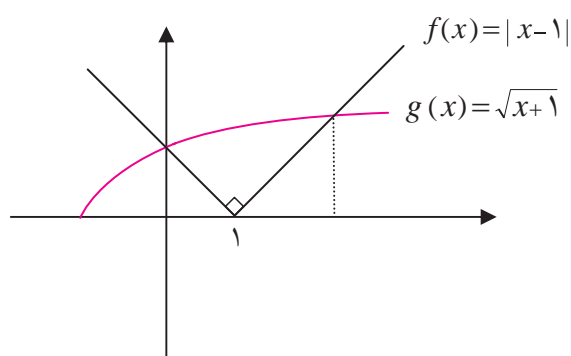
(الف)  $|x-1| \leq \sqrt{x+1}$



حل نامعادلات از طریق نموداری (هندسی)



فعالیت ۱۰



در شکل روبه‌رو نمودار توابع  $f(x) = |x-1|$  و  $g(x) = \sqrt{x+1}$  رسم شده است.

۱- نقاط  $x$  که  $f(x) < g(x)$  را از طریق شکل مشخص کنید.

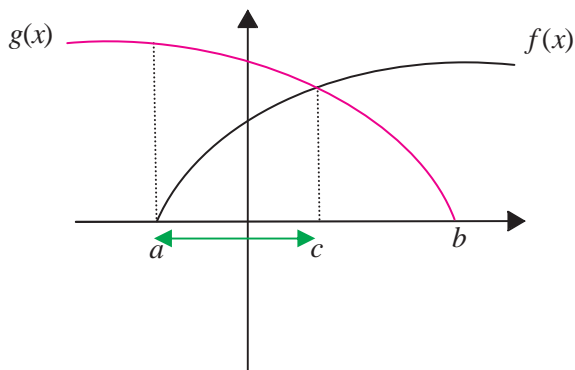
۲- مجموعه‌ی نقاط  $x$  که در آن نقاط نمودار  $f$  زیر نمودار  $g$  قرار می‌گیرد را مشخص کنید.

۳- مجموعه نقاط بند (۲) با نقاط بند (۱) چه رابطه‌ای دارند؟

یک نامعادله‌ی دلخواه را می‌توان به شکل  $f(x) < g(x)$  نوشت که  $f$  و  $g$  دو تابع می‌باشند. در حالت کلی حل جبری چنین نامعادله‌ای ممکن است بسیار پیچیده و حتی ناممکن باشد.

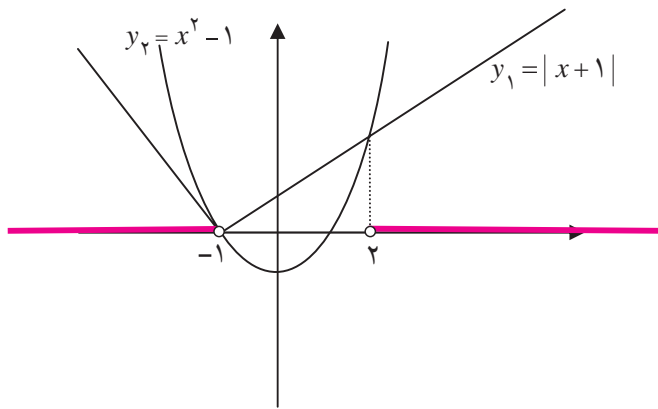
اما اگر بتوانیم نمودارهای این توابع را رسم کنیم، مجموعه جواب این نامعادله دقیقاً برابر مجموعه نقاطی مانند  $x$  است که در این نقاط نمودار  $f$  زیر نمودار  $g$  قرار می‌گیرد.

برای مشخص کردن مجموعه جواب نامعادله‌ی  $f(x) < g(x)$  پس از رسم توابع  $f$  و  $g$  مقادیری از دامنه مشترک دو تابع را مشخص می‌کنیم که عرض نقاط تابع  $f$  از عرض نقاط تابع  $g$  کمتر باشد. در شکل زیر دامنه‌ی مشترک دو تابع  $[a, b]$  می‌باشد. فقط در بازه‌ی  $(a, c)$ ، عرض نقاط منحنی  $f$  از عرض نقاط منحنی  $g$  کمتر است، پس جواب نامعادله بازه‌ی  $(a, c)$  می‌باشد.





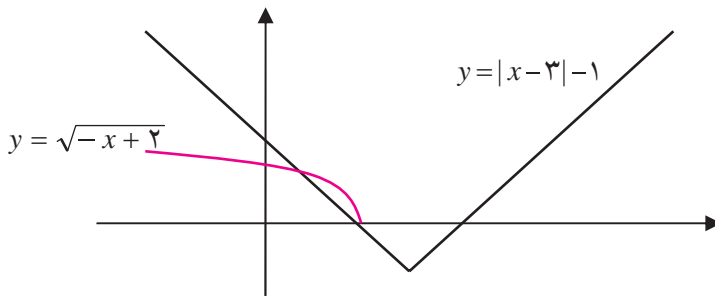
مثال



نامعادله  $|x+1| < x^2 - 1$  را با استفاده از روش نموداری (هندسی) حل می‌کنیم. نمودار توابع  $y_1 = |x+1|$  و  $y_2 = x^2 - 1$  را رسم می‌کنیم.

باید مجموعه نقاطی را تعیین کنیم که در آن نقاط نمودار  $y_1$  زیر نمودار  $y_2$  واقع شده باشد. اجتماع دو بازه  $(-\infty, -1)$  و  $(2, \infty)$  مجموعه جواب نامعادله است.

تمرین در کلاس



باتوجه به نمودارهای رسم شده، نامعادله  $\sqrt{-x+2} \geq |x-3| - 1$  را حل کنید.

مسائل



نامعادلات زیر را با روش جبری حل کنید.

۱)  $x^2 - 2x^2 + x \geq 0$

۲)  $\frac{2x-1}{x} > 1$

۳)  $\frac{x+1}{x} - \frac{x}{x-1} \leq 2$

۴)  $|x-2| \leq x$

نامعادلات زیر را با روش هندسی حل کنید و مجموعه جواب آن‌ها را به دست آورید.

۵)  $x^2 \leq 2^x$

۶)  $\sqrt{x-1} < |x-1|$

۷)  $\frac{1}{x} < \sqrt{x}$

نامعادلات زیر را با روش هندسی و جبری حل کنید.

۸)  $x+1 < |x|$

۹)  $|x^2 - 1| \leq |x+1|$

۱۰)  $|x| + |x-1| \leq 5$