

ریاضی ( شمیرپوهنه )

برای صنف ۱۲ - م

ډاکتر ماخان ( میری ) شینواری

لیکونکی

2016

Ketabton.com

۱	لومړۍ: لیمیت یا حد
۱۰	خواص حدود
۱۶	حد توابع .....
۲۰	حد اعداد کسري .....
۲۲	حد توابع .....
۲۷	حدبرای .....
۳۱	حل به طریق .....
۳۳	متمادیف
۴۰	خواص تابع متمادی
۵۰	تمرینات فصل
۵۷	تغیر قیمت وسطی
۶۴	شمردن مشتق
۷۰	در جای $x_0$ مشتق تابع و تابع مشتق
۷۵	تعریفهای تانجنت و عمود و خواص ان
۸۱	قوانین شمارش مشتق
۸۵	مشتق توابع الجبري
۹۰	مشتق توابع مرکب(- زنجيري)
۹۵	مشتق توابع مثلثاتي
۱۰۰	استعمال مشتق در علوم طبيعي

سرلیک

۱۰۵	مشتق درجه بلند
۱۰۹	مشتق توابع اکسپوننشل
۱۱۳	مشتق لوگاریتم
۱۱۶	قابلیت مشتق یک تابع
۱۲۱	مشتق تابع معکوس
۱۲۳	مشتق توابع ایمپلیسیت
۱۲۹	خلص فصل
۱۳۱	تمرینات فصل
۱۳۷	قضیه رول
۱۴۱	توابع همناخت
۱۴۱	توابع همناخت
۱۴۷	نقاط افراطی...
۱۵۱	انحنای....
۱۵۴	نقاط انعطاف
۱۶۳	بحث منحنی
۱۶۸	حد افاده های نامعین
۱۷۳	قاعده برنولی....
۱۷۸	مثال استعمال....
۱۸۱	قضیه مفاد بیشترین
۱۸۷	کوتاه فصل
۱۹۲	تمرینات فصل:
۲۰۱	تجزیه کردن به...
۲۱۲	پیشگفتار برای شمردن انتیگرال
۲۱۵	شمردن انتیگرال
۲۲۵	انتیگرال نامعین
۲۲۷	شمردن انتیگرال معین
۲۳۴	قاعده انتیگرال گرفتن

سرلیک

۲۳۷	انتیگرال کرفتن تابع لوگاریم
۲۴۰	قانون تعویضی
۲۴۶	انتیگرال قسمی
۲۴۰	انتیگرال نامتناهی .....
۲۴۴	تولگه .....
۲۴۷	د خپرکی تمرینونه
۲۵۳	استعمال شمیرنی اینتیگرال
۲۵۶	از دو خط محدود شده...
۲۶۴	بدنهای دورانی
۲۷۷	تولگه
۲۷۹	تمرینونه:

سوانح نوپسنده  
اثر و ترجمه نوپسنده

## سرریزه

گرنو هیوادوالو!

ما په کلونو کې د نصاب لپاره دا د دولسم ټولګي د پښتو او دري کتابونه لیکلي وو، خو په هغه وخت کې دا کتابونه د پوهني وزارت له خوا چاپ نه شو او په ډېره خوشینۍ سره باید ووايم، چې په ځای يې کتابونه چاپ کړل، خو ناسم، چې نه يې ژبه سمه وه او نه يې شميرپوهنيزه خونديونه.

دا زما له خوا لیکل شوي کتابونه د معيار (د نړۍ د معيار) سره سم لیکل شوي او دلته يې گرانو زده کوونکو ته وړاندې کوم، هيله ده، چې گټه به ترې واخلي.

د نصاب له پاره د چاپ شوي کتاب د بوي برخي ناسمون به د کتاب په اخر کې ځای په ځای کړم.

ما څو واره د افغانستان د پهنې وزارت څخه هيله کړې، چې اجازه راکړي، تول د بنوونځي کتابونه، چې ما لیکلي، دوی ته وړاندې او د سرهسم ولیم، خو د کتابونو د ناسمون مسؤلیت او یا هیڅ څوک د څه مسؤلیت په غاړه نه لري.

زه دا ټول د بنوونځي کتابونه گرانو لوستونکو ته وړاندې کوم، خو ځنو کتابونو کې به داسې راغلي وي، چې زما د ناتوانۍ له امله به مې د یوه کتاب ځنې برخې بل کتاب کې ځای په ځای کړې وي، چې له دې امله د گرانو لوستونکو څخه هيله، چې د هر څه له مخه دې، د کتاب سرریزه وگوري.

ما چې لیکنې جمهورریس او د پوهني وزارت ته لیکلي، هم مل دي.

گرانو هیوادوالو!

ماته به بڅښنه کړی، زه له دې نور زیات زور نه لرم، چې ښه سرریزه او نور اړین څه ولیکم. دا زما لیکنې نورې همداسې ومنی، چې څنگه درته وړاندې کیري. په لیکنو کې به زما د لیکنیزو ناسمونو نور ناسمونونه نه وي. هيله ده، چې گټه به ترې پورته کړي.

## لیمیت یا حد ( "The Limit" )

ما ترادف زیل اعداد را داریم :

$$(I) \quad \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \dots, \frac{1}{n}$$

$$(II) \quad \frac{3}{2}, \frac{4}{3}, \dots, \frac{n+1}{n}$$

$$(III) \quad 2, 4, 6, \dots, 2n$$

اگر  $n$  به لایتناهی تقرب کند، از ترادف های بالا (۱) به طرف صفر، (۲) به طرف یک و (۳) به طرف لایتناهی می رود

معنی لیمیت Limit (لاتین) حد میباشد، که از آن عبور کردن اجازه نه دارد. در روم قدیم نام قلعه یک شهر هم Limit بود. در ریاضیات، طوری که در ترادف مشاهده نمودیم، لیمیت به معنی حد میباشد.

مفهوم استعمال حد درین نهفته است، که سلوک یا عمل تابع طوری مطالعه شود مثل که تابع به محور افقی (به  $x$ -محور یعنی (abscissa)) به یک حد (نقطه) نزدیک شود. طوری که در مثالهای ورودی بالا دیدیم که ترادفها بالای محور افقی به یک حد می رود.

خواهیم دید که حد در ریاضیات برای این استعمال میشود که مشتق را بشناسیم.

فعالیت :

-ایا شما در زندگي روزمره به کلمه حد اشنایي دارید؟

- ایا شما در زندگي روزمره یک مثال آورده میتوانید که به یک حد از هر دو طرف ، از طرف راست به طرف چپ و همین طور از طرف چپ به طرف راست نزدیک میشود؟ - ایا مرز بین حیرتان و ترمزحد بین افغانستان و تاجکستان از هر دو طرف حد هست یا نه؟

- ایا این حد میباشد در یک جاي معین و یا چه طور؟

از فعالیتهاي بالا نتیجه زیر بدست می آید:

«مثالهاي حد،، که در بالا آورده شد در یک جاي معین حد توابع یا مثالهاي عملي میباشد، که ما هم در ریاضیات در یک جاي معین انرا لیمت یا حد مینامیم.

ما برای روشن ساختن شروع مثال زیر را می اوریم:

مثال ۱ : یک تابع  $f(x)=2x$  و یک نقطه  $P_0$  داده شده باشد، که در نقطه  $P_0$  قیمتهاي وضعیه ان  $(3,6)$  باشد، پس :

( ۱ ) جدول تابع را بنویسید

( ۲ ) گراف تابع یا شکل تابع را رسم کنید.

( ۳ )  $f(3)$  را پیداکنید و به حرکت  $f(x)$  بحث کنید، وقتیکه  $x$  به قیمت 3 نزدیک میشود.

( ۴ ) تقارب تابع  $f(x)$  به لیمت را در شکل روشن کنید.

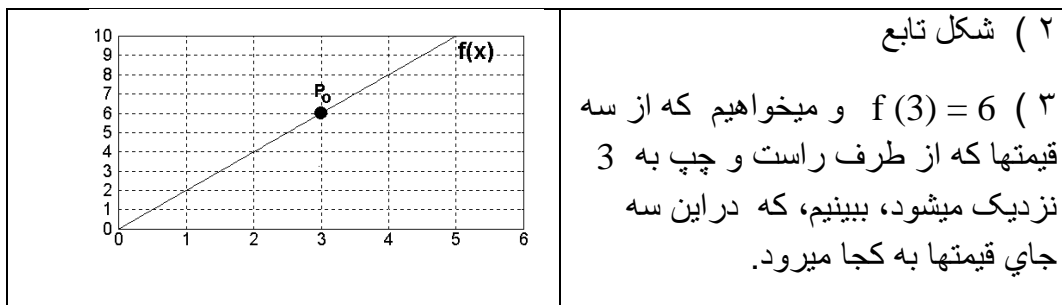
حل مثال :

( ۱ ) جدول تابع ( در ۳ ) آمده

سرلیک

۳

حد



برای این قیمت‌های پایین را در دوجداول مطالع میکنیم: جدول عمود:

$x_k$	$f(x_k)$	$x_k$	$f(x_k)$
2,98	5,96	3,001	6,002
2,99	5,98	3,01	6,02
2,999	5,998	3,02	6,04

از جدول بالا میبینیم، که به قیمت‌های  $f$  از بالا به پایین از طرف چپ به 6 نزدیک میشویم  
 و به همین طور از طرف راست از پایین به بالا به قیمت 6 نزدیک میشویم.

جدول افقی میاوریم:

از راست به طرف چپ      از چپ به طرف راست

← 3 →

$x$	2.98	2.99	2.999		3.001	3.01	3.02
$f(x)$	5.96	5.98	5.998		6,002	6.02	6.04

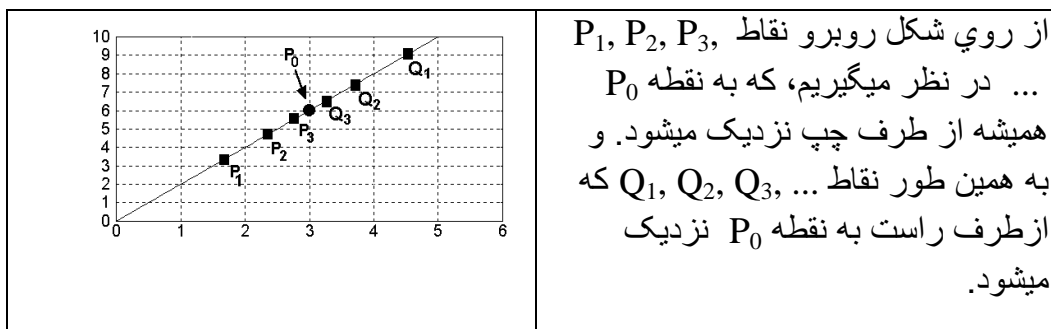
← 6 →



در سه قدم که قیمت  $f(3)$  به قیمت‌های  $f(x)$  مقایسه میشود، وقت که  $x$  به "3" نزدیک میشود.

این حالت نشان میدهد که: اگر  $x$  به 3 نزدیک شود، پس لیمیت  $f(x)$  برابر به 6 میشود و به اینطور مینویسیم:  $\lim_{x \rightarrow 3} f(x) = 6$

(۴) حالا گراف را قرار زیر رسم میکنیم و به طرف راست و چپ نقاط مطلوبه را - مثل که در جدول بالا - نشانی میکنیم.



دیده میشود: به هر اندازه، که نقاط بالا به نقطه  $P_0$  نزدیک میشود، به همان اندازه قیمت‌های تابع به 6 نزدیک میشود (از بابت قیمت نقطه  $(P_0(3,6))$ )

اگر در گراف  $x$  به جای  $x=3$  نزدیک شود، پس قیمت تابع به قیمت 6 نزدیک میشود.

میگوییم: 6 لیمیت تابع  $f(x)$  میباشد. برای  $x \rightarrow 3$  (اینطور خوانده می شود:  $x$  به

طرف 3 میرود). و مینویسیم:  $\lim_{x \rightarrow 3} f(x) = 6$

از فعالیتها و مثال های بالا این تعریف را به دست میاوریم:

تعریف: تابع  $f(x)$  یک حد  $L$  دارد، برای  $x$  اگر  $x$  متصل به طرف یک عدد حقیقی  $c$

برود و به این طور مینویسیم:  $\lim_{x \rightarrow c} f(x) = L$

خواندن: لیمیت  $f(x)$  برابر به  $L$  است، برای  $x > c$ .

در بعض توابع، مثل که پیش دیدیم، ، حد،، را به این سادگی بدست آورده نمیتوانیم.

یک مثال را می آوریم که در آن سوالهای زیر حل شده باشد.

- آیا یک تابع، درجای که تعریف نه باشد، میتواند حد را داشته باشد؟

- اگر این کار شدنی باشد چه طور صورت گرفته میتواند؟

برای روشن ساختن این سوال ما مثال زیر را مطالعه میکنیم:

مثال ۲ :

تابع  $f(x) = \frac{x^2 - 1}{x - 1}; x \neq 1$  داده شده است.

( ۱ ) جدول و گراف تابع را بکشید.

$x$  از راست به ۱ نزدیک میشود  $x$  از چپ به ۱ نزدیک میشود

				→ 1 ←				
1.02	1.01	1.001			0.999	0.99	0.98	$x$
2.02	2.01	2.001			1.999	1.99	1.98	$f(x)$

→ 2 ←

<b>شکل</b>	<p>حرکت تابع <math>f(x)</math> زیر بحث بگیرید اگر <math>x</math> به 1 نزدیک شود یعنی <math>x \rightarrow 1</math>.</p> <p>از هر دو یعنی از گراف و از جدول ما مینویسیم که <math>f(x)</math> به طرف عدد حقیقی 2 میرود.</p> $\lim_{x \rightarrow 1} f(x) = 2$
------------	--

از شکل فوق میتوان گفت که تابع در نقطه تعریف نه دارد، که در آن نقطه حد شمرده شده.

حل حسابی: اگر یک تابع که در صورت و مخرج برای قیمت‌های مربوطه صفر داشته باشد و این جای صفر از بین برده میشود - طور که در مثال ما دیده میشود- پس برای یافتن لیمیت یا حد قرار ذیل به پیش میرویم:

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

و میگوییم که این قسم تابع در جای صفر خالیگانه، دارد ( یعنی درین جا تعریف نیست).

	<p>فعالیت:</p> <p>تخته رو برو طرف راست سرک داریم:</p> <p>- بگویند که این تخته چي مفهوم را دارد؟</p> <p>به همین ترتیب طرف چپ سرک هم به همین قسم یک تخته موجود است این هم به همین مفهوم..</p>
--	---

این سوال ما را به روشن ساختن زیر رهنمایی میکند.

مثال ۳: تابع  $f(x) = \frac{|x|}{x}$  ,  $x \neq 0$  را داده شده.

( 1 ) تابع نوشته کنید ، بدون اینکه نشانه یاسمبول " | " را به کار ببرید:

( 2 ) گراف تابع را رسم کنید.

( 3 ) قیمت  $f(x)$  را پیدا کنید، که در آن  $x$  از طرف راست به 1 نزدیک میشود.

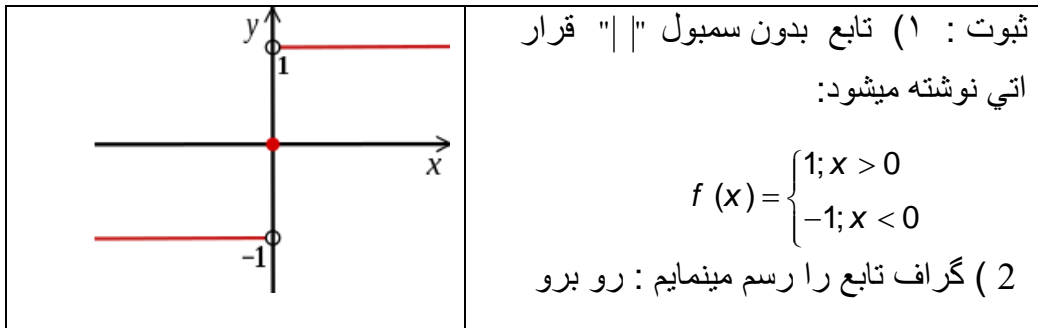
سرلیک

۷

حد

4) قیمت  $f(x)$  را دریابید، اگر  $x$  از طرف چپ به  $-1$  نزدیک شود

5) نشان دهید، که تابع فوق  $f(x)$  چند حد دارد.



3) قیمت  $f(x)$  اگر  $x$  از طرف راست به  $1$  نزدیک شود، لیمیت زیر را به ما میدهد

$$\lim_{x \rightarrow 1} f(x) = 1$$

4) لیمیت  $f(x)$ ، اگر  $x$  از طرف چپ به  $-1$  نزدیک شود، قرار زیر میباشد.

$$\lim_{x \rightarrow -1} f(x) = -1$$

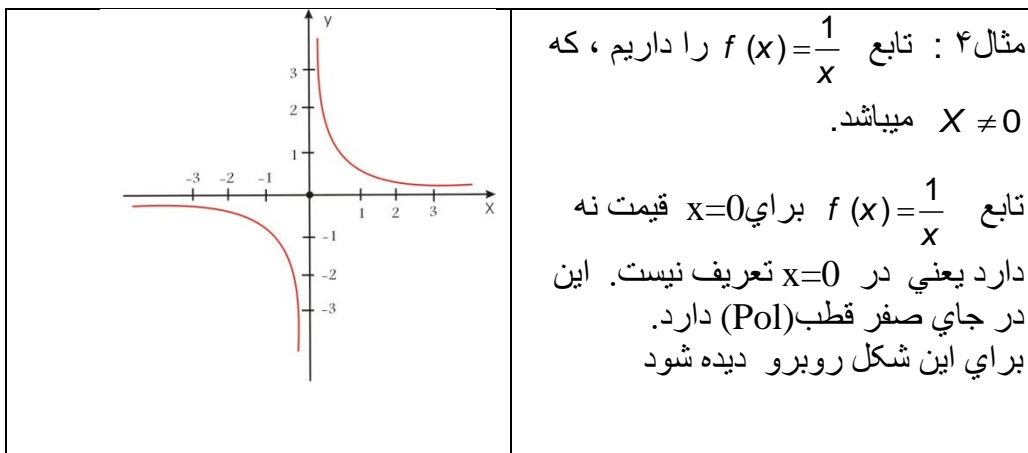
5) مشاهده میشود، که اگر  $x$  به دو قیمت  $1$  و  $-1$  نزدیک شود، دو لیمیت دارد،

یعنی  $\lim_{x \rightarrow \pm 1} f(x) = \pm 1$ ، پس ازین قرار  $f(x)$  لیمیت نه دارد.

نتیجه از مثال بالاله:

در مثال بالا برای  $x \rightarrow -1$  تابع لیمیت راست دارد و برای  $x \rightarrow 1$  لیمیت چپ دارد.

برای این میتوان گراف رسم شده در بالا هم دیده شود.



یادداشت: تابع، که مخرج آن صفر باشد و صورت شان صفر نمی باشد، میگوییم که تابع درین جای صفر مخرج قطب (Pol) دارد.

برای نزدیک شدن به  $x=0$  ترادف  $(x_n) = \frac{1}{n}$  را تعیین مینماییم.

ترادف قیمت مربوطه تابع  $(x_n) = \left( \frac{1}{n} \right)$  میباشد.

این برای  $n > 0$  یک ترادف نامحدود صعودی میباشد، و برای  $n < 0$  ترادف نزولی- یا متناقص میباشد.

این به معنی، که تابع  $f(x)$  در جای 0 حد نه دارد. این دران جای یک قطب دارد.

برای لیمیت توابع دست آورد زیر داریم:

تابع  $f(x), x \in D_f$  در جای  $x_0$  یک لیمیت  $a_l = \lim_{\substack{x \rightarrow x_0 \\ x < x_0}} f(x)$  سمت چپ داریم، اگر برای

هر ترادف  $(x_n)$ ، که  $n$  اعظمی شان طرف چپ  $x_0$  واقع باشد و قیمت‌های توابع  $f(x_n)$  به سمت  $a_l$  میکوشد.

به تور مشابه لیمت سمت راست:

تابع  $f(x), x \in D_f$  در جای  $x_0$  یک لیمیت  $a_r = \lim_{\substack{x \rightarrow x_0 \\ x > x_0}} f(x)$  سمت چپ داریم، اگر برای

هر تزداف  $(x_n)$ ، که  $n$  اعضی شان طرف راست  $x_0$  واقع باشد و قیمت‌های توابعو  $f(x_n)$  به سمت  $a_l$  میکوشد.

اگر تابع  $f(x)$  همان حد  $L$  داشته باشد، اگر  $x$  از طرف راست یا چپ به  $c$  نزدیک شود، پس حد موجود است و مساوی به  $L$  میباشد.

و به اینطور مینویسیم:  $\lim_{x \rightarrow c} f(x) = L$

تمرین

به هر یک از تابع باین ناحیه تعریف (domain) و ناحیه قیمت (range) یا (codomain) را پیدا نماید، گراف توابع را رسم نمایند و حد تابع را پیدا نمایند.

$$1) \lim_{x \rightarrow -1} (x^2 + x)$$

$$2) \lim_{x \rightarrow 4} (x^2 + x)$$

$$3) \lim_{x \rightarrow -2} 2x + 3$$

$$4) \lim_{x \rightarrow 0} |x|$$

$$5) \lim_{x \rightarrow 2} \frac{x}{x}$$

$$6) \lim_{x \rightarrow 1} 7$$

$$7) \lim_{x \rightarrow 1} \sqrt{\frac{x^2}{x}}$$

$$8) \lim_{x \rightarrow -2} \frac{x^2 - 4}{x + 2}$$

$$9) \lim_{x \rightarrow 3} \frac{x - 3}{x^9 - 9}$$

$$10) \text{ اگر باشد: } f(x) = \begin{cases} 2 + x; & x < 1 \\ x^2 & ; x \geq 1 \end{cases}$$

الف) گراف تابع را رسم کنید

ب)  $\lim_{x \rightarrow -1} f(x)$  را پیدانمائید

### خواص حدود : " Properties of Limits "

میفهمیم: در ریاضیات تمام توابع که داریم ترکیب combination توابع ساده میباشد و مثل که جمع، تفریق، ضرب، تقسیم (مخرج به صفر مساوی نمیشود) و توابع زنجیری combination F. ما دو توابع منتخب و ساده  $f(x) = c$  و  $g(x) =$  را داریم. اگر هر دو توابع با هم جمع کنیم بدست می آید:

$$h(x) = x + C, \text{ یا } L(x) = cx, \text{ یا } m(x) = x \cdot x = x^2 \text{ و دیگر و دیگر.}$$

خواهیم دید که درینجا هم تمام عملیه چهارگانه صدق میکند مثل که در عملیه ترادف اعداد.

#### فعالیت :

درین حصه حدود توابع اختیاری ثابت و - مشابه Identity function از طریق جمع، تفریق، ضرب و تقسیم (که مخرج شان صفر نه باشد) را بشمارید (پسان خواهیم دید که این توابع زیر نام خواص توابع لیمیت مطالعه میشود)

- حد یک تابع پولینوم اختیاری را پیدا نمایند.

-- از توابع  $f(x) = x, g(x) = x - 2$  استفاده نمایند، که سه توابع دیگری از ان بدست بیاورید. لیمیتهای این توابع را دریاید. این لیمیتها را جمع، ضرب و تقسیم (که مخرج صفر نه باشد) نمایند. -- اگر ممکن باشد لیمیت یک تابع را از حل تابع بدست آورده بتوانیم، یعنی اگر به طور مثال داشته باشیم  $\lim_{x \rightarrow 2} f(x) = \lim_{x \rightarrow 2} 3 = 3$  پس این تابع چي

قسمی خواهیم نوشت؟

-- ایا مثل عملیه بالا این عملیه برای هر تابع ثابت و مشابه صدق میکند؟

ما از بالا نتیجه زیر را میگیریم:

یادداشت: به طور عملیه فوق همین مساوات برای هر تابع ثابت صدق میکند.

حد یک ثابت: اگر  $a$  و  $c$  ثابت میباشند، پس  $\lim_{x \rightarrow a} c = c$  صدق میکند.

به همین ترتیب توابع مشابه یا ایدنتیک  $f(x) = I(x) = x$  را هم داریم، اگر  $c$  یک عدد حقیقی باشد، پس  $x$  به  $c$  نزدیک میشود. .... این در واقعیت همینطور است مثل که  $f(x) = I(x)$  به  $c$  نزدیک شود.

فعالیت:

1) اگر  $g(x) = 2 \cdot f(x) = x$  باشد، پس داریم:

$$\lim_{x \rightarrow 1} f(x) = 1, \lim_{x \rightarrow 1} g(x) = 2$$

2) اگر  $h(x) = f(x) + g(x)$  باشد، پس داریم:  $h(x) = x + 2$

3) گراف  $h(x)$

حد تابع از راه جدول (4)

← 1 →

0	.5	.8	1	1.2	1.5	2
2	2.5	2.8		3.2	3.5	4

→ 3 ←

به یاد داشته باشید:  $\lim_{x \rightarrow 1} h(x) = \lim_{x \rightarrow 1} f(x) + \lim_{x \rightarrow 1} g(x)$  و  $\lim_{x \rightarrow 1} h(x) = \lim_{x \rightarrow 1} (x + 2) = 3$

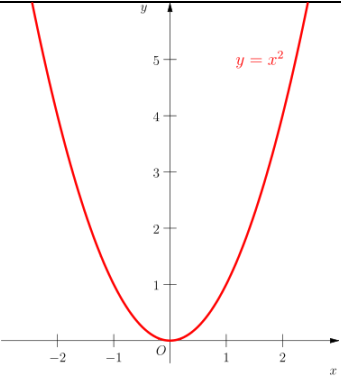
از بالا خاصیت اول لیمیت را بدست می آید:



اول: خاصیت جمع لیمیت: لیمیت جمع دو یا چند توابع مساوی به جمع لیمیت همان دو یا

$$\lim_{x \rightarrow 1} h(x) = \lim_{x \rightarrow 1} f(x) + \lim_{x \rightarrow 1} g(x) \quad \text{چند توابع می‌باشد:}$$

دم: خاصیت تفریق لیمیت: این حل دارد که مشابه بالا می‌باشد. این وظیفه را شاگردان عزیز به عهده بگیرد

	<p>مثال 1: اگر <math>f(x) = x</math> و <math>g(x) = x^2</math> باشد، پس دریابید:</p> <p>الف) <math>f(x) \cdot f(x) = g(x)</math></p> <p>ب) شکل تابع را رسم کنید</p> <p>پ) دریابید <math>\lim_{x \rightarrow 2} f(x)</math></p> <p>ت) دریابید: <math>\lim_{x \rightarrow 2} g(x)</math></p>
---	--

حل: الف)  $f(x) \cdot f(x) = x \cdot x = x^2 = g(x)$

ب)

<b>x</b>	-2	-1	0	1	2
<b>f(x)</b>	4	1	0	1	4

پ)  $\lim_{x \rightarrow 2} f(x) = \lim_{x \rightarrow 2} x = 2$

ت) از گراف بدست می‌آید:  $\lim_{x \rightarrow 2} g(x) = \lim_{x \rightarrow 2} x^2 = 4$

سرلیک

۱۳

## خواص حدود

$$\lim_{x \rightarrow 2} x^2 = \lim_{x \rightarrow 2} (x \cdot x) = \lim_{x \rightarrow 2} x \cdot \lim_{x \rightarrow 2} x = 2 \cdot 2 = 4$$

پس اوین بابت داریم :

از بالا نتیجه زیر بدست می آید:

سوم: خاصیت ضرب لیمیت:

لیمت ضرب توابع دو یا زیاد مساوی است به ضرب لیمیت‌های توابع مربوط.

$$\lim_{x \rightarrow a} x^2 = \lim_{x \rightarrow a} (x \cdot x) = \lim_{x \rightarrow a} x \cdot \lim_{x \rightarrow a} x = a \cdot a = a^2$$

مثال:

اگر باشد  $f(x) = x$  ،  $g(x) = x^2$  ، لیمیت‌های زیر را دریابید:

a)  $\lim_{x \rightarrow -1} f(x)$  ،  $\lim_{x \rightarrow -1} g(x)$

b)  $\lim_{x \rightarrow -1} f(x) \cdot \lim_{x \rightarrow -1} g(x)$

c)  $h(x) = g(x) \cdot f(x)$

d)  $\lim_{x \rightarrow -1} f(x) = \lim_{x \rightarrow -1} (x) = -1$

دریابید:  $\lim_{x \rightarrow -1} h(x)$ 

حل: الف:  $f(x) \cdot f(x) = x \cdot x = x^2 = g(x) \Rightarrow \lim_{x \rightarrow -1} x^2 = 1$

<b>x</b>	-2	-1	0	1	2
<b>f(x)</b>	4	1	0	1	4

b)  $\lim_{x \rightarrow -1} f(x) \cdot \lim_{x \rightarrow -1} g(x) = -1 \cdot 1 = -1 \Rightarrow \lim_{x \rightarrow -1} x^2 = 1$

c)  $h(x) = x^2 \cdot x = x^3$  ، d)  $\lim_{x \rightarrow -1} h(x) = \lim_{x \rightarrow -1} x^3 = -1$

مثال:

تابع  $f(x) = \frac{x^2 - 2x + 5}{2x^2 + 1}$  را داریم،  $\lim_{x \rightarrow 3} f(x)$  را دریابید.

حل:  $f(x)$  تقسیم دو توابع  $g(x) = x^2 - 2x + 5$  و  $L(x) = 2x^2 + 1$  است.

اگر  $x$  به 3 نزدیک شود میتواند لیمیت از طریق حل تابع در  $x = 3$  یافت شود:

$$\begin{aligned}\lim_{x \rightarrow 3} f(x) &= \lim_{x \rightarrow 3} \frac{x^2 - 2x + 5}{2x^2 + 1} \\ &= \frac{\lim_{x \rightarrow 3} (x^2 - 2x + 5)}{\lim_{x \rightarrow 3} (2x^2 + 1)} \\ &= \frac{3^2 - 2 \cdot 3 + 5}{2 \cdot 3^2 + 1} = \frac{8}{19}\end{aligned}$$

از مثال بالا نتیجه زیر بدست می آید:

چهارم: خاصیت تقسیم لیمیت (که مخرج به صفر مساوی نه باشد):

لیمیت یک تابع کسری (یعنی یک تابع که از تقسیم دو توابع) مخرج به صفر مساوی نیست) بدست آمده باشد) برابر است به تقسیم لیمیت صورت و لیمیت مخرج (که مخرج مساوی به صفر نه باشد).

مثال: گراف  $g(x) = \sqrt{3-x}$  را رسم کنید و دریابید:

$$a) \lim_{x \rightarrow 2} g(x) \quad , \quad b) \lim_{x \rightarrow -1} g(x) \quad , \quad c) \lim_{x \rightarrow 3} g(x)$$

حل: به طور زیر به پیش میرویم:

(الف)

$$\begin{aligned}\lim_{x \rightarrow 2} g(x) &= 1 \\ \lim_{x \rightarrow 2} \sqrt{3-x} &= \sqrt{\lim_{x \rightarrow 2} (3-x)} = \sqrt{1} = 1\end{aligned}$$

(ب) از گراف:  $\lim_{x \rightarrow -1} g(x) = 2$

$$\lim_{x \rightarrow -1} \sqrt{3-x} = \sqrt{\lim_{x \rightarrow -1} (3-x)} = 2\sqrt{4} \quad \text{یاد داشت:}$$

$$c) \lim_{x \rightarrow 3^-} g(x) = \lim_{x \rightarrow 3^-} \sqrt{3-x} = \sqrt{\lim_{x \rightarrow 3^-} (3-x)} = \sqrt{0} = 0$$

برای  $f(x) \geq 0$  و برای تمام قیمت‌های  $x$ ، که به  $c$  نزدیک می‌شود).

از بالا نتیجه زیر بدست می‌آید:

پنجم: خاصیت جذری لیمیت: لیمیت یک تابع که زیر جذر باشد مساوی است به اگر تابع و لیمیت هر دو زیر جذر گرفته شود.

سوال: اگر  $\lim_{x \rightarrow 2} f(x) = 3$  باشد، پس  $\lim_{x \rightarrow 2} (f(x))^n$  را دریابید.

یادداشت: لیمیت یک پولینوم به طور شمرده می‌شود، مثل لیمیت یک تابع. در پیش گفتیم که یک پولینوم از عملیات مختلف توابع ساده بدست می‌آید.

تمرینونه.

اگر  $\lim_{x \rightarrow 4} f(x) = 5$  و  $\lim_{x \rightarrow 4} g(x) = 0$ ،  $\lim_{x \rightarrow 4} h(x) = -2$  پس دریابید:

$$1) \lim_{x \rightarrow 4} (f + g)(x) \quad , \quad 2) \lim_{x \rightarrow 4} \left( \frac{g}{f} \right)(x) \quad , \quad 3) \lim_{x \rightarrow 4} (fg)(x)$$

$$4) \lim_{x \rightarrow 4} (h(x)) \quad , \quad 5) \lim_{x \rightarrow 4} \left( \frac{g}{f} \right)(x) \quad , \quad 6) \lim_{x \rightarrow 4} (2h - 3g)(x)$$

$$7) \lim_{x \rightarrow 4} (f \cdot h)(x) \quad , \quad 8) \lim_{x \rightarrow 4} \left( \frac{2h}{3f - g} \right)(x) \quad , \quad 9) \lim_{x \rightarrow 4} (h(x) + f^2(x))$$

$$10) \lim_{x \rightarrow 2} (6x^3 - 2x + 5x - 3) \quad , \quad 11) \lim_{x \rightarrow -2} \frac{3x-2}{x^2+1}$$

### لیمیت توابع کسری یا ناطق "Limit of Rational functions"

ما تقسیم زیر پولینومها را داریم:

$$R(x) = \frac{Q(x)}{P(x)} = \frac{a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_0}{b_m x^m + b_{m-1} x^{m-1} + \dots + b_0}; P_m \neq 0$$

و در باره لیمیت شان فکر میکنیم و با  $b_0 \neq 0$  بدست می آید  $\frac{a_0}{b_0}$ .

فعالیت :

اگر ما پولینوم  $f(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$  داشته باشیم. حد این پولینوم را

برای قیمتتهای مختلف  $x$  به چطور دریافت کرده میتوانیم؟

- اگر  $x \rightarrow 0$  به طرف صفر برود یا به صفر نزدیک شود.

- اگر  $x \rightarrow 1$  به یک عدد معین نزدیک شود.

- اگر  $x \rightarrow \infty$  به سوی لایتناهی برود.

- اگر پولینوم  $5x^3 + 3x^2 + 3$  درجه سه را داشته باشیم، پس حد این پولینوم برای چهار قیمت دلخوا دریا بید.

میدانیم، که حد توابع پولینومی - برای یک قیمت داده شده  $x$ ، طوری که در توابع ساده دیگر، که به قسم جمعی، تفریق، ضرب و تقسیم (که مخرج شان صفر نه باشد) داده شده شمار کرده میتوانیم. میخواهیم حد توابع ناطق یا -کسری را دریا بید.

برای این که حد توابع ناطق را ، در صورت که موجود باشد، دریابیم، پس از طرق مختلف استفاده میکنیم:

اگر داشته باشیم :

$$\lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{\lim_{x \rightarrow a} f(x)}{\lim_{x \rightarrow a} g(x)}$$

پس خواص تابع برای  $\lim_{x \rightarrow a} g(x) \neq 0$  ساده میسازیم، که حد تقسیم پولینوم بالا، که تابع کسری میباشد، بشماریم.

فعالیت : اگر  $\frac{x^2 - 4}{x + 2}$  داشته باشیم در صورت که  $x \neq -2$  باشد.

- حد این تابع در صورت که  $x > -2$  باشد دریابید.

- حد این تابع را دریابید اگر  $x \rightarrow 1$  باشد.

- حد این تابع را دریابید در صورت که  $x \rightarrow -1$  باشد.

- ساحه تعریف تابع را بنویسید!

- این تابع به چه قسم ساده کرده میتوانید، که حد شان برای  $x \rightarrow -2$  بدست آورده بتوانیم؟

به اساس فعالیت بالا میتوانیم، که حد توابع کسری برای اعداد مختلف دریابیم و همین طور یک تابع کسری، اگر ممکن باشد، به همان جاهای که در نزدیک شان باشد هم دریابیم، در کدام شان که تابع تعریف نه باشد.

برای وضاحت موضوع چند مثال از توابع ناطق را مطالعه میکنیم:

مثال ۱:  $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{x^2 + x}{x + 2}$  را دریابید

اگر  $x = 1$  باشد، پس تابع تعریف است و داریم:

$$\lim_{x \rightarrow 1} \frac{x^2 + x}{x + 2} = \frac{(1)^2 + 1}{1 + 2} = \frac{2}{3}$$

اگر  $x = 1$  جا به جا کنیم (Substitutue) پس به دست می آید:  $\lim_{x \rightarrow 1} f(x) = f(1)$

را دریابید  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{x^2 - 1}{x + 3}$  مثال :

حل : تابع برای  $x = 0$  تعریف است، پس داریم:  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{x^2 - 1}{x + 3} = \frac{0 - 1}{0 + 3} = -\frac{1}{3}$

دریابید.  $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{x^2 + x - 2}{x + 1}$  مثال ۳ :

حل : برای  $x = 1$  تابع تعریف است، پس داریم:

$$\lim_{x \rightarrow 1} \frac{x^2 + x - 2}{x + 1} = \frac{1^2 + 1 - 2}{1 + 1} = \frac{0}{2} = 0$$

اگر در یک جایی یا برای یک عدد که تابع تعریف نه باشد، پس از طریق مختلف استفاده می‌کنیم، که حد را دریابیم، اگر موجود باشد.

مثال ۴:  $\lim_{x \rightarrow 2} \frac{x^2 - 6x + 8}{x - 2}$  دریابید.

حل : برای این که تابع  $f(x)$  برای  $x=2$  تعریف نیست، پس برای حل حد تابع طریقه نمی‌توانیم دریابیم. حد را میتوانیم پیدا کنیم ، که تابع به ضربها تجزیه نمایم .

$$\lim_{x \rightarrow 2} \frac{x^2 - 6x + 8}{x - 2} = \lim_{x \rightarrow 2} \frac{(x - 4)(x - 2)}{(x - 2)}$$

سرلیک

۱۹

حد توابع .....

حد تابع اگر  $x$  به 2 نزدیکی شود، به این معنی است، اگر  $x \neq 2$  باشد.

این تابع کسری به  $\lim_{x \rightarrow 2} (x-4)$  کشته میشود:

$$(x-4) = 2-4 = -2 \lim_{x \rightarrow 2}$$

مثال ۵:  $\lim_{x \rightarrow 16} \frac{\sqrt{x}-4}{x-16}$  را دریابید.

مشاهده میشود، که تابع برای  $x = 16$  تعریف نیست، بدین معنی که  $x \neq 16$ .

به یاد داشته باشید که:  $\sqrt{b}-\sqrt{a}$  به  $\sqrt{b}+\sqrt{a}$  مزدوج یک دیگر میباشد

حل: صورت و مخرج تابع فوق به مزدوج  $\sqrt{x}-4$  یعنی  $\sqrt{x}+4$  ضرب مینمایم

$$\begin{aligned} \lim_{x \rightarrow 16} \frac{\sqrt{x}-4}{x-16} &= \lim_{x \rightarrow 16} \frac{\sqrt{x}-4}{x-16} \cdot \frac{\sqrt{x}+4}{\sqrt{x}+4} \\ &= \lim_{x \rightarrow 16} \frac{(x-16)}{(x-16)(\sqrt{x}+4)} \\ &= \lim_{x \rightarrow 16} \frac{1}{\sqrt{x}+4} = \frac{1}{\sqrt{16}+4} = \frac{1}{8} \end{aligned}$$

مثال ۶: دریابید:  $\lim_{x \rightarrow 3} \frac{3-x}{\sqrt{x}+1-2}$

حل: تابع به  $x=3$  تعریف نیست، پس مخرج و صورت به مزدوج مخرج ضرب می نمایم و داریم:



$$\begin{aligned}\lim_{x \rightarrow 3} \frac{3-x}{\sqrt{x+1}-2} &= \lim_{x \rightarrow 3} \frac{3-x}{\sqrt{x+1}-2} \cdot \frac{\sqrt{x+1}+2}{\sqrt{x+1}+2} \\ &= \lim_{x \rightarrow 3} \frac{(3-x)(\sqrt{x+1}+2)}{(x+1-4)} \\ &= \lim_{x \rightarrow 3} -1(\sqrt{x+1}+2) \\ &= \lim_{x \rightarrow 3} -(\sqrt{3+1}+2) = -4\end{aligned}$$

را در یابید. مثال ۷:  $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{\frac{5}{2x-3} + 5}{x^2 - 1}$

حل: تابع در  $x = 1$  تعریف نیست، پس به طریق زیر حد این تابع را در می یابیم:

$$\begin{aligned}\lim_{x \rightarrow 1} \frac{\frac{5}{2x-3} + 5}{x^2 - 1} &= \lim_{x \rightarrow 1} \frac{5 + 10x - 15}{(2x-3)(x^2-1)} \\ &= \lim_{x \rightarrow 1} \frac{10x - 10}{(2x-3)(x^2-1)} \\ &= \lim_{x \rightarrow 1} \frac{10(x-1)}{(2x-3)(x-1)(x+1)} \\ &= \lim_{x \rightarrow 1} \frac{10}{(2x-3)(x+1)} = \frac{10}{(2(1)-3)(1+1)} \\ &= \frac{10}{-2} = -5\end{aligned}$$

لیمیت اعداد کسري از طریق کلاسیک:

حالا یک تابع دیگری زر مطالع می گیریم، که انرا  $g(x)$  می نامیم:  $g(x) = \frac{x^2 + x - 2}{x - 1}$

سرلیک

حد اعداد کسري ..... ۲۱

درینجا هم سوال میکنیم، که اگر  $x \rightarrow 1$  نزدیک شود، پس تابع  $g(x)$  کدام قیمت‌های تابع را اختیار میکند: ما باز جایی را در فکر میگیریم، که  $x \rightarrow 1$  از طرف پیش (طرف چپ) بسیار نزدیک افتیده باشد و به همان جایی، که  $x \rightarrow 1$  از پشت سر یا طرف راست بسیار نزدیک افتیده باشد:

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

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

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

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

این هردو نتایج را حالا قرار زیل تشریح میکنیم: اگر  $h$  لاینتاهی کوچک تعیین نمایم یعنی جایی را در نظر بگیریم که  $x \rightarrow 1$  لایهنتاهی نزدیک شود، پس قیمت‌های تابع هم به قیمت 3 لاینتاهی نزدیک میشود. عدد 3 برای جایی  $x=1$  حد تابع  $g(x)$  میباشد. برای

$$\lim_{x \rightarrow 1} g(x) = 3 \text{ این مینویسیم:}$$

تمرینها: در صورتیکه موجود باشد لیمیت‌های زیر را دریابید.

1)  $\lim_{x \rightarrow 2} (6x^3 - 2x^2 + 5x + 3)$

2)  $\lim_{x \rightarrow -1} (x^7 + 2x - 5)$

3)  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{(x+2)^2 - 4}{x}$

4)  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{5x^2 + 7x}{(2x-3)^2 - 9}$

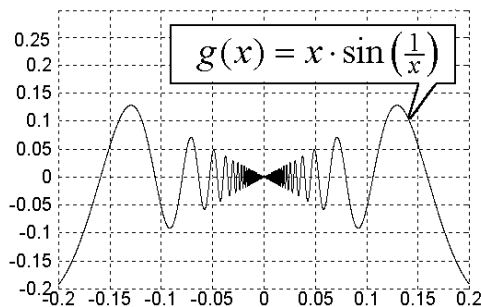
5)  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\frac{1}{x+3} - \frac{1}{3}}{x}$

6)  $\lim_{x \rightarrow 4} \left(\frac{1}{x} - \frac{1}{4}\right) \left(\frac{1}{x-4}\right)$

7)  $\lim_{x \rightarrow 2} \frac{\frac{2x}{x^2+1} - \frac{4}{5}}{x-2}$

8)  $\lim_{x \rightarrow 4} \frac{x-4}{\sqrt{x}-2}$

### حد توابع مثلثاتی Limit of trigometric function



فعالیت:

- حدساین  $\lim_{x \rightarrow a} \sin x$  برای قیمتهای مختلف  $x$  دریابید،
- اگر  $x \in [0; 2\pi]$  باشد. - اگر که  $x \rightarrow 0$  باشد. - اگر که  $x \rightarrow 30$  باشد
- اگر  $x \rightarrow 45$  باشد - اگر  $x \rightarrow 60$  باشد - اگر  $x \rightarrow 90$  باشد - اگر  $x \rightarrow 135$  باشد
- اگر که  $x \rightarrow 270$  باشد - اگر  $x \rightarrow 2\pi$  باشد

فعالیت:

برای قیمتهای که بالا داده شده حد  $\cos x$  دریابید.

قضیه: اگر  $x$  به رادیان داده شده باشد، پس داریم:  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$

ثبوت: برای  $x=0$  تابع  $\frac{\sin x}{x}$  تعریف نیست و شکل مبهم  $\frac{0}{0}$  دارد.

سرلیک

۲۳

حد توابع .....

ما میخواهیم برای  $x \rightarrow 0$  و  $\frac{\sin x}{x}$  طور زیر یک جدول بنویسیم (در مساوات بالا  $x$  به رادیان اندازه میشود):

$x$		$\sin x$	$\frac{\sin x}{x}$
په درجه	په رادیان		
$10^\circ$	0.1745	0.1736	0.9948
$5^\circ$	0.0873	0.0872	0.9988
$3^\circ$	0.05235	0.05233	0.9996
$1^\circ$	0.0174532	0.0174524	0.9995
$30'$	0.00872664	0.00872653	0.99999
$6'$	0.00174532	0.00174532	$\approx 1$
$3'$	0.00087266	0.00087266	$\approx 1$
$1'$	0.000291	0.000291	$\approx 1$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.

در جدول بالا میبینیم، که برای  $x$  قیمت  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$  میباشد.

حل  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$  به طریقه ریاضی طور زیر به پیش میبریم: یک دایره را در نظر

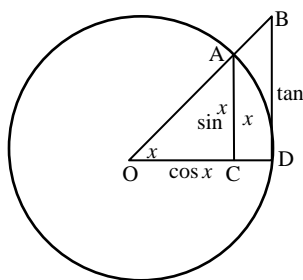
میگیریم، که مرکز شان (0) و شعاع آن  $OD$  و  $OA = OD = 1$

باشد. (16-3) شکل از نقطه  $A$  به  $OD$  یک عمود رسم میکنیم، که این شعاع را در

نقطه C قطعه مینماید.

از نقطه D بالایی دایره یک مماس رسم میکنیم. این مماس از OA خط دراز شده در نقطه B قطعه میکند

ما داریم :



$$\sin x = \frac{\overline{AC}}{\overline{OA}} = \frac{\overline{AC}}{1} = \overline{AC}$$

$$\cos x = \frac{\overline{OC}}{\overline{OA}} = \overline{OC}$$

$$\tan x = \frac{\overline{DB}}{\overline{OD}} = \overline{DB}$$

این که  $x$  به رادیان اندازه میشود، پس داریم:  $\hat{AD} = x$

از شکل بالا نا مساوات پایین داریم:

$$\hat{OBD} > \hat{AOD} > \hat{AOC}$$

به همین طور داریم:

$$\frac{1}{2} \cos x \cdot \sin x < \frac{1}{2} \overline{OD}^2 \cdot x < \frac{1}{2} \overline{OD} \cdot \tan x$$

در نامساوات بالا  $\overline{OD} = 1$  جا به جا میکنیم و تمام اطراف نامساوات به دو ضرب

میکنیم پس داریم:  $\cos x \cdot \sin x < x < \tan x$

یا به همین طور نوشته میتوانیم:  $\cos x \cdot \sin x < x < \frac{\sin x}{\cos x}$

سرلیک

۲۵

حد توابع .....

اگر تمام اطراف نامساوات به  $\sin x$  تقسیم نمایم، نتیجه زیر را خواهیم داشت:

$$\cos x < \frac{x}{\sin x} < \frac{1}{\cos x}$$

$$\frac{1}{\cos x} > \frac{\sin x}{x} > \cos x \quad \text{یا:}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1}{\cos x} > \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} > \lim_{x \rightarrow 0} \cos x$$

ازین که  $x \rightarrow 0^+$  پس برای  $\cos x \rightarrow 1$  بدست میاید:

$$\frac{1}{1} > \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} > 1$$

$$1 > \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} > 1$$

می بینیم که در عین وقت  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x}$  بزرگتر و کوچکتر از 1 میباشد، نتیجه میشود که:

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$$

دقت: اگر  $-\frac{\pi}{2} < x < 0$  او  $x = -\alpha$  بنویسیم، نتیجه زیر بدست می آید:

$$\frac{\sin x}{x} = \frac{\sin(-\alpha)}{-\alpha} = \frac{-\sin \alpha}{-\alpha} = \frac{\sin \alpha}{\alpha}$$

$$\boxed{\lim_{x \rightarrow 0^-} \frac{\sin x}{x} = \lim_{x \rightarrow 0^-} \frac{\sin \alpha}{\alpha}}$$

از هر دو مساوات فوق نتیجه زیر بدست می آید:  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$

حل نمایند  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 2x}{x}$  مثال ۱ :

حل : اگر  $2x = \alpha$  و اگر  $x \rightarrow 0$  باشد، پس  $\alpha \rightarrow 0$  و  $\frac{\sin \alpha}{\alpha} = \frac{\sin 2x}{2x}$  داریم.

از مساوات بالا نتیجه زیر داریم :

$$\lim_{\alpha \rightarrow 0} \frac{\sin \alpha}{\alpha} = 1 \Rightarrow 2 \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 2x}{2x} = 2 \cdot 1 = 2$$

نشاد دهید  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 5x}{2x}$  مثال ۲ :

اگر  $y = 5x$  باشد، و  $x \rightarrow 0$  ، پس  $y \rightarrow 0$  و هم داریم

$$\begin{aligned} \frac{\sin 5x}{5x} \cdot \frac{5}{2} &= \frac{\sin 5x}{\frac{5}{2}(2x)} \cdot \frac{5}{2} = \frac{\sin 5x}{2x} \\ &= \frac{5 \sin y}{2 y} \end{aligned}$$

بدین اساس داریم

$$\begin{aligned} \frac{5}{2} \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin y}{y} &= \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin y}{y} \cdot \frac{5}{2} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{5x}{2x} \\ &= \frac{5}{2} \cdot 1 = \frac{5}{2} \end{aligned}$$

تمرین:

این قضیه منتخب را ثبوت کنید.

سرلیک

۲۷

حدبرای .....

اگر  $x$  به رادیان داده شده باشد، پس داریم  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\tan x}{x} = 1$  و اجرات زیر را انجام دهید:

الف) تانجنت  $\tan x$  به ترمهای  $\sin x$  و  $\cos x$  بنویسید.

ب)  $\frac{\tan x}{x}$  به ترمهای  $\sin x$  و  $\cos x$  بنویسید.

پ) لیمیت قضیه بالا را دریابید.

ت) آیا قضیه راست است؟

لیمیتهای زیر را بشمارید.

$$1) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin(x + \frac{\pi}{6})}{x + \frac{\pi}{6}}, \quad 2) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin^2 x}{x}, \quad 3) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{1}{1 + \tan^2 x},$$

$$4) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x - x}{x}, \quad 5) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\tan 2x}{\sin 3x}, \quad 6) \lim_{x \rightarrow 0} \sin 5x \cos 3x$$

$$7) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\tan(2x-1)}{4x^2-1}, \quad 8) \lim_{x \rightarrow 0} \sqrt{\cos 2x - \cos x + 1 + \sin^2 x}$$

لیمیت برای  $x \rightarrow \pm\infty$

لیمیتها برای توابع کسری  $\frac{Q(x)}{P(x)}$ ;  $P(x) \neq 0$  را شمردیم، که  $x$  اختیاری اختیاری

بود.

حالا میخواهیم لیمیت را برای  $\frac{Q(x)}{P(x)}$ ;  $P(x) \neq 0$  بشماریم، اگر  $x \rightarrow \pm\infty$  باشد.



فعالیت :

شاگردان اشکال توابع زیر را رسم نماید، و دقت نماید که چي طور گرافها در ساحه تفریف حرکت میکند.

اول :  $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{5}{x-2}$

نتیجه تقسیم عدد ۵ به یک عدد لایتناهی مثبت (منفی) یک عدد بسیار کوچک مثبت (منفی) میباشد یعنی  $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{5}{x-2} = \frac{5}{\pm\infty} = 0^\pm$ .

گراف  $G_f$  یک اسیمپتوت - یا مجانب افقی  $y=0$  دارد، که او بالا و پایید به گراف نزدیک میشود.

دوم :  $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{-3}{x+1}$  لیمیت را بشمارید

نتیجه تقسیم عدد -3 به یک عدد لایتناهی مثبت (منفی) عدد بسیار کوچک مثبت (منفی) میباشد، یعنی  $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{-3}{x+1} = \frac{-3}{\pm\infty} = 0^\pm$ .

گراف  $G_f$  یک اسیمپتوت (مجانب)  $y=0$  دارد، که از بالا و پایین به گراف نزدیک میشود.

سوم :  $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{5}{x^2-2x}$  دریابید

در مخرج فقط  $x^2$  رول بزرگ را بازی نیکند. از طریق مربع ساختن هر عدد مثبت میشود. اگر 5 به یک عدد لایتناهی مثبت تقسیم شود، یک عدد بسیار کوچک مثبت بدست می آید، یعنی  $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{5}{x^2-2x} = \frac{5}{+\infty} = 0^+$ .

سرلیک

۲۹

حدبرای .....

گراف  $G_f$  یک اسیمپتوت افقی (مجانب افقی)  $y=0$  دارد، به نزدیک فقط او طرف بالا .

چهارم :  $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{-3}{x^2-2}$  بشمارید

به مربع ساختن مخرج ، اعداد منفي هم مثبت ميشود. به تقسيم 3- به يك عدد لايتناهي مثبت، يك عدد بسيار كوچك منفي را بدست مي اوريم، يعني

$$.- \square \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{-3}{x^2-2} = \frac{-3}{+\infty} = 0^-$$

گراف  $G_f$  یک اسیمپتوت  $y=0$  دارد، که فقط به گراف پایین نزدیک می شود.

اصول صرفنظر کردن

اول :  $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{x-1}{x^2-2}$  دریابید

در صورت اکسپوننت  $x$  ، در مخرج اکسپوننت  $x^2$  در نظر می گیریم و همین طور از تمام اعداد ثابت صرف نظر می کنیم و باز  $x$  را کوتاه می کنیم. اگر ۱ به یک عدد لايتناهي مثبت (منفي) تقسيم شود. پس از ان  $\square\square$  بدست مي آيد.

$$\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{x-1}{x^2-2} = \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{x}{x^2} = \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{1}{x} = 0^\pm$$

شکل  $G_f$  اسیمپتوت (مجانب) افقی  $y=0$  دارد، که از بالا به به پایین به او نزدیک می شود.

دوم : حد تابع  $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{x^2-2}{x+2}$  را می خواهیم دریابیم.

حل : در صورت تمام توانهای (اکسپوننت)  $x^2$  و در مخرج تمام توانهای  $x$  در

نظر مي گيريم او از تمام ثابت صرفنظر مي كنيم و بعداً به  $x$  اختصار كنيم . به تمام وضاحت حدود  $\pm\infty$  بدست مي آيد يعني  $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} x = \pm\infty$   $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{x^2}{x} = \lim_{x \rightarrow \pm\infty} x = \pm\infty$   $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{x^2 - 2}{x + 2} = \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{x^2}{x} = \lim_{x \rightarrow \pm\infty} x = \pm\infty$

شکل  $G_f$  مجانب مايل را مي دهد، براي اين که در صورت درجه نسبت به مخرج به اندازه ۱ بزرگ است.

$$\text{سوم: } \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{-2x^2 - 2}{3x^2 + 2x} \text{ دريابيد}$$

در صورته و مخرج تمام توان  $x^2$  در نظر مي گيريم و از تمام ثابت صرف نظر مي كنيم و بعداً به  $x^2$  اختصار مي كنيم.

تمام حدود به طور واضح  $-2/3$  را ميدهد يعني

$$\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{-2x^2 - 2}{3x^2 + 2x} = \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{-2x^2}{3x^2} = \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{-2}{3} = -\frac{2}{3}$$

شکل  $G_f$  اسيمپتوت افقي را ميدهد، که  $y = -2/3$  ميباشد.

$$\text{چهارم: } \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{-2x^2 + 2x - 1}{3x^3 + 2x^2 - 3x + 2} \text{ دريابيد}$$

در صورت از تمام توانهاي که کوچکتر از  $x^2$  باد و در مخرج از تمام توانهاي که کوچکتر از  $x^3$  و به همين ترتيب از تمام ثابتو صرف نظر ني منيم . اگر به لايتناهي تقسيم شود، یک عدد کوچکترين مثبت يا منفي را بدست مي آوريم يعني

$$\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{-2x^2 + 2x - 1}{3x^3 + 2x^2 - 3x + 2} = \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{-2x^2}{3x^3} = \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{-2}{3x} = \frac{-2}{\pm\infty} = 0^\pm$$

شکل  $G_f$  یک مجانب افقي  $y = 0$  را مي دهد، که از طرف بالا به پايئن به او نزديک مي شود.

سرلیک

۳۱

حل به طریق .....

حل به طریق شمارش:

اول:  $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{-x-1}{x^2-2}$  رادریابید

در صورت و مخرج  $x^2$  را از قوسها بیرون می آوریم و بعدا به  $x^2$  اختصار می نمایم. بعد از اختصار مخرج به طرف 1 می رود و صورت به طرف صفر می رود، یعنی ترمها صورت به صفر نزدیک میشود.

$$\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{x-1}{x^2-2} = \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{x^2 \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{x^2} \right)}{x^2 \left( 1 - \frac{2}{x^2} \right)} = \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{\frac{1}{x} - \frac{1}{x^2}}{1 - \frac{2}{x^2}} = \frac{0^\pm}{1} = 0^\pm$$

شکل  $G_f$  یک مجانب مایل دارد، از آن که درجه صورت از درجه مخرج به 1 کوچک است.

دوم: بشمارید:  $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{-2x^2+1}{x^4-2x^2+2}$ 

در صورت و مخرج عدد توان بزرگ  $x$  یعنی  $x^4$  از قوس بیرون می گیریم و بعداً به ترتیب عملیه حسابی را به پیش می بریم، از ابدست می اید:

$$\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{x^4 \left( \frac{-2}{x^2} + \frac{1}{x^4} \right)}{x^4 \left( 1 - \frac{2}{x^2} + \frac{2}{x^4} \right)} = \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{\frac{-2}{x^2} + \frac{1}{x^4}}{1 - \frac{2}{x^2} + \frac{2}{x^4}} = \frac{0^-}{1} = 0^-$$

روشن است .

خواص عمومی :

مثال ۱: بیابید:  $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{3x^2 - 2}{x + 1}$

در مثال بالا به طور پیش رفته ایم، که در مخرج از همه اعداد صرف نظر می‌نمایم، که توان متحول مستقل از ۱ کوچک باشد یعنی صفر باشد و در صورت از همه اعداد که توانشان از ۲ کوچک باشد صرف نظر می‌کنیم. می‌بینیم، که در صورت  $x$  به کدام ضریب می‌ماند، ازین دلیل تابع تابع بالا به سوی لایتناهی مثبت-منفی می‌رود.

مثال ۲: دریابید:  $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{x^2 - 1}{x^2 - 2}$  در مثال بالا در په صورت

از ۱ و در مخرج از ۲ صرف نظر می‌شیم و بعداً صورت و مخرج به  $x$  تقسیم می‌کنیم، نتیجه‌شان بدست آمدن یک عدد ثابت است، که به  $x$  تقسیم می‌شود، که به

تابع به  $0 \pm$  می‌رود یعنی:  $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{x^2 - 1}{x^2 - 2} = 0 \pm$

مثال ۳: دریابید:  $\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{-2x^2 - 2}{3x^2 + 2x}$  در صورت از ۲ و در مخرج از  $2x$  صرف نظر

می‌کنیم و به  $x^2$  اختصار می‌نمایم و به همین طور نتیجه زیر را بدست می‌آید:

$$\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{-2x^2 - 2}{3x^2 + 2x} = -\frac{2}{3}$$

تمرینونه: حدهای تمرینات زیر را از راه های مختلف که اده شده بالا بشمارید

$$\lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{6}{x^2 - x}$$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{x^4 + x^2 + x + 6}{x^3 - 3x + 4}$$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{x^5 + x^2 - x + 9}{x^4 + x^2 - x - 5}$$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{x^3 + x^2 - x + 7}{x^3 - x + 5}$$

$$\lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{3x^2 - 2}{x + 1}$$

## متماديت "Continuity"

درين قسمت درس مي خوانيم، که یک تابع در یک نقطه یا یک اینتروال کدام حالت را به خود اختيار ميکند. ایا تابع در کدام جاي خيز ميزند، یا قطع ميشود و یا به صورت متمادي در داخل اینتروال حرکت ميکند.

ما درين موضوع متماديت یک تابع را مطالعه ميکنيم و متماديت را تعريف مينمايم.

فعاليت: ما توابع زير را داريم:

$$f(x) = x^2 - 1, \quad f(x) = \frac{1}{x}, \quad f(x) = \frac{|x|}{x}$$

- اشکال اين سه توابع را رسم کنيد.

- تماشا کنيد، که گراف توابع چي قسم حرکت ميکند. در کدام تابع گراف بسته حرکت کوي او در کدام قطع ميشود، خيز ميزند و یا ...

از فعاليت بالا نتيجه زير داريم:

متماديت تابع Continuous functions

درين موضوع ما متماديت یک تابع را مالع ميکنيم و تعريف متماديت را ميديهم.

تعريف:

$b$  یک عدد حقيقي در ساحه تعريف یک تابع  $f$  باشد. تابع  $f$  در  $b$  متمادي ناميده ميشود، اگر در نزديک نقطه  $(b, f(b))$  گراف  $f$  رسم گردد، بدون اين که پنسل از روي کاغذ بلند شود.

ازین دلیل تابع  $f(x) = x^2 - 1$  و تابع  $f(x) = \frac{1}{x}$  در نقطه  $x=b$  متمادي است.

تابع  $f(x) = \frac{|x|}{x}$  در  $x=0$  متمادي نیست یعنی قطع میشود و یا بهتر خیز میزند.

تابع در  $x=a$  متمادي نیست، اگر قطع شود (خالیکاه داشته باشد)، خیز بزند و یا بشکند.

داریم  $\lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{|x|}{x} = 1$  و  $\lim_{x \rightarrow 0^-} \frac{|x|}{x} = -1$  پس ازین دلیل  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{|x|}{x}$  در  $x=0$  موجود نیست.

نتیجه: چون لیمت دست راست و چپ با هم مساوي نیست پس تابع در  $x=0$  لیمت ندارد، یعنی تابع در نقطه  $x=0$  تابع متصل (متمادي) نیست.

مثال ۱ :

$$\text{اگر } f(x) = \begin{cases} 2x+1 & ; x \geq 1 \\ 1-x & ; x < 1 \end{cases} \text{ باشد، پس:}$$

الف) گراف تابع را رسم کنید

گراف

ب)  $\lim_{x \rightarrow 3} f(x)$  را دریابید

پ)  $\lim_{x \rightarrow 1} f(x)$  را دریابید

اگر تابع در  $x=3$  و  $x=1$  متمادي باشد

حل :

سرلیک

۳۵

متماذیف

الف) گراف طرف چپ رسم شده

$$\lim_{x \rightarrow 3} f(x) = (2x + 1) = 7 \quad (\text{ب})$$

$$f(3) = 7$$

$$\lim_{x \rightarrow 1^+} f(x) = \lim_{x \rightarrow 1^+} (2x + 1) = 3$$

$$\lim_{x \rightarrow 1^-} f(x) = \lim_{x \rightarrow 1^-} (1 - x) = 0 \quad \text{پ}$$

از (ب) و (پ) داریم:

$$\lim_{x \rightarrow 1^+} f(x) \neq \lim_{x \rightarrow 1^-} f(x)$$

ازین دلیل تابع در  $x = 3$  متماذی و در  $x = 1$  نامتماذی است.

مثال ۲ :

$$\text{اگر} \quad f(x) = \begin{cases} \frac{x^3 + x}{x} & ; x \neq 0 \\ 3 & ; x = 0 \end{cases} \quad \text{باشد}$$

الف) فنکشن رسم کنید

رسم را شاگردن عزیز بکشد

ب) زیر بحث بگیرید، که تابع در  $x = 2$  و در  $x = 0$  متماذی است یا خیر؟

حل: الف) برا گراف تابع

$x$	-2	-1	0	1	2
$f(x)$	5	2	3	2	5



$$(ب) f(x) = \lim_{x \rightarrow 2} \frac{x^3 + x}{x} = \lim_{x \rightarrow 2} (x^2 + 1) = 2^2 + 1 = 5 \lim_{x \rightarrow 2}$$

$$f(2) = \frac{2^3 + 2}{2} = \frac{10}{2} = 5$$

ازین که حد  $f$  موجود است و  $\lim_{x \rightarrow 2} f(x) = f(2)$  ، پس تابع در  $x = 2$  متمادي است.

باشد  $x = 0$

$$\lim_{x \rightarrow 0^+} f(x) = \lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{x^3 + x}{x} = 1$$

$$\lim_{x \rightarrow 0^-} f(x) = \lim_{x \rightarrow 0^-} \frac{x^3 + x}{x} = 1$$

$f(0) = 3$  . و به این مهوم است که  $\lim_{x \rightarrow 0} f(x) = 1$  این بدین معنی است که

این بدین معنی است ، که  $\lim_{x \rightarrow 0} f(x) \neq f(0)$

تابع در  $x = 0$  غیرمتمادي است

مثال ۳ :

اگر  $f(x) = \frac{x^2 - 9}{x + 3}$  ،  $x \neq -3$  باشد.

ایا تابع در  $x = -3$  متمادي است؟

حل ( تابع  $f(-3)$  تعريف نيست، ازین علت تابع در  $x = -3$  متمادي نيست.  
از جمله بالا و درسهاي گذشته تعريف زير را داريم:

تعريف :

اگر  $f$  یک تابع باشد، که براي تمام  $x$  در همه اينتروال هاي باز، که  $x=c$  داشته باشد، تعريف باشد، پس تابع  $f$  در  $x = c$  متمادي ناميده ميشود، اگر شرايط زيرين را پور کند.

( ۱ ) اگر  $f(x)$  تعريف باشد.

( ۲ ) اگر  $\lim_{x \rightarrow c} f(x)$  موجود باشد

( ۳ ) اگر  $\lim_{x \rightarrow c} f(x) = f(c)$  صدق کند.

اگر تابع براي تمام  $x \in (a, b)$  متمادي باشد، پس تابع در اينتروال باز (a, b) هم متمادي است.

مثال ۴ :

$$\text{اگر } f(x) = \begin{cases} 2x^2 + 1; & x \leq 1 \\ 4 + x; & x > 1 \end{cases} \text{ باشد.}$$

بينيد، که تابع در کجا متمادي و در کجا نامتمادي است.

حل : تابع  $f$  در  $x = 1$  تعريف نيست

$$f(x) = 3$$

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

$$\lim_{x \rightarrow -1} f(x) = \lim_{x \rightarrow -1} (4 + x) = 5$$

$$\lim_{x \rightarrow -1} f(x) \neq \lim_{x \rightarrow -1} f(x)$$

ازین دلیل تابع در  $x = 1$  نامتمادي است

مثال ۵ :

$$f(x) = \begin{cases} 2x^2 + 1 & ; x < 2 \\ 3 & ; x = 2 \\ x + 3 & ; x > 2 \end{cases}$$

اگر  $f(x)$  باشد، پس متماديت تابع  $f(x)$  در  $x = 2$  مطالعه

کنید.

حل : تابع  $f(x)$  در  $x = 2$  تعريف است و  $f(2) = 3$  داریم.

$$\lim_{x \rightarrow 2^+} = \lim_{x \rightarrow 2^+} (x + 3) = 5$$

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

$$\lim_{x \rightarrow 2^-} f(x) = \lim_{x \rightarrow 2^-} (x^2 + 1) = 5 \Rightarrow \lim_{x \rightarrow 2} f(x) = 5$$

دا چي  $f(x) = 3$  دی، نو له دي امله  $\lim_{x \rightarrow 2} f(x) \neq f(2)$

به این معني است، که تابع در  $x = 2$  نامتمادي است .

مثال ۶ :

$$\text{اگر } f(x) = \begin{cases} 2 \sin x & ; x \leq \frac{\pi}{2} \\ ax^2 + \pi^2 & ; x > \frac{\pi}{2} \end{cases} \text{ باشد،}$$

$a$  طوري دريابيد، كه  $f$  در  $x = \frac{\pi}{2}$  متمادي باشد.

حل :

$$\lim_{x \rightarrow \frac{\pi}{2}^+} f(x) = a \frac{\pi^2}{4} + \pi; \lim_{x \rightarrow \frac{\pi}{2}^-} f(x) = 2$$

$f(x)$  متمادي است، پس ازین بدست مي آيد :

$$a \frac{\pi^2}{4} + \pi^2 = 2$$

و

$$= \frac{a}{4} \pi^2 = 2 - \pi^2$$

$$a \pi^2 = 8 - 4 \pi^2 \Rightarrow a = \frac{8}{\pi^2} - 4$$

تمرین

( ۱ ) یک تابع دلخواه را بنویسید و گراف تابع را رسم نمایید و ببینید، که تابع در کجا تعریف است و متمادیت انرا ثبوت نمایید.

در تمرینهای زیر مطالعه نمایید، که تابع در نقطه داده شده متمادی یا غیر متمادی است.

$$2) f(x) = x^2 + 5(x-2)^7 ; x = 3 \qquad 3) f(x) = \frac{x+3}{(x^2+2x-5)} ; x = -1$$

$$4) f(x) = \frac{\sqrt{8-x^2}}{2x^2-5} ; x = -2 \qquad 5) f(x) = \frac{1}{(x-3^3)} ; x = 3$$

$$6) f(x) = |x-3| ; x = 3 \qquad 7) g(x) = \frac{|x|}{x} ; x = 0$$

### خواص توابع متمادی

درینجا خواص متمادیت همان خواص لیمیت است

فعالیت:

۱) جمع توابع  $f$  و  $g$  را دریابید

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

۲) در  $x=2$  توابع  $f$  و  $g$  متمادی است، پس:

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = \dots\dots\dots \& \lim_{x \rightarrow a} g(x) =$$

۳) از حد توابع استفاده نمائید

$$\begin{aligned}\lim_{x \rightarrow a} (f(x) + g(x)) &= \lim_{x \rightarrow a} (f + g)(x) \\ &= \dots : \dots \\ &= \dots : \dots = (f + g)(a)\end{aligned}$$

ازین دلیل  $(f+g)$  در  $x=a$  متمادی است.

اگر تابع  $f$  و  $g$  در  $x=c$  متمادی باشد، پس از توابعو زیر هره کدام در  $x=c$  متمادی است

(۱) جمع توابع  $f+g$

(۲) تفریق توابع  $f-g$

(۳) ضرب توابع  $f.g$

تقسیم توابع  $\frac{f}{g}; g \neq 0$

مثال ۱ :

اگر باشد  $g(x) = x^2 + 3x - 2$  و  $f(x) = \sin x + 1$ .

پس (۱)  $f$  و  $g$  در  $x=1$  متمادی است.

(۲) تحلیل نمایند، که ایا

(الف)  $f(x) + g(x) = \sin x + x^2 + 3x - 1$  و

(ب)  $(\sin x + 1)(x^2 + x^2 + 3x - 1)$  در  $x=1$  متمادی و یا غیرمتمادی است

حل :

$$1) \lim_{x \rightarrow 1} f(x) = f(1) = \sin 1 + 1$$

پس  $f$  در  $x = 1$  متمادی است

$$\lim_{x \rightarrow 1} g(x) = g(1) = 2$$

پس  $g$  در  $x = 1$  متمادی است

$$\begin{aligned} a) \sin x + x^2 + 3x - 1 &= (\sin x + 1) + (x^2 + 3x - 2) \\ &= f(x) + g(x) = (f + g)(x) \end{aligned} \quad (۲ - الف)$$

جمع توابع متمادی در  $x = 1$  متمادی است

$$\begin{aligned} (\sin x + 1)(x^2 + 3x - 2) &= f(x) \cdot g(x) \\ &= (f \cdot g)(x) \end{aligned} \quad (ب)$$

پس ضرب توابع متمادی در  $x = 1$  متمادی است

مثال ۲:

اگر  $f(x) = x + 1$ ،  $g(x) = 3x - 2$  باشد، مطالعه نمایید، که آیا  $f(x) \cdot g(x)$  در  $x = 2$  متمادی است.

حل:

$$\lim_{x \rightarrow 2} f(x) = f(2) = 3$$

$$\lim_{x \rightarrow 2} g(x) = 4 = g(2)$$

$$f(x) \cdot g(x) = 3x^2 + x - 2$$

$$\lim_{x \rightarrow 2} f(x) \cdot g(x) = 3(4) + 2 - 2 = 12$$

$$= \lim_{x \rightarrow 2} f(x) \cdot \lim_{x \rightarrow 2} g(x) = f(2) \cdot g(2) = 3 \cdot 4 = 12$$

از بالا بدست می آید، که  $f(x) \cdot g(x)$  متمادی است

به طرف چپ در اینتروال محدود  $[a,b]$  گراف متمادی تابع را نشان دهید، در جایی که  $f(a) \neq f(b)$  باشد.

اگر  $f(a) < k < f(b)$  داشته باشیم، گراف از نقطه  $(b, f(b))$  ترسیم نمی شود تا که خط افقی  $y = k$  به ثابت  $k$  قطع نه نماید.

از بالا میتوانیم جمله مهم را بنویسیم:

اگر تابع  $f$  در اینتروال محدود یا بند  $[a,b]$  متمادی و  $k$  در بین  $a$  و  $b$  باشد، پس در آنجا کم از کم یک عدد  $c$  در بین  $f(a)$  و  $f(b)$  موجود است، طور که  $f(c) = k$  است.

مثال ۳: اگر  $f(x) = x^3 + 4x$ ,  $x \in [1,2]$  باشد.

نشان دهید، که یک  $c \in (1,2)$  طور موجود است، که  $f(c) = 11$  می باشد.

حل:  $f(x)$  یک پولینوم است، پس  $f$  در اینتروال محدود  $[1,2]$  متمادی است.

زیرا داریم:

$$f(1) = 1^3 + 4(1) = 5 ; \quad f(2) = 8 + 4(2) = 16$$

$$5 < 11 < 16 , \quad f(1) \neq f(2)$$

از این دلیل یک عدد  $c \in (1,2)$  موجود است، طور که  $f(c) = 11$  میباشد



مثال ۴ :

$$\text{اگر } f(x) = \begin{cases} 2x+4 & ; -1 \leq x < 2 \\ |x-10| & ; 2 \leq x \leq 20 \end{cases} \text{ باشد ، پس}$$

الف ( امتحان کنید، که تابع متمادی است.

ب ( امتحان کنید، که یک  $c \in (-1, 20)$  موجود است، طور که  $f(c) = 6$  میباید و قیمت  $c$  را بیابید.

حل :

$$\lim_{x \rightarrow 2^-} f(x) = 2x + 4 = 8$$

$$\lim_{x \rightarrow 2^+} f(x) = 10 - 2 = 8$$

بدین اساس داریم:

$$\lim_{x \rightarrow 2^-} f(x) = \lim_{x \rightarrow 2^+} f(x) = \lim_{x \rightarrow 2} f(x) = 8$$

$$f(x) = 10 - 2 = 8$$

میبینیم، که تابع در  $[-1, 20]$  متمادی است

$$b) f(-1) = 2(-1) + 4 = 2$$

$$f(20) = |20 - 10| = 10 \Rightarrow f(-1) \neq f(20)$$

به دین اساس داریم  $2 < 6 < 10$ به این اساس داریم  $c \in (-1, 20) : f(c) = 6$ قیمتهای  $c$  قرار زیل است 1, 4, 16 .

سرلیک

۴۵

خواص تابع متمادی

مثال ۵: اگر باشد:  $f(x) = 2 \sin x + 3; x \in [-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$ ، پس

نشان دهید که  $c \in [-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$  موجود است، برای آن که صدق میکند  $f(c) = 4$  و  $c$  را دریابید.

<p>حل: تابع <math>f</math> تابع سین می باشد، پس بدین اساس <math>f</math> متمادی است</p> $f(-\frac{\pi}{2}) = 2 \sin -\frac{\pi}{2} + 3 = 2(-1) + 3 = 1$ $f(\frac{\pi}{2}) = 2 \sin \frac{\pi}{2} + 3 = 2(1) + 3 = 5$ <p style="text-align: center;"><math>f(-\frac{\pi}{2}) \neq f(\frac{\pi}{2})</math> ما داریم:</p> <p>تابع <math>f</math> متمادی است و داریم: <math>1 &lt; 4 &lt; 5</math></p>	<p style="color: red; text-align: center;">نقطه نقطه گراف سین می باشد.</p> <p style="color: red; text-align: center;">اگر این گراف در ۲ ضرب و ۳ به آن علاوه شود مان گراف مثال ما می باشد.</p>
--	---

این به معنی است، که  $c \in (-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2})$  موجود است، برای آن که  $f(c) = 4$  صدق میکند.

برای این که  $c$  پیدا نمایم، پس به دست می آید:  $f(c) = 2 \sin c + 3 = 4$

$$2 \sin c = 1 \Rightarrow \sin c = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow c = \frac{\pi}{6}$$

از گراف واضح دیده میشود، که  $f$  در اینتروال  $[a, b]$  متمادی است،  $f(a)$  و  $f(b)$  علامات متضادی دارد، پس  $c$  در بین  $f(a)$  و  $f(b)$  به اساس جمله قیمت وسطی به  $K=0$  کم اوکمه یک  $C$  در بین  $a$  و  $b$  موجود است، که از ان نتیجه می گیریم  $f(c) = 0$ . این به معنی است، که  $x=c$  یک حل مساوات  $f(x) = 0$  میباشد.

مثال ۶ :

اگر باشد:  $f(x) = x^3 + 5x - 23$  ، پس نشان دهید، که تابع  $f$  ،  $x$  -محور را در اینتروال  $(2, 3)$  قطع میکند.

حل :  $f$  تابع پولینوم است، پس  $f$  در اینتروال  $[2, 3]$  متمادی است.

$$f(2) = 2^3 + 5(2) - 23 = -5$$

$$f(3) = 3^3 + 5(3) - 23 = 19$$

به علامات متضاد  $f(2) \neq f(3)$

بدین اساس  $c \in (2, 3)$  داریم، که  $f(c) = 0$  است

کوتاه: توابع غیر متادی انست، که در کوام جای تعریف نه باشد.

تمرین ۱ - ۶

نشان دهید، که تابع در نقطه داده سده متمادی است.

$$1) f(x) = x^3 - 2(x+1)^5 \quad ; \quad x = 2$$

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

$$3) h(x) = \frac{x\sqrt{x} + 1}{(x+2)^3} \quad ; \quad x = 4$$

سرلیک

۴۷

خواص تابع متمادی

۴. ( تشریح نماید، که چرا تابع  $f(x) = \frac{\sqrt{x+3} - \sqrt{2}}{x}$  در  $x = 0$  نامتمادی است.

۵. ( اگر  $f(x) = \frac{18}{x}$ ،  $x \in [2, 3]$ ،  $+ 2$  باشد، نشاد دهید، که  $c \in (2, 3)$  موجود، طور که  $f(c) = 10$  می باشد و  $c$  را پیدا نماید.

۶. ( ثبوت نماید، که برای مساوات زیر یک حل موجود است:

$$x^3 - 4x + 1 = 0; x \in [1, 2]$$

باشد  $f(x) = \sin x + \cos x$  ;  $x \in (\frac{\pi}{2}, \pi)$  اگر

ثبوت نماید، که مساوات  $\sin x + \cos x = 0$  در اینتروال  $(\frac{\pi}{2}, \pi)$  یک حل دارد.

$$f(x) = \begin{cases} x^2 - 2 & ; -1 \leq x \leq 3 \\ 13 - 2x & ; 3 < x \leq 7 \end{cases} \text{ باشد: ( ۸)}$$

الف) آیا  $f$  در  $x = 3$  یک تابع متمادی است؟

ب) یک  $c \in (-1, 7)$  طور پیدا نماید. که  $f(c) = 0$  باشد.

مجموعه فصل اول " Chapter Summary "

تعریف:

تابع  $f(x)$  یک حد  $L$  دارد، اگر  $x$  بسته به یک عدد حقیقی  $c$  برود. این به معنی است، که اگر  $f(x)$  بسته به  $L$  می‌رود  $x$  بسته  $c$  به  $c$  برود، و به طور زیل مینویسیم:

$$\lim_{x \rightarrow c} f(x) = L$$

قصیه: اگر  $f(x)$  همان حد  $L$  داشته باشد، اگر  $x$  از طرف راست یا چپ به  $c$  برود، پس حد موجود است و برابر به  $L$  است.

این را بدین طور مینویسیم:  $\lim_{x \rightarrow c} f(x) = L$

خواص حد:

که  $f$  و  $g$  توابع وی،  $c; L$  و  $M$  حقیقی اعداد وی داسی چی  $\lim_{x \rightarrow c} f(x) = L$

و  $\lim_{x \rightarrow c} g(x) = M$ ، نو دا په لاندی توکه لیکلی شو:

$$1) \lim_{x \rightarrow c} (f + g)(x) = \lim_{x \rightarrow c} f(x) + \lim_{x \rightarrow c} g(x) = L + M$$

$$2) \lim_{x \rightarrow c} (f - g)(x) = \lim_{x \rightarrow c} (f(x) - g(x)) = \lim_{x \rightarrow c} f(x) - \lim_{x \rightarrow c} g(x) = L - M$$

$$3) \lim_{x \rightarrow c} (f \cdot g)(x) = \lim_{x \rightarrow c} f(x) \cdot \lim_{x \rightarrow c} g(x) = L \cdot M$$

$$4) \lim_{x \rightarrow c} \left( \frac{f}{g} \right)(x) = \lim_{x \rightarrow c} \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{L}{M}; (M \neq 0)$$

$$5) \lim_{x \rightarrow c} \sqrt{f(x)} = \sqrt{L}$$

( برای  $f(x) \geq 0$  و بجای تمام قیمت‌های  $x$  ، که به  $c$  نزدیک میشود.

قضیه : اگر  $x$  به رادیان داده شده باشد، پس داریم :  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$

قضیه : اگر  $x$  به رادیان داده شده باشد، پس داریم :  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\tan x}{x} = 1$

تعریف :

$f$  یک تابع باشد، که برای تمام  $x$  در همه اینتروال‌های باز، که  $x=c$  داشته باشد تعریف می‌باشد.

تابع  $f$  در  $x=c$  متمادی نامیده میشود ، اگر شرایط زیرین را پور کند.

( ۱ ) اگر  $f(x)$  تعریف باشد. ( ۲ ) اگر  $\lim_{x \rightarrow c} f(x)$  موجود باشد

( ۳ ) اگر  $f(x) = f(c) \lim_{x \rightarrow c} f(x)$  صدق کند.

اگر تابع برای تمام  $x \in (a, b)$  متمادی باشد ، پس تابع در اینتروال باز  $(a, b)$  هم متمادی است.

اگر تابع برای تمام  $x \in (a, b)$  متمادی باشد، پس تابع در تمام انتروال  $(a, b)$  متمادی می‌باشد.

تعریف : می‌گوییم که یک تابع در یک انتروال محدود  $[a, b]$  متمادی است، اگر تابع از طرف راست در  $x = a$  متمادی باشد و از طرف چپ در  $x = b$  و در انتروال واز

$(a, b)$  در هر قیمت متمادی می‌باشد.

خواص توابع متمادی: اگر  $f$  و  $g$  در  $x = c$  متمادی باشد، پس توابع زیر هرکدام شاد در  $x = c$  متمادی میباشد.

اول ( جمع توابعو یعنی  $f+g$  تابع

دم) تفریق توابعو یعنی  $f-g$

سوم) ضرب توابعو یعنی  $f.g$

چهارم) تقسیم توابعو یعنی  $\frac{f(x)}{g(x)}$  ;  $g(x) \neq 0$

قضیه قیمت وسطی: اگر تابع  $f$  در انتروال محدود  $[a,b]$  متمادی باشد و  $k$  در بین  $f(a)$  و  $f(b)$  یک عدد باشد، پس کم از کم در بین  $a$  و  $b$  یک عدد  $c$  موجود است، برای ان که  $f(c)=k$  صدق میکند.

تمرینات فصل

جواب صحیح را انتخاب نمایند.

اگر  $\lim_{x \rightarrow 2} f(x) = 4$  باشد، پس  $\lim_{x \rightarrow 2} (3x - 20)(x + 1)$  است:

a) -5      b) 4      c) 3      d) 3

ب) دریابید:  $\lim_{x \rightarrow 1} \frac{x^2 + 1}{x^2 + 3x - 2}$

- d)  $\frac{1}{2}$                       c) 1                      b) 2                      a) 1

1- لیمیت را دریابید  $\lim_{x \rightarrow 5} \frac{|x+5|}{x^2+3x-2}$

- d) -5                      c) -1                      b) 5                      a) 1

2-  $\lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{|x|}{x}$  است.

- d) 2                      c) 1                      b) -1                      a) -2

3-  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{3x - \sin x}{x}$  است.

- d) 3                      c) 1                      b) -2                      a) 2

4-  $\lim_{x \rightarrow -2} \frac{x^2 - x - 6}{x^2 + x - 2}$  است.

- a)  $-\frac{5}{3}$                       b)  $\frac{5}{3}$                       c) 0                      d) 1

5-  $\lim_{x \rightarrow 1.4} [2x + 0.3]$  است.

- d) ننشسته                      c) 0                      b) 3                      a) 1

6-  $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 3x}{\tan 2x}$  است.

- a) 1                      b) 0                      c)  $\frac{3}{2}$                       d)  $\frac{2}{3}$

7-  $\lim_{x \rightarrow 4} \frac{x-4}{\sqrt{x}-2}$  است.



a)  $2 + \sqrt{2}$       b) 2      c)  $\sqrt{2}$       d) 4

-8  $\lim_{x \rightarrow \frac{\pi}{2}} \frac{1 - \sin x}{1 + \cos 2x}$  است.

a) 1      b)  $\frac{1}{2}$       c)  $\frac{1}{4}$       d) 4

9- توابع زیر را جمع نمایند.

$\lim_{x \rightarrow 3} f(x) = 5$  &  $\lim_{x \rightarrow 3} (x) = -2$

10- اگر  $f(x) = x^2 + 1$  باشد، دریابید:

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(2+h) - f(2)}{h}$$

11- تابع  $f(x) = \begin{cases} 3x - b & ; x \leq 3 \\ 10 - x & ; x > 3 \end{cases}$  در  $x = 3$  متمادي است،  $b$  را دریابید.

12- نشان دهید، که تابع  $f(x) = 3x^2 - x - 5$  در اینتروال  $(1, 2)$  حل دارد.

۱۳ - لیمیتهای توابع ۱ - ۹ را حساب کنید.

1)  $\lim_{x \rightarrow -1} (x^2 + x)$       2)  $\lim_{x \rightarrow 4} (x^2 + x)$       3)  $\lim_{x \rightarrow -2} 2x + 3$

4)  $\lim_{x \rightarrow 0} |x|$       5)  $\lim_{x \rightarrow 2} \frac{x}{x}$       6)  $\lim_{x \rightarrow 1} 7$

7)  $\lim_{x \rightarrow 1} \sqrt{\frac{x^2}{x}}$       8)  $\lim_{x \rightarrow -2} \frac{x^2 - 4}{x + 2}$       9)  $\lim_{x \rightarrow 3} \frac{x - 3}{x^9 - 9}$

۱۴ -- اگر باشد:  $f(x) = \begin{cases} 2 + x; x < 1 \\ x^2; x \geq 1 \end{cases}$

سرلیک

الف) گراف تابع را رسم کنید.

ب)  $\lim_{x \rightarrow -1} f(x)$  دریابید .

15: توابع که در یک عدد به طور مثال در صفر تعریف نه داشت باشند، چي نامیده میشوند.

$$16 \text{ دریابید: } \lim_{x \rightarrow 1} \frac{\frac{5}{2x-3} + 5}{x^2 - 1}$$

$$17 \text{ -- بشمارید. } \lim_{x \rightarrow \pm\infty} \frac{-2x^2 + 1}{x^4 - 2x^2 + 2}$$

--18

$$f(x) = \begin{cases} 2x^2 + 1 & ; x < 2 \\ 3 & ; x = 2 \\ x + 3 & ; x > 2 \end{cases} \text{ اگر } f(x) \text{ باشد، پس متمادیت تابع } f(x) \text{ را } x = 2 \text{ بشمارید.}$$

۱۹- یک تابع اختیاری بنویسید و گراف تابع را رسم کنید و ببینید، که تابع در کجا تعریف است و متمادیت شاد را نشاد دهید.

۲۰- در پرسانهای زیر ۲ - ۷ مطالع میکنیم، که ایا تابع در ساحه داده شده متمادی یا غیرمتمادی است.

$$2) f(x) = x^2 + 5(x-2)^7 ; x = 3 \qquad 3) f(x) = \frac{x+3}{(x^2+2x-5)} ; x = -1$$

$$4) f(x) = \frac{\sqrt{8-x^2}}{2x^2-5} ; x = -2 \qquad 5) f(x) = \frac{1}{(x-3^3)} ; x = 3$$

$$6) f(x) = |x-3| ; x = 3 \qquad 7) g(x) = \frac{|x|}{x} ; x = 0$$

۲۱- تشریح نمایند، که چرا تابع  $f(x) = \frac{\sqrt{x+3} - \sqrt{2}}{x}$  در  $x = 0$  غیرمتمادی است؟

۲۲- اگر  $f(x) = \frac{18}{x} + 2$ ,  $x \in [2, 3]$  باشد، نشان دهید که  $c \in (2, 3)$  موجود است طوري که  $f(c) = 10$  می باشد و  $c$  را دریابید.

۲۳- نشان دهید که برای مساوات زیر یک حل موجود است:

$$x^3 - 4x + 1 = 0 \quad ; \quad x \in [1, 2]$$

۲۴- باشد:  $f(x) = \sin x + \cos x$  ;  $x \in (\frac{\pi}{2}, \pi)$  نشان دهید که مساوات

$$\sin x + \cos x = 0 \quad \text{در اینتروال } (\frac{\pi}{2}, \pi) \text{ یک حل دارد.}$$

۲۵- وي دي:

$$f(x) = \begin{cases} x^2 - 2 & ; \quad -1 \leq x \leq 3 \\ 13 - 2x & ; \quad 3 < x \leq 7 \end{cases}$$

(الف) آیا  $f$  در  $x=0$  یک تابع متمادي می باشد؟

(ب)  $c \in (-1, 7)$  نوري دریابید که  $f(c) = 0$  باشد.

کوتاه: توابع غیر متمادي ان هستند، که در ندام جاي تعريف نه باشد.

۲۶-- اگر  $f(x) = 2\sin x + 3$  ;  $x \in [-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$  باشد، پس نشان دهید که

$c \in [-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$  موجود است، دریابید که برای این  $f(c) = 4$  و  $c$  صدق میکند

۲۵ الف: مطالعه نمایند، که آیا توابع زیر در جاي  $x_0$  مغمادي می باشد.

$x_0 = 1$ د $x \leq 1$ لپاره		$x_0 = 0$ د $x \leq 0$ لپاره	
$x_0 = 1$ د $x > 1$ لپاره		$x_0 = 0$ د $x > 0$ لپاره	
		$x_0 = 0$ د $x \leq 0$ لپاره	

سرلیک

$x_0 = 1$ د لپاره $x \leq 1$ $x_0 = 1$ د لپاره $x > 1$	b) $f(x) = \begin{cases} 2 \\ x^2 + 1 \end{cases}$ d) $f(x) = \begin{cases} -x + 1 \\ \ln x \end{cases}$	$x_0 = 0$ د لپاره $x > 0$	a) $f(x) = \begin{cases} -2x \\ \sqrt{x} \end{cases}$ c) $f(x) = \begin{cases} \sin x \\ e^x \end{cases}$
---	---	---------------------------	--

۲۶ -- اگر  $c \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right]$   $f(x) = 2 \sin x + 3$ ؛  $x \in \left[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}\right]$  پس نشان دهید، که

موجود است، برای ان که  $f(c) = 4$  صدق کند و  $c$  را دریابید.

۲۷: حد های زیر را بشمارید

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin\left(x + \frac{\pi}{6}\right)}{x + \frac{\pi}{6}}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin^2 x}{x}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1}{1 + \tan^2 x}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x - x}{x}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\tan 2x}{\sin 3x}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \sin 5x \cot 3x$$

$$\lim_{x \rightarrow \frac{1}{2}} \frac{\tan(2x - 1)}{4x^2 - 1}$$

$$\lim_{x \rightarrow \pi} \sqrt{\cos 2x - \cos x} + 1$$

$$\lim_{x \rightarrow 1} (\cos^2 x + \sin^2 x)$$

$$\lim_{\theta \rightarrow 0} \frac{\theta}{\sin \frac{1}{2} \theta}$$

$$\lim_{\theta \rightarrow 0} \frac{\sin 2\theta}{\sin 3\theta}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\cos \frac{\pi}{2} x}{x}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\tan x - \sin x}{x}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin^2 x}{x^2}$$

$$\lim_{x \rightarrow 1} \frac{\sin(x-1)}{\sqrt{x}-1}$$

$$\lim_{x \rightarrow 1} \frac{\sin(\sqrt{x}-1)}{x-1}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\tan x - 2x}{x}$$

$$20) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin^2 x}{1 - \cos x}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{x \tan 2x}{\sin^2 x}$$

$$\lim_{x \rightarrow 1} \frac{1}{1-x} \cos \frac{\pi x}{2}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 - \cos^2 x}{x^3 + 2x^2}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 - \cos x}{x^2}$$

$$25) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\cos 3x - \cos 7x}{x^2}$$

$$26) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\tan(x + \frac{\pi}{4})}{x + \frac{\pi}{4}}$$

$$27) \lim_{x \rightarrow \frac{\pi}{4}} \frac{\sin(x - \frac{\pi}{4})}{x(x - \frac{\pi}{4})}$$

$$28) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin 3x - x \cos 3x}{x}$$

$$29) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{4x}{\sin 3x - \sin 5x}$$

$$30) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{|\sin x|}{x}$$

$$31) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sqrt{\sin^2 x - 1}}{x}$$

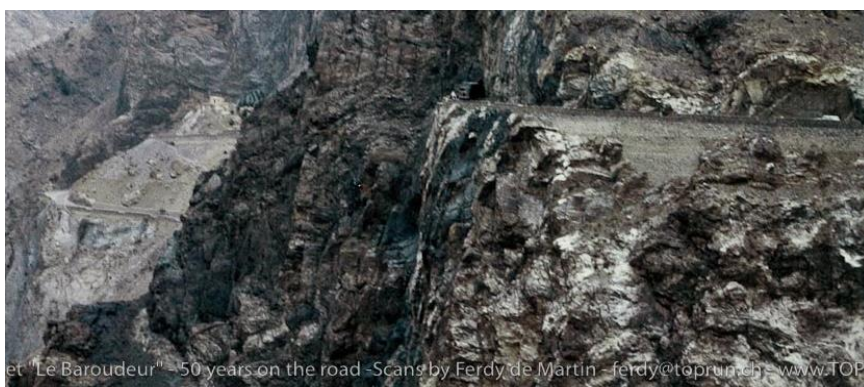
$$32) \lim_{x \rightarrow \frac{\pi}{2}} \frac{\cos x}{2x - \pi}$$

$$33) \lim_{x \rightarrow 1} \frac{\sin(3x-3)}{1-x^3}$$

$$34) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{3x^2 + 5x}{\sin 2x}$$

## تغیر قیمت وسطی تابع Average rate of change

د ماهیپر یاد سانگ سرک خېره ( دا خېره که د کمپیوترکارانو سره **وي ور** وادي چول شي )



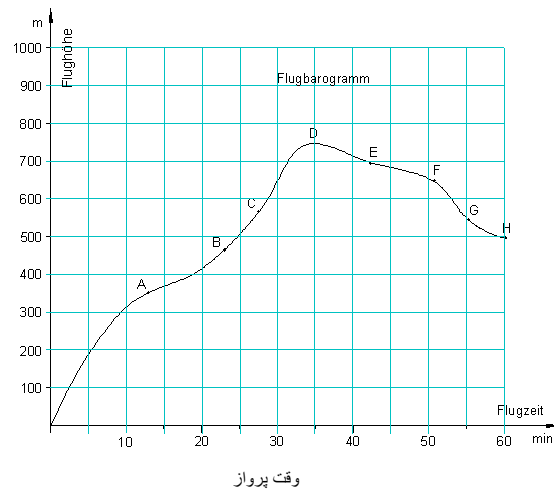
درین قسمت کتاب موضوع مهمی ریاضیات را مطالعه میکنیم، که میتوان ان را هسته ریاضیات بنامیم. پس لازم دیده میشود، که این شی بحث به حیث یک یادداشت بیاوریم:

اگر از یک جای به جای دیگر از تغییر قیمت وسطی ( Average rate of change ) حرف میزنیم ، هدف ازین میل و یا بلندی تانجنت تابع میباشد، دریک نقطه معین ( هر کدام این دو کلمه به یک معنی هستند) یا دو نقطه و می بینیم، که به همین طور تقسیم تفاضل ( Difference quotient ) هم.

این کلمات را در انگلیسی slop میگوید، که در ادبیات ما به اسم میل یاد می شود.

### میل گراف تابع در یک نقطه (بلندی)

هوایما یک اله به نام (Flight barogramm) (اله نوشتن پرواز در طیاره) ساخته شده، که بلندی طیاره را رسم میکند و این بلندی در اختیار زمان میباشد، یعنی تابع که بلندی پرواز را رسم میکند در اختیار زمان است.



در گراف بالا ارتفاع پرواز یک تیاره در اوقات مختلف نشان داده شده.

فعالیت :

- در شکل بالا میل گراف را در نقطه A با نقطه B مقایسه کنید. به همین ترتیب میل گراف را در نقطه E با نقطه G مقایسه کنید.

- در شکل بالا ارتفاع نقطه A را با ارتفاع نقطه B و ارتفاع نقطه E را با ارتفاع نقطه G مقایسه کنید.

- روشن سازید، که چرا در یک نقطه باید از بلندی، میل یا تانجنت حرف میزنیم؟

- کوشش کنید، که برای یافتن میل گراف در یک نقطه یک طریقه یا یک متود تعریف کنید و از شکل در نقاط A و B میل را تعیین نماید.

- ایا فکر می کنید، که میل در نقطه B نسبت به میل در نقطه A زیاد می باشد؟

- ایا فکر می کنید، که در نقاط E و G میل منفی است. درینجا در نقطه E از روی قیمت، میلان زیاد است نسبت به نقطه G؟

- ایا بلندی یک خط و به همین ترتیب یک منحنی در هر جای فرق دارد یا نه؟

نتیجه:

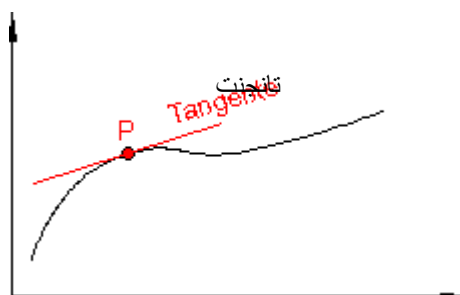
می بینیم، که در یک منحنی میل (بلندی) گراف در هر جای یا هر نقطه برابر نیست ازین سبب باید نقطه را نشان دهیم، که در آن جا میل مطالع میشود.

در مثال زیر روشن می سازیم، که تنها میل خط مستقیم در هر جا مساوی است، بدین اساس درینجا ما از میل یک خط صحبت می کنیم.

دیده میشود، که تعریف زیر عاقلانه است.

تعریف:

میل گراف یک تابع در یک نقطه P در همان نقطه به میل تانجنت گراف مساوی است.



دیده میشود، که در این جا تانجنت تعریف خط را دارد، که در احاطه نقطه به امکانات موجود، به مماس خوب نزدیک میشود.

از روی این تعریف میل یک گراف میل یک خط می باشد.



## تغیر قیمت وسطی

۶۰

برای تعیین گراف در نقاط A و B در هریک یک خط (تانجنت) رسم میکنیم، که به گراف بسیار نزدیک شود یا تقرب کند.

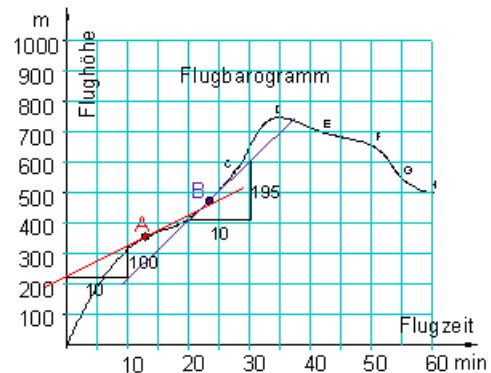
به کمک مثلث میل، میل به طور ساده شمرده میشود:

میل در نقطه A:

$$\frac{100 \text{ m}}{10 \text{ min}} = 10 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

میلان در نقطه B:

$$\frac{195 \text{ m}}{10 \text{ min}} = 19,5 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$



برای مثال ما میل در یک نقطه معین به معنی میل سرعت لحظوی می باشد.

در نقطه A: وقت پرواز نزدیک به 12,5 min می باشد، میلان سرعت نزدیک به

10 m / min می باشد.

در نقطه B: وقت پرواز نزدیک به 23,0 min می باشد، سرعت میلان تقریباً 19,5 m

/ min می باشد.

تانجنت تا به حال فقط از روی چشم‌دید تعریف شده، که در ساحه یا محیط نقطه مماس بسیار نزدیک میشود. به این دلیل ممکن بود، که میل گراف در نقاط A و B هم تنها به طور تقریبی تعیین گردد، این در عمل قابل قناعت نیست.

میل (بلندی) گراف یک تابع در یک نقطه :

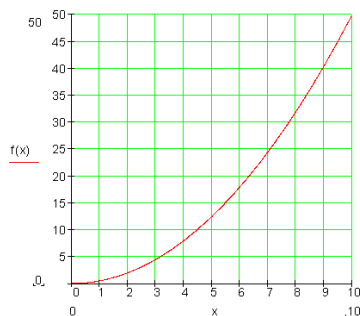
می فهمیم ، که یک ریل بعد از حرکت از استادگاه سرعت خود را آهسته آهسته زیاد میکند. راه طی شده (از استادگاه) همیشه زیاد میشود. دور شدن از استادگاه در اختیار (تابع) سرعت میباشد

عمل از طریق مساوات زیر تابع نوشته کرده میتوانیم.

درینجا وقت  $x$  برای ثانیه و راه  $s$  را برای متر تعیین گردیده و مینوسیم:

$$s = f(x) = 0,5x^2$$

شکل مقابل یا پایین : گراف تابع



فعالیت:

۱ - حالا باید تغییر وسطی **Averagerat of change** (میل وسطی) در بین ثانیه ۳ - م و ۷ - م شمرده شود.

۲ - برای این قاطع یا سیکانت مربوط ترسیم شود و میل ان را شمرده شود.

۳ - حالا قیمت تغییر (میل وسطی) در بین ثانیه ۳ - م و ۴ - م شمرده شود.

۴ - نشان دهید که در ثانیه سوم قیمت تغییر یا میل چي قدر مي باشد؟

### تقسیم تفاضل Difference quotient

میل یک خط بدون گرفتن مشتق تعیین شده می تواند.

خط  $y=f(x) = mx+a$  را داریم.

فرمول میل یا بلندی (ارتفاع) یک خط قرار زیر میباشد:

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_1 - y_0}{\Delta x} = \frac{f(x_1) - f(x_0)}{\Delta x} = \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

قاطع ( secante ) :

قاطع خط است که منحنی را در دو نقطه  $P_0$  و  $P_1$  قطع میکند.

میل یا بلندی قاطع (secante):

این که قاطع هم یک خط است، پس ،،میل ( بلندی ) ،، هم به طور میل شمرده میشود. در زیر  $m_s$  برای بلندی نوشته میشود.

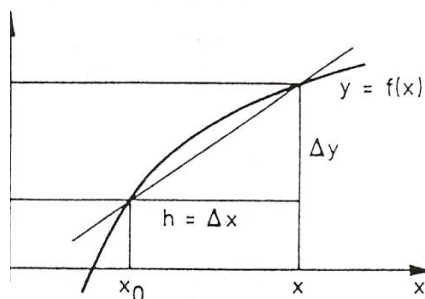
$$m_s = m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_1 - y_0}{\Delta x} = \frac{f(x_1) - f(x_0)}{\Delta x} = \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

تعریف:

یک تابع  $y = f(x)$  در یک احاطه  $x_0$  و در خود  $x_0$  یک تابع تعریف شده باشد،  $x$  جدا از  $x_0$  مگر در محیط یک جای دلخواه است ( شکل دیده شود).

پس تقسیم تفاضل یا quotient Difference یا میل سیکاننت موجود است، که قرار زیر مینویسیم:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{y - y_0}{x - x_0} = \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} = \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x} = \\ &= \frac{f(x_0 + h) - f(x_0)}{h} \end{aligned}$$



فرمول برای تابع  $f$ :  $\frac{f(x+h) - f(x)}{h}$

این فرمول در گراف  $f$  در بین دو نقطه شمردن میل میباید. این نقاط بالای محور  $x$  نقاط  $x$ ،  $x+h$  میباید.

تقسیم تفاضل برای تعریف مشتق به کار می آید.

مثال:

تابع  $y = f(x) = 3x^2 - 5x + 4$  داده شده باشد. تقسیم تفاضل این تابع را دریابید.

$$\begin{aligned} \frac{f(x+h) - f(x)}{h} &= \frac{3(x+h)^2 - 5(x+h) + 4 - (3x^2 - 5x + 4)}{h} \\ &= \frac{3x^2 + 6xh + 3h^2 - 5x - 5h + 4 - 3x^2 + 5x - 4}{h} \\ &= \frac{6xh + 3h^2 - 5h}{h} \\ &= 6x + 3h - 5 \end{aligned}$$

تمرین:

۱ -- قیمت تقسیم تفاضل در نقاط  $P$  و  $Q$  را تعیین نمایند.

a)  $P(3,2)$  ,  $Q(5,4)$       b)  $P(2,4)$  ,  $Q(3,1)$

۲- در جاي  $x = x_0$  بلندي تانجنت تابع  $f$  را تعيين نمايند..

a)  $f(x) = x^2$  ,  $x_0 = 2$  ,      b)  $f(x) = 0.5x^2$  ,  $x_0 = 3$

۳- - زير تقسيم تفاضل و مشتق چي مي فهميم و در بين اين چه فرق موجود ميباشد؟

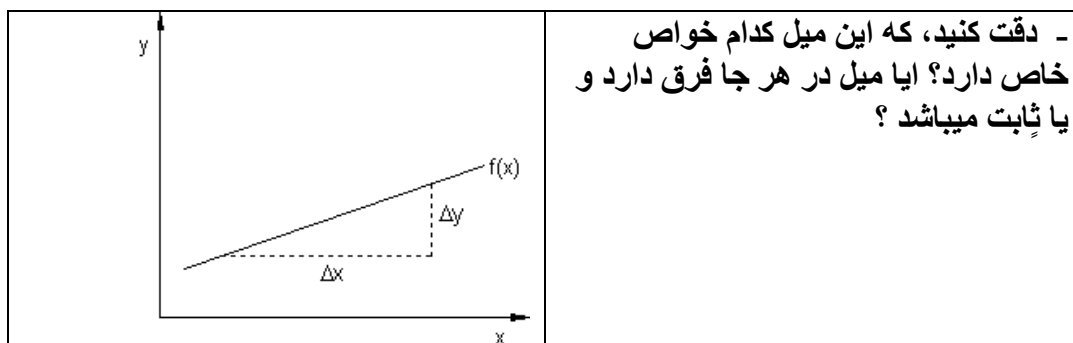
۴- - زير سيکات(قاطع) يک تابع چي مي فهميم و زير بلندي تانجنت چي مي فهميم؟ و در بين اين کدام روابط برقرار است؟

## شمردن مشتق Differentialcalaculation

### فعاليت:

فکرکنيد، مثل که در يک ميل ثابت  $a_1 = \frac{\Delta y}{\Delta x} = constant$  ، به طور مثال در يک

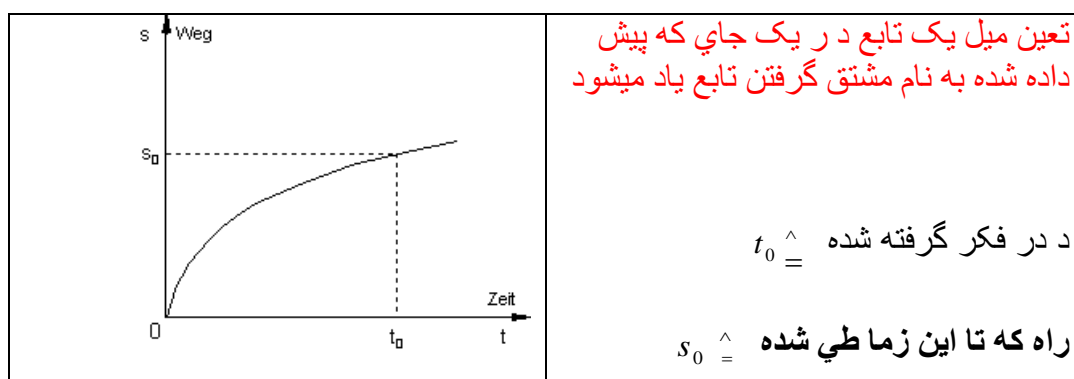
تابع خطي يا لایني  $f(x) = a_1x + a_0$  ميل هست يا نه؟



ایا در اوقات مختلف ضرور میبینید ، که درحالت تغیر (حالت میل) حالت حرکت تابع را تحقیق کنید؟

- و یا ازین سبب سرعت لحظوی  $v(t_0)$  در دیاگرام فاصله- وقت تحقیق نماید؟

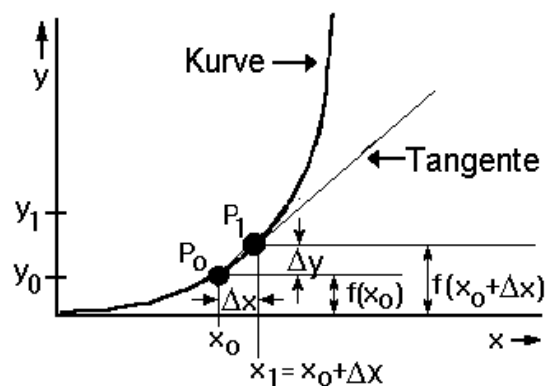
-ایا به کمک شمردن مشتق این پرابلم حل میشود؟



یادداشت: در شکل فوق Zeit به معنی وقت و Weg به معنی راه میباشد.

مشتق = میل یک منحنی (Differential calculation)

تانجنت: اگر نقطه  $P_0$  و  $P_1$  به یکدیگر لایتناهی نزدیک شود، پس ازسیکانت تانجنت جور میشود.



میل تانجنت: میل تانجنت حد،، لیمت، Limit، میل سیکانت میاشد.

$$m_t = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_1) - f(x_0)}{\Delta y} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

فعالیت :

۱ - از شکل بالا و از تحقیق مربوطه برای مشتق چه فکر می کنید؟

۲ - زیر کلمه derivative (مشتق) چه می فهمیم؟

و این به دري ساده چي معني دارد؟  
 ۳ - از تقسیم تفاضل چطور به مشتق می ایم؟ درین بابت به استفاده از شکل بالا نظر خود را اظهار نماید.

۴ - از فعالیت ۲ بگوئید، که چرا این حساب یا شمار کردن جدا کردن یا مشتق نامیده میشود؟  
 دقت: مثل که در پیش اشاره کردم، کلمه derivative نو است، پس ازین بابت این چند نقاط را در نظر میگیریم: derivative به معنی مشتق یا جدا کردن است، که ما این را مشتق می نامیم.

اگر در تقسیم تفاضل تابع  $x > x_0$  و (همینطور)  $x > 0$  و یا (به همین ترتیب)  $h > 0$  یک حد داشته باشد، پس تابع  $y = f(x)$  در جای  $x = x_0$  قابلیت مشتق دارد، و برای این مینویسیم:

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=x_0} = f'(x_0) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + h) - f(x_0)}{h}; \dots$$

این لیمیت را به اینطور نشان میدهیم:  $\left(\frac{dx}{dy}\right)_{x=x_0} = f'(x)$ :

در جای  $x_0$  مشتق (Derivativ) تابع  $y = f(x)$ ، یک راه دیگر مستقیم یا منحنی طور دیگر را جدا میکند.

برای شمردن ساده مشتق یک مثال:

مشتق تابع  $f(x) = x^2 - 3x + 2$  را میخواهیم پیدا نمایم:  
تقسیم تقاضای این قرار زیل میباشد:

$$\begin{aligned} \frac{y - y_0}{x - x_0} &= \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x} \\ &= \frac{((x_0 + \Delta x)^2 - 3(x_0 + \Delta x) + 2) - (x_0^2 - 3x_0 + 2)}{\Delta x} \\ &= \frac{x_0^2 + 2x_0\Delta x + \Delta x^2 - 3x_0 - 3\Delta x + 2 - x_0^2 + 3x_0 - 2}{\Delta x} \\ &= \frac{2x_0\Delta x + \Delta x^2 - 3\Delta x}{\Delta x} \\ &= 2x_0 + \Delta x - 3 \end{aligned}$$

همراه حد  $\Delta x \rightarrow 0$  مشتق بدست می آید:

$$f'(x_0) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} (2x_0 + \Delta x - 3) = 2x_0 - 3.$$

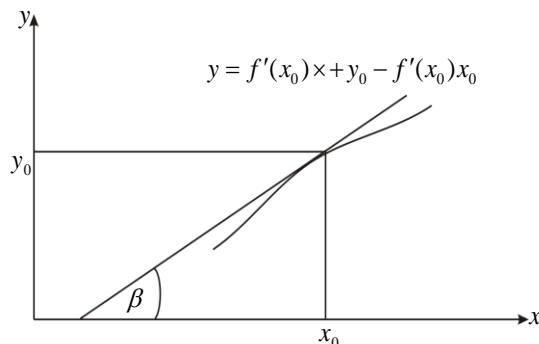
برای این تعریف زیر را میدهیم:

اگر یک تابع  $y = f(x)$  در جای  $x_0$  قابلیت مشتق داشته باشد، پس خط زیرکه از نقطه  $(x_0, y_0)$  میگذرد و میل شان  $f'(x) = \tan \beta$  باشد قرار زیل نوشته میکنیم:

$$\frac{y - y_0}{x - x_0} = f'(x) \Leftrightarrow y = f'(x_0)x + y_0 - f'(x_0)x_0$$

و در نقطه  $(x_0, y_0)$  تانجنت منحنی داده شده  $y = f(x)$  نامیده میشود (مقایسه شکل)





در پایین شمردن مشتق چند توابع ساده و اساسی را زیر بحث میگیریم.

مثال ۱:

مشتق یک ثابت :

ما تابع زیر را داریم، که قیمت شان یک ثابت میباشد.

ثابت، پس برای هر جای  $x_0$  داریم:  $y = f(x) = c = \text{Const}$

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} = \frac{f(x_0 + h) - f(x_0)}{h} = \frac{c - c}{h} = 0$$

$$\Rightarrow \left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=x_0} = f'(x_0) = 0$$

مثال ۲: یک تابع خطی  $f(x) = x$  داده شده باشد

در جای  $x_0$  میخواهیم مشتق تابع را دریابیم و تابع مشتق هم:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x} & \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{\Delta x}{\Delta x} \\ \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{(x_0 + \Delta x) - x_0}{\Delta x} & \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= 1 \\ \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{x_0 + \Delta x - x_0}{\Delta x} & \Leftrightarrow f'(x_0) &= \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta x} = 1 = 1 \end{aligned}$$

پس  $f'(x_0) = 1$  در جاي  $x_0$  مشتق تابع است و تابع مشتق  $f'(x_0) = 1$  است يعني یک ثابت میباشد.

مثال ۳:

مشتق تابع  $y = f(x) = c \cdot u(x)$  همراه یک ثابت  $c$ .

قانون ثابت:

یک تابع، که از ضرب یک تابع ساده و یک ثابت بدست آمده باشد، برابر است به مشتق تابع ساده، که به یک ثابتی  $c$  ضرب شده باشد يعني از  $y = f(x) = c \cdot u(x)$  داریم:

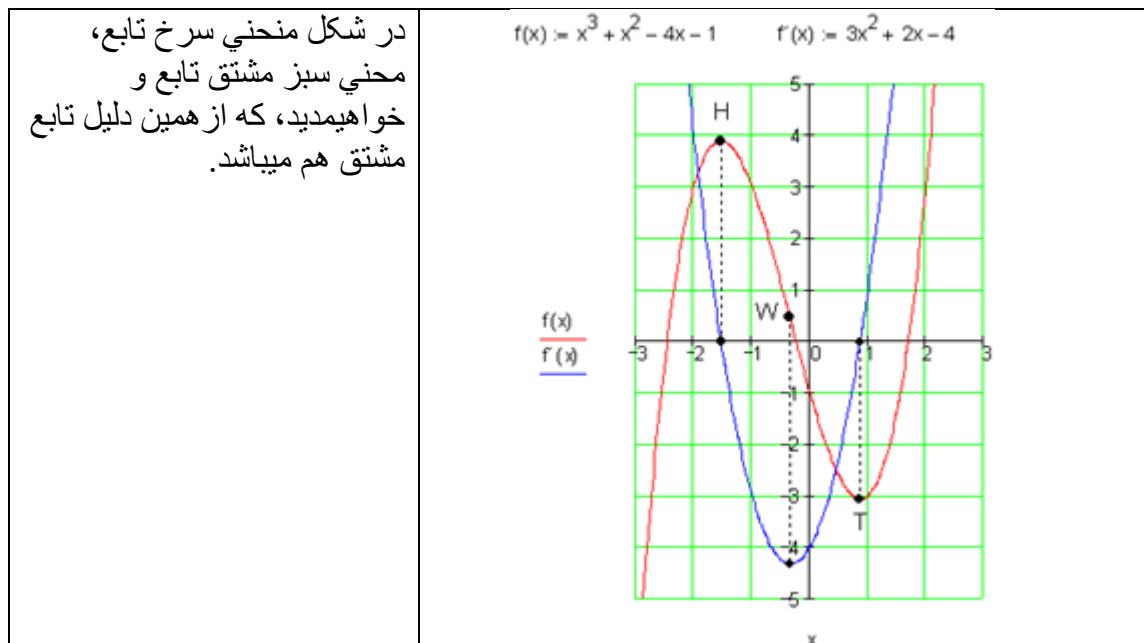
$$\Rightarrow f'(x) = c \cdot u'(x)$$

ثبوت:

$$\begin{aligned} \Rightarrow f(x_0) &= c \cdot u(x_0) \\ f'(x_0) &= \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{c \cdot u(x_0 + \Delta x) - c \cdot u(x_0)}{\Delta x} \\ \Leftrightarrow f'(x_0) &= \lim_{\Delta x \rightarrow 0} c \cdot \frac{u(x_0 + \Delta x) - u(x_0)}{\Delta x} \\ \Leftrightarrow f'(x_0) &= \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \underbrace{c}_{c} \cdot \underbrace{\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{u(x_0 + \Delta x) - u(x_0)}{\Delta x}}_{u'(x_0)} \\ \Leftrightarrow f'(x_0) &= \underline{\underline{c \cdot u'(x_0)}} \end{aligned}$$

تمرین:

- زیر تقسیم تفاضل و زیر مشتق چه می فهمیم؟
- روابط بین تقسیم تفاضل و مشتق را نشان دهید.
- زیر میل قاطع (سکانت) و تانجنت چه می فهمیم؟



فعالیت :

۱ - در جاي  $x_0$  مشتق تابع یعنی چه؟

۲ - بعد از مشتقگرفتن یک تابع این مشتق را چه مینامیم یا چه بنامیم؟

۳ - اگر مشتق تابع را تابع مشتق بنامیم، واضح نمایند، که چرا تابع است و درجه این تابع به درجه تابع اول مقایسه نمایند.

ایا ازین فرق کلمه مشتق واضح کرده میتوانید؟

برای واضح ساختن این از مثال زیر کار میگیریم:

مثال ۱: تابع  $y = f(x) = x^2$  داده شده باشد.

میخواهم در جای  $x = x_0$  و بالخصوص در جای  $x_0 = 2$  پیش از همه چیز تقسیم تفاضل را دریابیم.

$$\begin{aligned} x &= x_0 : \\ \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x} \\ \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{(x_0 + \Delta x)^2 - x_0^2}{\Delta x} \\ \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{x_0^2 + 2x_0\Delta x + (\Delta x)^2 - x_0^2}{\Delta x} \\ \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{2x_0\Delta x + (\Delta x)^2}{\Delta x} = 2x_0 + \Delta x \end{aligned}$$

حالا از طریق بدست آوردن لیمیت به ضریب مشتق می ایم:

$$f'(x_0) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} (2x_0 + \Delta x) = 2x_0$$

پس  $f'(x_0) = 2x_0$  داریم و برای  $x_0 = 2$  قیمت  $f'(2) = 2 \cdot 2 = 4$  صدق میکند.

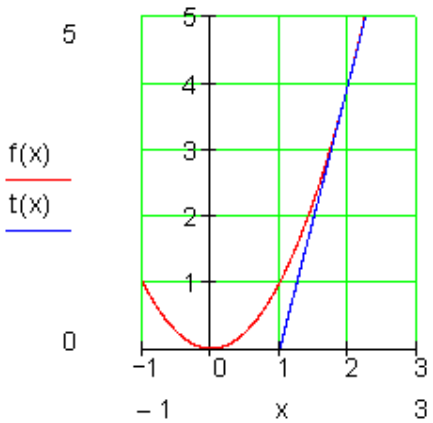
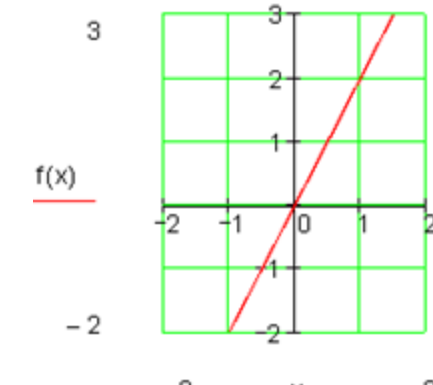
در جای  $x_0 = 2$  مشتق اول تابع  $y = f(x) = x^2$  به 4 مساوی است، این به این معنی که تابع در جای  $x_0 = 2$  میل 4 دارد.

نتیجه شان:

میتواند از طریق گراف تابع امتحان شود، طور که تانجنت در نقطه

$$P_0(x_0 | y_0) = P_0(2 | 4)$$

ترسیم کنیم و از مثلث میل، بلندی (میل) بدست بیاوریم.

 <p style="text-align: center;"><math>f(x)</math> <math>t(x)</math></p>	<p>در مثال بالا : <math>y = f(x) = x^2</math></p> <p>در هر جاي دلخواه <math>x_0</math> تابع را پیدا میکنیم:</p> $y = f(x) = x^2 \Rightarrow f'(x_0) = 2x_0$ <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td><math>x_0</math></td> <td>-2</td> <td>-1</td> <td>0</td> <td>1</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td><math>f'(x_0)</math></td> <td>-4</td> <td>-2</td> <td>0</td> <td>2</td> <td>4</td> </tr> </table>	$x_0$	-2	-1	0	1	2	$f'(x_0)$	-4	-2	0	2	4
$x_0$	-2	-1	0	1	2								
$f'(x_0)$	-4	-2	0	2	4								
 <p style="text-align: center;"><math>f(x)</math></p>	<p>گراف یک خط رسم میکند، و <math>f'(x) = 2x</math> مشتق تابع نامیده میشود</p> <p>یادداشت : اگر مشتق یک تابع گرفته شود، پس بار دیگر هم یک تابع بدست می آید و این تابع مشتق نامیده میشود.</p>												

تابع مشتق : قیمت‌های تابع در هر نقطه، تابع داده شده (اساسی) را ترسیم میکند، ازین لحاظ این تابع میل هم نامیده میشود.

مثال ۲ : تابع  $f(x) = x^3$  داده شده باشد.

فعالیت: شاگردان عزیز گراف تابع  $f(x) = x^3$  را رسم کند.

ما میخواهیم مشتق تابع بالا را در نقطه  $x_0$  دریابیم و به همین طور تابع مشتق.

سرلیک

۷۳

در جای  $x_0$  مشتق تابع و تابع مشتق

$$\begin{aligned} \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x} \\ \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{(x_0 + \Delta x)^3 - x_0^3}{\Delta x} \\ \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{x_0^3 + 3x_0^2\Delta x + 3x_0(\Delta x)^2 + (\Delta x)^3 - x_0^3}{\Delta x} \\ f'(x) &= \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} (3x_0^2 + 3x_0\Delta x + (\Delta x)^2) = 3x_0^2 \end{aligned} \quad \left| \begin{aligned} \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{3x_0^2\Delta x + 3x_0(\Delta x)^2 + (\Delta x)^3}{\Delta x} \\ \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{\Delta x(3x_0^2 + 3x_0\Delta x + (\Delta x)^2)}{\Delta x} \\ \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= 3x_0^2 + 3x_0\Delta x + (\Delta x)^2 \end{aligned} \right.$$

پس  $f'(x_0) = 3x_0^2$  در نقطه  $x_0$  مشتق تابع  $f(x) = x^3$  میباشد.

تابع مشتق به این قرار است:  $f'(x_0) = 3x_0^2$

مثال ۳ یک تابع  $f(x) = \frac{1}{x}$  داده شده.

الف: گراف تابع زیر را به یاد بیاورید.

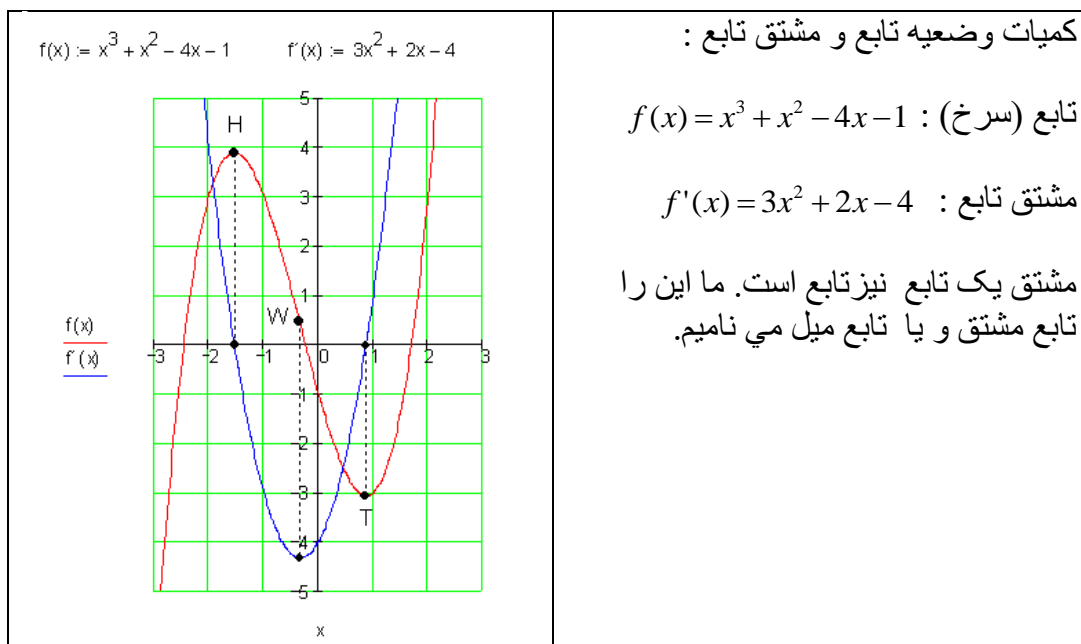
<p>در نقطه <math>x_0</math> مشتق تابع را پیدا می کنیم و تابع</p> $\begin{aligned} \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x} \\ \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{\frac{1}{x_0 + \Delta x} - \frac{1}{x_0}}{\Delta x} \\ \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{\frac{x_0 - (x_0 + \Delta x)}{x_0(x_0 + \Delta x)}}{\Delta x} \\ \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{x_0 - (x_0 + \Delta x)}{\Delta x \cdot x_0(x_0 + \Delta x)} \\ \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{-\Delta x}{\Delta x \cdot x_0(x_0 + \Delta x)} \\ \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{-1}{x_0(x_0 + \Delta x)} \\ \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= -\frac{1}{x_0^2 + x_0 \cdot \Delta x} \end{aligned}$	<p>مشتق:</p>
---	--------------

برای  $\Delta x \rightarrow 0$  لیمیت مساوات با لا میگیریم:

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left( -\frac{1}{x_0^2 + x_0 \cdot \Delta x} \right) = -\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{1}{x_0^2 + x_0 \cdot \Delta x}$$

پس داریم:  $f'(x_0) = -\frac{1}{x_0^2}$  در جاي  $x_0$  مشتق  $f$  میباشد.

پس تابع مشتق قرارزیل است:  $f'(x) = -\frac{1}{x^2}$



کمیات وضعیه تابع و مشتق تابع :

تابع (سرخ) :  $f(x) = x^3 + x^2 - 4x - 1$

مشتق تابع :  $f'(x) = 3x^2 + 2x - 4$

مشتق یک تابع نیز تابع است. ما این را تابع مشتق و یا تابع میل می نامیم.

تمرینات:

در معدلات زیل مشتق توابع و توابع متق را دریابید

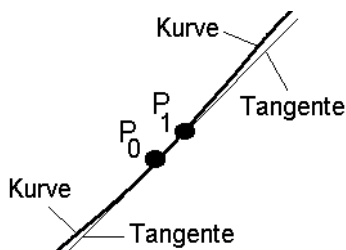
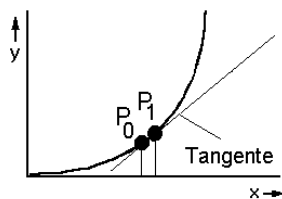
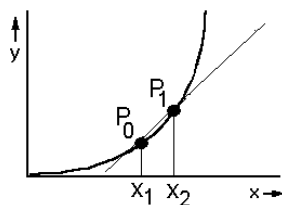
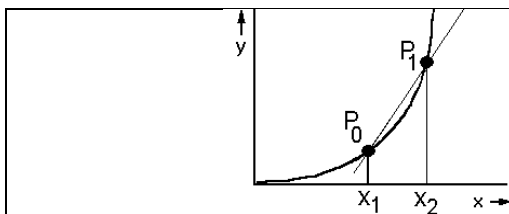
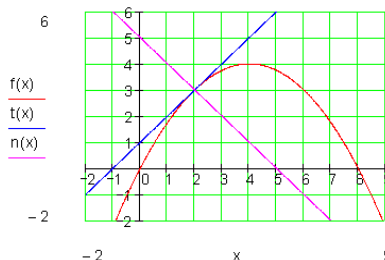
a)  $f(x) = 4x^4 - 3x^3 + x^2 - x - 1$

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

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

d)  $f(x) = 3x^2 + 0.4x - 5$

### تعریفهای تانجنت و عمود و خواص ان



شکل رو برودر نقاط  $P_1$  و  $P_0$  یک منحنی و یک قاطع را نشان میدهد

که نقطه  $P_0$  به طرف نقطه  $P_1$  حرکت دهیم.

یادداشت: به این صورت قاطع میل خود را تغییر میدهد.

بالاخره میخواهیم، که نقطه  $P_1$  به نقطه  $P_0$  لایتنهایی نزدیک شود، قاطع درینجا به تانجنت نزدیک میشود.

اگر مکمل شناخته شد، که اطراف نقاط  $P_1$  و  $P_0$  را بزرگ میسازیم: اگر نقطه  $P_1$  به  $P_0$  لایتنهایی نزدیک شود، پس دیده میشود، که تانجنت در نقطه  $P_0$  همین حالت را اختیار میکند، مثل که منحنی در نقطه  $P_0$ .



فعالیت:

۱ – اشکال بالا را به هم مقایسه کنید و در باره میل فکر کنید، که کدام بلندی زیاد مییاشد؟

۲ – تانجنت را تعریف نماید و در شکل بالا نشان دهید.

۳ – قاطع (سیکانت) را تعریف کنید و در شکل بالا انرا نشان دهید.

در زیر فرمول عمومی تانجنت و نورمال (عمود) را برون نویس میکنیم:

شروع: تانجنت گراف  $f(x)$  را در نقطه  $P(x_0, f(x_0))$  لمس کند. عمود (نورمال) گراف  $f(x)$  را در نقطه  $P(x_0, f(x_0))$  عمود قطع کند.

مساوات تانجنت:  $t(x) = m_t \cdot x + b_t$

به  $m_t = f'(x_0)$  نوشته میکنیم: (1)  $t(x) = f'(x_0) \cdot x + b_t$

برای این که  $P(x_0, f(x_0))$  یک نقطه تانجنت مییاشد، پس این نتیجه را میگیریم:

$$t(x_0) = f(x_0) \Leftrightarrow f'(x_0) \cdot x_0 + b_t = f(x_0)$$

$$\Leftrightarrow b_t = f(x_0) - f'(x_0) \cdot x_0$$

در (۱) جا به جا میکنیم، پس داریم:

$$\begin{aligned} t(x) &= f'(x_0) \cdot x + f(x_0) - f'(x_0) \cdot x_0 = f'(x_0) \cdot x - f'(x_0) \cdot x_0 + f(x_0) \\ &= f'(x_0) \cdot (x - x_0) + f(x_0) \end{aligned}$$

عمود (نورمال) به منحنی در همان نقطه، که تانجنت در آن واقع است، عمود می افتد.

میل نورمال:

$$m_n = -\frac{1}{m_t} = -\frac{1}{f'(x_0)}$$

$$\Rightarrow n(x) = \underline{\underline{-\frac{1}{f'(x_0)} \cdot (x - x_0) + f(x_0)}}$$

مثال :

تابع  $f(x) = 2x - \frac{1}{4}x^2$  را داریم.

تانجنت و عمود(نورمال) تابع را بیابید:

حل:

مشق تابع را قرار زیل می‌شماریم و گراف شان را (در زیر رسم شده) رسم می‌کنیم:

$$f(x) = 2x - \frac{1}{4}x^2 \Rightarrow f'(x) = 2 - \frac{1}{2}x$$

میل تانجنت در نقطه  $x_0$  قیمت 3 دارد.

$$f'(x_0) = 3 \Leftrightarrow 2 - \frac{1}{2}x_0 = 3 \Leftrightarrow x_0 = -2$$

$$f(x) = f(-2) = 2 \cdot (-2) - \frac{1}{4}(-2)^2 = -5$$

در نقطه  $P(-2, -5)$  تانجنت بالای  $f(x)$  قیمت 3 دارد.

$$f(x) = 2x - \frac{1}{4}x^2 \Rightarrow f'(x) = 2 - \frac{1}{2}x, P(2, f(2))$$

$$t(x) = f'(x_0)(x - x_0) + f(x_0)$$

در جای  $x_0 = 2$  داریم:

$$t(x) = f'(2)(x-2) + f(2)$$

$$f(2) = 2 \cdot 2 - \frac{1}{4} \cdot (2)^2 = 4 - 1 = 3 \quad f'(2) - \frac{1}{2} \cdot 2 = 2 - 1 = 1$$

$$\Rightarrow t(x) = 1(x-2) + 3 = x - 2 + 3 = \underline{\underline{x+1}}$$

دریافت عمود یا نورمال:

$$f(x) = 2x - \frac{1}{4}x^2 \Rightarrow f'(x) = 2 - \frac{1}{2}x, \quad P(2 | f(2))$$

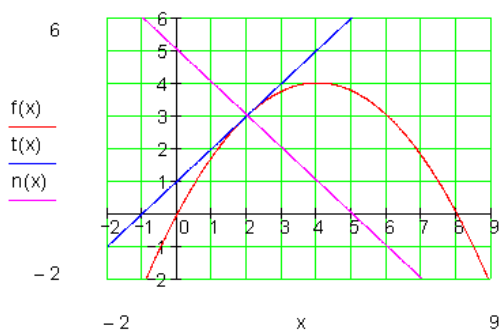
$$n(x) = -\frac{1}{f'(x_0)}(x - x_0) + f(x_0)$$

در  $x_0 = 2$  زیر را میدهد:

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

$$f(2) = 2 \cdot 2 - \frac{1}{4} \cdot (2)^2 = 4 - 1 = 3 \quad f'(2) - \frac{1}{2} \cdot 2 = 2 - 1 = 1$$

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



### مساوات عمومي تانجنت و عمود:

مثال (یا قضیه؟): تابع  $f(x) = \frac{1}{4}x^2 + \frac{1}{2}x + 1$  لرو.

ميل تانجنت :

ميل گراف يك تابع در يك نقطه  $P(x_0 | f(x_0))$  همان معني دارد، مثلي كه ميل تانجنت درين نقطه.

ما تابع  $f(x)$  و مشتق تابع را دقيق در فکر ميگيريم.

ما مربع تابع  $f(x) = \frac{1}{4}x^2 + \frac{1}{2}x + 1$  را داريم.

مشتق تابع  $f'(x) = \frac{1}{2}x + \frac{1}{2}$

جدول قيمتها:

x	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
f(x)	4,75	3	1,75	1	0,75	1	1,75	3	4,75	7	9,75
f'(x)	-2	-1,5	-1	-0,5	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3

از جدول قيمتهاي  $f(x)$  خوانده ميشود، كه رأس مربع تابع  $S(-1, 0,75)$  است.

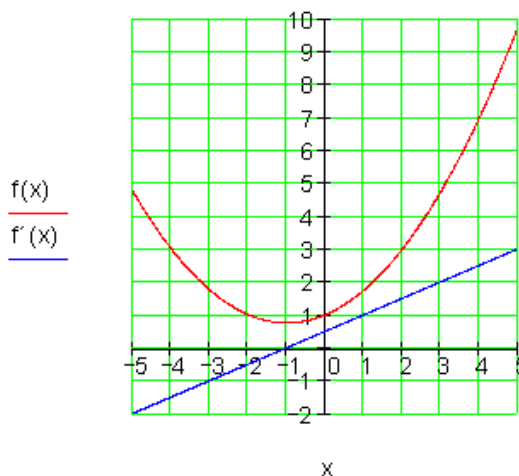
براي قيمت  $x=-1$  قيمت ميل تابع  $f'(-1) = 0$  ميباشد :

اين به معنی است، كه در نقطه رأس ميل  $f'(x)$  صفر ميباشد.

تانجنت در  $S$  هم اين معنی دارد، كه صفر است، اين درانجا افقي حركت ميكند. يعنی به محور  $x$  موازي حركت ميكند.

گرافها:

$$f(x) := \frac{1}{4}x^2 + \frac{1}{2}x + 1 \quad f'(x) := \frac{1}{2}x + \frac{1}{2}$$



مثال:

$$f(x) = 2x^3 + 7x^2 + x - 7 \text{ تابع لرو:}$$

تانجنت را پیدا شود، که گراف  $f(x)$  را در نقطه  $P(-2, f(-2))$  لمس میکند،

$$f(x) = 2x^3 + 7x^2 + x - 7 \Rightarrow f'(x) = 6x^2 + 14x + 1 \quad P(-2 | f(2)) \Rightarrow x_0 = -2$$

$$t(x) = f'(x_0)(x - x_0) + f(x_0)$$

$$f'(x_0)f'(-2) = 24 - 28 + 1 = -3$$

$$f(x_0) = f(-2) = -16 + 28 - 2 - 7 = 3$$

$$\Rightarrow t(x) = -3(x + 2) + 3 = -3x - 6 + 3 = \underline{\underline{-3x - 3}}$$

**نتیجه:** در گراف تابع  $f(x)$  تانجنت و عمود در نقطه  $P(x_0, f(x_0))$  شکل زیر را دارد.

## تعريفهای تانجنت و عمود و خواص ان ۸۱

## مساوات تانجنت

$$t(x) = \underbrace{f'(x_0)}_{\text{ارتفاع}}(x - x_0) + f(x_0)$$

## مساوات عمود

$$n(x) = -\underbrace{\frac{1}{f'(x_0)}}_{\text{ارتفاع}}(x - x_0) + f(x_0); \quad f'(x_0) \neq 0$$

تمرینونه: د لاندې توابعو گرافونه وکارئ، د تانجنت او د عمود مساوات ولیکئ.

$$f(x) = x^3 - 6x^2 + 9x \quad x_0 = 2$$

$$f(x) = \frac{1}{2}x^3 - \frac{1}{2}x^2 - \frac{5}{x} + 3 \quad x_0 = 1$$

$$f(x) = x^3 - x^2 - 5x - 2 \quad x_0 = -\frac{3}{2}$$

## قوانین شمارش مشتق

قوانین شمارش مشتق طور که در اعداد، ترادفها، و لیمیت اجرا گردیده، په همین ترتیب در مشتق هم این قوانین اعتبار درارد.

نشان خواهیم داد، که جمع، تفریق، ... مشتقها، مشتقهای جمع، ... میباشد (در حالت تقسیم مخرج باید غیر مساوی به صفر باشد)

فعالیت :

اگر  $f(x) = x^2 + x$  و  $g(x) = x^3 + 2$  داشته باشیم،  $(f(x) + g(x))'$  در باره د

ریافت  $(f(x) \cdot g(x))'$ ،  $(f(x) - g(x))'$  و  $(\frac{f(x)}{g(x)})'$ ،  $g(x) \neq 0$  فکر کنید.

### مساوات عمود

### مساوات تانجنت

قضیه (قاعده جمعی):

اگر یک تابع  $f(x)$  حاصل جمع دو توابع  $u(x)$  و  $v(x)$  تشکیل شده باشد، پس مشتق شان هم از حاصل جمع هر دو تابع تشکیل شده، یعنی:

$$f(x) = u(x) + v(x)$$

$$\Rightarrow f'(x) = u'(x) + v'(x)$$

حل:

$$f(x_0) = u(x_0) + v(x_0)$$

$$f'(x_0) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{[u(x_0 + \Delta x) - u(x_0)] + [v(x_0 + \Delta x) - v(x_0)]}{\Delta x}$$

$$\Leftrightarrow f'(x_0) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{[u(x_0 + \Delta x) - u(x_0)]}{\Delta x} + \frac{[v(x_0 + \Delta x) - v(x_0)]}{\Delta x}$$

$$\Leftrightarrow f'(x_0) = \underbrace{\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left[ \frac{u(x_0 + \Delta x) - u(x_0)}{\Delta x} \right]}_{u'(x_0)} + \underbrace{\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left[ \frac{v(x_0 + \Delta x) - v(x_0)}{\Delta x} \right]}_{v'(x_0)}$$

$$\Leftrightarrow f'(x) = \underline{\underline{u'(x) + v'(x)}}$$

مثال:

اگر توابع  $f(x) = 5x^2 + 3x$ ،  $u(x) = 5x^2$ ،  $v(x) = 3x$  داشته باشیم مشتق شان را دریابید.

$$f(x) = 5x^2 + 3x, \quad u(x) = 5x^2, \quad v(x) = 3x$$

$$\Rightarrow u'(x) = 10x \quad v'(x) = 3$$

$$f'(x) = u'(x) + v'(x) = \underline{\underline{10x + 3}}$$

فعالیت: اگر  $f_1, f_2, \dots, f_n$  توابع و  $k_1, k_2, \dots, k_n$  اعداد ثابت باشد، پس نشان دهید که داریم بون ثبوت):

$$\begin{aligned} & [k_1 f_1(x) + k_2 f_2(x) + \dots + k_n f_n(x)]' \\ & = k_1 f_1'(x) + k_2 f_2'(x) + \dots + k_n f_n'(x) \end{aligned}$$

قضیه (قاعده ضرب): اگر  $f(x)$  و  $g(x)$  دو توابع باشد، پس نشان میدهم که:

$$(f(x) \cdot g(x))' = f'(x) \cdot g(x) + f(x) \cdot g'(x)$$

ثبوت:

به اساس تعویض فورم مناسب یعنی اگر در صورت  $-f(x_0)g(x) + f(x_0)g(x)$  جمع نمایم، زیر را بدست می آوریم:

$$\begin{aligned} \frac{f(x)g(x) - f(x_0)g(x_0)}{x - x_0} &= \frac{f(x)g(x) - f(x_0)g(x) + f(x_0)g(x) - f(x_0)g(x_0)}{x - x_0} \\ &= \frac{(f(x) - f(x_0))g(x) + f(x_0)(g(x) - g(x_0))}{x - x_0} \\ &= \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} \cdot g(x) + f(x_0) \cdot \frac{g(x) - g(x_0)}{x - x_0} \end{aligned}$$

از بالا بدست می آید عنی لیمیتهت هر دو طرف را کیگیریم:

$$\begin{aligned} \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x)g(x) - f(x_0)g(x_0)}{x - x_0} \\ &= \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} \cdot \lim_{x \rightarrow x_0} g(x) + f(x_0) \cdot \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{g(x) - g(x_0)}{x - x_0} \\ &= f'(x_0)g(x_0) + f(x_0)g'(x_0) \end{aligned}$$

مثال:

اگر  $g(x) = x^2 - 1$  و  $h(x) = \sqrt{x}$  داشته باشیم، پس مشتق  $f(x) = g(x)h(x)$  را میخواهیم دریابیم.

ثبوت: طور زیر به پیش میرویم:

$$f(x) = (x^2 - 1)\sqrt{x}, f'(x) = 2x\sqrt{x} + (x^2 - 1)\frac{1}{2\sqrt{x}} = \frac{5}{2}x\sqrt{x} - \frac{1}{2\sqrt{x}}$$



قضیه تقسیم (قانون تقسیم):

$f$  و  $g$  دو توابع باشد. می‌خواهیم ثبوت کنیم که:

$$\left[ \frac{f(x)}{g(x)} \right]' = \frac{f'(x)g(x) - f(x)g'(x)}{[g(x)]^2}$$

ثبوت:

$$\left[ \frac{f(x)}{g(x)} \right]' = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\frac{f(x+h)}{g(x+h)} - \frac{f(x)}{g(x)}}{h} \quad g(x) \neq 0$$

$$= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h)g(x) - f(x)g(x+h)}{g(x+h)g(x)h}$$

$$= \lim_{h \rightarrow 0} \left[ \frac{1}{g(x+h)g(x)} \cdot \frac{f(x+h)g(x) - f(x)g(x+h)}{h} \right]$$

می‌خواهیم  $f(x) \cdot g(x) - f(x) \cdot g(x)$  به صورت جمع نمایم، پس داریم:

$$= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{1}{g(x+h)g(x)} \cdot \frac{f(x+h)g(x) - f(x)g(x) + f(x)g(x) - f(x)g(x+h)}{h}$$

$$= \frac{1}{g(x)g(x)} \left[ \lim_{h \rightarrow 0} g(x) \frac{f(x+h) - f(x)}{h} - \lim_{h \rightarrow 0} f(x) \frac{g(x+h) - g(x)}{h} \right]$$

$$= \frac{1}{[g(x)]^2} \left[ g(x) \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h} - f(x) \lim_{h \rightarrow 0} \frac{g(x+h) - g(x)}{h} \right]$$

$$= \frac{1}{[g(x)]^2} [g(x) \cdot f'(x) - f(x) \cdot g'(x)] = \frac{f'(x)g(x) - f(x)g'(x)}{[g(x)]^2}$$

مثال:

مشتق تابع  $f(x) = \frac{x^2}{x^2 - 4}$  (که  $x^2 - 4 \neq 0$  باشد) را میخواهیم دریابیم.

حل: اگر  $g(x) = x^2$  و  $h(x) = x^2 - 4$  وضع شود، پس بیدست می آید:

$$g'(x) = 2x$$

$$h'(x) = 2x$$

و از قانون تقسیم داریم:

$$\begin{aligned} f'(x) &= \left[ \frac{g(x)}{h(x)} \right]' = \frac{g'(x)h(x) - g(x)h'(x)}{[h(x)]^2} \\ &= \frac{2x(x^2 - 4) - x^2 \cdot 2x}{[x^2 - 4]^2} \\ &= \frac{-8x}{[x^2 - 4]^2} \end{aligned}$$

تمرینها:

اگر  $f(x) = 3x^2 + 5x - 8$  و  $g(x) = 5x^3 - 3x + 4$  داشته باشیم، پس مشتق جمعی، ضرب و تقسیم ( $f(x) \neq 0$ ) توابع را از راههای مختلف، اگر ممکن باشد، دریابید.

- مشتق توابع از روی قانون توان دریابید.

## مشتق توابع الجبري

تعریف توابع الجبري و توابع غیره :

۱ - یک تابع اساسی الجبري نامیده میشود، اگر قانون ترتیبش از طریق مساوات داده شده باشد، که در ترمها به مساوات متحول فقط عملیه های الجبري (جمع، تفریق، ضرب، تقسیم) که مخرج شان صفر نه باشد)، طاقت، جذر گرفتن (که اکسپوننتهای طاقت و

مثبت و اعداد تام ميباشد) به کار برده شد..

۲ - توابع غير الجبري ترانسسندنت ناميده ميشود، مثل توابع اکسپوننشل،- ولوگاري می و توابع زاوايا( توابع مثلثاتي).

۳ - یک تابع الجبري راشنل يا کسري ناميده ميشود، اگر قانون ترتيب شان به یک مساوات داده شده باشد، در ان که قوانين تا لايتناهي عمليات شمردن ((جمع،تفريق، ضرب، تقسيم(که مخرج شان صفر نه باشد) طاقت و جذ گرفتن(اکسپوننتهاي طاقت و جذر بايد مثبتو اعداد تام باشد) ( ) « به کار برده شده باشد.  
فعاليت :

- تابع  $f(x)$  اگر به شکل

$$f(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$$

به  $n \in \mathbb{N} \wedge a_i \in \mathbb{R}$  نوشته شده باشد، چي ناميده ميشود.

- داريم :  $u(x) = x^2 + 4x + 4$  و  $v(x) = 3x + 6$  تابع  $f$  به شکل تقسيم دو توابع  $u$  و  $v$  مثل  $f(x) = \frac{u(x)}{v(x)}$  به  $v(x) \neq 0$  نوشته کنيد.

- ساحه تعريف تابع را نشان دهيد و باز مشتق هر یک از تابع  $u$ ;  $v$  را بگيريد و بعداً تقسيم مشتقها را نشان دهيد و تقسيم مشتق به مشتق مقايسه کنيد.

مثال: تابع  $f(x) = \sqrt{x}$  داده شده. در نقطه  $x_0$  مشتق تابع را دريابيد و تابع مشتق را نشاني کنيد.  
ثبوت:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x} & \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{x_0 + \Delta x - x_0}{\Delta x(\sqrt{x_0 + \Delta x} + \sqrt{x_0})} \\ \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{\sqrt{x_0 + \Delta x} - \sqrt{x_0}}{\Delta x} & \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{\Delta x}{\Delta x(\sqrt{x_0 + \Delta x} + \sqrt{x_0})} \\ \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{(\sqrt{x_0 + \Delta x} - \sqrt{x_0})(\sqrt{x_0 + \Delta x} + \sqrt{x_0})}{\Delta x(\sqrt{x_0 + \Delta x} - \sqrt{x_0})} & \Leftrightarrow \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{1}{\sqrt{x_0 + \Delta x} + \sqrt{x_0}} \end{aligned}$$

$$f'(x_0) \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left( \frac{1}{\sqrt{x_0 + \Delta x} + \sqrt{x_0}} \right) = \frac{1}{\sqrt{x_0} + \sqrt{x_0}} = \frac{1}{2\sqrt{x_0}}$$

پس در جای  $x_0$  مشتق تابع  $f(x) = \sqrt{x}$  مشتق تابع میباشد:  $f'(x) = \frac{1}{2\sqrt{x}}$ .

به اسشس درسهای گذشته  $f'(x) = \frac{1}{2\sqrt{x}}$  تابع مشتق میباشد.

مشتق توابع قسم  $f(x) = x^q; q \in Q$ :

از طریق شمردن نتایج زیر بدست می آید:

تابع	تابع مشتق تابع	تابع مشتق تابع
$f(x) = x$	$f'(x) = 1$	$f'(x) = 1 \cdot x^0$
$f(x) = x^2$	$f'(x) = 2 \cdot x$	$f'(x) = 2 \cdot x^1$
$f(x) = x^3$	$f'(x) = 3 \cdot x^2$	$f'(x) = 3 \cdot x^2$
$f(x) = \frac{1}{x} = x^{-1}$	$f'(x) = -\frac{1}{x^2}$	$f'(x) = -1 \cdot x^{-2}$
$f(x) = \sqrt{x} = x^{\frac{1}{2}}$	$f'(x) = \frac{1}{2\sqrt{x}}$	$f'(x) = \frac{1}{2} \cdot x^{-\frac{1}{2}}$

اگر پنج مشتقهای بالا را به همدیگر مقایسه نمایم، پس حدس زده میشود، که قوانین ساختار زیر بدست می آیدکه:

د توان قانون (بدون ثبوت):

۱ - اکسپوننت پیشین متحول  $x$  به شکل ضریب نوشته میشود.

۲ ( اکسپوننت جدید همان اکسپوننت پیشین منفي یک میباشد.

$$q \in Q \text{ با } f(x) = x^q \Rightarrow f'(x) = q \cdot x^{q-1}$$

مثال : مشتق  $f(x) = \frac{1}{x^2}$  را دریابید.

ثبوت:  $f(x) = \frac{1}{x^2} = x^{-2} \Rightarrow f'(x) = -2x^{-3} = -\frac{2}{x^3}$

مثال : مشتق تابع  $f(x) = 3x^4$  را دریابید.

ثبوت:

$$f(x) = 3x^4 \quad c = 3 \quad u(x) = x^4 \Rightarrow u'(x) = 4x^3$$

$$f'(x) = c \cdot u'(x) = 3 \cdot 4x^3 = \underline{\underline{12x^3}}$$

مثال: میخواهیم مشتق تابع  $f(x)$  را در جای  $x = 2$  دریابیم:

حل:

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

$$x = 2: \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(2 + \Delta x) - f(2)}{\Delta x} = 4 + \Delta x$$

$$f'(2) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} (4 + \Delta x) = \underline{\underline{4}}$$

$$x = u: \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(u + \Delta x) - f(2)}{\Delta x} = 2u + \Delta x$$

$$f'(u) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} (2u + \Delta x) = \underline{\underline{2u}}$$

مثال: مشتق تابع  $f(x) = \frac{1}{x+1}$  در جای  $x = 2$  را دریابید.

حل:

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

$$x = 2: \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(2 + \Delta x) - f(2)}{\Delta x} = \frac{1}{3(3 + \Delta x)}$$

$$f'(2) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left( \frac{-1}{3(3 + \Delta x)} \right) = \underline{\underline{-\frac{1}{9}}}$$

$$x = u: \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(u + \Delta x) - f(2)}{\Delta x} = \frac{-1}{(u + \Delta x + 1)(u + 1)}$$

$$f'(u) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} = \frac{-1}{(u + \Delta x + 1)(u + 1)} = \underline{\underline{-\frac{1}{(u + 1)^2}}}$$

مثال:

مشتق یک توان ، که اکسپوننت شان عدد طبیعی میباشد:

ما تابع  $y=f(x)=x^n$ ,  $n = 1, 2, 3$  ... را داریم و میخواهیم مشتق شان را دریابیم:

ثبوت: ما قرار زیر به پیش میرویم.

به اساس جمله بینوم در هر جای  $x_0$  اعتبار دارد:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{f(x_0 + h) - f(x_0)}{h} = \frac{(x_0 + h)^n - x_0^n}{h} \\ &= \frac{\binom{n}{0}x_0^n + \binom{n}{1}x_0^{n-1}h + \binom{n}{2}x_0^{n-2}h^2 + \dots + \binom{n}{n}h^n - x_0^n}{h} \\ &= \frac{1}{h} \left( x_0^n + nx_0^{n-1}h + \frac{n(n-1)}{2}x_0^{n-2}h^2 + \dots + h^n - x_0^n \right) \\ &= nx_0^{n-1} + \frac{n(n-1)}{2}x_0^{n-2}h + \dots + h^{n-1} \end{aligned}$$

برای  $h \rightarrow 0$  تابع  $y = x^n$  در هر جای  $x_0$  ، به مشتق زیر، قابلیت مشتق دارد :

$$(dy/dx)_{x=x_0} = f'(x) = nx^{n-1}$$

ثبوت دیگرگون مثال بالا به حیث تمرین باشد.

تمرین: \_ اگر یک پولینوم  $f(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$  با  $n \in \mathbb{N} \wedge a_1 \in \mathbb{R}$  داده شده باشد، مشتق شان را دریابید.  
- مشتق توابع زیر را از روی قانون توان دریابید.

$$a) f(x) = x^5$$

$$b) f(x) = x^6$$

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

$$d) f(x) = \frac{1}{x^5}$$

$$e) f(x) = \sqrt{x}$$

$$f) f(x) = \sqrt[4]{x^3}$$

$$g) f(x) = \frac{1}{\sqrt{x}}$$

$$h) f(x) = \frac{1}{\sqrt[3]{x}}$$

### مشتق توابع مرکب (- زنجیری)

میتواند به تابع  $v$  بسته شود، اگر تابع بیرونی (قاعده زنجیری)  $D(u)$  به ساحه تابع داخلی  $W(v)$  عناصر مشترک داشته باشد.

برای این مینویسیم:

$$u \circ v(x) = u(v(x)), \text{ اگر تابع } f \text{ به } y = f(x) = u(z) \text{ و } z = v(x) \text{ باشد.}$$

فعالیت:

\_ در تابع زنجیری  $f(g(x))$  ساحه تعریف و به همین قسم در باره ساحه تعریف تابع نظر خد را ابراز دارید.

\_ بگویند که قیمت تابع  $f(g(x)) = (x^2 + 2x + 1)^2$  در جای  $x = 3$  کدام است و ساحه های تعریف کدام است و در باره مشتق گرفتن فکر کنید.

در تابع مرکب (زنجيري) دلخوا در باره ساحه تعريف و به همين طور ساحه تابع نظر خود را اظهار نمايئد.

حالا در جاي  $x = x_0$  قابليت مشتق تابع مرکب يا زنجيري  $y = f(g(x))$  را خواهيم مطالعه کرد:

$$f(x) = f[g(x)] \\ \Rightarrow f'(x) = f'(g) \cdot g'(x)$$

### مشتق داخلي مشتق بيروني

براي اين فرض ميکنيم که:

۱ - تابع داخلي  $z = g(x)$  در جاي  $x = x_0$  قابليت مشتق را دارد. اين بايد در یک ساحه تعريف شده معلوم  $x_0$  متمادي باشد وي.

ما داريم:  $g(x_0) \rightarrow g(x+h)$  براي  $h \rightarrow 0$ .

به هميد طور ( $\Leftrightarrow$ )  $g(x_0 + h) = g(x_0) + k$

طور که  $k \rightarrow 0$  براي  $h \rightarrow 0$ .

۲ - اگر تابع بيروني  $y = f(z)$  در  $z = z_0 = g(x_0)$  مشتق داشته باشد.

تقسيم تفاضل  $y = f(g(x))$  ميتواند به طور زير داده شود و فورم شان هم تغير شود:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(g(x_0 + h)) - f(g(x_0))}{h} = \frac{f(g(x_0 + h)) - f(g(x_0))}{g(x_0 + h) - g(x_0)} \\ = \frac{f(z_0 + k) - f(z_0)}{k} \cdot \frac{g(x_0 + h) - g(x_0)}{h}$$

اگر  $h \rightarrow 0$  برود ( به همين ترتيب  $k \rightarrow 0$  ميرود ) ، پس اين رويط به مشتق ميرود:



$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=x_0} = \left(\frac{d(g(x))}{dx}\right)_{x=x_0} = \left(\frac{df(z)}{dz}\right)_{z=z_0=g(x_0)} \cdot \left(\frac{dg(x)}{dx}\right)_{x=x_0}; \dots (*)$$

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=x_0} = \left(\frac{d(g(x))}{dx}\right)_{x=x_0} = \left(\frac{df(z)}{dz}\right)_{z=z_0=g(x_0)} \cdot \left(\frac{dg(x)}{dx}\right)_{x=x_0}$$

اگر برای جا به جا (فیکس)  $x = x_0$  را  $x$  انتخاب کنیم، میتوان، که فرمول (\*) به قسم زیر به طور کوتاه داده شود و برای  $z = g(x)$ ،  $y = f(z)$  صدق کند:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dz}{dx} \cdot \frac{dy}{dz}; \dots (**)$$

در نظر

داشته باشیم، که  $dy/dx$  برای جاي  $z = g(x)$  باید ترتیب (تنظیم) شود.

این فرمول (\*) فرمول قاعده مرکب نامیده میشود و با فرضیه های بالا اعتبار دارد. این به طور ساده میتوانیم به یاد داشته باشیم، زیرا که طرف راست از طرف چپ به طور فورمال به زیاد شدن  $dz$  بدست آمده.

از ثبوت بالا جمله زیر بدست می آید:

قاعده مرکب داریم:  $f(z) = f(g(x))$ ، پس تابع  $z = g(x)$  در  $x$  و تابع  $y = f(z)$

در  $z = g(x)$  قابلیت مشتق را دارد، پس متصل به تابع  $y = f(g(x))$  هم در  $x$

قابلیت مشتق را میباشد و این اعتبار دارد:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dz}{dx} \cdot \frac{dy}{dz} = f'(g(x)) \cdot g'(x)$$

کوتاه:  $(f \circ g)'(x) = f'(g(x)) \cdot g'(x)$

مثال :

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

$$\text{Substitution: } z(x) = x^2 \quad \boxed{\text{بدلون}}^2 \Rightarrow f'(z) = 2z \quad z'(x) = 2x$$

$$f'(x) = f'(z) \cdot z'(x) = 2z \cdot 2x = 2(x^2 + 2) \cdot 2x = \underline{\underline{4x^3 + 8x}}$$

مثال ۲ . ۱۱ : تابع  $y = \sin x^2$  به طور زیر یک تابع داده شده مرکب می باشد:

$$y = \sin z, \quad z = x^2$$

این هر دو توابع در هر جای قابل مشتق است. پس ازین دلیل در هر جای اعتبار دارد:

$$\frac{d \sin x^2}{dx} = \frac{d \sin z}{dz} \cdot \frac{dx^2}{dx} = \cos z \cdot 2x = 2x \cdot \cos x^2$$

مثال : تابع  $y = \sin^2 x$  به طور زیر متصل داده شده.

$$y = z^2, \quad z = \sin x$$

درین جا هم هر دو توابع در هر جا قابلیت مشتق را دارد. پس بدین لحاظ در هر جا اعتبار دارد:

$$\frac{d \sin^2 x}{dx} = \frac{dz^2}{dz} \cdot \frac{d \sin x}{dx} = 2z \cdot \cos x = 2 \sin x \cdot \cos x = \sin 2x$$

مثال : مشتق تابع  $f(x) = (x^5 + 4)^8$  را بیابید!

حل: هرگاه که  $g(x) = x^5 + 4$  و  $h(x) = x^8$  را وضع میکنیم، پس داریم:

$$f(x) = g(h(x))$$

$$f'(x) = (g(h(x)))' = g'(h(x)) \cdot h'(x)$$

پس داریم:  $h'(x) = 5x^4$   $g'(x) = 8x^7$  است،

$$f(x) = 8(h(x))^7 5x^4 = 40(x^5 + 4)^7 \cdot x^4$$

تمرینها:

$$h(x) = \frac{1}{(x^3 - 4x^2 + 1)^2} \quad - ۱$$

۲ - اگر  $f(x) = (3 - 2x + x^2)^4$  باشد  $f'$  را دریابید

مشفق توابع زیر را هم بگیرید

$$f(x) = (1 - 2x^3)^4 \quad : 1$$

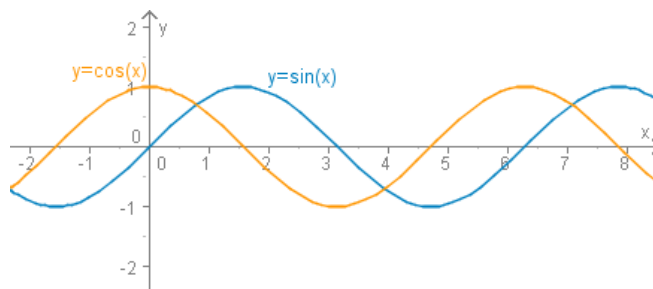
$$f(x) = (2x^2 + 1)^{-2} \quad : 2$$

$$h(x) = \frac{1}{\sqrt{2 + x^2 + x^3}} \quad : 3$$

$$h(z) = \sqrt{\frac{1-z}{1+z}} \quad : 4$$

$$f(t) = \sqrt[3]{3t+1} \quad : 5$$

## مشتق توابع مثلثاتي



$$\sin x - \sin y = 2 \cos \frac{x+y}{2} \sin \frac{x-y}{2} \quad \dots I$$

$$\cos x - \cos y = -2 \sin \frac{x+y}{2} \sin \frac{x-y}{2} \quad \dots II$$

فعالیت:

ایا میدانید ، که مساوات زیر مشتقهای توابع اند.

$$\frac{d}{dx}(\sin x) = \cos x \quad :a$$

$$\frac{d}{dx}(\cos x) = -\sin x \quad :b$$

$$f'(x) = \frac{d \tan x}{dx} = \frac{1}{\cos^2 x}$$

ما در زیر سه حالت مساوات بالا را ثبوت میکنیم و ثبوت باقی مانده دیگران را به شاگردان عزیز می گزاریم.

قضیه : مشتق تابع سین را میخواهیم دریابیم،  $f'(x) = (\sin x)' = \cos x$  است:

برای ثبوت این قضیه در ورودی بالا دو فرمول اول به کار می آید.

تابع سین  $y=f(x)=\sin x$  برای هر  $x$  تعریف دارد ، پس برای تعیین دلخواه  $x_0$  بدست می آید:

$$\begin{aligned}\frac{\Delta y}{\Delta x} &= \frac{f(x_0 + h) - f(x_0)}{h} = \frac{\sin(x_0 + h) - \sin x_0}{h} \\ &= \frac{2}{h} \cos \frac{2x_0 + h}{2} \cdot \sin \frac{h}{2} = \cos \left( x_0 + \frac{h}{2} \right) \cdot \frac{\sin \frac{h}{2}}{\frac{h}{2}}.\end{aligned}$$

با در نظر داشت حصه لیمیت داریم :

$$\lim_{h \rightarrow 0} \left( \cos \left( x_0 + \frac{h}{2} \right) \cdot \frac{\sin \frac{h}{2}}{\frac{h}{2}} \right) = \cos x_0.$$

تابع سین در هر جایی، با مشتق زیر، قابل مشتق است:

$$\left( \frac{d \sin x}{dx} \right)_{x=x_0} = f'(x_0) = \cos x_0, \quad (X \text{ به قوس یا رادیان})$$

قضیه: به همین طور ثبوت می شود، که تابع کوسین هم در هر جایی قابل مشتق است، با مشتق زیر:

$$\left( \frac{d \cos x}{dx} \right)_{x=x_0} = f'(x_0) = -\sin x_0, \quad X \text{ به رادیان}$$

$$\frac{d}{dx} (\cos x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\cos(x+h) - \cos x}{h} \quad : b$$

از فرمول دوم ورودی داریم:

$$\begin{aligned}&= \lim_{x \rightarrow 0} \frac{-2 \sin \frac{x+h+x}{2} \cdot \sin \frac{x+h-x}{2}}{h} \\ &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{-2 \sin \left( x + \frac{h}{2} \right) \cdot \sin \frac{h}{2}}{h} \\ &= -\lim_{h \rightarrow 0} \left[ \sin \left( x + \frac{h}{2} \right) \cdot \frac{\sin \frac{h}{2}}{\frac{h}{2}} \right]\end{aligned}$$

از قاعده ضرب لیمت بدست می آید :

$$= -\lim_{h \rightarrow 0} \sin\left(x + \frac{h}{2}\right) \cdot \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\sin \frac{h}{2}}{\frac{h}{2}} = -\sin x \cdot 1 = -\sin x$$

از مساوات بالا بدست می آید:  $\frac{d \cos x}{dx} = -\sin x$

قضیه: می خواهیم ثابت کنیم، که تابع تانجنت  $f(x) = \tan x$  قابلیت مشتق را در آن میباشد و مشتق شان  $f'(x) = \frac{d \tan x}{dx} = \frac{1}{\cos^2 x}$  است.

$$\begin{aligned} \frac{d}{dx}(\tan x) &= \frac{d}{dx} \left( \frac{\sin x}{\cos x} \right) \\ &= \frac{\cos x \frac{d}{dx}(\sin x) - \sin x \frac{d}{dx}(\cos x)}{\cos^2 x} \\ &= \frac{\cos x \cdot \cos x - \sin x(-\sin x)}{\cos^2 x} \\ &= \frac{\cos^2 x + \sin^2 x}{\cos^2 x} \\ &= \frac{1}{\cos^2 x} \end{aligned}$$

فعالیت: شاگردان عزیز مشتق تابع  $f(x) = x^2 \sin x$  را دریابید!

یاد داشت:  $g(x) = x^2$  و  $h(x) = \sin x$  را وضع کنید.

مثال: می خواهیم مشتق تابع  $y = \cos \frac{\pi x}{180}$  را دریابیم.

حل: عوض میکنیم:  $f(x) = \cos x$  و  $g(x) = \frac{\pi x}{180}$ ، پس  $y$  به طور زیر نوشته میشود:

$$y = f(g(x))$$

حالا به اساس قاعده مرکب داریم:

$$\begin{aligned} y' &= f'(g(x)) \cdot g'(x) \\ &= \cos'(g(x)) \cdot \left(\frac{\pi}{180} \cdot x\right)' \\ &= -\sin(g(x)) \cdot \frac{\pi}{180} = -\frac{\pi}{180} \cdot \sin \frac{\pi x}{180} \end{aligned}$$

مشتق توابع زیر را دریابید!

$\tan^4 x$	: $b$	$\cos^2 2x$	: $a$
$\sin(3x-1)$	: $d$	$\sec x \cdot \cot ax$	: $c$
$\sec(\sec(x))$	: $f$	$\sin^2 x - \cos x$	: $e$

حل a: به اساس قاعده مرکب و یک فرمول تابع طاقت داریم:

$$\begin{aligned} (\cos^2 2x)' &= 2 \cos(2x) \cdot \cos'(2x) \\ &= 2 \cos(2x) (-\sin(2x)) \cdot 2 \\ &= -4 \cos 2x \cdot \sin 2x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\tan^4 x)' &= 4 \tan^3 x \cdot (\tan x)' && : b \\ &= 4 \tan^3 x \cdot \sec^2 x \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\sec x \cdot \cot x)' &= (\sec x)' \cot x + (\cot x)' \sec x && : c \\ &= (\sec x \cdot \tan x) \cot x + (-\csc^2 x) \sec x \\ &= \sec x - \csc^2 x \cdot \sec x \\ &= \sec x (1 - \csc^2 x) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\sin(3x-1)]' &= \cos(3x-1) \cdot (3x-1)' && : d \\ &= \cos(3x-1) \cdot 3 = 3\cos(3x-1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [\sin^2 x - \cos x]' &= (\sin^2 x)' - (\cos x)' && : e \\ &= 2\sin x(\sin x)' - (-\sin x) \\ &= 2\sin x \cdot \cos x + \sin x \\ &= \sin x(2\cos x + 1) \end{aligned}$$

مثال :

۱ - چهار مشتق اول تابع  $f(x) = \sin x$  را دریابید.

$$f'(x) = \cos x ; f''(x) = -\sin x ; f'''(x) = -\cos x ; f^{(4)}(x) = -(-\sin x) = \sin x$$

۲ - مشتق تابع  $f(x) = x \cdot \sin x$  را دریابید:  
از قانون صرب بدست می آید.

$$f'(x) = 1 \cdot \sin x + x \cos x = \sin x + x \cos x$$

۳ - برای پیدا کردن مشتق تابع  $f(x) = \sin \frac{1}{x} ; x \neq 0$  از قانون مرکب را میگیریم:

$$f'(x) = -\frac{2}{x^3} \cos \frac{1}{x^2} \text{ و } z = \frac{1}{x^2} \text{ و } u(z) = \sin z \text{ نڈست مي آيد:}$$

تمرینها:

مشتق توابع زیر را دریابید.



a)  $f(x) = \sin 3x$

b)  $f(x) = \sin x \cdot \cos x$

c)  $f(x) = \sin^2 x$

d)  $f(x) = \tan x + 2 \sin 2x$

e)  $f(x) = \sin x^2$

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

-- برای تابع  $f(x) = \sin^n x (n \in \mathbb{N})$  فرمول مشتق اول را نشان دهید.

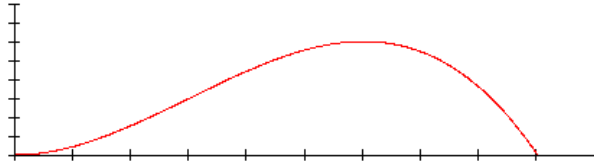
-- برای تابع تانجنت به کوسین قانون سین و کوسین قانون مشتق را نشان دهید.

-- نشان دهید که برای  $f(x) = \tan x$  هم صدق میکند:  $f'(x) = 1 + \tan^2(x)$ .

-- از روی قانون تقسیم قانون کوتانجنت را دریابید و او هم از روی قانون تانجنت.

-- چرا تابع سین و تابع کوسین اختیاری بسیار قابل مشتق میباشد.

### استعمال مشتق در علوم طبیعی



اوقات زیاد در ریاضیات توابع آورده میشود، که در اختیار یک متحول  $x$  میباشد.

در علوم طبیعی اوقات زیاد توابع را بررسی میکنیم، که در اختیار وقت میباشد.

مثل که در شکل راه زده شده انداختن یک توپ (این پسانتر روشن میشود)

فعالیت:

شاگردان عزیز از درسهای فزیک تعریف سرعت و عجله را بدهد و فرمولهای ره و وقت، سرعت و عجله را بدهد..

سرلیک

۱۰۱

## استعمال مشتق در علوم طبیعی

مثال: برای تعجیل طور مساوی یک شیء پرتاب شده با سرعت ...  $v_0 = 4 \frac{m}{s}$  و با

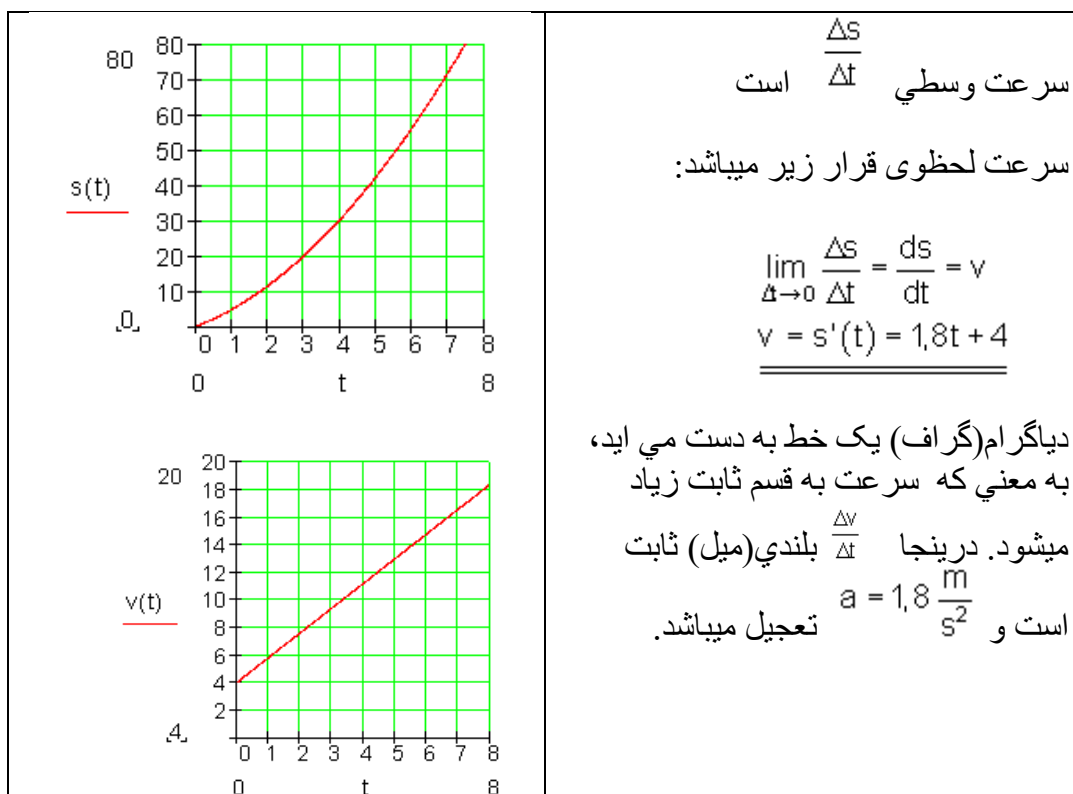
تعجیل  $a = 1,8 \frac{m}{s^2}$  قانون

$$s(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t$$

راه - وقت قرار زیر میباشد:

$S(t) = 0,9t^2 + 4t$  که در بالا داده شده اعتبار دارد:

(  $s$  به ثانیه ) ،  $s(t)$  به  $m$  ( متر ) )





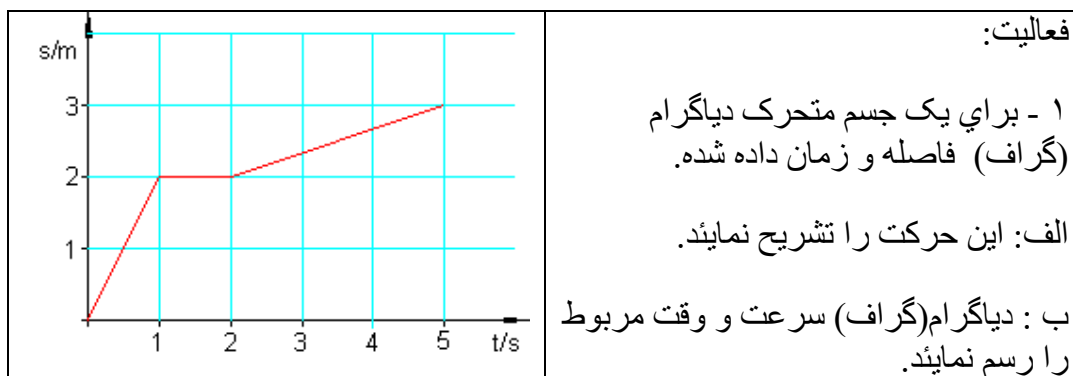
در نظر داشته باشید: برای یک حرکت تعجیلی ثابت داریم:

$$|s(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0t| \quad v(t) = s'(t) = at + v_0 \quad a(t) = v'(t) = a$$

برای یک سرعت  $v$  در زمان برای مشتق راه  $v(t) = s'(t)$  داریم. برای به طور زیر هم

$$v(t) = s'(t).$$

مینویسیم:



۲) یک سنگ به سرعت اولیه  $v_0 = 7 \frac{m}{s}$  عمود به طرف بالا انداخته میشود.

قانون فاصله-زمان است:  $s(t) = v_0 \cdot t - \frac{1}{2}g \cdot t^2$  به  $g = 10 \frac{m}{s^2}$  روند اف (را گردول

Round of)

الف) بعد از کدام زمان سرعت سنگ صفر مییابد؟

ب) بلندی میل که بلندی اعظمی باشد بشمارید.

سرلیک

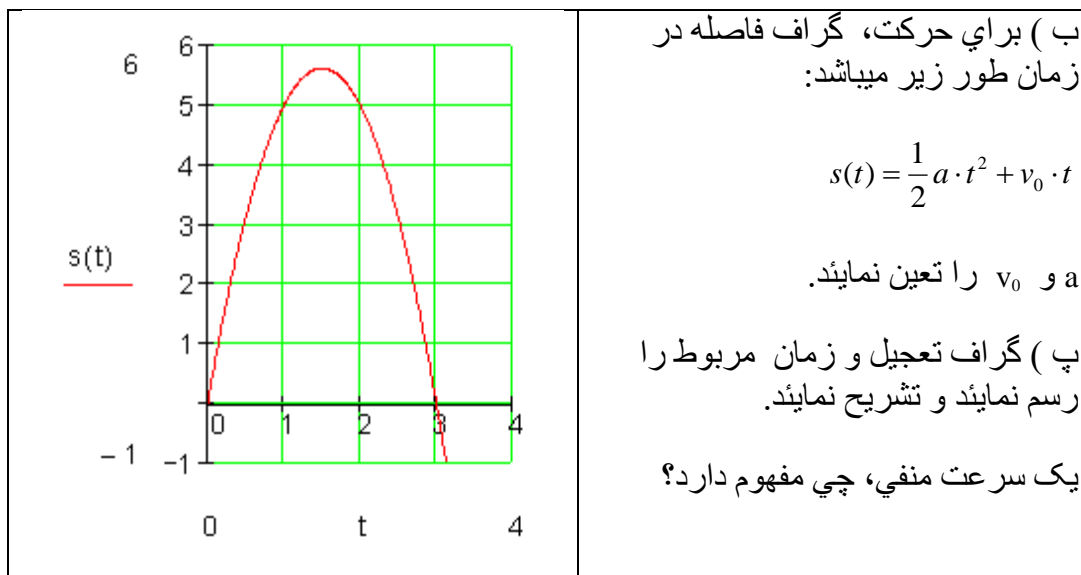
۱۰۳

استعمال مشتق در علوم طبیعی

۳ - گراف فاصله-زمان را نشان میدهد.

(الف) از زندگی روزمره یک مثال را بیاورید، که برای ان این حرکت درست باشد.

حرکت منحنی برای  $t > 3$  چي مفهوم فزیکي دارد؟



۴) یک جسم که ازاد به طرف بالا انداخت میشود طور حرکت میکند، که در زمان  $t$  فاصله  $s(t) = 5 \cdot t^2$  را میزند.

در زمان  $t=1;2;3$  سرعت لحظوي را نشان دهید.

حل:

سرعت لحظوي به قیمت تغییر لحظوي به معني زیر میباید:

$$t=1: \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{s(1+\Delta x) - s(1)}{\Delta x} = 10 + 5\Delta x \Rightarrow$$

$$10 + 5\Delta x \rightarrow 10$$

$$10 + 5\Delta x \rightarrow 10$$

$$\Delta x \rightarrow 0$$

اعتبار دارد یا صدق میکند:

برای

$$t = 2: \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{s(2 + \Delta x) - s(2)}{\Delta x} = 20 + 5\Delta x \Rightarrow 1$$

$$20 + 5\Delta x \rightarrow 20$$

$$\Delta x \rightarrow 0$$

صدق میکند:

برای

$$\Delta x \rightarrow 0$$

$$t = 3: \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{s(3 + \Delta x) - s(3)}{\Delta x} = 30 + 5\Delta x \Rightarrow f$$

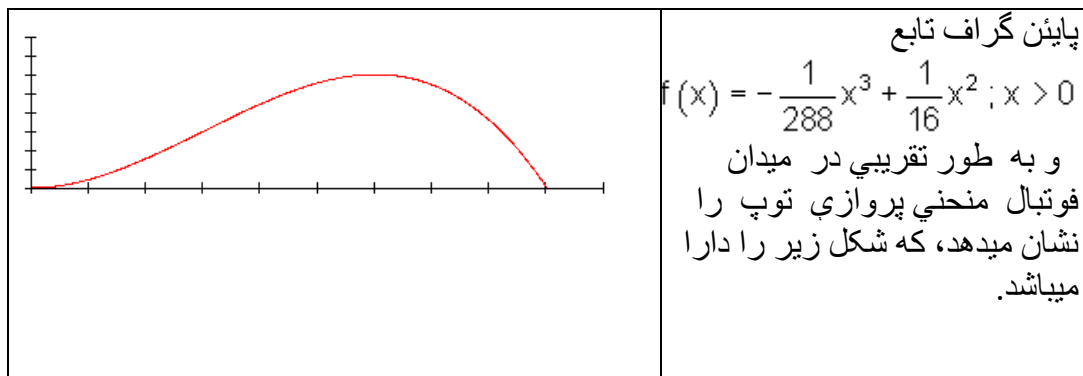
$$30 + 5\Delta x \rightarrow 30$$

$$\Delta x \rightarrow 0$$

صدق میکند:

برای

تمرین :



پرسانهای زیر را جواب دهید

سرلیک

۱۰۵

مشتق درجه بلند

الف: توپ کدام بلندي اعظمي را دارد و از نقطه شوت کدام فاصله را دارميباشد؟

ب : توپ از نقطه شوت شده به کدام فاصله پس به زمين مي افتد؟

پ : دديوار دفاع از جاي توپ زدن ۹ متره دور است و ۲ متره بلند. ايا توپ از اين جا بلند پرواز ميکند؟

ت : توپ از تورلاين (محور x) به ۲ متر بلندي دارد. به کدام فاصله اين اين شوت ازاد از گول زده شده؟

## مشتق درجه بلند

بر علاوه مشتق درجه اول مشتقهاي درجه بلند هم موجود است، که از مشتق بعدي بدست مي آيد.

به باز مشتق گرفتن  $f'(x)$  تابع مشتق  $f''(x)$  بدست مي آيد، که تابع مشتق دوم ناميده ميشود.

مثال:

$$f(x) = x^3 + x^2 + x + 1 \Rightarrow f'(x) = 3x^2 + 2x + 1 \Rightarrow \underline{\underline{f''(x) = 6x + 2}}$$

باز مشتق گرفتن  $f''(x)$  به مشتق سوم و دوام اوداسي نور.

$$f(x) = x^3 + x^2 + x + 1 \Rightarrow f'(x) = 3x^2 + 2x + 1 \Rightarrow f''(x) = 6x + 2 \Rightarrow \underline{\underline{f'''(x) = 6}}$$

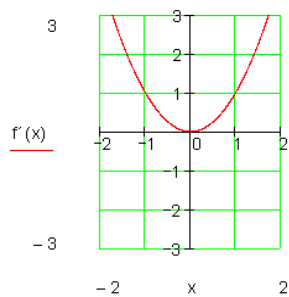
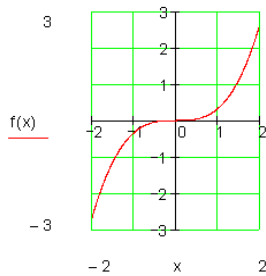
از تابع  $f(x) = \frac{x^3}{3}$  ۴ دفعه مشتق گرفته شود

$$f(x) = \frac{x^3}{3} \Rightarrow f'(x) = \frac{3x^2}{3} = x^2 \Rightarrow f''(x) = 2x \Rightarrow f'''(x) = 2 \Rightarrow f^{(4)}(x) = 0$$

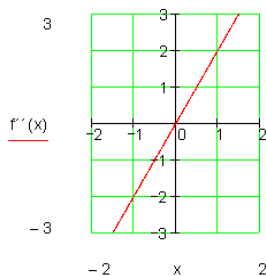
گراف تابع :

رسم کردن یک تابع به تابع مشتق مربوط:

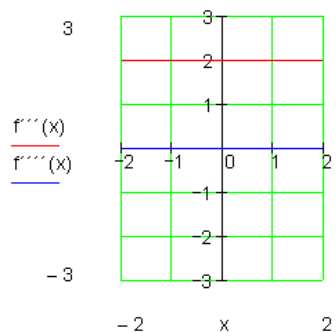
$$f(x) = \frac{x^3}{3}$$



$$f(x) = \frac{x^3}{3} \Rightarrow f'(x) = x^2$$



$$f'(x) = x^2 \Rightarrow f''(x) = 2x$$

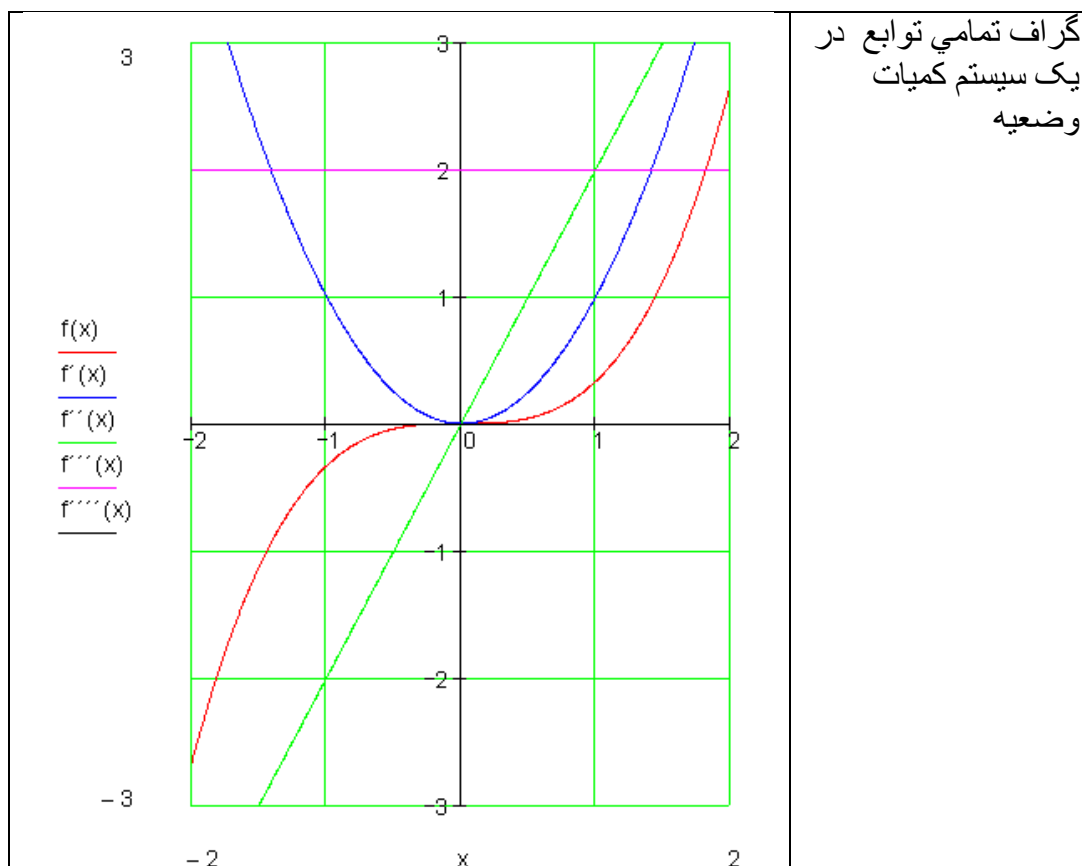


$$f''(x) = 2x \Rightarrow f'''(x) = 2 \Rightarrow f^{(4)}(x) = 0$$

سرلیک

۱۰۷

مشتق درجه بلند



مثال:

اول: مشتق تابع  $f(x) = 4x^3 - 2x^2 + x - 2$  را سه مرتبه دریابید

$$f(x) = 4x^3 - 2x^2 + x - 2$$

$$f'(x) = 12x^2 - 4x + 1$$

$$f''(x) = 24x - 4$$

$$f'''(x) = 24$$

دوم: مشتق تابع  $f(x) = \frac{3}{4}x^3 - 12x^2 + \frac{1}{4}x$  را سه مرتبه دریابید



$$f(x) = \frac{3}{4}x^3 - 12x^2 + \frac{1}{4}x$$

$$f'(x) = \frac{9}{4}x^2 - 24x + \frac{1}{4}$$

$$f''(x) = \frac{9}{2}x - 24$$

$$f'''(x) = \frac{9}{2}$$

مجموعه: مشتق اول  $f(x)$  تابع مشتق  $f(x)$  یعنی  $f'(x) = \frac{df(x)}{dx}$  میباشد.

مشتق دوم  $f(x)$  تابع مشتق  $f'(x)$  یعنی  $f''(x) = \frac{d^2f(x)}{dx^2}$  میباشد.

مشتق سوم  $f(x)$  تابع مشتق  $f''(x)$  یعنی  $f'''(x) = \frac{d^3f(x)}{dx^3}$  میباشد.

به طور خاص: یک تابع دلخواه کسری  $f(x)$  قابلیت مشتق دلخواه را دارد.

تمرین: سه دفعه مشتق توابع زیر را بگیرید:

$$f(x) = 3x + 4 \quad -1$$

$$f(x) = 2x - 4 + x^3 - 5x + 4x^3 \quad -2$$

$$f(x) = 3x^3 + 2x^2 + x + 1 \quad -3$$

$$f(x) = (2x + 1)^3 \quad -4$$

$$f(x) = x - x^4 + 3 + x \quad -5$$

$$f(x) = 1 - 2x - 3x - 4x + x^4 \quad -6$$

$$f(x) = a + b + c^2 - x - ax - bx - cx^3 - c^3x \quad -7$$

$$f(x) = 4x^3 - 2x^2 + 5x - 2 \quad -8$$

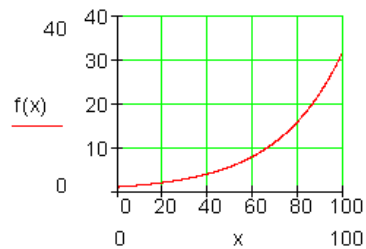
## مشتق توابع اکسپوننشل

ساختار مساوات تابع

کولی باکتريا Coli - Bakterien در روده انسان کار را تکمیل میکند. اینها از طریق تقسیم حجرات تکثیر مییابد و زیر شرایط مساعد اینها در هر ۲۰ دقیقه خود را تجزیه میکند. برای این عملیه یک جدول قیمت میسازیم و یک گراف را رسم میکنیم. درینجا متحول  $x$  برای وقت به دقیقه میباشد.

متحول یا متغیر  $y$  برای تعداد باکتريا میباشد.

$x = \text{Minuten}$	0	20	40	60	80	100
$y = \text{Bakterienzahl}$	1	2	4	8	16	32



فعالیت : د دي تابع وليکي

قضيه : هر تابع اکسپوننشل  $y = b^x, (b > 0)$  برای تمام اعداد رینل قابل مشتق میباشد

و صدق میکند:  $f' = b^x \ln b$

ثبوت:

$$\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{y - y_0}{x - x_0} = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0}, \quad f(x) = b^x$$

$$= \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{b^x - b^{x_0}}{x - x_0}$$

$$= b^{x_0} \cdot \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{b^{x-x_0} - 1}{x - x_0}, \quad x - x_0 = h$$

$$= b^{x_0} \cdot \lim_{h \rightarrow 0} \frac{b^h - 1}{h}$$

از بالا داریم  $\begin{cases} b^h - 1 = k \\ h = \log_b(1+k) \end{cases}$  و حالا ازین بدست می آید

$$= b^{x_0} \cdot \lim_{k \rightarrow 0} \frac{k}{\log_b(1+k)}$$

$$= b^{x_0} \cdot \lim_{k \rightarrow 0} \frac{1}{\frac{1}{k} \cdot \log_b(1+k)}$$

از قانون لوگاریتم داریم:  $n \cdot \log x = \log x^n$  و بدست می آید

$$= b^{x_0} \cdot \lim_{k \rightarrow 0} \frac{k}{\log_b(1+k)}$$

$$= b^{x_0} \cdot \frac{1}{\log_b \left[ \lim_{k \rightarrow 0} (1+k)^{\frac{1}{k}} \right]}, \quad \lim_{k \rightarrow 0} (1+k)^{\frac{1}{k}} = e$$

از بالا بدست می آید

$$= b^{x_0} \cdot \frac{1}{\log_b e}, \quad \log_b e = \frac{1}{\ln b}$$

$$= b^{x_0} \cdot \ln b; \quad x_0 \in \mathbb{R}; b \in \mathbb{R}^{>0}$$

$$\Rightarrow f': f'(x) = b^x \cdot \ln b; \quad D(f) = \mathbb{R}; b \in \mathbb{R}^{>0}$$

$$f'(x) = b^x \cdot \ln b$$

قضیه: مشتق  $y = f(x) = e^x$  را دریابید.

ثبوت:

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

$$f'(x_0) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{e^{x_0 + \Delta x} - e^{x_0}}{\Delta x}$$

ما این دسته را در فکر می‌گیریم:  $e^{x_0 + \Delta x} = e^{x_0} e^{\Delta x}$

$$\Rightarrow \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{e^{x_0} \cdot e^{\Delta x} - e^{x_0}}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{e^{x_0} (e^{\Delta x} - 1)}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} e^{x_0} \cdot \frac{e^{\Delta x} - 1}{\Delta x} = e^{x_0} \cdot \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{e^{\Delta x} - 1}{\Delta x}$$

ما برای قیمت کوچک شده همیشه  $\Delta x$  مطالعه می‌کنیم  $\frac{e^{\Delta x} - 1}{\Delta x}$

	$\Delta x$				
$\Delta x$	1	0,1	0,01	0,001	0,0001
$\frac{e^{\Delta x} - 1}{\Delta x}$	1,718...	1,051...	1,00501...	1,0005...	1,00005...

به اساس این ما بدست می‌آوریم:

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{e^{\Delta x} - 1}{\Delta x} = 1$$

به اساس شمردن ما این این معنی دارد:

$$f'(x_0) = e^{x_0} \cdot \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{e^{\Delta x} - 1}{\Delta x} = e^{x_0} \cdot 1 = \underline{\underline{e^{x_0}}}$$

اگر  $x_0$  به جای  $x$  جا به جا کنیم، پس داریم:

$$f'(x) = e^x \quad \text{و} \quad f(x) = e^x$$

اکسپوننشل تابع  $y = f(x) = e^x$  در حقیقت  $y' = f'(x) = e^x$  مشتق دارد

یعنی از مشتق تابع  $e^x$  پس تابع  $e^x$  بدست می آید.

بیلگه: لرو :

$$f : f(x) = b^{3x^2 - 10}; D(f) = IR; b \in IR^{>0} \quad \blacksquare$$

د پورته تابع مشتق ونیسی.

$$D'(f) = D(f) = IR \Rightarrow D(f') = IR$$

$$f(x) = b^{3x^2 - 10} = g[h(x)]$$

$$g(z) = b^z \Rightarrow f'(z) = \underline{b^z \cdot \ln b}; z \in IR$$

$$h(z) = 3x^2 - 10 \Rightarrow h'(x) = \underline{6x}; x \in IR$$

$$f'(x) = g'(x) \cdot h'(x)$$

$$= b^z \cdot \ln b \cdot 6x \Rightarrow z = 3x^2 - 10$$

$$= b^{3x^2 - 10} \cdot \ln b \cdot 6x; x \in IR$$

$$= \underline{\underline{\ln b \cdot 6x \cdot b^{3x^2}}}; D(f) = IR; b \in IR^{>0}$$

تمرینها

د لاندی توابعو لومری مشتق وټاکئ.

سرلیک

۱۱۳

مشتق لوگاریتم

a)  $f(x) = 3 \cdot e^{-2x+1}$

b)  $f(x) = e^{x^2+2x-1}$

c)  $f(x) = (x-1) \cdot e^x$

d)  $f(x) = \sqrt{e^x}$

e)  $f(x) = x^n \cdot e^e$

f)  $f(x) = e^{kx}$

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

h)  $f(x) = \left(\frac{1}{4}\right)^{3x}$

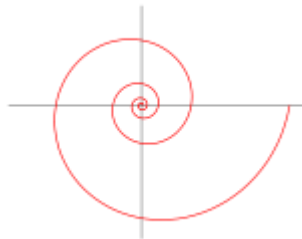
i)  $f(x) = x \cdot a^{\sqrt{x}}$

k)  $f(x) = \sqrt{e^x + 1}$

l)  $f(x) = \frac{e^x}{1-e^x}$

m)  $f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$

## مشتق لوگاریتم



فعالیت:

- لوگاریتم را تعریف نمایند
- توان را تعریف نمایند.
- روابط بین لوگاریتم و توان را نشان دهید

قضیه:

مشتق تابع لوگاریتم:

قضیه: هر تابع لوگاریتم  $y=f(x)=\log_b x$  برای  $b > 0, b \neq 0, x > 0$  قابل مشتق است و

$$f'(x) = \frac{1}{x} \log_e = \frac{1}{x \cdot \ln b}$$

ثبوت: تابع  $y=f(x)=\log_b x$  تنها برای  $x > 0$  تعریف دارد. در هر جایی که  $x > 0$  باشد،

پس این پابن صدق میکند:

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(x_0+h) - f(x_0)}{h} = \frac{\log_b(x_0+h) - \log_b x_0}{h} = \frac{1}{h} \log_b \frac{x_0+h}{x_0} = \log_b \left(1 + \frac{h}{x_0}\right)^{\frac{1}{h}}$$

و از روی حصه اول این پایین بدست می آید:

$$\log_b \left(1 + \frac{h}{x_0}\right)^{\frac{1}{h}} = \left[ \left(1 + \frac{h}{x_0}\right)^{\frac{x_0}{h}} \right]^{\frac{1}{x_0}} \rightarrow e^{\frac{1}{x_0}}$$

و ازین بابت

$$\left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=x_0} = f'(x_0) = \lim_{h \rightarrow 0} \log_b \left(1 + \frac{h}{x_0}\right)^{\frac{1}{h}} = \log_b e^{\frac{1}{x_0}} = \frac{1}{x_0} \log_b e$$

تابع لوگاریتم بذای مشتق داده شده در تمام ساحه تعریف قابل مشتق میباشد.

تابع لوگاریتم بذای مشتق داده شده در تمام ساحه تعریف قابل مشتق میباشد.  $f'(x) = \frac{1}{x} \log_b e$  به هین قسم  $f'(x) = \frac{1}{x} \cdot \frac{\ln e}{\ln b}$  این که  $\ln e = 1$  ، پس صدق میکند:

$$f'(x) = \frac{1}{x \cdot \ln b} \text{ چپوی که باید نشان داده میشود.}$$

به طور خاص این پایین را صدق میکند:

$$\left(\frac{d(\ln x)}{dx}\right)_{x=x_0} = \frac{1}{x_0}$$

مثال: مشتق  $f(x) = \log \sqrt{x^3}$  را؛ پشمارید.

ثبوت: به طور زیر به پیش میرویم:

$$f(x) = \log \sqrt{x^3} = \log_{10} x^{3/2} = \frac{3}{2} \log_{10} x$$

$$\Rightarrow f'(x) = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{x \cdot \ln 10}$$

$$= 0.6514 \cdot \frac{1}{x}; D(f') = \mathbb{R}^{>0}$$

مثال: مشتق تابع  $y = \ln \frac{x-2}{x+2}$  را دریاند.

ثبوت: ما میتوانیم بنویسیم:

$$y = \ln \frac{x-2}{x+2}$$

$$= \ln(x-2) - \ln(x+2)$$

این که  $(\ln(x-2))' = \frac{1}{x-2}$  و  $(\ln(x+2))' = \frac{1}{x+2}$  است، پس داریم:

$$y' = (\ln(x-2))' - (\ln(x+2))'$$

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

$$= \frac{4}{x^2-4}$$

مثال:

داریم:  $f(x) = \log_2(x)$

میخواهیم دریابیم: ۱. مشتق  $f'(x)$

مشتق در جای  $x_0=16$

ثبوت: برای ثبوت از فرمول بالا کار میگیریم:  $f'(x) = 1/(x \cdot \ln 2)$

حالا در جای  $x_0=16$  مشتق را تعیین میکنیم:

$$f'(x_0) = 1/(16 \cdot \ln 2) = 1/(16 \cdot 0.69) = \underline{0.09}$$

**تمرینات:**

مشتق اول تابع را دریابید و یا تعیین نمایند.

a)  $f(x) = \ln \sqrt{x}$

b)  $f(x) = \ln(x^2 - 4)$

c)  $f(x) = \ln \frac{2}{x^3}$

d)  $f(x) = \ln \frac{x+1}{x}$

e)  $f(x) = x \cdot \log_2 x^2$

f)  $f(x) = (x^4 - 1) \cdot \log$

g)  $f(x) = \frac{\ln}{x+2}$

h)  $f(x) = \frac{x^4}{\ln x}$



## قابلیت مشتق یک تابع

ما دیدیم، که یک تابع دهرجا تعریف نه درد، در هر جا حد نه دارد و همین طور در هر جا متمادي نیست. به مین ترتیب در هر جا قابلین مشتق نه دارد.

تابع  $f(x) = |x|$  در جاي 0 تعریف نه دارد:

براي تمامی  $x > 0$  اعتبار دارد:  $f(x) = x$   
و با این

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{f(x) - f(0)}{x - 0} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{x - 0}{x - 0} = 1$$

براي تمامی  $x < 0$  برعکس بالا  $f(x) = -x$  اعتبار دارد و یا این

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{f(x) - f(0)}{x - 0} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{-x - 0}{x - 0} = -1$$

می بینیم که حد چپ و راست به هم دیگر سر نمیخورد، پس حد وجود نه دارد. درین جاي آورده شده قابلیت مشتق نه دارد

در تمام جاها تا به حال مشتق گرفتن تابع همیشه داد هشده.

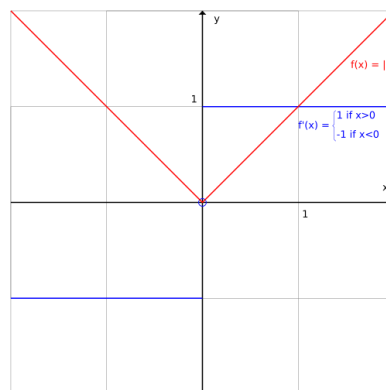
مشتق کپدنه په نورو تولو خایونو کی تر اوسه تل ورکر شوی.

باز هم درین جا مشتق طرف راست داده شده، یعنی داریم:

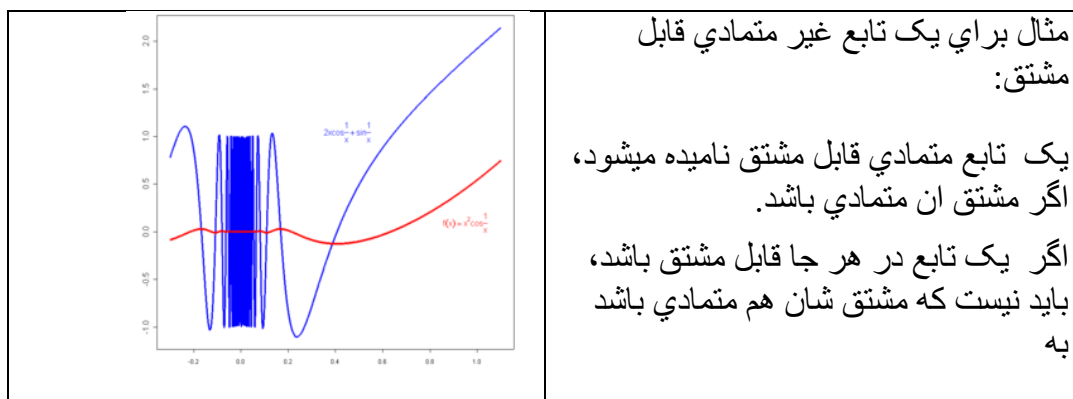
$$f'(0) = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{f(x) - f(0)}{x - 0} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{-x - 0}{x - 0} = 1$$

و مشتق طرف چپ

$$f'-(0) = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{f(x) - f(0)}{x - 0} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{-x - 0}{x - 0} = -1$$



اگر به گراف بالا دیده شود، خواهیم فهمید، که یک تابع قابل مشتق باید شکسته نه باشد یا به عباره دیگر زاویه را تشکیل نه کند.



طور مثال:

$$f(x) = \begin{cases} x^2 \cos\left(\frac{1}{x}\right) & x \neq 0 \\ 0 & x = 0 \end{cases}$$

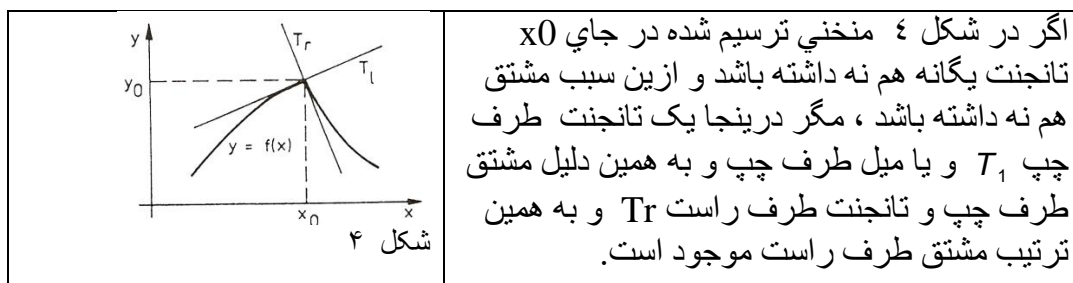
تابع در هر نقطه حتی در  $x = 0$  قابل مشتق است. مشتق شان

$$f'(x) = \begin{cases} 2x \cos\left(\frac{1}{x}\right) + \sin\left(\frac{1}{x}\right) & x \neq 0 \\ 0 & x = 0 \end{cases}$$

بر خلاف در جای 0 متمادی نیست.

مشتق به فرضیه های ممکن و ازین سبب درانجا هدفمند است، درجای که به حد رفتن ان ممکن باشد یعنی درجای که تقسیم تفاضل یک حد داشته باشد برای  $x \rightarrow 0$ .

اگر منحنی در کدام جای شکسته باشد (شکل ۴)، میبینیم که درانجا تانجنت نیست و به همین ترتیب بلندی و تقسیم تفاضل هم موجود نیست. پس قابلیت مشتق خواص مخصوص یک تابع میباشد، مثل متمادیت.



در یک تابع نامتمادی پرسیان تانجنت و یا مشتق بی معنی میباشد.

حالا این مسئله کی درینجا ترسیم شده زیر فرمول درست می اوریم

دیده شد اگر در جای  $x_0$  که تابع غیر متمادی باشد، پرسیان مشتق بی معنی است. فرض میکنیم، که این ثبوت شده باشد. این روشن است، که هر تابع متمادی حتماً باید قابل مشتق نباشد. به طور مثال اگر تابع زاویه داشته باشد.

به این ضرورت است نشان دهیم، که تنها توابع متمادی قابلیت مشتق را دارا میباشد، این باز به معنی است که هر تابع قابل مشتق کم از کم باید متمادی باشد و به دین ترتیب مشتق متمادیت را در خود پنهان دارد. این به معنی است، که متمادیت برای قابلیت مشتق شرط ضروری میباشد.

جمله ۲. ۱ :

اگر تابع  $y=f(x)$  در جای  $x_0$  قابل مشتق باشد، در آنجا ضرور متمادي میباشد.

ثبوت : از تعریف مشتق بدست می آید ، که لیمیت موجود است، یعنی

$$\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} = f'(x_0)$$

حد تنها درجای میتواند موجود باشد، که برای  $x \rightarrow x_0$  همراه مخرج صورت هم به صفر تقرب کند یعنی  $f(x) - f(x_0) \rightarrow 0$  برود.

پس اعتبار دارد:  $f(x) \rightarrow f(x_0)$  برای  $x \rightarrow x_0$

این تعریف متمادیت میباشد

این تقسیم تفاضل به طور دیگری هم تشکیل شده میتواند، اگر  $x = x_0 + \Delta x$  به کار ببریم.

درینجا مشتق  $f'(x)$  به طور زیر داده شده:

قابلیت مشتق یک تابع برای دفعه اول یک خواص مربوط به جای (lokal) است یعنی در یک جای  $x = x_0$  تعریف میباشد.

مثل که در متمادیت ( حصه اول دیده شود) قابلیت مشتق و مشتق به یک اینتروال باز امتداد بیاد.

تعریف :

یک تابع  $y=f(x)$  در یک اینتروال باز  $(a,b)$  قابل مشتق نامیده میشود، با مشتق زیر

$$\frac{dy}{dx} = \frac{df(x)}{dx} = f'(x) ; a < x < b$$

اگر این در هر جای  $x = x_0 \in (a,b)$  قابلیت مشتق داشته باشد با مشتق  $f'(x_0)$  . این در اینتروال محدود  $[a,b]$  قابل مشتق نامیده میشود، اگر این بر علاوه در جای  $a$  طرف راست و در جای  $b$  طرف چپ قابل مشتق میباشد.

مثال ۲. ۶ :

## قابلیت مشتق یک تابع

۱۲۰

تابع طاقث در هرجای قابلیت مشتق را دارا میباشد با مشتق زیر:

$$\frac{dy}{dx} = \frac{dx^n}{dx} = nx^{n-1}$$

تابع سین  $y = \sin x$  و تابع کوساین  $y = \cos x$  در هرجای کی قابل مشتق است، با مشتقهای زیر

$$\frac{dy}{dx} = \frac{d\sin x}{dx} = \cos x, \quad \frac{dy}{dx} = \frac{d\cos x}{dx} = -\sin x$$

تابع قابل مشتق در یک انتروال باز سپس تابع  $y = f(x)$  میباشد، پس به این طور پرسان قابلیت مشتق شان و متمادیت شان شده میتواند.

تعریف ۲ . ۴:

تابع قابل مشتق  $y = f(x)$  در ساحه  $x = x_0$  در جای  $x = x_0$  دو مرتبه قابلیت مشتق را دارد، اگر مشتق  $y' = f'(x)$  ان در انجا قابلیت مشتق را دارا میباشد. مشتق  $f''(x)$  مشتق دوم تابع  $y = f(x)$  نامیده میشود و برای این مینویسیم:

$$\left( \frac{d^2y}{dx^2} \right)_{x=x_0} = f''(x_0) = \left( \frac{df'(x)}{dx} \right)_{x=x_0}$$

در یک انتروال باز یک تابع  $y = f(x)$  قابل مشتق  $y = f(x)$  در ان جا دو مرتبه قابل مشتق میباشد اگر مشتق  $y' = f'(x)$  شان در انجا قابل مشتق میباشد.

برای این مینویسیم:

$$\frac{d^2y}{dx^2} = f''(x) = \frac{df'(x)}{dx}$$

تمرین:

نشان دهید، که ایا  $y = c$ ;  $y = x^n$ ;  $y = \cos x$  در هر جا دو مرتبه قابییت مشتق را دارد؟

## مشتق تابع معکوس

فعالیت:

- تابع معکوس یک تابع را تعریف نماید.
  - ساحه تعریف تابع  $f(x) = \frac{x^2+5x}{x^3-8}$  را نشان دهید.
  - مشتق اول و دوم تابع بالا را بشمارید.
  - معکوس تابع بالا را با ساحه تعریف نشان دهید.
- حالا تابع معکوسه را بررسی شود. درینجا فرض شود، که  $y = f(x)$  در  $x = x_0$  به  $f(x) = 0$  در یک ساحه  $x_0$  متزاید است ( $f'(x_0) > 0$ ) و یا متناقص قوی (واضح) ( $f'(x_0) < 0$ ) مییاشد و بدین لحاظ معکوس شدن هم است، یعنی  $x = f^{-1}(y)$  پس برای تقسیم تفاضل تابع معکوس بدست می آید.

$$\frac{\Delta x}{\Delta y} = \frac{f^{-1}(y) - f^{-1}(y_0)}{y - y_0} = \frac{x - x_0}{f(x) - f(x_0)} = \frac{1}{\frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0}} = \frac{1}{\frac{\Delta y}{\Delta x}}$$

و حالا که  $x \rightarrow x_0$  و از لحاظ متمادیت  $f(x)$  هم  $y \rightarrow y_0$ ، و اعتبار دارد.

$$\left( \frac{dx}{dy} \right)_{y=y_0=f(x_0)} = \left( \frac{df^{-1}(y)}{dy} \right)_{y=y_0=f(x_0)} = \frac{1}{\left( \frac{dy}{dx} \right)_{x=x_0}} = \frac{1}{\left( \frac{df(x)}{dx} \right)_{x=x_0}}$$

اگر برای جاي نقطه  $x = x_0$  به طور ساده پس  $x$  بنویسیم، پس برای ( )  
 فزرم کوتاه میتوانیم بنویسیم: برای  $y = f(x)$  اعتبار دارد:

$$\frac{dx}{dy} = \frac{1}{\frac{dy}{dx}}$$

از فرضیه داده شده بالا پس تقسیم تفاضل را بدست می آوریم، که به انها به قسم تقسیم مروج میتوان شمرد، طوری که

$$(f^{-1})'(y) = \lim_{\Delta y \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta y} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{1}{\frac{\Delta y}{\Delta x}} = \frac{1}{\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x}} = \frac{1}{f'(x)}$$

جمله 2-7: معکوس تابع مشتق:

اگر تابع  $y = f(x)$  در یک محیط  $x$  به تابع  $x = f^{-1}(y)$  معکوس و در انجا به  $f'(x) \neq 0$  قابل مشتق باشد، نو تابع معکوس به  $y = f(x)$  قابل مشتق است و اعتبار دارد:

$$\frac{dx}{dy} = \frac{1}{\frac{dy}{dx}}$$

حل:

میتوانیم که از مشتق تابع  $f$  مشتق تابع معکوس  $f^{-1}$  بدست بیاوریم. ازین لحاظ از  $x > 0$  و هم از  $y > 0$  و از معکوس به  $y = f(x + \Delta x) - f(x)$  بدست بیاوریم:

$$(f^{-1})'(y) = \lim_{\Delta y \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta y} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{1}{\frac{\Delta y}{\Delta x}} = \frac{1}{\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x}} = \frac{1}{f'(x)}$$

$$(f^{-1})'(y) = \frac{dx}{dy} \quad \text{و} \quad f'(x) = \frac{dy}{dx} \quad \text{به}$$

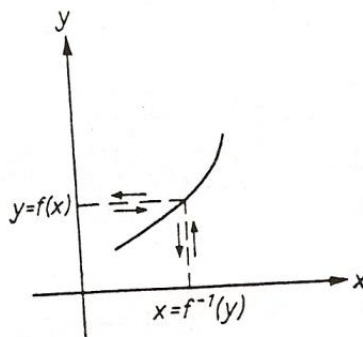
بالاخره داریم:

سرلیک

۱۲۳

مشتق توابع ایمپلیسیت

$$\frac{dx}{dy} = \frac{1}{\frac{dy}{dx}}$$



تمرین:

-- برای تابع  $y = f(x) = x^n; n = 1, 2, 3, 4, \dots$  اگر  $x \geq 0$  تعیین شود و به همین ترتیب تابع معکوس  $x = \sqrt[n]{y} = y^{\frac{1}{n}}; y \geq 0$  ، پس مشتق تابع معکوس را بشمارید.

-- مشتق تابع معکوس تابع  $y = x^{\frac{m}{n}}, m, n \in N$  را بگیرید.

## مشتق توابع ایمپلیسیت Implicit

یادونه: ایمپلیسیت (منطقی تری لاس ته راتلنه) اشکال استعمال زیاد تابع از روی مساوات تابع و به دادن ساحه تعریف تابع به طور اکسپلیسیت Explicit ، که متحول تابع در یک طرف مساوات جدا شده باشد و متحول مستقل طرف دیگری تابع قرار داشته باشد.

به طور مثال:  $Y = 3x^2 + 7x$



اشکال تابع وقت زیاد از روی مساوات تابع، طور ایمپلیسیت Implicit به داده شدن ساحه تعریف مییاشد. به طور مثال:  $Ex^2+7x+y=0$  فعالیت:

- اگر  $Ex^2+7x+y=0$  داشته باشیم، چطور میتوانیم، که مشتق این تابع را بیابیم؟ قضیه:

یک تابع داریم به طرو ایمپلیسیت  $x^2+xy-y^2=1$ ، میخواهیم  $\frac{dy}{dx}$  دریابیم:

ثبوته:

$$\frac{d}{dx}(x^2 + xy - y^2) = \frac{d}{dx}(1) \quad (1)$$

$$2x + (1 \cdot y + x \frac{dy}{dx}) - 2y \frac{dy}{dx} = 0$$

$$2x + y = \frac{dy}{dx} - x \frac{dy}{dx}$$

$$2x + y = \frac{dy}{dx}(2y - x)$$

$$\frac{2x + y}{2y - x} = \frac{dy}{dx}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{2x + y}{-x + 2y} \quad \vee \quad \frac{2x + y}{2y - x}$$

مشتق ایمپلیسیت یک امکان است برای گرفتن مشتق یک تابع، که نایمپلیسیت به یک ترم داده شده باشد، بلکه ایمپلیسیت یعنی به شکل یک مساوات داده شده باشد. این طریقه برای این هم به کار برده میشود، که یک تابع به صورت اکسپلیسیت داده شده باشد، مگر گرفتن مشتق شان مشکل باشد.

مثال:

مشتق تابع  $f(x) = x^x$  را به طریق قوانین مشتقگرفتن اشنا گرفته نمیشود، ازین بابت که در اساس و در اکسپوننت شان متحولها به جا شده. به طریق لوگاریتم گرفتن ممکن است اکسپوننت متحول از بین برده شود:  $\ln f(x) = x \ln x$

سرلیک

۱۲۵

مشتق توابع ایمپلیسیت

حالا این را ایمپلیسیت حل میکنیم، طوری که به هر دو طرف شان پسی متجول  $x$  مشتق میگیریم:

$$\frac{d(\ln f(x))}{dx} = \frac{d(x \ln x)}{dx}$$

مشتق این مساوات از طریق قانون زنجیری صورت میگیرد:

$$\frac{d(\ln y)}{dy} f'(x) = \frac{d(x \ln x)}{dx}$$

درینجا  $y = f(x)$  است.

از قانون مشتق لوگاریتم و ضرب به دست می آید:

$$\frac{1}{y} f'(x) = \ln x + x \frac{1}{x}$$

اگر پسی  $f(x)$  حل شود و برای  $y$  دوباره (پس)  $f(x) = x^x$  جابه جا کنیم، پس این حل بدست می:

$$f'(x) = y (\ln x + 1) = x^x (\ln x + 1)$$

مثال:

دایره به شعاع  $r$  مساوات  $x^2 + y^2 = r^2$  را دارد. ازین بابت بعضی جا های شان به گراف تابع  $y = f(x)$  نوشته شده میتواند مشتق این از طریق مشتق ایمپلیسیت به طور زیل حل میشود.

در مساوات تعریف شده  $y = f(x)$  جابه جا میکنیم:

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

از طریق مشتق این مساوات داریم:  $2x + 2f(x)f'(x) = 0$

از راه طریق حل  $f(x)$  بدست می آید:

$$f'(x) = -\frac{x}{f(x)} = -\frac{x}{y}$$

همراه این مساوات به طور مثال بدست می آید، که تانجنت به دایره در نقطه  $(x,y)$  بلندی  $-\frac{x}{y}$  دارد.

مثال: انتیگرال گرفتن ایمپلیسیت فرمول بیضوی.

یک تابع  $y = f(x)$  ایمپلیسیت یعنی از روی مساوات به  $x$  و  $y$  داده هشده، پس هر دو طرف پیوسته پس  $x$  مشتق میشود.

درین جا تنها به این افاده ها یعنی به  $y = f(x)$  قانون زنجیری استعمال شود.

مثال:

$$E : x^2 + 3y^2 = 7$$

مشتق به داده شده الیسی گرفته شود.

$$\frac{d}{dx}(x^2 + 3y^2) = 2x + 6yy' = \frac{d}{dx}7 = 0$$

$$y' = -\frac{1}{3} \frac{x}{y}$$

به هین طور

میتواند به یک نقطه مسطوی  $E$  به  $y \neq 0$  بلندی تانجنت شمردده شود.

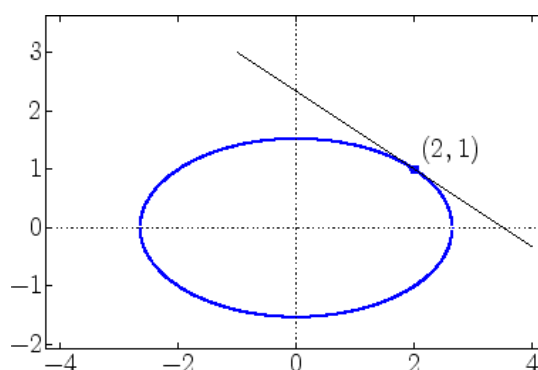
سرلیک

۱۲۷

مشتق توابع ایمپلیسیت

به طور مثال برای  $(2, 1)$  بدست می آید:

$$y' = -\frac{12}{31} = -\frac{2}{3}$$



به طور مشابه مشتقهای بلند هم شمرده میشود. برای  $yy'$  از رو استعمال قانون ضرب داریم:

$$\frac{d}{dx} (2x + 6yy') = 2 + 6(y')^2 + 6yy'' = 0.$$

ازین بدست می آید:

$$y'' = -\frac{1 + 3(y')^2}{3y}$$

$y'(x)$ 

به یک نقطه  $E$  جا به جا کردن قیمت‌های وضعیه و به وضع کردن هر دو قیمت  
میتواند قیمت‌های معین شمرده شود.

تمرین:

جدول مشتق‌های اساسی

فرضیه	$f'(x)$	$f(x)$	Nr.
	0	$c = konst$	1
$n = 1, 2, 3, \dots$	$n \cdot x^{n-1}$	$x^n$	2
$x$ عدد تام و $x \neq 0$	$n \cdot x^{n-1}$	$x^n$	3
$r$ rational, $x > 0$	$r \cdot x^{r-1}$	$x^r$	4
$n = 1, 2, 3, \dots, x > 0$	$\frac{1}{n} \cdot x^{\frac{1}{n}-1} = \frac{1}{nx} \sqrt[n]{x}$	$\sqrt[n]{x} = x^{\frac{1}{n}}$	5
$x > 0, a$ reell	$a \cdot x^{a-1}$	$x^a$	6
$x > 0, a \neq 1$	$a^x \ln a = \frac{a^x}{\log_a e}$	$a^x$	7
	$e^x$	$e^x$	8
$a > 0, a \neq 1, x > 0$	$\frac{1}{x} \log_a e = \frac{1}{x \ln a}$	$\log_a x$	9

$x > 0$	$\frac{1}{x}$	$\ln x$	10
	$\cos x$	$\sin x$	11
	$-\sin x$	$\cos x$	12
$x \neq (2k+1)\frac{\pi}{2}, k \in \mathbb{Z}$	$\frac{1}{\cos^2 x} = 1 + \tan^2 x$	$\tan x$	13
$x \neq k\pi, k \in \mathbb{Z}$	$-\frac{1}{\sin^2 x} = -(1 + \cot^2 x)$	$\cot x$	14

به کومک جدول بالا میتواند که کم از کم فورمال اختیاري براي هر افاده تحلیلي به طور تحلیلي مشتق را بدست آورده شود با وجود این باید فرضیه های مربوطه در فکر گرفته شود.

## خلص فصل

تقسیم تفاضل **Differenzenquotient** ( بلندي قاطع ) یا تغییر قیمت وسطی

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

مشتق **Differetialquotient** ( بلندي تانجنت یا قیمت تغییر لحظوي )

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

قانون ثابت

$$f(x) = c \cdot u(x) \text{ mit } c = \text{constant}$$

$$\Rightarrow f'(x) = c \cdot u'(x)$$

$$\boxed{f' = c \cdot u'}$$

## قانون جمعی

$$f(x) = u(x) + v(x)$$

$$\Rightarrow f'(x) = u'(x) + v'(x)$$

$$\boxed{f' = u' + v'}$$

## قانون ضرب

$$f(x) = u(x) \cdot v(x)$$

$$\Rightarrow f'(x) = u'(x) \cdot v(x) + u(x) \cdot v'(x)$$

$$\boxed{f' = u' \cdot v + u \cdot v'}$$

## قانون تقسیم

$$f(x) = \frac{u(x)}{v(x)}$$

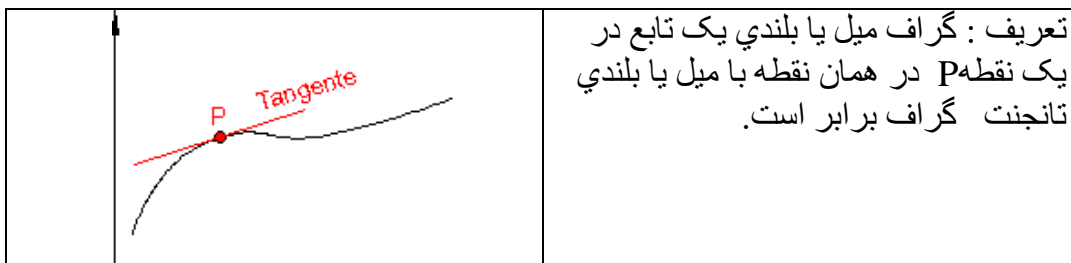
$$\Rightarrow f'(x) = \frac{u'(x) \cdot v(x) - u(x) \cdot v'(x)}{[v(x)]^2}$$

$$\boxed{f' = \frac{u' \cdot v - u \cdot v'}{v^2}}$$

## قانون زنجیری

$$f(x) = f[z(x)]$$

$$\Rightarrow f'(x) = f'(z) \cdot z'(x)$$



**تقسیم تفاضل Difference quotient**

بلندي یک نقطه بدون مشتق گرفتن تعیین شده:

خذي  $y=f(x) = mx+a$  داریم

قرمول بلندي خط قرار ذیل میباشد:

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_1 - y_0}{\Delta x} = \frac{f(x_1) - f(x_0)}{\Delta x} = \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

**تمرینات فصل**

(۱) کمبنتویش (د تفاضل ویش) ارزبنت د P او Q په ټکو کې وټاکئ.

a)  $P(3,2)$  ,  $Q(5,4)$       b)  $P(2,4)$  ,  $Q(3,1)$

(۲) د  $x = x_0$  په ځای کې د f تابع د تانجنت جگوالی وټاکئ.

a)  $f(x) = x^2$  ,  $x_0 = 2$       b)  $f(x) = 0.5x^2$  ,  $x_0 = 3$

(۳) د کمبنتویش (د تفاضل ویش) او مشتق لاندې څه پوهیرو او ترمنځ یې توپیر څه دی

(۴) د یوه تابع د سکانت ( ) لاندې څه پوهیرو او د تانجنت جگېدو لاندې څه پوهیرو؟  
او دوي ترمنځ کومې اړیکې پرته دي؟

(۵) د تابع مشتق د توان قانون له مخې پیدا کړئ.

a) $f(x) = x^5$	b) $f(x) = x^6$
c) $f(x) = \frac{1}{x^2}$	d) $f(x) = \frac{1}{x^5}$
e) $f(x) = \sqrt{x}$	f) $f(x) = \sqrt[4]{x^3}$
g) $f(x) = \frac{1}{\sqrt{x}}$	h) $f(x) = \frac{1}{\sqrt[3]{x}}$



(۶) د تابع مشتق د ثابت د قانون له مخې پیدا کړئ.

$$a) f(x) = 0.2x^5 - 3$$

$$b) f(x) = 2x^4 + 1$$

$$c) f(x) = \frac{4}{x^2}$$

$$d) f(x) = \frac{3}{x^3} + 2$$

$$e) f(x) = 6\sqrt{x}$$

$$f) f(x) = \frac{8}{\sqrt{x}} - 5$$

(۷) د تابع د گراف په مرسته وښایئ، چې ټول  $g(x) + c$  ترمونه همغه مشتق لري.

یاودونه: پابت عدد که هرکوم ارزښت ونیسي.

(۸) وښایئ، چې د  $a.g(x)$  د مشتق سره د  $a$  ضریب (خُله وونی) ساتلی پاتې کیږي.

(۹) د  $f$  تابع مشتق د جمعې قانون سره وښایئ

$$a) f(x) = 4x^4 - 3x^3 + x^2 - x - 1$$

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

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

$$d) f(x) = 3x^2 + 0.4x - 5$$

(۱۰) د  $f$  تابع مشتق د ضرب قانون سره وټاکئ.

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

$$b) f(x) = (2x^2 + 1)(x - 1)$$

$$c) f(x) = (x^2 - 5)(2x^3 + x^2 + x)$$

$$d) f(x) = (4x^2 - x + 4)(3x + 2)$$

(۱۱) د  $f$  تابع مشتق د ویش قانون له مخې وټاکئ.

$$a) f(x) = \frac{x^3 - 1}{4 - x^2}$$

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

$$c) f(x) = \frac{4 - x - x^3}{2x^2 + 3}$$

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

(۱۲) د وېش قانون له مخې په څټ ارزښت (پر عکس ارزښت) وټاکئ.

(۱۲ الف) د لاندې تابع مشتق وشمېرئ.

$$f(x) = \frac{1}{g(x)} \Rightarrow f'(x) = \frac{-g'(x)}{g(x) \cdot g(x)}$$

د  $g(x) \neq 0$  سره

(۱۳) د  $f$  تابع ارزښت د زنځیر قانون له مخې وټاکئ.

$$\begin{array}{ll} a) f(x) = (4x^4 - x)^2 & b) f(x) = (3x^2 + 4x - 5)^2 \\ c) f(x) = (2x - 7)^3 & d) f(x) = (5 - 3x^3)^4 \end{array}$$

(۱۴) د لاندې توابعو مشتق وټاکئ.

$$\begin{array}{ll} a) f(x) = \frac{1}{(2x^2 + x)^3} & b) f(x) = \frac{1}{(x - 5)^4} \\ c) f(x) = (1 + \sqrt{x})^2 & d) f(x) = \sqrt{1 - x^3} \end{array}$$

(۱۵) د لاندې توابعو درې واړه مشتق ونیسئ.

$$\begin{array}{ll} a) f(x) = x^3 - 2x^2 + 1 & b) f(x) = 2x^4 + 3x^3 - x^2 + x - 5 \\ c) f(x) = \frac{3x - 4}{x} & d) f(x) = \frac{x^2 - 1}{2 - x} \end{array}$$

(۱۶) د یو  $n$ -م درجې تابع باید څو واره مشتق ونيول شي چې یوه ثابته تری لاس ته راشي.

(۱۷) د لاندې توابعو لومړی مشتق و ټاکئ.

$$\begin{array}{lll} a) f(x) = \sin 3x & b) f(x) = \sin x \cdot \cos x & c) f(x) = \sin^2 x \\ d) f(x) = \tan x + 2 \sin 2x & e) f(x) = \sin x^2 & f) f(x) = \sin \frac{x-1}{x+1} \end{array}$$

(۱۸) د  $f(x) = \sin^n x (n \in \mathbb{N})$  تابع د لومړي مشتق لپاره فرمول وښایاست یا وټاکئ.

(۱۹) د تانجنت تابع لپاره د ساین او کوساین قانون په مرسته د مشتق قانون وښایاست.

(۲۰) وښایاست چې د  $f(x) = \tan x$  لپاره  $f'(x) = 1 + \tan^2(x)$  هم باور لري.

(۲۱) د ویش قانون له مخې د کوتانجنت قانون پیدا کړئ او هم د تانجنت قانون له مخې.

(۲۲) ولې د ساین تابع او د کوساین تابع په خوښه زیات مشتقور دي.

(۲۳) د لاندې توابعو لومړی مشتق وټاکئ.

$$\begin{array}{lll} a) f(x) = 3 \cdot e^{-2x+1} & b) f(x) = e^{x^2+2x-1} & c) f(x) = (x-1) \cdot e^x \\ d) f(x) = \sqrt{e^x} & e) f(x) = x^n \cdot e^e & f) f(x) = e^{kx} \\ g) f(x) = 2^{\frac{1}{2x}} & h) f(x) = \left(\frac{1}{4}\right)^{3x} & i) f(x) = x \cdot a^{\sqrt{x}} \\ k) f(x) = \sqrt{e^x + 1} & l) f(x) = \frac{e^x}{1-e^x} & m) f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \end{array}$$

سرلیک

۱۳۵

## تمرینات فصل

(۲۴) د  $f(x) = (x^2 + 2) \cdot \lg x$  ( $x > 0$ ). مشتق دې پیدا شي.

مشتق یې وټاکئ یا پیدا کړئ.

$$a) f(x) = \ln \sqrt{x}$$

$$b) f(x) = \ln(x^2 - 4)$$

$$c) f(x) = \ln \frac{2}{x^3}$$

$$d) f(x) = \ln \frac{x+1}{x}$$

$$e) f(x) = x \cdot \log_2 x^2$$

$$f) f(x) = (x^4 - 1) \cdot \log$$

$$g) f(x) = \frac{\ln}{x+2}$$

$$h) f(x) = \frac{x^4}{\ln x}$$

(۳۵) د لاندې توابعو لپاره خورا لویه تعریف ورشو(ساحه) ورکړئ او لومړی مشتق یې وټاکئ.

د تعریف سټ(ډېرې) هغه ورشو(ساحه) ورکړئ، په کومه کې چې توابع مشتقور دي.

$$a) f(x) = \sqrt{x+3}$$

$$b) f(x) = \sqrt{(x-2)(x-4)}$$

$$c) f(x) = x\sqrt{x}$$

$$d) f(x) = \sqrt{x^2 + 2}$$

(۳۶) ولې باید د ټیک شمېرنې لپاره لوگاریتمي توابعو ته همداسې سوچ وشي، لکه ریښه توابعو ته؟

(۳۷) ۹۰ -مه پوښتنه د لوگاریتمي توابعو لپاره ځواب کړئ.

$$a) f(x) = \ln(x^4 - 1)$$

$$b) f(x) = \ln(2x+4)$$

(۳۸) - د لاندې توابعو لومړی مشتق پیدا کړئ.

(۳۹) - لومری مشتق و ټاکئ

a)  $f(x) = \sin^n$

b)  $f(x) = (\ln x)^n$

c)  $f(x) = s + \frac{1}{x}$

d)  $f(x) = (1 + \frac{1}{x})^n$

(۴۰) - د هرې تابع لومړي درې مشتقونه وټاکئ

a)  $f(x) = e^{x^2}$

b)  $f(x) = \sin x \cdot \cos x$

c)  $f(x) = x + \frac{1}{x}$

d)  $f(x) = x^2 \cdot e^x$

(۴۱) - په کوم تابع کې لومړی مشتق  $f$  د  $f$  سره برابر دی.

-(۴۲)

الف: د کو  $f$  تابع لپاره  $f'(x) = 2f(x)$  دی؟ب: د کو  $f$  تابع لپاره  $f'(x) = -f(x)$  دی؟(۴۳) - د  $f(x) = \sin x$  څوم مشتق د  $f$  سره سر خوري یا برابر دی؟

(۴۴) - د لاندې توابعو لپاره -م مشتق ته وده ورکړئ.

a)  $f(x) = e^{ax}$

b)  $f(x) = \ln(x+1)$

.  
.  
.

## قضیه رول ( Theorem of Rolle )

اگر یک تابع  $f$  در اینتروال بند  $[a, b]$  متمادي و  $k$  در بین  $a$  و  $b$  واقع باشد، پس در انجا کم از کم یک عدد  $c$  در بین  $f(a)$  و  $f(b)$  موجود است، طوری که  $f(c) = k$  است.

فعالیت:

اگر تابع  $f$  در یک اینتروال محدود  $[1, 3]$  ثابت می‌باشد، این به یک تابع چي معني خواهد داشت، که چي قسم حرکت می‌کند؟ آیا این تابع نقطه عظمي یا نقطه اصغري خواهد داشت و یا چي طور؟ این را روشن سازید و در سه نقاط دلخوا وسطی انتروال قيمتها با یک دیگر مقایسه نمایند.

ثبوت کنید، که تابع  $f(x) = -x$  در انتروال  $[-1, 1]$  نقاط عظمي و اصغري در کجا دارد و در بین یک و منفي یک برای سه قيمت  $x$  در گراف قيمتهاي  $f$  نشان دهید و نشان دهید، که بین از دیگر تفاوت دارد نه نه؟  
از طریق رسم نشان دهید، که  $x^2$  کدام نقاط عظمي یا اصغري دارد و یا چطور و اگر داشته باشد در کجا؟

## قضیه وایر شتراس Weierstrass

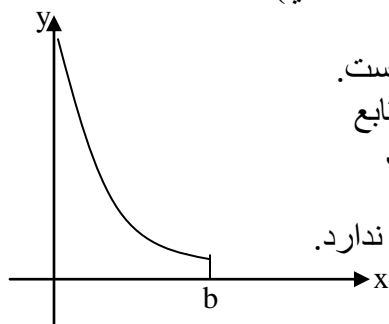
اگر یک تابع  $f$  در انتروال محدود  $[a, b]$  متمادي باشد، پس درین انتروال کم از کم یک قيمت اعظمي و یک قيمت اصغري دارد.  
درینجا جواب تحلیلي داده نمیشود، این افاده دیدني معقول معلوم میشود.  
میتواند قيمت همناخت (مونوتون یا اعظمي-اصغري) در انجام لنتروال هم واقع باشد.

محدود بودن انتروال بی قيد و شرط حتمي است.  
به طور مثال در انتروال نیم محدود  $(0, b]$  تابع

$$y=f(x)=\frac{1}{x}$$

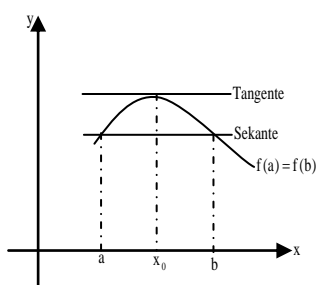
متمادي است، مگر طرف بالا

محدود نیست، که بدین لحاظ نقطه اعظمي را ندارد.



## قضیه قیمت وسطی مشتق

در بین تانجنت و قاطع و به همین قسم در بین مشتق و تقسیم تفاضل روابط نزدیک موجود میباشد، که در قضیه های قیمت های وسطی انالیز تشریح میشود. از خواص تابع و انحراف تابع اولاً پیوسته قضیه رول بدست می آید.



قضیه رول (Rolle):

یک تابع  $f$  بالای انروال محدود  $[a, b]$  متمادي باشد با  $f(a) = f(b)$  و بالای انروال باز  $(a, b)$  قابل مشتق، پس کم از کم یک جاي  $c \in (a, b)$  موجود است با  $f'(x_0) = 0$

حل:

- ۱) اگر  $f$  ثابت باشد فوراً بدست می آید  $f'(x) = 0$
- ۲) اگر  $f$  ثابت نه باشد، پس از روی قضیه وایرستراس کم از کم یک قیمت اعظمی و یک قیمت اصغری تابع موجود می باشد. این قیمتها با هم فرق دارد، از لحاظ که  $f$  ثابت نمی باشد.

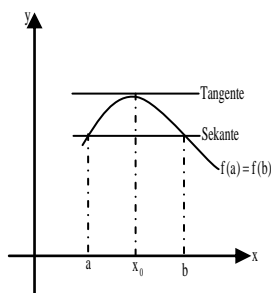
پس ازین لحاظ کم از کم یک قیمت نامساوی با  $f(a) = f(b)$  موجود میباشد. بدین اساس در داخل انروال یک جاي مونوتون (اعظمی- اصغری)  $x_0$  موجود است. موجودیت مونوتونی به یکنواخت بودن (قیمت اعظمی- اصغری) یک تابع قابل مشتق از روی قضیه شرایط ضروری بدست می آید:  $f'(x) = 0$

تا به حال نشان دادیم، که زیر شرایط لازم به یک قاطع افقی یک تانجنت افقی هم موجود میباشد.

این پرابلم هندسی میتواند عمومی شود.

پرسان در بین می افتد، که آیا به یک قاطع مائل به همین قسم یک تانجنت به همان میل میتواند تشکیل شود؟

جواب شان قضیه زیر میدهد.



قضیه قیمت وسطی مشتق :

اگر تابع  $y=f(x)$  بالایی انتروال محدود  $[a,b]$  غیر متمادی و بالایی انتروال باز  $(a,b)$  قابل مشتق باشد، پس در آنجا یک جایی  $x \in (a,b)$  موجود می‌باشد، که برای آن داریم:

$$\frac{f(b) - f(a)}{b - a} = f'(x_0)$$

حل:

این پرابلم به یک تابع کمکی په این طور تعریف می‌شود، که قضیه رول استعمال یابد. برای این مساوات قاطع را به پیش می‌آوریم:

$$y = g(x) = \frac{f(b) - f(a)}{b - a}(x - a) + f(a)$$

به طور تابع کمکی تابع مشتق تشکیل می‌شود:

$$h : h(x) = f(x) - g(x) = f(x) - \frac{f(b) - f(a)}{b - a}(x - a) - f(a),$$

پس اعتبار دارد:  $h(a)=h(b)=0$ . بر علاوه این بالایی  $(a,b)$  قابلیت مشتق را دارا می‌باشد و بالایی  $[a,b]$  متمادی است. بدین لحاظ فرضیه قضیه رول داده شده، این به معنی است که یک جایی  $x \in (a,b)$  موجود است با  $h'(x)=0$ ، که از روی آن داریم:

$$f'(x_0) = \frac{f(b) - f(a)}{b - a} \text{ یعنی } h'(x_0) = f'(x_0) - \frac{f(b) - f(a)}{b - a} = 0,$$

دست آورد بالا با مثالها زیر روشنتر خواهد شد.

مثال:

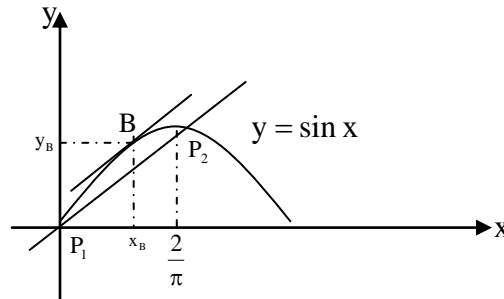
یک تابع  $f(x) = \sin x$  به طور داده شده باشد، که در یک نقطه  $B(X_B, Y_B)$  تانجنت مماس منحنی می‌باشد و کدام که در نقاط  $P_1(0,0)$  و  $P_2(\frac{\pi}{2}, 1)$  همان میل داشته باشد مثل قاطع.

حل: میل یا بلندی سیکانت



## قضیه رول

۱۴۰.



$$m = \frac{\sin \frac{\pi}{2} - \sin 0}{\frac{\pi}{2} - 0} = \frac{2}{\pi}$$

میل منحنی در نقطه  $B(x_B : y_B)$  :  $f'(x_B) = \cos x_B = \frac{2}{\pi}$

بدین لحاظ بدست می آید:  $x_B = \arccos \frac{2}{\pi} = 0,88$  و  $f(x_B) = f(0,88) = 0,77$

نقطه مماس:  $B(0,88 : 0,77)$

مساوات تانجنت:  $y = \frac{2}{\pi}(x - 0,88) + 0,77$

از عمومیت قضیه وسطی بدست می آید:

قضیه وسعت یافته قیمت‌های وسطی:

اگر  $u = f(x)$  و  $v = g(f)$  توابع متمادی بالای اینتروال محدود  $[a, b]$  باشد و بالای اینتروال باز  $(a, b)$  قابل مشتق و  $g'(x) \neq 0$  صدق کند، پس برای تمام  $x \in (a, b)$ ، کم از کم یک جایی  $x_0 \in (a, b)$  موجود می‌باشد که از آن بدست می آید:

$$\frac{f(b) - f(a)}{g(b) - g(a)} = \frac{f'(x_0)}{g'(x_0)}$$

حل: از لحاظ  $g'(x) \neq 0$  تابع  $g$  معکوس شدنی می‌باشد و مساوات  $v = g(x)$  به طرف

$x = g^{-1}(V)$  انعکاس نشان می‌دهد، یعنی

اگر در تابع  $f$  هم متحول نو جا به جا شود، پس یک تابع مرکب بدست می آید:

$$u = f(x) = f(g^{-1}(v)) = h(v)$$

از لحاظ قاعده ترکیبی مشتق زیر بدست می آید:

اگر بالای تابع  $u=h(x)$  با  $V_1=g(a)$  و  $V_2=g(b)$

قضیه قیمت وسطی استعمال شود، پس جای  $V_0 \in (V_1; V_2)$  به طور زیر موجود می باشد:

$$\frac{h(v_2) - h(v_1)}{v_2 - v_1} = h'(v_0)$$

ازین با  $h(v)=f(x), v=g(x)$  و  $x_0 = g^{-1}(v_0)$  بدست می آید:

$$\frac{f(b) - f(a)}{g(b) - g(a)} = \frac{f'(x_0)}{g'(x_0)}$$

## تمرینها:

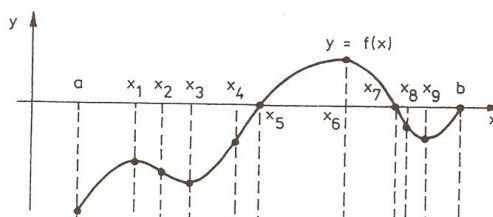
توابع زیر دوتا جاهای صفر دارد. همان قیمت های بحرانی را دریابید، که در بین هر دو جا های صفر واقع باشد.

$$a) f(x) = x^4 - 5x^3 + 7x - 5x + 6$$

$$b) f(x) = x^4 + x^3 + 2x^2 + 2x$$

## توابع همنواخت (Monotony) (یونانی: همنواخت، قسم مساوی)

توابع متزاید و متناقص



فعالیت:

- در شکل بالا تمام جاهای را نشان دهید، که در آن تابع متزاید می‌باشد.

- در شکل بالا تمام جاها را نشان دهید، که در آن تابع نزولی می‌باشد.

- در شکل بالا تمام جاها را نشانی کنید، که در آن میل تابع افقی می‌باشد.

اگر یک تابع  $f$  در یک انتروال  $f(x_1) \leq f(x_2)$  (یا  $f(x_1) \geq f(x_2)$ ) باشد برای تمام  $x_1 < x_2$ ، پس تابع درین انتروال مونوتون متزاید (-متناقص) نامیده می‌شود، اگر  $f(x_1) = f(x_2)$  اجازه نه داشته باشد، پس این  $f(x_1) < f(x_2)$  (یا  $f(x_1) > f(x_2)$ ) مونوتون متزاید (- متناقص) قوی نامیده می‌شود.

قواعد زیر، که از هماهنگی بدست می‌آید، برای حالت هماهنگی مفید می‌باشد.

یک تابع  $f$  فقط در جایی که  $D$  تعریف مونوتون متزاید می‌باشد، اگر برای  $x_1$  و  $x_2$  اختیاری، که در  $D$  واقع باشد، اعتبار داشته باشد یا صدق کند:

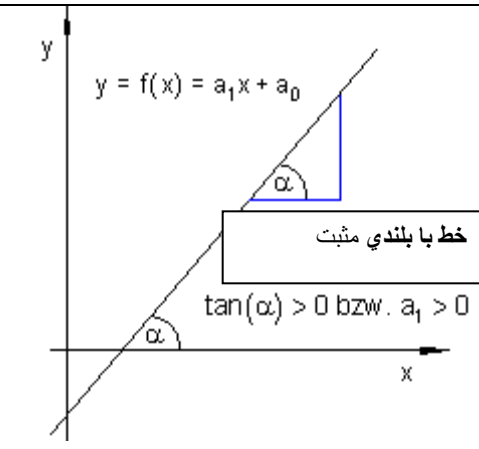
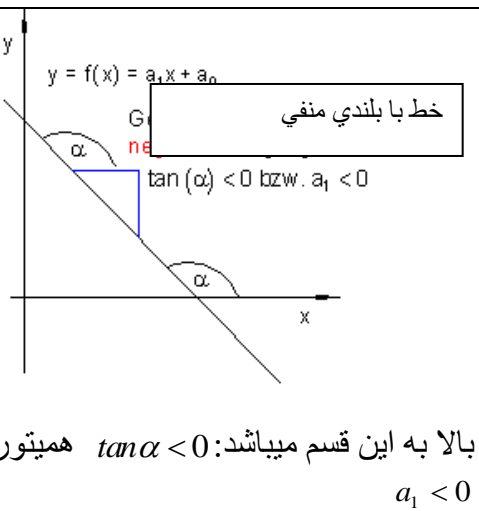
$$x_1, x_2 \in D \wedge x_1 \neq x_2 \Rightarrow \frac{f(x_1) - f(x_2)}{x_1 - x_2} > 0$$

بک تابع  $f$  که در  $D$  واقع باشد، فقط در آنجایی مونوتون متناقص است در  $x_1$  و  $x_2$  دلخواه، که در  $D$  واقع باشد اعتبار داشته باشد:

$$x_1, x_2 \in D \wedge x_1 \neq x_2 \Rightarrow \frac{f(x_1) - f(x_2)}{x_1 - x_2} < 0$$

یکنواخت بودن Monotony جمله متزاید و متناقص

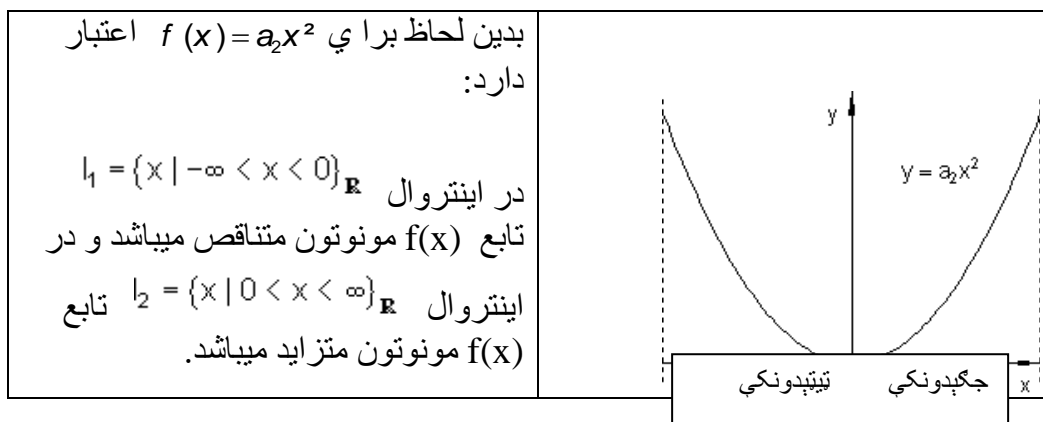
## سرلیک

<p>این تابع <math>f(x) = a_1x + a_0</math> خطی (لاینیز)، تابع بسیار ساده می باشد، که انحنی ندارد. برای این متزاید بودن یا بلندی ثابت، <math>a_1 = \tan(\alpha)</math> مسئول می باشد، در حال که <math>\alpha</math> یک زاویه در بین خط و طرف مثبت محور <math>x</math> می باشد.</p> <p>در شکل روبرو: خط بامیل مثبت</p> <p><math>a_1 &gt; 0 \Leftrightarrow \tan \alpha &gt; 0</math></p>	
<p>اگر <math>0 &lt; \alpha &lt; 90^\circ</math> یا <math>0 &lt; a_1 &lt; \infty</math> باشد، به این معنی که <math>\alpha &gt; 0 \vee a_1 &gt; 0</math>، پس خط بلند می شود. و این به معنی است، که به بلندی <math>x</math> ارزبست تابع <math>f(x)</math> هم بلند می شود.</p> <p>در شکل رو برو: خط با بلندی منفی:</p> <p><math>\tan \alpha &lt; 0</math> همین تور (<math>\Leftrightarrow</math>) <math>a_1 &lt; 0</math></p>	 <p>بالا به این قسم می باشد: <math>\tan \alpha &lt; 0</math> همیتور</p> <p><math>a_1 &lt; 0</math></p>

اگر  $90^\circ < \alpha < 180^\circ$  یا  $-\infty < a_1 < 0$  باشد، این بدین معنی، که  $\alpha < 0$  همینتقسم  $a_1 < 0$ ، پس خط متناقص می باشد. این بدین معنی، که با  $x$  متزاید قیمت تابع  $f(x)$  کوچک کیشود.

در هر دو حالت تابع مونوتون (تابع بلند یا باین شدنی) حرف میزنیم و از یم تابع مونوتون بلند شدنی، اگر  $a_1 > 0$  باشد. و از یک تابع مونوتون متناقص حرف است اگر  $a_1 < 0$  باشد.

این کلمه مونوتونی در آن توابع هم استعمال می شود، که حرکت منحنیها می دهد، اگر فکر شود، که به طور عموم به نقطه گراف منحنی یک تانجنت کشده می شود.



مثل که در گراف خطی، که بلندی شان ثابت بود، حالا این حالت را در پیش نه دارم، یعنی بلندی ثابت نیست، بلکه این از یک نقطه منحنی به نقطه دیگر تغییر می‌خورد.

بلندی تانجنت  $< 0$  ← منحنی مونوتون بلند می‌شود

بلندی تانجنت  $> 0$  ← منحنی مونوتون پایین می‌شود

بلندی تانجنت، اگر صفر می‌باشد، به همان حالت باقی می‌ماند.

اشکار است که مشتق اول تابع  $f(x)$  میل تابع  $f'(x)$  را می‌دهد. به همین قضیه مونوتونی قضیه به طور زیر فرمول‌بندی می‌کنیم.

قضیه:

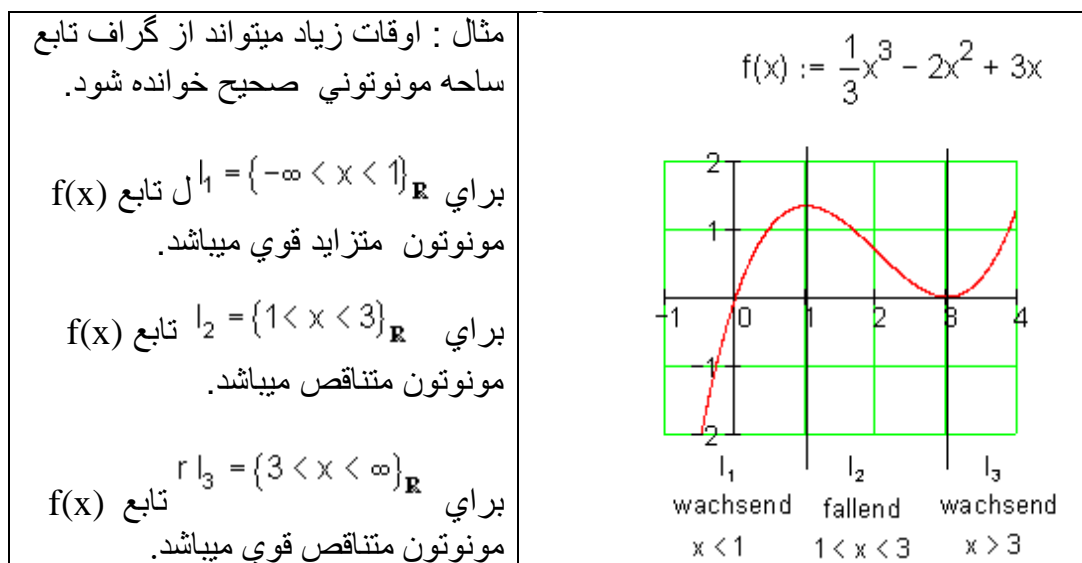
تابع  $f(x)$  در اینتروال  $I$  قابل مشتق باشد.

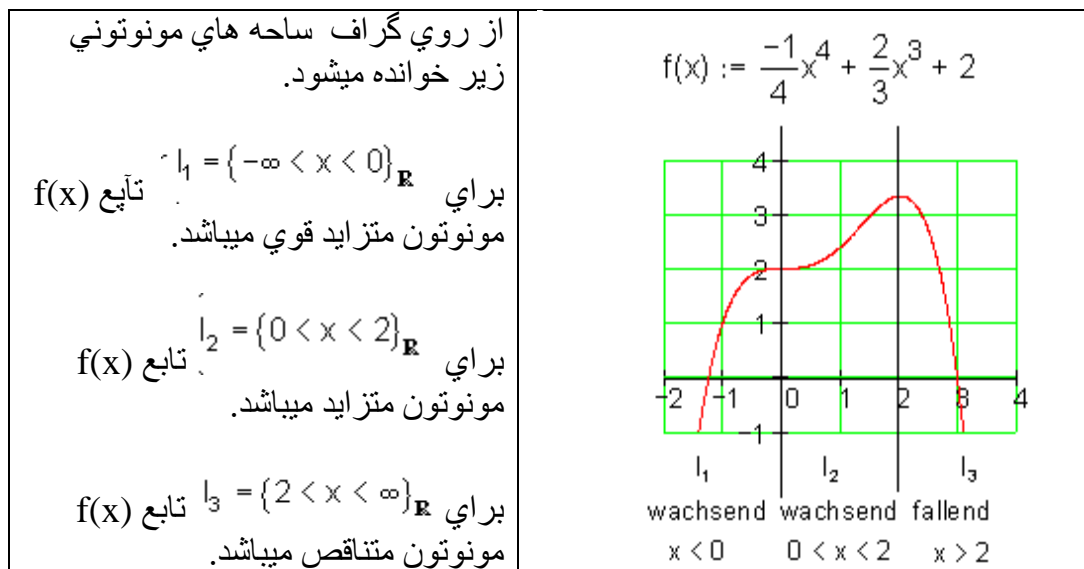
-- اگر تابع  $f(x)$  در اینتروال  $I$  مونوتون متزاید می‌باشد، پس اعتبار دارد:  $f'(x) \geq 0$  به تمام  $x \in I$

-- اگر  $f(x)$  در اینتروال  $I$  مونوتون متناقص می‌باشد، پس اعتبار دارد:  $f'(x) \leq 0$  برای تمام  $x \in I$ .

- اگر  $f''(x) \geq 0$  باشد، برای تمام  $x \in I$  ، پس  $f(x)$  در اینتروال  $I$  مونوتون متزاید میباشد.
- اگر  $f''(x) \leq 0$  باشد، برای تمام  $x \in I$  ، پس  $f(x)$  در اینتروال  $I$  مونوتون متناقص میباشد.
- اگر  $f''(x) > 0$  باشد، برای تمام  $x \in I$  ، پس  $f(x)$  در اینتروال  $I$  مونوتون متزاید قوی میباشد
- اگر  $f''(x) < 0$  باشد، برای تمام  $x \in I$  ، پس  $f(x)$  در اینتروال  $I$  مونوتون متناقص قوی میباشد.

تعین ساحه تعریف مونوتونی





تمرین:

---توابع راشنل زیر را به خواص همنوایی تحلیل نمایید.

a)  $f(x) = x^3 - 6x^2 + 9x + 3$

b)  $f(x) = 2x^3 + 9x^2 - 12x$

c)  $f(x) = x^3 - 6x^2 + 1$

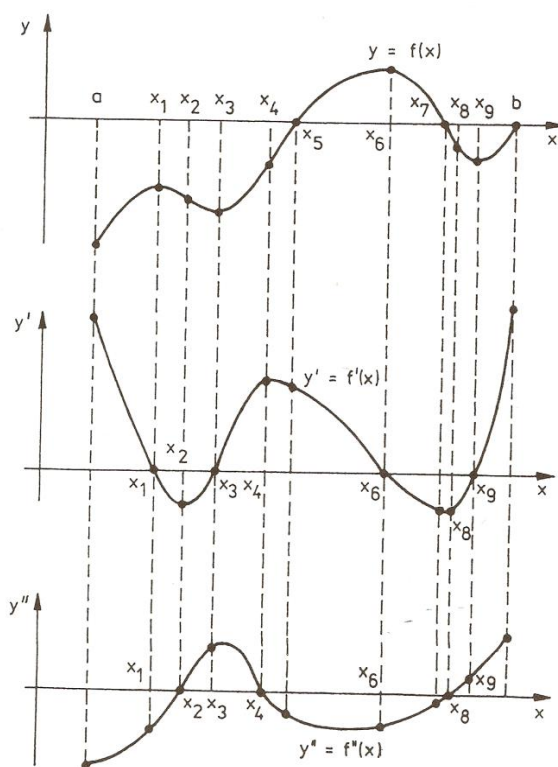
d)  $f(x) = \frac{1}{4}x^4 + \frac{1}{3}x^3 + x^2 + 2x + 2$

--- حالت مونوتونی توابع کسری راشنل زیر را در تابعیت a بدهید.

a)  $f(x) = \frac{1}{ax+2}$

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

## نقاط افراطي مربوط به جاي (local extrema)



ما بعضي اوقات برای نقاط افراطي بحراني نویشتم، توجه برایش باشد.

فعالیت:

گرافهاي توابع مختلف و در باره ان بحث، که در کجا نقاط پخراني دارد.

- در شکل بالا براي تابع نقاط نسبي عظمي، - اصغري و مطلق نقاط اعظمي و - اصغري را نشان دهید.



- در شکل بالا نشان دهید، که نقاط عظمي نسبي و به همين قسم نقاط اعظمي مطلق، نقاط اصغري نسبي و به همين قسم نقاط اصغري مطلق منحنی به هر دو طرف چطور حرکت میکند؟

- اگر یک تابع  $2x^2 + 12x + 8$  داشته باشیم

- در شکل بالا به نقاط کي بحراني باشد متوجه شوید که تابع دران جا چه خواص دارد؟

- به همين نقطه تابع ببینید، که مشتق اول شان کدام قیمت دارا میباشد؟

ما از تحلیلهای بالا بدست می آوریم:

اگر در جاي  $x_0$  برای  $f(x)$  ما  $f'(x) = 0$  داشته باشیم، پس یک نقطه اصغري نسبي در پیش داریم.

اگر برعکس این  $f'(x) = 0$  و  $f''(x) < 0$  داشته باشیم، پس یک قیمت اصغري نسبي در پیش داریم.

نقاط بحراني (مینیموم یا ماکسیموم) خاصیت دارد، که  $f'(x) = 0$  می باشد و علامه  $f(x)$  یعنی  $+$ ،  $-$  به این فیصله میکند که ایا نقطه اعظمي ویا -اصغري در پیش داریم.

برای روابط بالا یادداشتهای زیر ضروري میباشد:

۱ - این روابط تنها برای  $x_0$  قابل ارزش است، که در داخل ست تعریف واقع باشد و درانجا تابع دفعه زیاد قابل مشتق باشد، برای نقاط و جاهای که دران تابع  $y = f(x)$  کم یا هیچ قابل مشتق نه باشد، برای تحلیل جداگانه ضرورت دارد.

۲ - شرایط که  $f'(x) = 0$  باشد (تابع قابل مشتق) تنها برای یک قیمت افراطي ضرور است

۳ - شرایط که  $f'(x) = 0$  و  $f''(x) \neq 0$  باشد، برای قیمت بحرانی تنها تکمیلکننده است و نه ضروری

مثال: گراف تابع  $f(x) = x^2 + 2$  را رسم نمایند و اگر قیمتهای انحرافی داشته باشد، آنها را از طریق گراف و مشتق تعیین نمایند.

حل:

از گراف مثال روشن است، که تابع در جای  $x=0$  نقطه مطلق اصغری دارد.

شرایط ضروری برای نقطه بحرانی:

۱ - مشتق اول تابع است:  $f'(x) = 2x$ . درین مساوات مشتق تابع برای  $x_0$  جای صفر دارد، یعنی درینجا یک نقطه بحرانی موجود است.

۲ - مشتق دوم تابع:  $f''(x) = 2$ . بدین لحاظ که  $f''(x) > 0$ ، پس یک نقطه اصغری نسبی را در پیش داریم.

مثال: تابع  $y = x^4$  برای  $x = x_0 = 0$  نقطه اصغری نسبی دارد و صدق میکند:

$$f'(x) = 4x^3 = , f'(0) = 0$$

$$f''(x) = 12x^2 , f''(0) = 0$$

میبینیم که مشتق دوم نه از صفر کلان و نه از صفر کوچک است.

از تحلیل بالا تعریف زیر بدست می آید:

تعریف :

تابع  $y = f(x)$  که در ساحه  $x = x_0$  تعریف شده باشد. یک نقطه اعظمی به همینطور یک نقطه اصغری دارد، اگر برای  $x$  که به تمام  $x_0$  نزدیک باشد صدق کند:

$$f(x) \geq f(x_0) \quad (\Leftrightarrow) \quad \text{به همینطور} \quad f(x) \leq f(x_0)$$

جمله :

( شرایط ضروری برای یک نقطه افراطي ):

اگر یک تابع  $y = f(x)$  قابل مشتق یک نقطه افراطي در  $x_0$  داشته باشد پس داریم:

$$f'(x) = 0$$

این جمله برای ما نشان میدهد ( یادداشت ۲ مقایسه شود): جایی که  $f'(x) \neq 0$  باشد، پس در آنجا نقطه اکستریم موجود نیست، برای نقطه بحرانی تنها جایی  $x_0$  در پرسیان می‌آید، که برای آن  $f'(x) = 0$  داریم،

مگر حتمی نیست که  $y = f(x)$  باید یک نقطه بحرانی داشته باشد.

جمله ۲۰ . ۱۳ : ( شرایط تکمیلکننده برای یک نقطه افراطي(بحرانی)):

اگر برای یک تابع  $y = f(x)$  که در  $x = x_0$  دو مرتبه قابل مشتق باشد و داشته باشیم :

$$f'(x) = 0 \quad , \quad f''(x) \neq 0$$

پس تابع  $y = f(x)$  در آنجا یک اکستریموم دارد.

نقطه اصغری به پیش داریم، اگر داشته باشیم:  $f''(x) > 0$

نقطه اعظمی به پیش داریم، اگر داشته باشیم:  $f''(x) < 0$

تمرین:

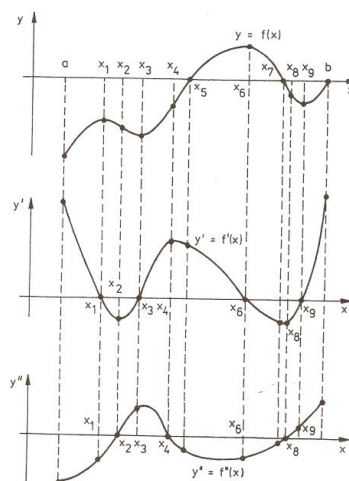
نقاط افراطی (انحرافی) توابع را دریابید

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

2)  $f(x) = x^4 - 3x^3 + x + 1$

3)  $f(x) = 7x^7 - 6x^6 + 4x^4x^3 + 2x + 1$

انحنای از طرف راست و انحنای از طرف چپ (مقعر و محدب)



فعالیت:

- در شکل بالال مقعریت و محدبیت را نشان دهید.

- در شکل بالا از روی مشتقها مقعریت و محدبیت را نشان انگشتنما کنید

اگر در اینتروال از تابع قابل مشتق  $f$  مشتق دوم  $f'' > 0$  میباشد، پس درین اینتروال گراف چپ خم شده یا انحنی چپ دارد و اگر دویم مشتق دو  $f'' < 0$  میباشد، پس گراف تابع راست خم شده یا انحنی راست دارد.

مثال:

تمام توابع غیر ناطق (راشئل تابع)  $f$  به  $f(x) = x^3 - 2x^2 + 4x - 1$  در کدام ساحه چپ خم یا انحنی چپ دارد (یا مقعر است) و در کدام ساحه راست خم است (انحنی راست دارد) (محدب است)؟

مشتق دوم: (از مشتق اول):

$$f'(x) = 3x^2 - 4x + 4$$

$$f''(x) = 6x - 4$$

برای  $x > \frac{2}{3} \Rightarrow 6x - 4 > 0$  خم بودن چپ (انحنی چپ (یا مقعر))

برای  $x < \frac{2}{3} \Rightarrow 6x - 4 < 0$  خم بودن راست (انحنی راست (یا محدب))

مثال:

گراف تابع کسری راشئل  $f(x) = \frac{1}{x+2}$  یک های پارابول است. کدام طرف های پارابولا چپ خم است یا انحنی (مقعر) چپ دارد، و کدام یک راست خم است انحنی راست دارد (محدب است)؟

مشتق دوم:  $f''(x) = \frac{2}{(x+2)^3}$  ;  $f'(x) = \frac{1}{(x+2)^2}$  صورت همیشه مثبت است.

برای  $x < -2$   $x$  مخرج و به همین طور قیمت کسر منفي میباشد. شاخه های پارابول خمی راست دارد یا انحنی دارد (محدب است).

برای  $x > -2$  مخرج و به همین طور تمام کسر مثبت میباشد.

های پارابول [پ خم است یا انحنی چپ دارد] (یامقر است).

مثال: انحنی از هر دو توابع  $f(x) = \sqrt{x}$  و  $g(x) = \sqrt{x^3}$  از هر دو طرف باهم مقایسه شود.

هر دو توابع برای  $x > 0$  تعریف است.

$$f'(x) = \frac{1}{2\sqrt{x}} \quad g'(x) = \frac{3\sqrt{x}}{2}$$

$$f''(x) = -\frac{1}{4\sqrt{x^3}} \quad g''(x) = \frac{3}{4\sqrt{x}}$$

مشتقها دوم برای  $x \in R^+$  تعریف هستند.

درین ساحه  $f''(x) < 0$  است. گراف مربوطه انحنا راست دارد، این یکی به طرف راست پارابول باز را نشان میدهد.

در همین ساحه  $g''(x) > 0$  میباشد. گراف مربوطه انحنا چپ دارد. گراف مربوط یکی انحنا چپ درارد، این طرف بالا پارابول باز میباشد.

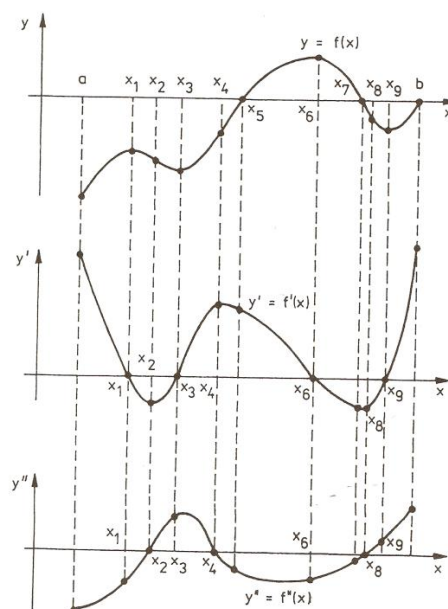
تمرینها:

نشان دهید، که توابع مقعریت و مخدبیت توابع زیر کدام است؟

a)  $f(x) = x^3 + 4x^2 + x$

b)  $g(x) = 2x^3 + 3x - 2$

## نقاط انعطاف Inflection Points



فعالیت :

- شکل بالا را بدقت ببینید و نشان دهید، که در کجا یا در کدام نقطه منحنی سمت حرکت خود را ( از طرف چپ به راست) تبدیل میکند؟
- در اطراف نقاط انعطاف هم فکر کنید، که کدام نقاط نقاط برجسته هستند و از خواص آن خواص نقطه انعطاف را تعیین نماید.
- در شکل فکر کنید، که در اطراف نقطه انعطاف منحنی چطور حرکت میکند.
- در باره شکل از فکر خود چیزی بگویید و به اسشس فکر خود دلایل خود را روشد سازید.

ما از شکل بالا حدث زده میتوانیم که: اگر در جا  $x_0$  این زیر داشته باشیم

$$f''(x) = 0, f'''(x) > 0$$

پس یک نقطه انعطاف راست – چپ در پیش داریم.

برعکس:

اگر داشته باشیم:  $f''(x) = 0, f'''(x) < 0$  پس یک نقطه انعطاف چپ – راست در پیش داریم.

تعیین کننده خاصیت نقطه انعطاف است، که  $f''(x) = 0$  باشد، برای این که نقطه انعطاف راست-چپ و یا چپ-راست می باشد، انرا علامه پیشرو (طرف چپ)  $f''(x)$  تعیین میکند.

۴ – شرایط  $f''(x) = 0$  برای نقطه انعطاف تنها ضروری است.

برای  $y = x^4$  می باشد  $f''(0) = 0$ ، مگر نقطه انعطاف در پیش ندارم.

۵ - شرایط  $f''(x_0) = 0$  و  $f'''(x_0) \neq 0$  برای نقطه انعطاف تکمیل کننده است.

می بینیم که تابع  $y = f(x) = x^5$  در جای  $x = x_0 = 0$  یک نقطه انعطاف دارد و صدق میکند:

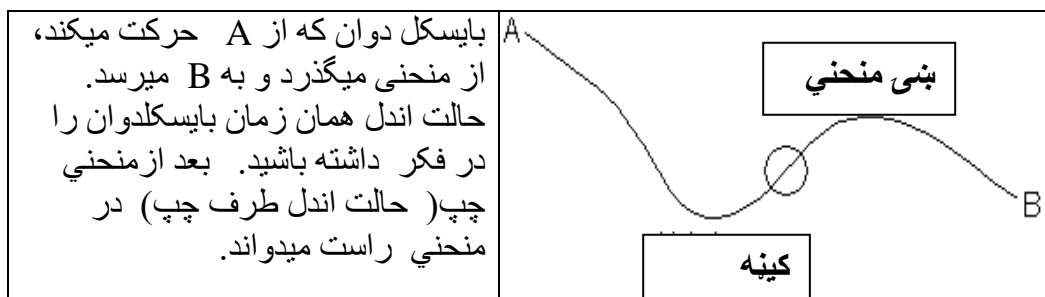
$$\begin{aligned} f'(x) &= 5x^4, & f'(0) &= 0 \\ f''(x) &= 20x^3, & f''(0) &= 0 \\ f'''(x) &= 60x^2, & f'''(0) &= 0 \end{aligned}$$

نقطه اصغری، زیرا که مشتق سوم  $f'''(x)$  نه از صفر خورد و نه بزرگ است.

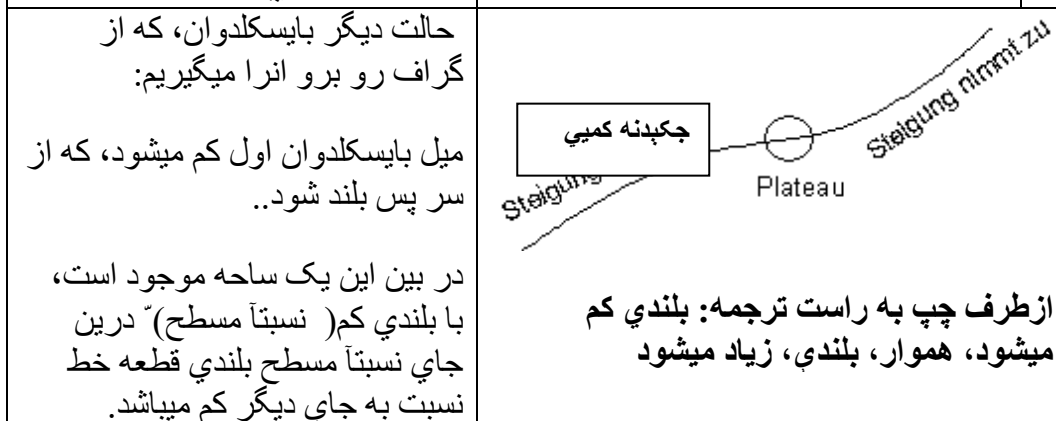
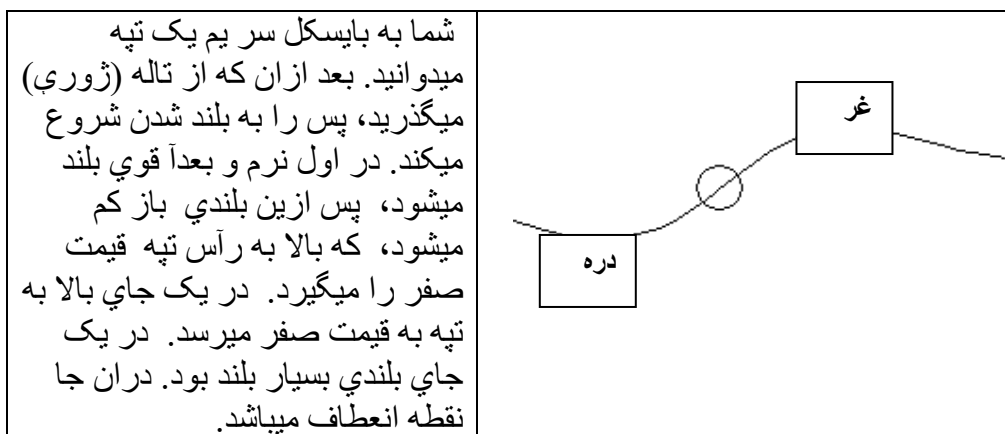
پیشگفتار و روشن ساختن کلمه:

برای روشن ساختن بیشتر این کلمه طور زیر به پیش میرویم:





در بین منحنی چپ - راست باید اندل بایسکل سیده استاده باشد(عمود باشد)، که عوض اندل میباشد از طرف چپ به راست. این عوض بین منحنی چپ و راست و یا نقطه انعطاف نامیده میشود.



درانجا نقطه انعطاف واقع می‌باشد.	
۱۵۷	نقاط انعطاف

می‌فهمیم، که مشتق اول یک تابع، بلندی تابع می‌باشد، که بلندی شان از گراف خوانده می‌شود. برای این که نقطه انعطاف نقطه بزرگ یا خورد می‌توان باشد، طوری پیدا می‌شود، که قیمت‌های افراطی بحرانی تابع مشتق را دریابیم.

این عمل کرد همانطور است، مثل که برای تابع اولیه  $f(x)$  تعیین کردیم. حالا به تابع مشتق  $f'(x)$  این عملکرد اجرا می‌شود.

شرایط نقطه انعطاف را قرار زیر جمع اوری می‌کنیم:

$$\text{شرایط ضرور برای قیمت بحرانی: } f'(x_E) = 0 \text{ و } f''(x_E) \neq 0$$

$$\text{شرایط تکمیل‌کننده برای قیمت بحرانی: } f''(x_W) = 0 \text{ و } f'''(x_W) \neq 0$$

پیش ازین که یک سلسله جملات برای نقاط بحرانی و نقاط انعطاف بررسی می‌کنیم، می‌خواهیم این کلمه را تعریف نمایم.

هر دو کلمه را به شکل نقطه بحرانی نسبی خواهیم جمع اوری کرد.

تعریف: تابع قابل مشتق  $y = f(x)$  در یک ساحه  $x = x_0$  یک نقطه انعطاف چپ - راست و به همین قسم نقطه انعطاف راست - چپ دارد، اگر مشتق آن درانجا یک نقطه اعظمی و یا یک نقطه اصغری داشته باشد.

جمله: ( شرایط ضرور برای یک نقطه بحرانی):

اگر یک تابع قابل مشتق  $y=f(x)$  در  $x_0$  نقطه بحرانی داشته باشد، پس داریم:  $f'(x)=0$

این جمله به ما نشان میدهد (یادداشت ۲ مقایسه شود): در جایی که  $f'(x) \neq 0$  باشد، پس در آنجا نقطه بحرانی موجود نیست، برای نقطه بحرانی تنها جایی  $x_0$  در پرسان می .

## نقاط انعطاف

۱۵۸

اید، که برای آن  $f(x)=0$  داریم، اما حتمی نیست که باید  $y = f(x)$  یک نقطه بحرانی داشته باشد.

از استعمال جمله بالا به  $y' = f'(x)$  جمله زیر بدست می آید.

جمله ۲ . ۱۲ : ( شرایط ضروری برای نقطه انعطاف):

اگر یک تابع  $y = f(x)$  که در  $x = x_0$  دو مرتبه قابل مشتق باشد و در آنجا یک نقطه انعطاف داشته باشد، پس بدست می آید:  $f''(x) = 0$

در اینجا هم قابل اعتبار است (یادداشت ۴ را مقایسه شود): جایی که  $f''(x) \neq 0$  باشد، پس در آنجا میتواند یک نقطه انعطاف موجود باشد. اگر  $f''(x) = 0$  باشد، میتواند نقطه انعطاف موجود باشد، اما ضرور نیست که در آنجا نقطه انعطاف موجود باشد. از بالا جمله زیر بدست می آید:

جمله : ( شرایط تکمیل کننده برای نقطه انعطاف): اگر برای یک تابع  $y = f(x)$  که سه دفعه در  $x = x_0$  قابل مشتق باشد، داشته باشیم:

$$f''(x) = 0, \text{ او } f'''(x) \neq 0,$$

پس در آنجا یک نقطه انعطاف موجود است. اگر  $f'''(x) < 0$  ، پس یک نقطه انعطاف چپ-راست به پیش داریم. برای  $f'''(x) > 0$  یک نقطه انعطاف

راست- چپ به پیش داریم.

مثال تحلیلی:

۱۵۹

نقاط انعطاف

۱ - مساوات تابع با مشتق ان

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

$$f'(x) = -2x^2 + 8x - 4$$

$$f''(x) = -4x + 8$$

$$f'''(x) = -4$$

۲ - مشتق دوم را صفر کنید

$$f''(x) = 0 \Leftrightarrow -4x + 8 = 0$$

$$\Rightarrow x_{\text{W}} = 2$$

۳ - ثبوت از روی نقطه انعطاف، که

ایا نقطه انعطاف موجود است؟

$$f'''(x_{\text{W}}) = f'''(2) = -4$$

۴ - تعیین نقطه انعطاف از طریق جا به

جا کردن جا های انعطاف در  $f(x)$

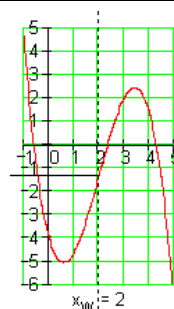
$$f(x_{\text{W}}) = f(2) = -\frac{2}{3}(2)^3 + 4(2)^2 - 4(2) - 4 = -\frac{4}{3}$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{P_{\text{W}}\left(2 \mid -\frac{4}{3}\right)}}$$

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

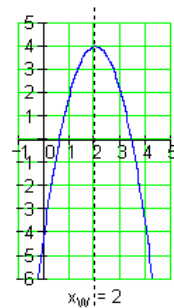
$$f(2) = -\frac{4}{3}$$

$$P_{\text{W}}\left(2 \mid -\frac{4}{3}\right)$$



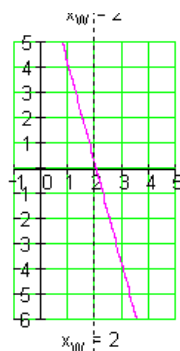
$$f'(x) = -2x^2 + 8x - 4$$

Extremwert von  $f'(x)$   
bei  $x_{\text{W}} = 2$



$$f''(x) = -4x + 8$$

Nullstelle von  $f''(x)$   
bei  $x_{\text{W}} = 2$



$\underline{\underline{P_w(2 -1,33)}}$	یا
--	----

دقت: در جاي انعطاف  $x_w$  گراف  $f(x)$  انحنی می یابد.

در یک نقطه دلخواه  $x_0$  برای انحنی صدق میکند:

نقاط انعطاف ۱۶۰

$F''(x) > 0$  بدین معنی است، که  $f(x)$  طرف چپ انحنی میکند

$F''(x) < 0$  بدین معنی است، که گراف تابع  $f(x)$  به طرف راست انحنی میکند

### Der Sattelpunkt نقطه زین

یک حالت استثنایی نقطه انعطاف نقطه زین میباشد. این نقطه انعطاف است که میل (بلندی) آن صفر میباشد. اگر از طرف چپ به آن نزدیک شویم فکر میشود، که نقطه عظمی نسبی را در پیش داریم. اگر از طرف راست به آن نزدیک شویم، فکر میشود که یک نقطه اصغری نسبی را در پیش داریم.

حالا این حالت را از رو ریاضیات بررسی میکنیم:

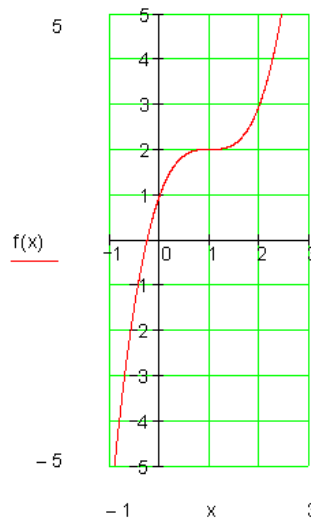
مشتق:

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

$$f'(x) = 3x^2 - 6x + 3$$

$$f''(x) = 6x - 6$$

$$f'''(x) = 6$$



سرلیک

$$f'(x) = 0 \Leftrightarrow 3x^2 - 6x + 3 = 0 \Rightarrow x_{1/2} = 1$$

$f''(1) = 6 \cdot 1 - 6 = 0$ $f'''(1) = 6$	$x=1$ به نقطه انعطاف $\leq$   به $x=1$ نقطه زین
---	---

شرایط برای نقطه انعطاف تکمیل است.

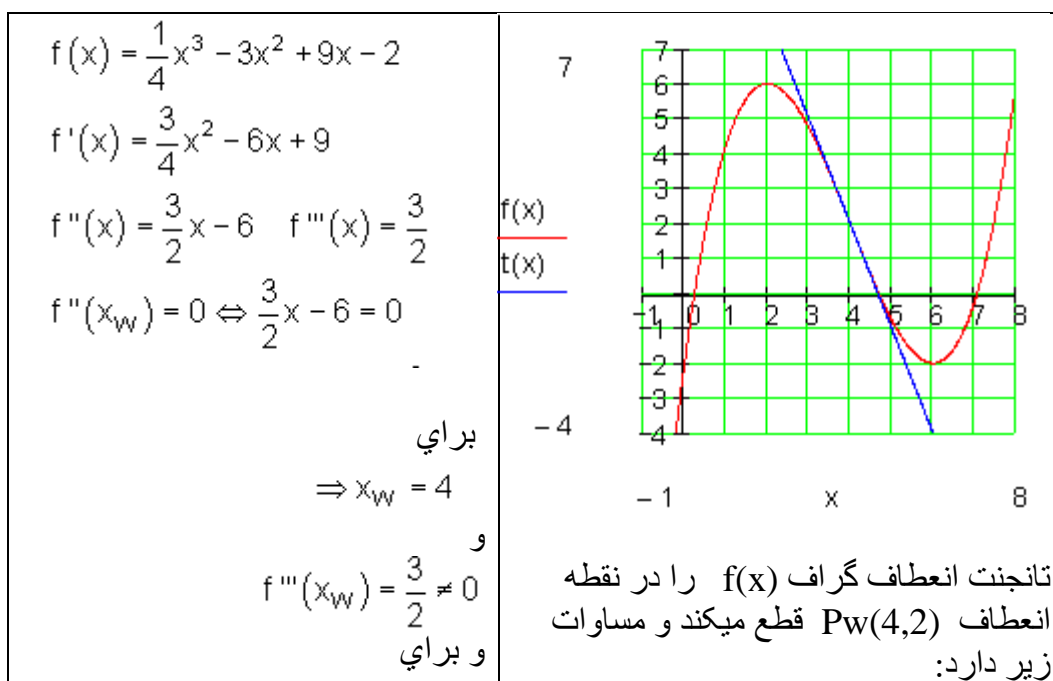
۱۶۱

نقاط انعطاف

بنابراین از لحاظ  $f'(1) = 0$  نقطه انعطاف در پیش داریم، پس این نقطه انعطاف همان نقطه زین می‌باشد.

یافتن نقطه انعطاف:

تانجنت بالای گراف تابع در نقطه انعطاف تانجنت انعطاف نامیده می‌شود. تانجنت انعطاف به همان تور یافته می‌شود مثل که تانجنت در یک نقطه گراف تابع، که مساوات تانجنت تعیین می‌شود.



$f(x_w) = f(4) = 2 \Rightarrow P_w(4 2)$ <p>مساوات تانجنت صدق میکند. برای <math>x_w</math> مساوات تانجنت</p> $t(x) = f'(x_w)(x - x_w) + f(x_w)$ <p>با <math>f'(x_w) = f'(4) = -3</math> تور زیر میباشد</p> $t(x) = -3(x - 4) + 2 = \underline{\underline{-3x + 14}}$	$t(x) = -3x + 14$
--	-------------------

نقاط انعطاف

۱۶۲

یافتن تانجنت انعطاف:

تانجنت گراف تابع در نقطه انعطاف، تانجنت انعطاف نامیده میشود

مساوات تانجنت انعطاف به همان طور تعیین میگردد مثل که مساوات تانجنت بالا نقطه  
دلخواه گراف

حالتهاي، مثل  $f'(x) = f''(x) = f'''(x) = 0$  درین جا بررسی نمیشود

تمرین:

۱: نقاط انعطاف تابع  $f$  با  $x \neq 1$ ,  $f(x) = \frac{x^2 - x - 2}{(x - 1)^2}$  را دریابید.

۲ - نقاط انعطاف توابع زیر را دریابید.

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

$$b) f(x) = \frac{x}{x^2 + 3}$$

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

$$d) f(x) = \frac{x^3 - 8}{4x}$$

سرلیک

۳ -- نشان دهید، که تابع  $f(x) = \frac{x^3}{x^2-1}e$  نقطه زین نقطه انعطاف مییابد.

۴ -- د لاندې توابعو د انعطاف ټکي (اورونټکي) پیدا کړئ.

$$a) f(x) = x \cdot e^{-x^2}$$

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

۱۶۳

بحث منحنی

### بحث منحنی (Kurven Diskussion):

یک تابع  $y = x^3 + x^2 - 3$  داریم. بع شکل رسم کړئ او بیا په دې رسم کې د تابع انحرافی ټکي او د انعطاف ټکي په نڅبنه کړئ، رښانه کړئ، چې انحنای چیرته له کینې لور و بڼی لورې ته او له بڼی لورې و کینې لورې ته ده.

فعالیت:

- تناظر تعریف کړئ.
- لاندې توابع رسم کړئ، جگ ټکي، ټیټ ټکي او د انعطاف ټکي یې پیدا کړئ.
- $x^3 + x$
- $3x^3 + x + 2$

- جدول و شکل تابع ورودي را بکشید.

- ایا میتوانید، که شکل تابع را به طور ساده رسم کنید، بدون این که از جدول استفاده به عمل بیاید؟

- نقاط برجسته تابع کدام نقاط مییابد؟ نشان دهید.



- ایا خواهید توانست که ازین نقاط تابع را رسم نماید. درین کار میتوانید، که از شکل ترتیب شده تان استفاده به عمل بیاورید، که از کدام نقاط استفاده به عمل می آید.

برای این که یک تابع را رسم کرده بتوانیم، ساده خواهد بود که نقاط برجسته تابع را بشناسیم. این بحث را بحث منحنی مینامیم. ما به این قسم بحث به تور سیستماتیک به پیش خواهیم رفت.

کاربرد یا عمل کرد به طریق زیر مفید خواهیم یافت:

ساحه تعریف: بررسی تابع تنها درین ساحه هدفمند است.

۱۶۴ . بحث منحنی

متناظر **Symmetrien**: تعیین باید شد، که تابع متناظر محوری ویا متناظر نقطه است.

برای متناظر محوری صدق میکند:  $f(-x) = f(x)$

برای متناظر ن؛ قده صدق میکند.  $f(-x) = -f(x)$

برای هر دو حالت بالا باید فقط  $x \geq 0$  بررسی شود.

به صورت عموم برای توابع حقیقی به یاد میگیریم، که اگر اکسپوننت (ورجه بولینوم) جفت باشد، بولینوم متناظر محوری میباشد و اگر اکسپوننت بولینوم طاق (درجه بولینوم طاق) باشد، بولینوم نظر به نقط متناظر میباشد.

نقاط افراطی **Extrema**: تعیین نقاط بحرانی نسبی (نقاط اعظمی، نقاط اصغری)

شرایط تکمیل کننده نقطه اعظمی نسبی:

$$f'(x_1) = 0 \wedge f''(x_1) < 0$$

نقطه انعطاف **Inflection Point**:

شرایط تکمیل کننده برای تعیین کردن نقاط انعطاف و به همین قسم نقاط زین:

$$f''(x_w) = 0 \quad \wedge \quad f'''(x_w) \neq 0$$

نقطه انعطاف نقطه زین میباشد به تانجنت افقی.

نقطه تقاطع محور: نقطه تقاطع با محور  $x$ :  $P_y(0|y_s) \Rightarrow f(0)$  با محور  $y$  نقطه تقاطع (جای صفر) را تعیین میکند.  $P_{xi}(x_i|0) \Rightarrow f(x) = 0$

رسم گرافها: با تمام معلومات که تا به حال جمع اوری شده، میتوانیم گراف را رسم کنیم. برای این اول یک جدول قیمتها ترتیب میشود. این جدول برای ما نشانی خواهد کرد، که کدام قیمتهای دیگری شمرده میشود.

۱۶۵

### بحث منحنی

حالت انحنی و یکنواخت بودن:

در نقطه انعطاف  $x_w$  گراف  $f(x)$  تغییر میخورد.

در یک نقطه دلخواه  $x_0$  برای انحنی صدق میکند:

$f''(x_0) > 0$  بدین معنی است، که گراف تابع  $f(x)$  انحنی چپ دارد (کونوکس)

$f''(x_0) < 0$  بدین معنی است، گراف تابع  $f(x)$  انحنی راست دارد (کونکاو)

یکنواخت بودن

۱ - اگر  $f''(x) \geq 0$  برای تمام  $x \in I$  باشد، پس  $f(x)$  در اینتروال  $I$  یکنواخت متزاید است.

اگر  $f''(x) \leq 0$  برای تمام  $x \in I$  باشد، پس  $f(x)$  در اینتروال  $I$  یکنواخت متناقص است.

۲ - اگر  $f''(x) > 0$  برای تمام  $x \in I$  باشد، پس تابع  $f(x)$  در اینتروال  $I$  متزاید یکنواخت قوی میباشد.

اگر  $f''(x) < 0$  برای تمام  $x \in I$  باشد، پس تابع  $f(x)$  در اینتروال  $I$  یگنواخت متناقص قوی می‌باشد.

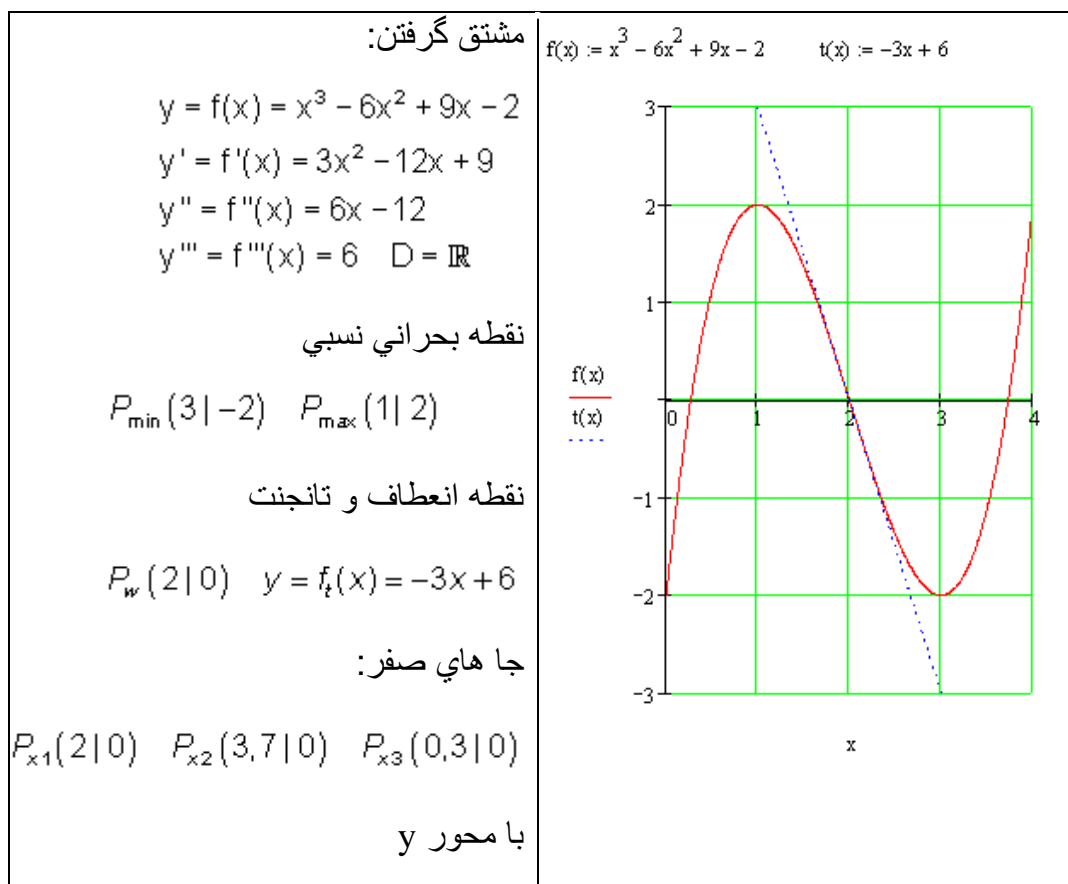
ساحه تعریف نقطه کنار:

مطالعه کنار تابع در نقطه ساحه تعریف. اگر ساحه تعریف نامحدود باشد، پس حدود  $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x)$  و  $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x)$  قابل تعیین می‌باشد.

مثال:  $f(x) = x^3 - 6x^2 + 9x - 2$

بحث منحنی

۱۶۶



سرلیک

نقطه تقاطع: $P_y(0 -2)$	
-------------------------	--

<p>یکنواخت بودنی (مونوتونی)</p> <p><math>I_1 = \{x \mid -\infty &lt; x \leq 1\}_{\mathbb{R}}</math> در</p> <p>متزاید بودن یکنواخت.</p> <p><math>I_3 = \{x \mid 3 \leq x &lt; \infty\}_{\mathbb{R}}</math> در</p> <p>یکنواخت بلند میشود.</p>	<p>حالت تابع در <math>x \rightarrow -\infty</math> و <math>x \rightarrow \infty</math>:</p> $\lim_{x \rightarrow -\infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow -\infty} x^3 \left( 1 - \frac{6}{x} + \frac{9}{x^2} - \frac{2}{x^3} \right) = -\infty$ $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x) = \lim_{x \rightarrow \infty} x^3 \left( 1 - \frac{6}{x} + \frac{9}{x^2} - \frac{2}{x^3} \right) = \infty$ <p>تناظر (سیومتري): نه دارد</p>
---	--

حالت انحنای:

انحنای راست (محدب):  $I_4 = \{x \mid -\infty < x < 2\}_{\mathbb{R}}$

انحنی چپ (مقعر) :  $I_5 = \{x \mid 2 < x < \infty\}_{\mathbb{R}}$

تمرین:

به توابع زیر بحث کنید و به نقاط برجسته:

اول) از طریق شمردن نشان دهید.

دوم) در شکل نشانی کنید.

a)  $2x^3 + x^2 + 1$

b)  $x^3 + x^2 + 3x$

c)  $x^3 + 2x^2 + x + 3$

نامعین های افاده حد

۱۶۸

حد افاده های نامعین

$$0 \cdot \infty, \frac{0}{0}, 0^\infty, \frac{\infty}{\infty}, \dots$$

اگر داشته باشیم  $x \neq 5$ ؛  $\frac{x^2+3x+2}{x+5}$ ، دیدیم، که لیمیت این قسم توابع را دریافت کرده می‌توانیم.

این قسم تابع افاده های معین نامیده میشود، ازین که مشتق شان شمرده میشود، یعنی حد تقسیم تفاضل را تعیین کرده می‌توانیم.

اگر تابع  $\frac{\sin 2x}{5x}$  داشته باشیم، پس مشتق تابع را به طور معمول یافته نمی‌توانیم، که ازین بابت ان را افاده های نامعین مینامیم.

فعالیت:

- بکوشید که مشتق‌های توابع بالا در ورودی را دریابید.
- اگر داشته باشیم  $\frac{x^2-4x-5}{x-5}$ ، پس مشتق تابع در کجا گرفته میشود، اگر مشتق شان برای  $x=5$  ممکن باشد، مشتق شان را بگیرد.

مطامعات اوی: حالت  $\frac{0}{0}$ :

..

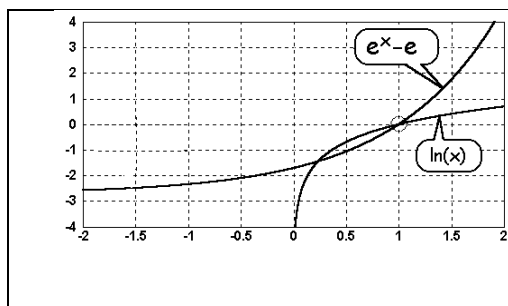
۱۶۹

نامعین های افاده حد

اگر در تشکیل حد یک کسر به وجود بیاید، که دران صورت و مخرج هر دو به صفر تقرب کنند یا صفر شود، پس این حد را افاده غیر معین مینامیم.

مثال:

$$\lim_{x \rightarrow 1} \frac{e^x - e}{\ln x} = \frac{\text{Zähler} \rightarrow 0}{\text{Nenner} \rightarrow 0}$$



در شکل حصه توابع رسم شده، یعنی گراف های صورت و همینطور مخرج میبینیم: قیمتهای توابع صورت و مخرج هر دو به صفر میرود. (اگر  $x$  به طرف ۱ برود)

طرز نوشتن: برای افاده

$$\frac{\text{Zähler} \rightarrow 0}{\text{Nenner} \rightarrow 0}$$

در شمارش حد به طور کوتاه مینویسیم:

$$\frac{0}{0}$$

این در حقیقت دقیق نیست، مگر به صورت عموم بدین قسم معمول است.

روشن ساختن:

افاده های غیر معین چی میباشند؟

نامعین های افاده حد

۱۷۰

این سوال در بین می افتد، که این کلمه غیر معین اسم خود را از کجا میگیرد. این غیر معین نامیده میشود، زیرا که حد شان از طرق عادی شمرده نمی شود. این شمارش با ریاضیات بالامکن شد (به طور مثال از روی قانون دی لو پیتال، که بعداً بررسی خواهد شد)

تشریح به روشن ساختن:

حالا نشان میدیهم، که شمردن چرا ناممکن است.

ما باز مثال صفحه قبلی را بدست میگیریم:

$$\lim_{x \rightarrow 1} \frac{e^x - e}{\ln x} = \frac{\rightarrow 0}{\rightarrow 0}$$

$$\lim_{x \rightarrow 1} \frac{e^x - e}{\ln x} = \frac{\text{Zähler} \rightarrow \boxed{\text{صورت}}}{\text{Nenner} \rightarrow \boxed{\text{مخرج}}}$$

۱ - اگر کوشش شود، که حد را دریابیم، و برای  $x=1$  در کسر جا به جا کنیم، پس افاده  $0:0$  به دست می آید، که بدین لحاظ این کسر تعریف نیست، زیرا که تقسیم به صفر اجازه نه دارد.

۲ - ما پیش برای شمردن افاده های نامعین، یعنی شمردن حد کسری ناطق از چل ول کار گرفتیم. حالا ازین چل کار گرفته نمیتوانیم، مثل که در مثال بالا دیده شد.

۳ - قیاس حد هم ناممکن است: در مرحله اول ممکن است که به فکر بیایم، که اگر صورت و مخرج به صفر برود، پس کسر ممکن به طرف ۱ حرکت کند. یعنی:

افاده های نامعین حد

۱۷۱

---


$$\frac{0.000000001}{0.000000001} = 1$$



اگر صورت و مخرج به صفر نزدیک شود، این فقط معنی خواهد داشت، که هر دو از روی قیمت تقریباً برابر خواهد شد. این به معنی نیست، که نسبت صورت و مخرج به هم مساو میشود:

$$\frac{0.000000100}{0.000000001} = 100$$

طور که میبینیم صورت و مخرج از روی قیمت تقریباً مساوی میباشد (این به معنی، که هر دو به طرف صفر میرود)، مگر نسبت در بین اینها بسیار بزرگ است یعنی (100)،

حدود نامعین یا لیمیت افاده های نامعین

$$0.\infty, \frac{0}{0}, 0^\infty, \frac{\infty}{\infty}, \dots$$

که و لرو  $x \neq 5$ ؛  $\frac{x^2 + 3x + 2}{x + 5}$ ، و مو لیدل، چي د داسي توابعو لیمیت په پیداکولی

شو. دا ډول تابع ته ټاکلي افادې وايي، ځکه چي مشتق يي نیول کېدی شي، یعنی د کمبنتونو ویش (د تفاضلونو ویش) حد يي ټاکل کېدی شي.

که  $\frac{\sin 2x}{5x}$  توابع و لرو، نود  $x = 0$  لپاره د دې تابع مشتق په ورسره بلده توگه نه

شو نیولی، چي له دې امله ناټاکلي افادې ورته وايو.

حد اف اده های نامعین

۱۷۲

فعالیتونه:

۱- اگر تابع  $f(x) = \frac{\sin x}{x^2 + x}$  داده شده.

سرلیک

اول - حد تابع  $f(x) = \frac{\sin x}{x^2 + x}$  را یعنی  $\lim_{x \rightarrow 0} f(x) = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x^2 + x}$  از درس لیمت که در

حصه اول

خوانده شده دریابید.

۲ -- بالا در ورودی کوشش کنید که مشتق هتی توابع را دریابید.

۳- اگر داشته باشیم  $\frac{x^2 - 4x - 5}{x - 5}$ ، پس مشتق د تابع در کجا گرفته میشود، اگر برای  $x=5$

ممکن مشتق شان را بگیرد.

در تعیین یا بررسی حدود توابع تقسیم طور  $\frac{f(x)}{g(x)}$  رول مخصوص بازی میکند.

این حالت به طور مخصوص در انجا ظهور میکند، که مخرج و صورت در همان جای  $x_0$

صفر داشته باشد. این افاده نامعین  $\frac{f(x_0)}{g(x_0)} = \frac{0}{0}$  هدمنده نیست. میتواند که حد تقسیم

$\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x)}{g(x)}$  بررسی شود، که برای انها صورت و مخرج به طرف صفر میروند. به طور

عموم برای این مناسب است که ترمهای توابع را بطلبیم. به طور مثال تابع

$$f: y = f(x) = \frac{x^2 + 4x + 4}{x + 2}$$

در صورت و مخرج همان جای صفر  $x_0 = -2$  دارد، با وجود این هم حد موجود میباشد.

$$\lim_{x \rightarrow -2} \frac{x^2 + 4x + 4}{x + 2} = \lim_{x \rightarrow -2} \frac{(x + 2)^2}{x + 2} = \lim_{x \rightarrow -2} (x + 2) = 0$$

این طور حدود به کمک مشتق شمرده میشود، که از نتایج توابع صورت و مخرج بدست می آید. این قسم قاعده به نام تطبیق قضیه قیمت وسطی وسعتیافته نیز یاد میشود.

## Bernoulli and de l'Hospital

اگر در یک ساحه  $U(x_0)$  در جاي  $x_0$  توابع  $u=f(x)$  و  $v=g(x)$  قابل مشتق باشد با  $g'(x) \neq 0$  و برای تمام  $x \in U(x)$  و  $x_0$  جاي صفر  $f$  و  $g$  باشد، با  $f(x_0)=g(x_0)=0$  ،

پس صدق میکند:

$$\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x)}{g(x)} = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f'(x)}{g'(x)},$$

تا که حد طرف راست موجود باشد.

به همین قسم بدست میاید:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f(x)}{g(x)} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f'(x)}{g'(x)}$$

حل: تابع فرضیه های قضیه قیمت وسطی وسعتیافته را تکمیل میکند. برای هر

$$\frac{f(x) - f(x_0)}{g(x) - g(x_0)} = \frac{f'(x_m)}{g'(x_m)} \quad \text{طور که: } x_m \in (x_0, x) \text{ با } x_m \text{ یک } x \in U(x_0)$$

از لحاظ  $g(x_0)=0 \wedge f(x_0)=0$  داریم:

$$\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x)}{g(x)} = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f'(x)}{g'(x)}$$

بنأاً به  $x \rightarrow x_0$  هم حرکت میکند.

در حالت  $x \rightarrow 0$  ما  $x=1/z$  جا به جا میکنیم و به کمک قضیه مرکب (-زنجیری) بدست می اید:

$$u=f\left(\frac{1}{z}\right)$$

با مشتق  $du/dz = f(1/z) \cdot (-1 - z^2)$  و مشتق  $\left(\frac{-1}{z^2}\right)$ ، داریم:  $\frac{dv}{dz} = g'\left(\frac{1}{z}\right)$  ،

قاعده برنولي.....

سرلیک

$$\begin{aligned}\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f(x)}{g(x)} &= \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f\left(\frac{1}{z}\right)}{g\left(\frac{1}{z}\right)} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f'\left(\frac{1}{z}\right) \cdot \left(-\frac{1}{z^2}\right)}{g'\left(\frac{1}{z}\right) \cdot \left(-\frac{1}{z^2}\right)} \\ &= \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f'\left(\frac{1}{z}\right)}{g'\left(\frac{1}{z}\right)} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f'(x)}{g'(x)}\end{aligned}$$

یاد داشت: اگر در حالت بالا  $f(x_0)=g(x_0)=0$  هم باشد، این قاعده باز به تقسیم از سر استعمال میشود. اگر کسی بعد از قدم  $n$ -م موفق باشد پس قاعده زیر را داریم:

$$\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x)}{g(x)} = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f^{(n)}(x)}{g^{(n)}(x)}$$

جای که  $f^{(n)}$  و  $g^{(n)}$  به معنی مشتق  $n$ -م تابع میباشد.

رقم یا تیپ:  $\frac{0}{0}$

$$\lim_{x \rightarrow 2} \frac{x^2 - 4x + 4}{x - 2} = \lim_{x \rightarrow 2} \frac{2x - 4}{1} = \frac{0}{1} = 0 \quad \text{مثال:}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\cos x}{1} = \frac{1}{1} = 1 \quad \text{مثال:}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 - \cos x}{x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{1} = \frac{0}{1} = 0 \quad \text{مثال:}$$

تیپ یا رقم:  $\frac{\infty}{\infty}$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\ln x}{x^\alpha} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\frac{1}{x}}{\alpha x^{\alpha-1}} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{1}{\alpha x^\alpha} = 0 \quad \alpha > 0.$$

برای اکسپوننت یک عدد حقیقی مثبت  $\alpha$ ، یک توان دلخواه  $x^\alpha$  برای  $x \rightarrow \infty$  قوی بلند میشود و نسبت به لوگاریتم تابع  $\ln$  دیوه مثبت حقیقی اکسپوننت (جگعدد)  $\alpha$  لپاره یو په خوښه توان  $x^\alpha$   $x \rightarrow \infty$  لپاره په کلکه جگيري، نسبت به تابع لوگاریتم  $\ln$  برای  $x \rightarrow \infty$ .

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\ln x}{x^\alpha} = 0 \quad \alpha > 0$$

این تابع  $f(x) = \frac{x^n}{e^x}$  بعد از چند دفعه استعمال قاعده دو لو، پیتال بدسا می اید:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^n}{e^x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{nx^{n-1}}{e^x} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{n(n-1)x^{n-2}}{e^x} = \dots = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{n!}{e^x} = 0$$

اکسپونشل تابع  $e^x$  برای  $x$  از هر تابع اکسپوننت قوی بلند میشود:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{x^n}{e^x} = 0 \quad n \in \mathbb{N}$$

حالتهاي ديگري ميتوان به صورت يا تيپ  $\frac{0}{0}$  و يا  $\frac{\infty}{\infty}$  پس عوض شود.

از صورت يا تيپ  $\infty - \infty$  به صورت يا تيپ  $\frac{0}{0}$

برای این حالت تابه زیر میتوان به حیث مثال آورد:

$$f(x) = \frac{1}{x} - \frac{1}{\sin x}$$

برای  $x \rightarrow 0$

$$\begin{aligned} \lim_{x \rightarrow 0} \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{\sin x} \right) &= \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x - x}{x \sin x} \\ &= \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\cos x - 1}{x \cos x + \sin x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{-\sin x}{2 \cos x - x \sin x} = \frac{0}{2} = 0 \end{aligned}$$

سرلیک

از این بابت که درینجامشتق سپس به صورت یا تیپ  $\frac{0}{0}$  است، پس قاعده لو، پیتال استعمال میشود.

از قسم  $0.(\pm\infty)$  به قسم  $\frac{\pm\infty}{\infty}$ :

حالت صورت  $0.(-\infty)$  به طور مثال تابع  $f(x)=x.\ln x$  را نشان میدهد برای  $x \rightarrow 0$ . حالت تیپ  $0.(-\infty)$  به طور مثال تابع  $f(x)=x.\ln x$  است برای  $x \rightarrow 0$ ، دران که ضرب به قسم تقسیم نوشته میشود، بس به استعمال قاعده دو لو، پیتال زیر بدست می آید:

$$\lim_{x \rightarrow +0} (x \cdot \ln x) = \lim_{x \rightarrow +0} \frac{\ln x}{\frac{1}{x}} = \lim_{x \rightarrow +0} \frac{-\frac{1}{x}}{-\frac{1}{x^2}} = \lim_{x \rightarrow +0} (-x) = 0$$

از شکل  $0^0$  به  $e^0$ :

درینجا ما به نور مقال تابع  $f(x)=x^x$  برا  $x \rightarrow 0$  بررسی میکنیم. تبدیل شکل یا فورم به قاعده  $e$  به کمک یک تشکیل زیر به صورت موفقانه بدست می آید:

$$\lim_{x \rightarrow +0} x^x = \lim_{x \rightarrow +0} e^{\ln(x^x)} = \lim_{x \rightarrow +0} e^{x \cdot \ln x} = e^0 = 1$$

از شکل  $1^\infty$  به شکل  $e^{0.\infty}$

به طور مثال حل حد تابع  $f(x) = (1 + \frac{\mu}{x})^x$  کیباشد برای  $\mu \in R^+$  و  $x \rightarrow \infty$  با  $x \in R^+$ :

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{\mu}{x}\right)^x = \lim_{x \rightarrow \infty} e^{x \cdot \ln\left(1 + \frac{\mu}{x}\right)} = e^{\lim_{x \rightarrow \infty} (x \cdot \ln\left(1 + \frac{\mu}{x}\right))}$$

$$= e^{\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\ln\left(1 + \frac{\mu}{x}\right)}{\frac{1}{x}}} = e^{\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\frac{1}{1 + \frac{\mu}{x}} \cdot \frac{-\mu}{x^2}}{-\frac{1}{x^2}}} = e^{\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\mu}{1 + \frac{\mu}{x}}} = e^\mu$$

برای  $\mu=1$  بدست می آید:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left(1 + \frac{1}{x}\right)^x = e$$

از شکل  $\infty^0$  به شکل  $e^{0,(\pm\infty)}$

این عمل ذریع یک مثال واضح میسازیم:

$$\begin{aligned} \lim_{x \rightarrow +0} \left(\frac{1}{x}\right)^{\sin x} &= \lim_{x \rightarrow +0} e^{\sin x \cdot \ln \frac{1}{x}} = e^{\lim_{x \rightarrow +0} (\sin x \cdot \ln \frac{1}{x})} \\ \lim_{x \rightarrow +0} \frac{\ln \frac{1}{x}}{\sin x} &= \lim_{x \rightarrow +0} \frac{x \cdot \left(\frac{-1}{x^2}\right)}{-\cos x} = \lim_{x \rightarrow +0} \frac{\sin^2 x}{x \cdot \cos x} = \lim_{x \rightarrow +0} \frac{2 \sin x \cos x}{\cos x - x \cdot \sin x} = 0 \end{aligned}$$

$$\lim_{x \rightarrow +0} \left(\frac{1}{x}\right)^{\sin x} = 1 \text{ با}$$

جدول زیر اشکال ثبوت شده بالا مطالعه عمومی تبدیل اشکال را ممکن می سازد.

تبدیلی شکل یا کوتاه: تبدیلی	$g(x) \rightarrow$	$f(x) \rightarrow$	نوع (تیپ)
$\frac{1}{f(x)} - \frac{1}{g(x)} = \frac{g(x) - f(x)}{f(x) \cdot g(x)} \rightarrow \frac{0}{0}$		0	$-\infty$
$f(x) \cdot g(x) = \frac{f(x)}{\frac{1}{g(x)}} \rightarrow \frac{0}{0}$ ^ (Or) $f(x) \cdot g(x) = \frac{g(x)}{\frac{1}{f(x)}} \rightarrow \frac{\infty}{\infty}$		0	$\infty$
$(f(x))^{g(x)} = e^{\ln(f(x)^{g(x)})} = e^{g(x) \cdot \ln f(x)} \rightarrow e^{0 \cdot \infty}$ به $f(x) > 0$	0 0	0 1 0	$\infty$

قاعده برنولی.....

تمرینها:

در بالا مثالهای زیاد حل شده. از انهای باید چند تا مثالها برده شد.

( ۱ ) قیمت حدهای زیر را بشمارید:

$$a) \lim_{x \rightarrow +\infty} \frac{x^2}{2^x}$$

$$c) \lim_{x \rightarrow +\infty} \sqrt[x]{x}$$

$$e) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sqrt{x}}{e^x}$$

$$b) \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\tan x}{x}$$

$$d) \lim_{x \rightarrow +\infty} \left(1 - \frac{2}{x}\right)^x$$

$$f) \lim_{x \rightarrow 0} \left(\frac{1}{x} - \frac{\sin x}{x^2}\right)$$

برای  $x \rightarrow \infty$  حدهای توابع راشنل را به قاعده دو، لو، پینال بشمارید.

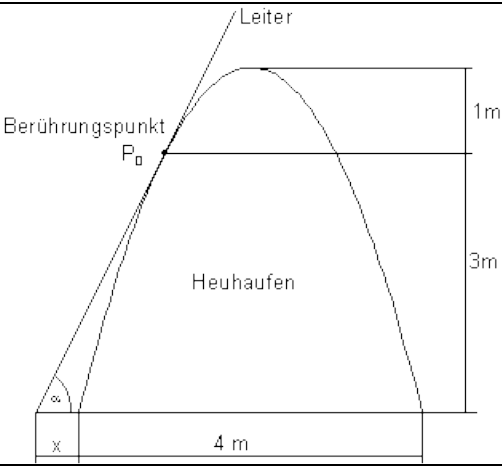
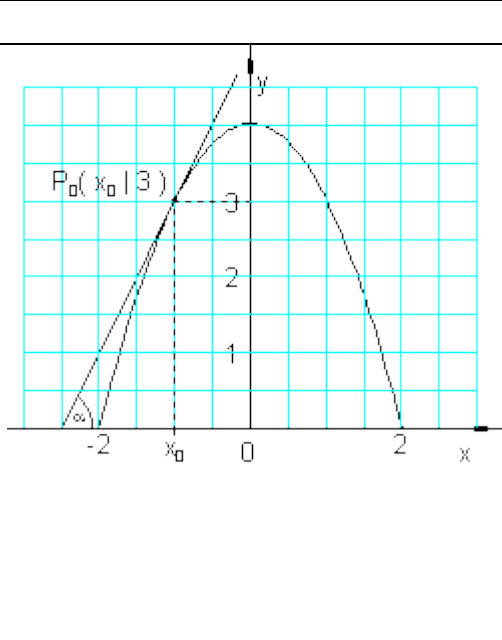
$$a) f(x) = \frac{2x^3 - x + 4}{3x^3 + 1}$$

$$b) f(x) = \frac{x^2 + 2x - 3}{4x^3 + 3x^2 - 2x + 5}$$

## مثال استعمال یک تابع برای تانجنت:

بالا زمین به انبار علف یک زینه را میگذاریم. این زینه به ارتفاع سه متر به انبار تماس میگیرد.



<p>انبار علف شکل یک پارابول فشار آورده شده داشته باشد، که قاعده شان ۴ متر عرض دارد و ارتفاع شان هم ۴ متر می باشد. می خواهیم به ان یک زینه بمانیم، که با انبار علف تانجنت تشکیل کننیا تانجنت بسازد. این زینه به کدام زاویه باید جابه جا شود؟</p> <p>این زینه به کدام فاصله از قاعده انبار علف بالایی زمین بایدگذاشته شود؟</p>	
<p>ما محور <math>y</math> پارابول را طور رسم میکنیم، که از رأس پارابول بگذرد.</p> <p>پارابول مساوات زیر تابع را دارد:</p> $f(x) = a_2 x^2 + 4$ $f(2) = 0 \Leftrightarrow 4a_2 + 4 = 0 \Leftrightarrow a_2 = -1$ $\Rightarrow f(x) = -x^2 + 4$ <p>ما قیمت را برا <math>x_0</math> تعیین میکنیم:</p> $f(x_0) = 3 \Leftrightarrow -x_0^2 + 4 = 3$ $\Leftrightarrow x_0^2 = 1 \Leftrightarrow x_{01/2} = \pm 1$	

شمردن :

ما برای شمردن دیگر قیمت  $-1 x_0 =$  به کار میبریم. زینه مماس انبار در نقطه  $P_0(-1,3)$  می باشد. ما مساوات تانجنت را در نقطه  $P_0(-1,3)$  تعیین میکنیم:

مثال استعمال.....

۱۸۰

سرلیک

$$f(x) = -x^2 + 4 \quad P_0(-1|3) \Rightarrow x_0 = -1; f(x_0) = 3$$

$$t(x) = f'(x_0)(x - x_0) + f(x_0)$$

با  $f'(x) = -2x$  بدست مي آيد:

$$f'(x_0) = f'(-1) = -2 \cdot (-1) = 2$$

$$\Rightarrow t(x) = 2[x - (-1)] + 3 = \underline{\underline{2x + 5}}$$

زاويه تشكيل شده:  $\tan \alpha = 2 \Leftrightarrow \underline{\underline{\alpha \approx 63,4^\circ}}$

فاصله بين انبار علف و زمين فاصله بين جاي صفر تابع  $f(x)$  و جاي صفر تانجنت  $t(x)$  ميباشد.

جاهاي صفر:

داريم:

$$f(x) = -x^2 + 4 = 0 \Leftrightarrow x^2 = 4 \Rightarrow x_{1/2} = \pm 2$$

$$t(x) = 2x + 5 = 0 \Leftrightarrow x = -2,5$$

فاصله در بين -2 و قيمت هاي  $x$  كه -2,5 است 0,5 ميباشد.

زينه بايد از انبار علف به فاصله نيم متر گزاشته شود.

ما از اين پحت ياد گرفتيم، كه چه طور مساوات تانجنت تعين ميشود، كه در جاي تعريف شده يك گراف مماس باشد.

## قضیه مفاد بیشترین

این، قضیه مفاد یا نفع بیشترین، معنی عملی بزرگ دارد، که به طور زیر ذریعه چند مثال بررسی خواهد شد.

تقریباً در تمام پروسه های که در عمل به کار برده میشود، محتاج به استعمال معین یک جنس هستیم، که در عمل به کار می آید، آنان که ما در حدود مخصوص در اختیار میتوانیم داشته باشیم.

ما تنها بروسه های بررسی میکنیم که تابع یک مجهول  $x$  میباشد.

این در اختیار دیگر، ذریعه یک تابع  $y = f(x)$ ,  $x \in D$  بررسی کرده میتوانیم.

اگر  $y$  تمام مصارف را نشانی کند، پس  $x$  باید طوری تعیین گردد، که  $f(x)$  مینیمال یا اصغری (بسیار کم) شود.

اگر برعکس  $y$  مفاد باشد، پس  $x$  باید طور بدست آورده شود، که  $f(x)$  ماکسیمال (اعظمی یا بسیار بزرگ) باشد. در قاعده مؤثره **لویه** یا به عبارت دیگر، واریابل مستقل  $x$  در بین حدود  $-\infty$  و  $\infty$  تعیین کننده مستقل نیست، بلکه از لحاظ تخنیک یا علم تخنیک، تنها در حدود معین میباشد یعنی

$$a \leq x \leq b \quad (*)$$

بدین اساس مسئله مفاد عملی دلخواه مربوط این است، که این مفاد است و یا مصارف.

$$y = f(x) = \max! \quad (a \leq x \leq b) \quad ($$

$$y = f(x) = \min! \quad (a \leq x \leq b) \quad ($$

سرلیک

این روابط عمیق دارد با پرابلمهای حصه قیمت‌های بحرانی یا به آنها بسته‌گی محکمی دارد.

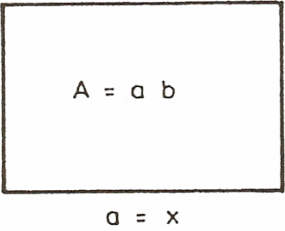
درینجا علاقه ما به طور خصوص به کار بردن پرابلمهای زیر میباشد:

۱ - پیدا کردن روابط مشترک توابع  $y = f(x)$  ، متصل به دادن وظیفه (پرابلم شکل و رقم یا پاربلم مودالیتی)

۲ - در یاد داشتن حدود علم تخنیک (\*)

این از طریق دو مثال ثبوت شود.

مثال: برای احاطه زمین یک سیم خاردار داریم، که تمام درازی شان  $L$  میباشد. ذریعه این سیم باید یک مستوی مربع شکل احاطه شود که تا حد ممکن باید بزرگ باشد. این وظیفه یا به عباره دیگر خواست است.

<p>حالا پرابلم مودالیتی: مطلب ما پیدا کردن یک چهارضلعی میباشد. به طور معمول یک ضلع این چهارضلعی را به <math>a</math> نشانی میکنیم و دیگر شان به <math>b</math> نشانی میکنیم (شکل مقابل).</p>	
--	--

این در شروع یا اول دو کمیت‌های موثر  $a$  و  $b$  میباشد. از دلیل  $L = 2a + 2b$  ،  $b = (L/2) - a$

ما به یک کمیت موثر ضرورت داریم، به طور مثال  $a = x$  ، این مفاد (سطح A) قرار  
زیر میباشد:

$$A = ab = x((L/2)-x)$$

این روشن که صدق میکند.  $0 \leq x \leq L/2$

ازین دلیل پرابلم مفاد ب.رگ قرار اتي میباشد:

$$y = f(x) = x((L/2)-x) = \text{Max!} \quad (0 < x < L/2)$$

از بابت  $f(0) = f(L/2) = 0$  باید ماکس در بین 0 و  $\frac{L}{2}$  موجود باشد برای ماکس  
ضرور است:

$$y' = f'(x) = \frac{L}{2} - 2x = 0$$

برای ماکس تنها  $x = \frac{L}{4}$  زیر سوال میاید.

برای این میباشد:  $y'' = f''(x) = -2 < 0$ .

در حقیقت یک ماکس در پیش داریم. درین حدهاي علم تخنیک 0 و  $\frac{L}{2}$  رول بازی.

پس صدق میکند:  $a = b = L/4$ .

استعمال مشتق در تولید

سرلیک

فعالیت : یک فابریک تولید میکند. به این تولید مصارف میشود، که این را تابع تولید مینامیم و آن را به  $K(x)$  نشاندی میکنیم.

چی قسم میتوانیم، که برای تولید زیاد مصرف را پایین بیاوریم؟

تابع مصرف  $K(x)$  رابطه بین ست تولید و تمام مصارف قایم میکند.

اگر تولید در حدود  $\Delta x$  زیاد شود، پس مصارف هم در حدود  $\Delta K$  زیاد میشود.

تقسیم تفاضل  $\frac{\Delta K}{\Delta x}$  زیاد شدن مصارف وسطی را نشان میدهد، با تغییر تولید  $\Delta x$  (تغییر وسطی)

در جای  $x_0$  قیمت تغییر لحضوی قیمت مشتق نامیده میشود. این به قیمت لیمیت  $\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta K}{\Delta x}$  تعین میشود، این به معنی ، که مشتق تابع مصارف  $K$  .

تعریف : مشتق تابع مصارف  $K(x)$  به نام قیمت مشتق  $K'(x)$  یاد میشود و یا انرا مصارف قیمت های حد  $K'(x)$  هم مینامیم.

مثال: قیمت تابع مصارف  $K(x) = x^3 - 9x^2 + 40x + 94$  داده شده باشد.

الف: قیمت مشتق را تعین نمایند، یک جدول مصارف را برای  $K(x)$  و  $K'(x)$  ترتیب کنید و در سیستم قیمت وضعیه گراف انرا بکشید.

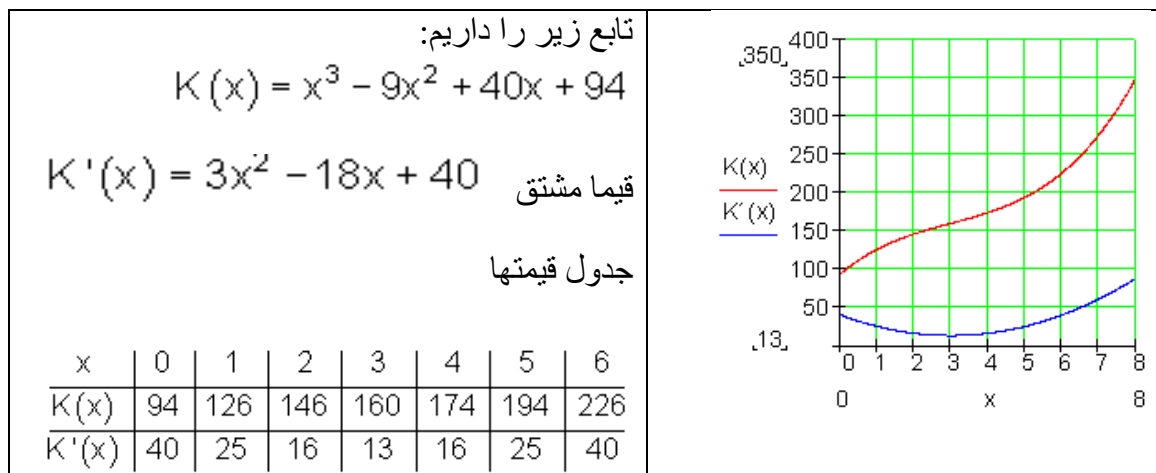
برای  $I = [0 ; 6]$  قیمت لیمیت به وسعت ۱ قدم.

ب : زیاد شدن مصارف بسیار کمی را تعین نمایند:

.

.





زیاد شدن مصارف بسیار کمیدر رأس پارابول  $K'(x)$  قرار دارد، یعنی در انجای که دتانجنت  $K'(x)$  افقی افتاده باشد

$$K'(x) = 3x^2 - 18x + 40 \Rightarrow K''(x) = 6x - 18$$

$$K''(x) = 0 \Leftrightarrow 6x - 18 = 0 \Rightarrow \underline{\underline{x = 3}} \quad \text{برای افقییت تانجنت:}$$

یاد داشت: این موضوع بالا در موضوع افراطیت روشن شده.

تمرینها: از این کارتون مربع (د کلک کاغذ خخه جور) که ۲۶ سانتیمتر درازی ضلع دارد یک بکس می سازیم که بلندی  $x$  دارد.

الف: ترم یک تابع را تعیین نمایند، که حجم بکس  $V$  در تابعیت  $x$  نشان میدهد.

ب - گراف را رسم نماید و به قسم تقریبی حجم ماکزیمال را تعیین نماید.

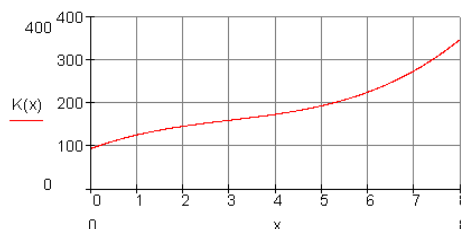
قضیه مفاد بیشترین

۱۸۶

سرلیک

- در یک شفاخانه د نرختابع(مصرف تابع)  $K(x)$  د ناروغانو گڼه (تعداد)  $x$  او د ټول مصرف ترمنځ اړیکې انځوروي، داسې چې  $x = 1$  د 100 ناروغانو معنی او  $y = 1$  دی معنی چې  $1000 \text{ € / Tag}$  د روځي زر یورو (  $1000 \text{ € / Tag}$  ).

$$K(x) = x^3 - 9x^2 + 40x + 94$$



الف : تابع مصارف در کتایچه خود بنویسید.

ب: مشتق تابع مصرف به نام مشتق مصرف یا حد مصرف یاد میشود. شما زیاد شدن مصرف در تابعیت مریضان تشریح کنید. بلند شدن  $K(x)$  را تعیین نماید و گراف شان را در سیستم وضعیه رسم نماید.

پ: به کدام تعداد مریضان زیاد شدن مصارف بسیار به پین میاید؟ این قیمتها را بشارید.

ب : د لگڼت تابع مشتق د مشتق لگڼت (-مصرف) یا د حد مصرف په نامه یادیري. تاسو د لگڼت زیاتېدنه د ناروغانو په واکوالي یا تابعیت کې تشریح کړی. د  $K(x)$  جگېدونه.  $K'(x)$  وټاکي او گراف یې په وضعیه سیستم ( پروت- ولاړ-سیستم) کې انځور کړی.

پ : د ناروغانو د کوم تعداد سره د لگڼت زیاتوال خورا کم دی؟ دا قیمتونه وشمېری.

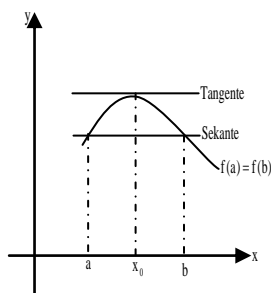


## ټولگه:

### قضیه رول ( Theorem of Rolle )

اگر یک تابع  $f$  در اینتروال بند  $[a, b]$  متمادی و  $k$  در بین  $a$  و  $b$  واقع باشد، پس در انجا کم از کم یک عدد  $c$  در بین  $f(a)$  و  $f(b)$  موجود است، طوری که  $f(c) = k$  است.

قضیه قیمت وسطی مشتق :



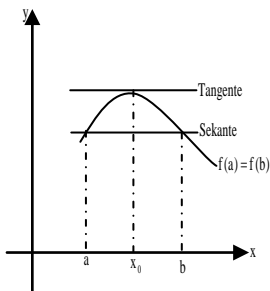
اگر تابع  $y=f(x)$  بالایی اینتروال محدود  $[a, b]$  غیر متمادی و بالایی اینتروال باز  $(a, b)$  قابل مشتق باشد، پس در انجا یک جایی  $x \in (a, b)$  موجود میباشد، که برای ان داریم:

$$\frac{f(b) - f(a)}{b - a} = f'(x_0)$$

قضیه وسعت یافته قیمت‌های وسطی:

اگر توابع متمادی بالایی اینتروال محدود  $[a, b]$  باشد و بالایی اینتروال باز  $(a, b)$  قابل مشتق و  $g'(x) \neq 0$  صدق کند، پس برای تمام  $x \in (a, b)$  کم از کم یک جایی  $x_0 \in (a, b)$  موجود میباشد که از ان بدست می‌آید:

$$\frac{f(b) - f(a)}{g(b) - g(a)} = \frac{f'(x_0)}{g'(x_0)}$$



قضیه قیمت وسطی مشتق :

اگر تابع  $y=f(x)$  بالایی اینتروال محدود  $[a, b]$  غیر متمادی و بالایی اینتروال باز  $(a, b)$  قابل مشتق باشد، پس در انجا یک جایی  $x_0 \in (a, b)$  موجود میباشد، که برای ان داریم:

مشتق باشد، پس در انجا یک جاي  $x \in (a,b)$

موجود میباشد، که براي ان داریم:

$$\frac{f(b) - f(a)}{b - a} = f'(x_0)$$

قضیه:

تابع  $f(x)$  در اینتروال  $I$  قابل مشتق باشد.

-- اگر تابع  $f(x)$  در اینتروال  $I$  مونوتون متزايد میباشد، پس اعتبار دارد:  $f'(x) \geq 0$  به تمام  $x \in I$

-- اگر  $f(x)$  در اینتروال  $I$  مونوتون متناقص میباشد، پس اعتبار دارد:  $f'(x) \leq 0$  براي تمام  $x \in I$ .

- اگر  $f'(x) \geq 0$  باشد، براي تمام  $x \in I$  ، پس  $f(x)$  در اینتروال  $I$  مونوتون متزايد میباشد.

- اگر  $f'(x) \leq 0$  باشد، براي تمام  $x \in I$  ، پس  $f(x)$  در اینتروال  $I$  مونوتون متناقص میباشد.

- اگر  $f'(x) > 0$  باشد، براي تمام  $x \in I$  ، پس  $f(x)$  در اینتروال  $I$  مونوتون متزايد قوي میباشد

- اگر  $f'(x) < 0$  باشد، براي تمام  $x \in I$  ، پس  $f(x)$  در اینتروال  $I$  مونوتون متناقص قوي میباشد.

تعریف: تابع  $y = f(x)$  که در ساحه  $x = x_0$  تعریف شده باشد. یک نقطه اعظمي به همینطور یک نقطه اصغري دارد، اگر براي  $x$  که به تمام  $x_0$  نزدیک باشد صدق کند:

$$f(x) \geq f(x_0) \quad (\Leftrightarrow) \quad \text{به همینطور} \quad f(x) \leq f(x_0)$$

جمله :

( شرایط ضروري براي یک نقطه افراطي ):

اگر یک تابع  $y = f(x)$  قابل مشتق یک نقطه افراطي در  $x_0$  داشته باشد پس داریم:

$$f'(x) = 0$$

جمله ۲۰ . ۱۳ : ( شرایط تکمیلکننده براي یک نقطه افراطي(بحراني)):

اگر براي یک تابع  $y = f(x)$  که در  $x = x_0$  دو مرتبه قابل مشتق باشد و داشته باشیم :

$$f'(x) = 0 \quad , \quad f''(x) \neq 0$$

پس تابع  $y = f(x)$  در آنجا یک اکستریموم دارد.

نقطه اصغري به پیش داریم، اگر داشته باشیم:  $f''(x) > 0$

نقطه اعظمي به پیش داریم، اگر داشته باشیم:  $f''(x) < 0$

مشتق دوم: ( از مشتق اول):

$$f'(x) = 3x^2 - 4x + 4$$

$$f''(x) = 6x - 4$$

براي  $x > \frac{2}{3} \Rightarrow 6x - 4 > 0$  خم بودن چپ( انحنی چپ (یامقعر))

براي  $x < \frac{2}{3} \Rightarrow 6x - 4 < 0$  خم بودن راست( انحنی راست ) (یامحدب))

سرلیک

تعریف: تابع قابل مشتق  $y = f(x)$  در یک ساحه  $x = x_0$  یک نقطه انعطاف چپ - راست و به همین قسم نقطه انعطاف راست - چپ دارد، اگر مشتق ان درانجا یک نقطه اعظمی و یا یک نقطه اصغری داشته باشد.

جمله: ( شرایط ضرور برای یک نقطه بحرانی):

اگر یک تابع قابل مشتق  $y=f(x)$  در  $x_0$  نقطه بحرانی داشته باشد، پس داریم:  $f'(x)=0$

جمله ۲ . ۱۲ : ( شرایط ضروری برای نقطه انعطاف):

اگر یک تابع  $y = f(x)$  که در  $x = x_0$  دو مرتبه قابل مشتق باشد و درانجا یک نقطه انعطاف داشته باشد، پس بدست می آید:  $f''(x) = 0$

جمله: ( شرایط تکمیل کننده برای نقطه انعطاف): اگر برای یک تابع  $y = f(x)$  که سه دفعه در  $x = x_0$  قابل مشتق باشد، داشته باشیم:

$$f''(x) = 0, \text{ او } f'''(x) \neq 0,$$

پس درانجا یک نقطه انعطاف موجود است. اگر  $f'''(x) < 0$ ، پس یک نقطه انعطاف چپ-راست به پیش داریم. برای  $f'''(x) > 0$  یک نقطه انعطاف راست-چپ به پیش داریم.

متناظر **Symmetrien**: تعیین باید شد، که تابع متناظر محوری و یا متناظر نقطه است.

برای متناظر محوری صدق میکند:  $f(-x) = f(x)$

برای متناظر ن؛ قده صدق میکند.  $f(-x) = -f(x)$

برای هر دو حالت بالا باید فقط  $x \geq 0$  بررسی شود.

یکنواخت بودن

۱ - اگر  $f'(x) \geq 0$  برای تمام  $x \in I$  باشد، پس  $f(x)$  در اینتروال  $I$  یکنواخت متزاید است.

اگر  $f'(x) \leq 0$  برای تمام  $x \in I$  باشد، پس  $f(x)$  در اینتروال  $I$  یکنواخت متناقص است.

۲ - اگر  $f'(x) > 0$  برای تمام  $x \in I$  باشد، پس تابع  $f(x)$  در اینتروال  $I$  متزاید یکنواخت قوی می‌باشد.

اگر  $f'(x) < 0$  برای تمام  $x \in I$  باشد، پس تابع  $f(x)$  در اینتروال  $I$  یکنواخت متناقص قوی می‌باشد.

قاعده برنولی و دو لو، پیتال:

### Bernoulli and de l'Hospital

اگر در یک ساحه  $U(x_0)$  در جای  $x_0$  توابع  $u=f(x)$  و  $v=g(x)$  قابل مشتق باشد با  $g'(x) \neq 0$  و برای تمام  $x \in U(x)$  و  $x_0$  جایی صفر  $f$  و  $g$  باشد، با  $f(x_0)=g(x_0)=0$ ،

پس صدق میکند:

$$\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x)}{g(x)} = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f'(x)}{g'(x)},$$

تا که حد طرف راست موجود باشد.

به همین قسم بدست می‌آید:

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f(x)}{g(x)} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{f'(x)}{g'(x)}$$

تعریف: مشتق تابع مصارف  $K(x)$  به نام قیمت مشتق  $K'(x)$  یاد میشود و یا انرا مصارف قیمت های حد  $K'(x)$  هم مینامیم.

تمرینات فصل:

۱ -- حالت مونوتوني توابع کسري زیر را در تابعیت a بدهید.

$$a) f(x) = \frac{1}{ax+2} \qquad b) f(x) = \frac{1}{ax^2+1}$$

۲ -- مطالعه کنید، که آیا توابع زیر در ساحه تعریف خود مونوتون و یا قوي مونوتون دي.

$$a) f(x) = \frac{e^x}{2+e^x} \qquad b) f(x) = 2x^5 - 7$$

۳ -- توابع نا را شنل یا کسري زیر را به خواص همنوایی مطالعه کنید.

$$a) f(x) = e^{x^2} \qquad b) f(x) = \sqrt[3]{x^2+1}$$

۴ -- تمام نقاط لوکال انحرافي توابع زیر را دریابید.

$$\begin{aligned} a) f(x) &= e^{-4x^2} & b) f(x) &= (x^2-3) \cdot e^x \\ c) f(x) &= \frac{1}{2}(e^x + e^{-x}) & d) f(x) &= \ln(x^2+1) \end{aligned}$$

۵ -- تمام قیمتاهي افراطي لوکال (مربوط جاي) در انتروال زیر دریابید]

$$-2\pi \leq 2\pi.$$

$$a) f(x) = \sin^2 x \qquad b) f(x) = \sin\left(\frac{1}{2}x + \frac{\pi}{2}\right)$$

۶ -- تمام نقاط لوکال و گلوبال انحرافي توابع زیر را دریابید.

a)  $f(x) = \sqrt{x^2 + x}$

b)  $f(x) = \sqrt{x^2 + 3}$

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

d)  $f(x) = 3 + \sqrt[3]{x^2}$

۷ -- اول قیمت مطلقه را بشمارید و بعداً تمام قیمت‌های افرازی را تعیین نمایند.

a)  $f(x) = |x| + x^2$       b)  $f(x) = |x^2 + 2x - 8|$

۸ -- از تابع  $f$  با  $x \neq 1$   $f(x) = \frac{x^2 - x - 2}{(x - 1)^2}$  نقاط انعطاف را دریابید.

۹ -- برای  $x_1 = 1$  و  $x_2 = 2$  قیمت‌های تابع را بشمارید و هم بلندی تابع  $f$  را با

$$f(x) = x^4 - 2x^3 - x + 1.$$

۱۰ -- در جای صفر تابع  $\varepsilon$   $f(x) = x^3 - x^2 - 2x$  کدام بلندی را دارد.

۱۱ -- گراف  $f(x) = 0,5x^4 - x^3 + 0,5x^2 + x - 4$  بلندی  $f'(x) = 1$  در کدام نقاط دارد؟

۱۲ ---- در جای  $x_0 = -1$  می‌خواهیم قیمت تابع

و بلندی گراف را دریابیم.  $f(x) = \frac{x^4 - 8x^2 + 16}{x - 1}, (x \neq 1)$

۱۳ -- به کومک قاعده لو، پیتال برای  $x \rightarrow \infty$  قیمت‌های حد توابع را بشماریم.

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

b)  $f(x) = \frac{x^2 + 2x - 3}{4x^3 + 3x^2 - 2x + 5}$

۱۴ -- برای توابع زیر بحث تحلیلی را پیش ببرید و گراف‌های شاد را رسم نمید.

سرلیک

$$a) f(x) = -x^3 + x^2 + 4 \qquad b) f(x) = -\frac{1}{9}x^4 + \frac{2}{3}x^2$$

$$c) f(x) = x^3 + 3x^2 - 2x - 2 \qquad d) f(x) = x^4 - 2x^2 + 1$$

۱۵ - برای توابع زیر بحث مکمل منحنی ها را مطالعه و گرافهای شان را رسم نمایند.

$$a) f(x) = \frac{x}{4} - \frac{2}{x^2} \qquad b) f(x) = \frac{x^2 - x - 2}{x - 3}$$

$$c) f(x) = \frac{3x^2 + 1}{x^2 - 1} \qquad d) f(x) = \frac{9}{x^2 + 3}$$

۱۶ - جا های صفر توابع زیر را دریابید.

$$a) f(x) = x^3 + \frac{3}{2}x^2 - \frac{11}{2}x - 3 \qquad b) f(x) = x^4 - 2x^3 - 13x^2 + 14x + 24$$

$$c) f(x) = x^3 - 6x^2 + 8x \qquad d) f(x) = x^3 - \frac{1}{3}x^2 - \frac{1}{4}x + \frac{1}{12}$$

$$e) f(x) = x^4 - x^3 - 7x^2 + x + 6 \qquad f) f(x) = x^4 + 6x^3 - 11x^2 - 60x + 100$$

۱۷ -- د دریمی درجی تام راشنل گراف د  $x$  - محور د  $x_1 = -2$ ,  $x_2 = 0$  او  $x_3 = 4$  په ټکو کې غوڅوي.

د تابع مساوات کوم دي، که سربېره پر دې گراف د  $P(2, -8)$  ټکي څخه هم تېر شي؟

۱۸ -- د یوه څلورمې درجې تام راشنل تابع د  $x$  - محور د  $x_1 = 0, 5$  او  $x_2 = 3$  په ټکو کې غوڅوي.

د تابع برابرېون څنگه دی، که پرسېره پردې گراف د  $y$  - محور د  $P(0, 9)$  په ټکي کې هم لمس کړي.

۱۹ -- د څلورمې درجې د یو تام راشنل تابع گراف د وضعیه قیمت سیستم پیل او له  $P(\frac{1}{2}, -\frac{15}{8})$  ټکي تېرېږي. د تابع مساوات څنگه دي، که گراف د  $x$  - محور هم د



۱- $x_1 = -1$  سره لمس کړي او په  $x_2 = 2$  کې غوڅ کړي.

۲۰ -- جا هاي صفر توابع زیر را دریابید.

$$a) f(x) = \frac{x^2 + 2x - 15}{x + 4}$$

$$b) f(x) = \frac{x^3 + 2x^2 - 4x - 8}{x}$$

$$c) f(x) = \frac{x^3 - x^2 - 5x - 3}{x - 0.5}$$

$$d) f(x) = \frac{x^4 - x^3 + 4x^2 - 4x}{x + 5}$$

۲۱ - از یک تابع مسپي راشنل  $f$  با  $f(x) = \frac{x^3 + ax^2 + bx + c}{x + d}$  اعداد ثابت  $a, b, c$  و  $d$  را دریابید، اگر با  $x_1 = -2, x_2 = -(1:2)$  جا هاي صفر واقع باشد و تابع در  $x=0$  یک جاي خالي داشته باشد.

$$\text{it } f(x) = \frac{(x-1)^3}{x}, \quad (x \neq 0)$$

۲۳ - تابع کسري راشنل  $f$  تابع در  $x_1 = 1$  با سه جاهاي صفر دارد.

به کومک تقسیم یک ساحه مطالع کنید که در همین ربع جاهاي صفر حرکت دارد و یا جاهاي صفر ربع را تغیر میدهد.

۲۴ -- یک ترم را طوري تعین نمایند، که جاهاي صفر پریدیکی زیر توابع را بدهد.

از طریق شمردن جاهاي صفر بنامین که در انتروال  $[-2\pi \leq x \leq 2\pi]$  واقع باشد.

$$a) f(x) = \frac{1}{2} \sin 3x$$

$$b) f(x) = \sin\left(x + \frac{\pi}{4}\right)$$

$$c) f(x) = 1 - \sin^2 x$$

$$d) f(x) = \sin\left(2x - \frac{\pi}{3}\right)$$

۲۶ - چرا توابع زیر جاهاي صفر نه دارد؟

سرلیک

$$a) f(x) = \ln(x^2 + 3) \qquad b) f(x) = \frac{x^2 + 1}{x}$$

$$c) f(x) = \frac{e^x}{x+1} \qquad d) f(x) = 1 + \sin^2 x$$

۲۷ -- چرا ممکن است که یک تابع بسیار جاهای صفر داشته باشد، ولی به محور  $y$  تنها یک جای صفر دارا مییاشد؟

۲۸ -- در باره تعداد جاهای صفر چیزی گفته می‌توانید، که برای یک تابع  $f$  در ساحه تعریف شان یک تابع معکوس  $f^{-1}$  هم موجود مییاشد؟

۲۹ -- با محور  $y$  نقاط تقاطع توابع زیر را دریابید.

$$a) f(x) = x^3 + 2x - 1 \qquad b) f(x) = (x+1) \cdot \ln(x+1)$$

$$c) f(x) = \frac{x^4 - 3x^2 + x}{x+2} \qquad d) f(x) = \frac{4}{\sqrt{x^2 + 9}}$$

$$e) f(x) = (x-2) \cdot e^{x-1} \qquad f) f(x) = e^{\frac{2}{1-x}}$$

۳۰ -- از تابع تام راشنل  $f(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_1 x + a_0$  با  $a_0 \neq 0$  می‌تواند نقطه تقاطع با محور  $y$  از طریق خواندن تعیین شود. بدین رابذه دلایلی را بیاورید.

۳۱ -- برای  $x_1=1$  و  $x_2=2$  قیمتهای تابع را بشمارید و هم بلندی تابع  $f$  با

$$f(x) = x^4 - 2x^3 - x + 1$$

۳۲ -- تابع  $f(x) = x^3 - x^2 - 2x$  در جای صفر کدام بلندی دارد.

۳۹ -- توابع زیر در کدام جاها تانجنت افقی دارد؟

$$a) f(x) = x^2 e^{-x} \qquad b) f(x) = \ln(x^2 + 1)$$

۴۰ -- برای کدام قیمت‌های  $a$  گراف  $f(x) = (x + a) \cdot e^x$  در جای  $x_0 = 0$  بلندی ۲ دارا می‌باشد؟

۴۱ -- تمام نقاط اعظمی لوکال توابع زیر را نشان دهید.

a) $f(x) = x^3 - 3x^2 - 9x + 10$	b) $f(x) = x^3 - \frac{3}{2}x^2 - 6x + 1$
c) $f(x) = 4x^3 - 18x^2 + 15x + 7$	d) $f(x) = x^4 - 4x^2 + 5$
e) $f(x) = x^5 - 5x^3 - 20x$	f) $f(x) = \frac{1}{2}x^4 - \frac{10}{3}x^3 + 6x^2 - 2$

۴۳ -- یک تابع تام راشنل درجه  $n$ -م چند جاهای لوکال انحراف که بسیار زیاد باشد میتواند داشته باشد؟

۴۴ -- چرا برای نقطه اعظمی شرایط  $f''(x) < 0$  ضرور نمی باشد؟

۴۵ -- جاهای لوکال انحرافی توابع زیر را تعیین نمایند.

a) $f(x) = \frac{2}{3}x^3 + 4x^2 + 8x - 1$	b) $f(x) = \frac{1}{3}x^4 + 1$
c) $f(x) = \frac{1}{3}x^4 - 2x^2 + \frac{8}{3}x$	d) $f(x) = x^4 - 4$

۴۷ -- تمام قیمت‌های افراطی تابع  $f$  در انتروال جستجو شود.

$$-2\pi \leq 2\pi.$$

a) $f(x) = \sin^2 x$	b) $f(x) = \sin\left(\frac{1}{2}x + \frac{\pi}{2}\right)$
----------------------	---

۴۸ -- تمام نقاط لوکال و گلوبال توابع زیر را پیدا شود.

سرلیک

a)  $f(x) = \sqrt{x^2 + x}$

b)  $f(x) = \sqrt{x^2 + 3}$

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

d)  $f(x) = 3 + \sqrt[3]{x^2}$

- نقاط انعطاف تابع  $f$  با  $f(x) = \frac{x^2 - x - 2}{(x-1)^2}$ ,  $x \neq 1$  را دریابید.

۵۳-- تمام جاهای انعطاف در انتروال  $0 \leq x \leq 2\pi$  یافته شود.

a)  $f(x) = x + \sin x$       b)  $f(x) = 2(1 - \sin 2x)$

۵۴-- توابع زیر را در  $x_0$  به قابلیت مشتق مطالع شود.

a)  $f(x) = \begin{cases} \cos x & x \leq 0 \\ x^2 + 1 & x > 0 \end{cases}, x_0 = 0$

b)  $f(x) = \begin{cases} 2x - 1 & x < 1 \\ x^2 & x \geq 1 \end{cases}, x_0 = 1$

c)  $f(x) = \begin{cases} 2x - 1 & x < 1 \\ e^{x-1} & x \geq 1 \end{cases}, x_0 = 1$

d)  $f(x) = \begin{cases} \ln x & x \leq 1 \\ x - 1 & x > 1 \end{cases}, x_0 = 1$

۵۵-- چرا متمادیت برای قابلیت مشتق شرط ضروری، مگر قابلیت مشتق برای متمادیت لپاره شرط تکمیل کننده است؟

۵۶-- به کدام دلیل توابع تام راشنل برای  $x \in R$  قابل مشتق میباشد؟

۵۹-- تحلیل کنید، که آیا توابع زیر در ساحه تعریف خود دقیقاً مونوتون میباشد.

a)  $f(x) = \frac{e^x}{2 + e^x}$

b)  $f(x) = 2x^5 - 7$

۶۰-- در کدام ساحه توابع تام راشنل زیر یک خمی چپ دارد و در کدام خمی راست دارد.

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

b)  $f(x) = -2x^3 + 3x^2 - x - 4$

۶۱ -- حالت توابع زیر را تحلیل نمایند، اگر  $|x| \rightarrow \infty$  به سوی برود.

a)  $f(x) = x^3 - 4x^2 - 4x - 5$

b)  $f(x) = -3x^4 + x^3 - 2x^2 + x$

c)  $f(x) = \frac{1}{3}x^5 - x + 6$

d)  $f(x) = -\frac{2}{5}x^2 - \frac{1}{5}x + \frac{4}{5}$

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

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

۶۲ چرا برای  $x \rightarrow +\infty$  به طور ساده در باره لیمیت پیش از پیش چیزی گفته نمی تواند شود:

a)  $f(x) = x^3 \cdot \frac{1}{\ln x}$

b)  $f(x) = x \cdot e^{-x}$

۶۳ -- با اکسپوننت جفته توابع تام راشنل کدام قسم سیومتری دارد؟

۶۴ -- با اکسپوننت طاق یک تابع تام راشنل فقط در جایی با نقطه شروع نقطه سیومتری میباشد، که قیمت مطلق صفر شود؟

۶۵ -- توابع زیر خواص سیومتری که در اساس خوانده شده نه دارد. نشان دهید که این باز هم سیومتری میباشد.

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

b)  $f(x) = 1 + \frac{1}{x}$

c)  $f(x) = -(x + 1)^2 + 3$

d)  $f(x) = 2 + \frac{1}{x - 4}$

۶۶ -- توابع تام راشنل به محدودیت مطالعه نمایند.

سرلیک

a)  $f(x) = x^2 - 2x + 4$

b)  $f(x) = 3x^4 - 4x^3 + 12x^2 - 24x$

c)  $f(x) = -(x+3)^2 + 1$

d)  $f(x) = x^3 - 2x + 1$

۶۷-- به کومک قاعده دو لو، پیتال برای  $x \rightarrow \infty$  قیمت لیمیت توابع کسری راشنل شمردده شود.

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

b)  $f(x) = \frac{x^2 + 2x - 3}{4x^3 + 3x^2 - 2x + 5}$

۶۸-- برای تابع راشنل تام نقاط انعطاف و نورمال یا عمود را بنویسید.

a)  $f(x) = -\frac{1}{6}x^3 + \frac{1}{2}x^2 + \frac{2}{3}$

b)  $f(x) = \frac{1}{3}x^3 - 3x^2 + 2x + 10$

۶۹-- نقاط انعطاف مساوات تابع  $f_t$  را بنویسید.

$$f_t(x) = \frac{4}{3}t^2x^3 + 3tx^2 + 3x \quad (t \in \mathbb{R} \setminus \{0\})$$

۷۰-- برای توابع زیر بحث تحلیلی منحنیها را کنید و گرافهای شان را رسم نمایند.

a)  $f(x) = -x^3 + x^2 + 4$

b)  $f(x) = -\frac{1}{9}x^4 + \frac{2}{3}x^2$

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

d)  $f(x) = x^4 - 2x^2 + 1$



## تجزیه کردن به کسور قسمی

الف) کسور اصلی، که مخرج شان ضریبهای مختلف خطی دارد.

اساس: اگر پولینوم مخرج  $P_n(x)$  یک پولینوم اصلی  $\frac{P_m(x)}{P_n(x)}$  به ضریبهای مختلف

خطی  $P_n(x) = (x-x_1)(x-x_2) \dots (x-x_n)$  قابل تجزیه میباشد، پس پولینوم  $\frac{P_m(x)}{P_n(x)}$

به طور زیر  $\frac{P_m(x)}{P_n(x)} = \frac{A}{x-x_1} + \frac{B}{x-x_2} + \frac{C}{x-x_3} \dots \frac{N}{x-x_n}$  عوض میشود.

به این قسمی شکل تجزیه به کسور قسمی نامیده میشود، اعداد  $A, B, C, \dots, N$  اعداد حقیقی میباشد.

فعالیت: در ورودی بالا نشان دهید که این کسور قسمی در کجا تعریف دارد؟

- برای یک کسر دلخواه تجزیه یک کسر قسمی و ساحه تعریف شان داده شود.

مثال: پولینوم اصلی  $\frac{4x^2 - x - 39}{x^3 - 4x^2 - 7x + 10}$  به کسور قسمی تجزیه نمایند.

حل: حل اول مساوات  $x^3 - 4x^2 - 7x + 10 = 0$  که  $x_1 = 1$  است از راه امتحان پیدا میکنیم.

تجزیه کردن به...

۲۰۲

تقسیم پولینوم  $(x^3 - 4x^2 - 7x + 10) : (x - 1) = x^2 - 3x - 10$  ما را به تجزیه  
 $x^3 - 4x^2 - 7x + 10 = (x^2 - 3x - 10)(x - 1)$  رهنمایی میکند مساوات  $x^2 - 3x - 10$   
 حالا حل‌های دیگری دارد:  $x_2 = -2$  و  $x_3 = 5$ .

بدین اساس داریم:  $x^3 - 4x^2 - 7x + 10 = (x - 5)(x - 1)(x + 2)$ .

تجزیه کسر اصلی  $\frac{4x^2 - x - 39}{x^3 - 4x^2 - 7x + 10}$  به کسور قسمی:

از طریق قاعده شمردن پولینوم می‌تواند کسر داده شده به سه قسمت جمع کسور قسمی  
 تجزیه شود، مخرج‌های شان ضربی‌های خطی می‌باشد:

$$\frac{4x^2 - x - 39}{x^3 - 4x^2 - 7x + 10} = \frac{A}{x - 5} + \frac{B}{x - 1} + \frac{C}{x + 2}$$

جمع کسور قسمی با وسعت:

د غزبندی سره د توتیه کسر جمعه:

مخرج اصلی مخرج پولینوم کسر تجزیه شده می‌باشد.

$$\begin{aligned} \frac{4x^2 - x - 39}{x^3 - 4x^2 - 7x + 10} &= \frac{A(x - 1)(x + 2) + B(x - 5)(x + 2) + C(x - 5)(x - 1)}{(x - 1)(x - 5)(x + 2)} \\ \frac{4x^2 - x - 39}{x^3 - 4x^2 - 7x + 10} &= \frac{Ax^2 + Ax - 2A + Bx^2 - 3Bx - 10B + Cx^2 - 6Cx + 5C}{x^3 - 4x^2 - 7x + 10} \\ \frac{4x^2 - x - 39}{x^3 - 4x^2 - 7x + 10} &= \frac{(A + B + C)x^2 + (A - 3B - 6C)x + (-2A - 10B + 5C)}{x^3 - 4x^2 - 7x + 10} \end{aligned}$$

تعیین قیمت صورت‌ها  $A, B$  و  $C$  از طریق مقایسه ضربی‌ها:

در کسر مخرج‌های مساوی کفایت میکند که صورت‌ها با هم مقایسه شود. درین حالت باید  
 توان‌های ضربی‌های مساوی، به این معنی که  $x, x^2$  و  $x_0$  باید مساوی باشد.



$$A + B + C = 4 \quad \text{I}$$

$$A - 3B - 6C = -1 \quad \text{II}$$

$$-2A - 10B + 5C = 39 \quad \text{III}$$

ضرب مساوات I و II به فاکتور 2 و جمع هر دو با III سه مساوات بالا را به دو مساوات پایین با دو متحول کوتاه میسازد:

$$-8B = -72 \quad \text{V}$$

$$-16B - 7C = -41 \quad \text{IV}$$

مساوات IV.V مساوی کیشود به:  $B = 3$   $\Rightarrow -24B = -72$

جا به جا کردن  $B = 3$  در V:  $C = -1$   $\Rightarrow -16.3 - 7C = -41$

جا به جا کردن  $B = 3$  و  $C = -1$  در I:  $A = 2$   $\Rightarrow A + 3 - 1 = 4$

به جا به جا کردن در فرمول تجزیه کسر قسمی مطلوب بدست می آید:

$$\frac{4x^2 - x - 39}{x^3 - 4x^2 - 7x + 10} = \frac{2}{x-5} + \frac{3}{x-1} - \frac{1}{x+2}$$

ما این را به یک امتحان میتونیم امتحان کنیم.

امتحان:

$$\frac{4x^2 - x - 39}{x^3 - 4x^2 - 7x + 10} = \frac{(x-1)(x+2) + 3(x-5)(x+2) - 1(x-5)(x-1)}{(x-5)(x+2)(x+2)}$$

$$\frac{4x^2 - x - 39}{x^3 - 4x^2 - 7x + 10} = \frac{4x^2 - x - 39}{x^3 - 4x^2 - 7x + 10} =$$

تمرینها:

کسور پولینومهای اصلی پایین را به کسور قسمی تجزیه نمایند.

تجزیه کردن به...

۲۰۴

$$a) \frac{2x^2 + 20x + 12}{x^3 + 2x^2 - 5x + 6}, \quad b) \frac{x^2 + 1}{x^3 - x}, \quad c) \frac{4x + 10 + 12}{x^2 + 6x + 8}$$

کسور پولینوم اصلي، که مخرج شان فاکتورهاي مساوي خطي دارد.

اگر مخرج  $P_n(x)$  پولینوم اصلي  $\frac{P(x)}{P_n(x)}$  توان فاکتور خطي  $x - x_0$  يعني

$$\frac{A}{(x-x_0)} + \frac{B}{(x-x_0)^n} + \dots + \frac{N}{(x-x_0)^n}$$

ميباشد، پس براي اين فاکتورهاي خطي پولینوم شکل زیر را به خود اختيار ميکند:

$$\frac{3x^2 - 6x + 2}{x^3 - 4x^2 + 5x - 2}$$

کسور قسمي تمام فاکتورها خطي که به طور ساده بدست آمده به شيوه (شکل) آشنا داده ميشود.

مثال:

براي کسر پولینوم اصلي  $\frac{3x^2 - 6x + 2}{x^3 - 4x^2 + 5x - 2}$  تجزيه به کسور قسمي داده شود.

تجزيه مخرج به فاکتورهاي خطي:

حل اول  $x_1 = 1$  پولینوم  $x^3 - 4x^2 + 5x - 2 = 0$  از طريق امتحان دريافت ميشود.

تقسیم پولینوم  $(x^3 - 4x^2 + 4x - 2) : (x - 1) = x^2 + 3x + 2$  مارا به تجزیه زیر رهنمایی میکند.

$$x^3 - 4x^2 + 4x - 2 = (x^2 + 5x - 2)(x - 1)$$

مساوات  $x^2 - 3x + 2 = 0$  حل  $x_2 = 1$  و  $x_3 = 2$  را دارد. پس ازین بابت برای مخرج

$$\text{حل دبل است: } x^3 - 4x^2 + 5x - 2 = (x - 2)(x - 1)^2$$

شروع کسر قسمی:

$$\frac{3x^2 - 6x + 2}{x^3 - 4x^2 + 5x - 2} = \frac{A}{x - 2} + \frac{B}{(x - 1)} + \frac{C}{(x - 1)^2}$$

جمع کسر قسمی از طریق وسعت (امتداد):

$$\frac{3x^2 - 6x + 2}{x^3 - 4x^2 + 5x - 2} = \frac{A(x - 1)^2 + B(x - 2)(x - 1) + C(x - 2)}{(x - 2)(x - 1)^2}$$

$$\frac{3x^2 - 6x + 2}{x^3 - 4x^2 + 5x - 2} = \frac{(A + B)x^2 + (-2A - 3B + C)x + (A + 2B - 2C)}{x^3 - 4x^2 + 5x - 2}$$

قیمت صورتها A, B و C از طریق مقایسه کردن ضریبها:

$$\begin{array}{ll} A + B = 3 & \text{I} \\ -2A - 3B + C = -6 & \text{II} \\ A + 2B - 2C = 2 & \text{III} \end{array}$$

ضرب مساوات II به 2 و جمع به III همراه با I دوو مساوات را میدهد به دو متحول:

$$\begin{array}{ll} A + B = 3 & \text{I} \\ -3A - 4B = -10 & \text{II} \end{array}$$

ضرب I به 4 و جمع شان به IV :  $A = 2$

تجزیه کردن به...

جا به جا کردن  $A = 2$  در I :  $2 + B = 3 \Rightarrow B = 1$

جا به جا کردن  $A = 2$  و  $B = 1$  در III :  $2 + 2.2 - 2C = 2 \Rightarrow C = 1$

از فرمول تجزیه کسور قسمی بدست می آید:

$$\frac{3x^2 - 6x + 2}{x^3 - 4x^2 + 5x - 2} = \frac{2}{x-2} + \frac{1}{x-1} + \frac{1}{(x-1)^2}$$

تمرینونه:

تجزیه کردن پولینوم اصلی اتي را به کسور قسمی بدهید:

$$a) \frac{3x^2 + 5x + 10}{x^3 + 2x^2 - 4x - 8}$$

$$b) \frac{3x^2 - 18x + 36}{x^3 - 6x^2 + 9x}$$

$$c) \frac{x^2 + 3x + 4}{x^4 - 2x^2 + 1}$$

$$d) -\frac{x^2 + 13x + 10}{x^3 - 5x^2}$$

پ ( کسور پولینوم اصلی، که مخرج شان به فاکتور های خطی تجزیه نمی شود.

اساس:

اگر پولینوم مخرج  $P_n(x)$  یک پولینوم اصلی کسری  $\frac{P_m(x)}{P_n(x)}$  دیگر به ضریب حقیقی

تجزیه نه شدنی  $ax^2 + bx + c$  در پیش داریم، پس برای تجزیه کردن به شکل

$$\text{اورده شود.} \quad \frac{Ax + B}{ax^2 + bx + c}$$

مثال:

برای کسر پولینوم  $\frac{5x^2 + 8x + 9}{x^3 + 3x^2 + 6x + 4}$  تجزیه به کسور قسمی داده شود.

تجزیه مخرج به ضریبها خطی :

حل اول  $x_1 = -1$  مساوات  $x^3 + 3x^2 + 6x + 4 = 0$  از طریق امتحانی دریاف میشود

تقسیم بولینوم  $(x^3 + 3x^2 + 6x + 4) : (x + 1) = x^2 + 2x + 4$  ما را به پایین رهنمایی میکند:

$$x^3 + 3x^2 + 6x + 4 = (x + 1)(x^2 + 2x + 4)$$

ازین بابت که مساوات  $x^2 + 2x + 4$  حل حقیقی نه دارد، پس در ساحه اعداد حقیقی تجزیه زیادی ناممکن است.

ازین بابت کسر پولینوم شکل زیر را دارا میباشد:

$$\frac{Ax}{x^2 + 2x + 4}$$

یکجا با کسر فورم  $\frac{C}{x + 1}$  ما را به تجزیه کردن کسر قسمی میبرد:

$$\frac{5x^2 + 8x + 9}{x^3 + 3x^2 + 6x + 4} = \frac{Ax + B}{x^2 + 2x + 4} + \frac{C}{x + 1}$$

از طریق امتداد جمع کسور قسمی:

$$\begin{aligned} \frac{5x^2 + 8x + 9}{x^3 + 3x^2 + 6x + 4} &= \frac{(Ax + B)(x + 1) + C(x^2 + 2x + 4)}{x^3 + 3x^2 + 6x + 4} \\ \frac{5x^2 + 8x + 9}{x^3 + 3x^2 + 6x + 4} &= \frac{(A + C)x^2 + (A + B + 2C)x + (B + 4C)}{x^3 + 3x^2 + 6x + 4} \end{aligned}$$

تعیین ضریبها A, B, C از طریق مقایسه کردن:

$$A + C = 5 \quad \text{I}$$

$$A + B + 2C = 8 \quad \text{II}$$

$$B + 4C = 9 \quad \text{III}$$

از طریق تفریق III از مساوات II همراه با I دو مساوات بدست می آید، که دو متحول را دارد:

$$A - 2C = 5 \quad \text{IV}$$

$$A + C = 5 \quad \text{I}$$

مساوات III منقی از مساوات II:  $-3C = -6 \Rightarrow C = 2$

با جا به جا کردن  $C = 2$  در I:  $A + 4.2 = 9 \Rightarrow B = 1$

با جا به جا کردن  $C = 2$  در III:  $B + 4.2 = 9 \Rightarrow B = 1$

اگر این بالا را در فرمول تجزیه کردن جا به جا کنیم، پس به دست می آید:

$$\frac{5x^2 + 8x + 9}{x^3 + 3x^2 + 6x + 4} = \frac{3x + 1}{x^2 + 2x + 4} + \frac{2}{x + 1}$$

تمرین:

تجزیه پولینومهای کسری زیر را به کسور قسمی بدهید:

$$a) \frac{-x^2 + 2x - 12}{x^3 + 2x^2 + 6x + 5}$$

$$b) \frac{4x^2 - 3x + 8}{x^3 - 2x + 4}$$

$$c) \frac{8x^2 - 16x + 10}{x^3 - 4x^2 + 5x}$$

$$d) \frac{x}{x^3 + 2x^2 + 2x + 1}$$

ج ( کسور پولینوم نا اصلي

اگر درجه پولینوم صورت یک پولینوم  $\frac{P_m(x)}{P_n(x)}$  از درجه پولینوم مخرج بزرگ باشد، پس این پولینوم به یک پولینوم ناطق تام و یک پولینوم کسری اصل میتواند تجزیه شود.

مثال:

پولینوم کسری  $\frac{3x^3 - 6x^2 - 20x - 1}{x^2 - 2x - 8}$  به کسور قسمی تجزیه نمایند.

درجه صورت پولینوم سه است و از مخرج دو. پس بدین اساس یک پولینوم نا اصلي را در پیش داریم.

تقسیم پولینوم:

$$(3x^3 - 6x^2 - 20x - 1) : (x^2 - 2x - 8) = 3x + \frac{4x - 1}{x^2 - 2x - 8}$$

$$\frac{-(3x^3 - 6x^2 - 24x)}{4x - 1}$$

برای کسر باقیمانده  $\frac{4x - 1}{x^2 - 2x - 8}$  عملیه تجزیه به کسور قسمی را به پیش میبریم.

مخرج را به ضریبهای خطی تجزیه مینمایم:

برای مساوات  $x^2 - 2x - 8 = 0$  حل  $x_1 = -2$  و  $x_2 = 4$  را داریم.

پس است:  $x^2 - 2x - 8 = (x - 4)(x + 2)$ .

برای تجزیه کسور قسمی جا به جا می‌کنیم:

$$\frac{4x-1}{x^2-2x-8} = \frac{A}{x-4} + \frac{B}{x+2}$$

جمع کردن کسور قسمی از طریق امتداد:

$$\begin{aligned} \frac{4x-1}{x^2-2x-8} &= \frac{A(x+2)+B(x-4)}{(x-4)(x+2)} \\ \frac{4x-1}{x^2-2x-8} &= \frac{(A+B)x+(2A-4B)}{x^2-2x-8} \end{aligned}$$

تعیین A و B به کمک مقایسه کردن ضریبها:

$$\begin{aligned} A+B &= 4 & \text{I} \\ 2A-4B &= 4 & \text{II} \end{aligned}$$

ضرب I با 2 و تفریق از II:  $6B = 9 \Rightarrow B = \frac{3}{2}$

در II جا به جا کردن:  $2A - 4\frac{3}{2} = -1 \Rightarrow A = \frac{5}{2}$

$$\text{دست آورد وسطی: } \frac{4x-1}{x^2-2x-8} = \frac{5}{2(x-4)} + \frac{3}{2(x+2)}$$

متحول را تجزیه کردن به کسور قسمی شکل زیر را به خود اختیار می‌کند:

$$\frac{3x^3-6x^2-20x-1}{x^2-2x-8} = 3x + \frac{5}{2(x-4)} + \frac{3}{2(x+2)}$$



تمرینونه:

تجزیه به کسور قسمی کسور زیر را بدهید.

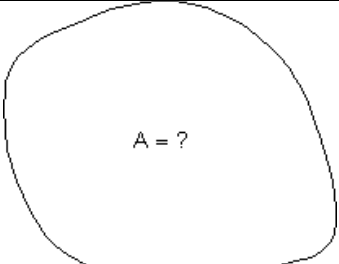
a)  $\frac{3x^2 + 7x^2 + 17x + 17}{x^2 + 6x + 8}$

b)  $\frac{2x^4 - 8x^3 + 7x^2 - 3x + 4}{x^2 - 4x + 3}$

c)  $\frac{2x^3 + x^2}{x^3 - 1}$

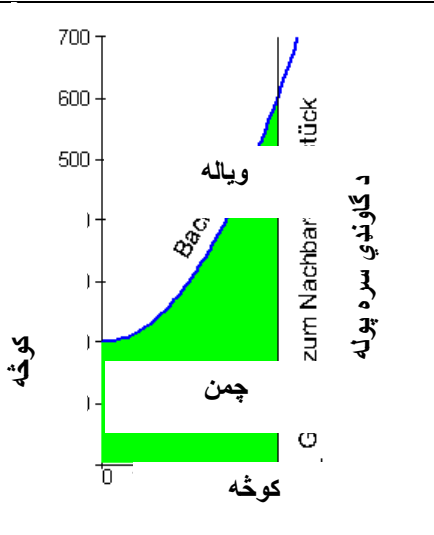
d)  $\frac{4x^3 + 16x^2 - 7x - 49}{x^3 + 4x^2 + x - 6}$

## پیشگفتار برای شمردن انتیگرال

<p>به یونانیهای قدیم شمردن سطح محدود از منحنی معلوم بود. این شمردن مستقیم، که ما حالا به آن سروکار داریم، بسیار پسان (رد) اواخر قرن هفدهم از سوی علما علوم طبیعی لایبنیخ و نیوتن اختراع شد.</p>	
---	--

### فعالیت:

- برای شمردن سطح محدود شکل بالا را پیشنهادها کنید.
  - آیا شما به شمردن این قسم مستوی اشنایی دارید؟
  - آیا شما مساحت مستوی نزدیک به این شمردی؟
  - اگر بلی پس انرا بنویسید.
  - این مستوی بالا از طریق قیمت وضعیه به چهار حصه تقریباً مساوی تقسیم کنید و در باره انتیگرال ان فکر کنید.
- مثال:

<p>این چمن تصویر شده به فروش میرسد. از طرف بالا به جویچه محدود است، از طرف راست زمین همسایه است، طرف چپ کوچه و از طرف پایین هم زیریه یک کوچه محدود میباشد.</p> <p>برای این که چمن فروخته شود باید سطح مستوی شناخته شود.</p> <p>سطحی فروشنده باید تقریباً پوره مگر به هیچگاه کم شمردنه شود. گیرنده هم برای خود شان فکر میکند که پول باید</p>	
---	--

تادیه شود، مگر به هیچگاه قیمت زمین باید از اصل زیاد شمرده نشود.

بعد ازین که فروشنده و گیرنده سطح چمن را تعیین کرد، هر دو برای تادیه پول یکجا میشود و به این مطلوب به موافقه میرسد.

جویچه مساوات تابع  $f(x) = \frac{1}{400}x^2 + 200$  را دارد.

حل ممکنه برای گیرنده.

هر قسمت (زمین مستطیلی) 50m عرض دارد و بلندی در رسم داده شده دارد. سطحی تمام مستوی را یکجا میشماریم.

$$200 \cdot 50 = 10000$$

$$206 \cdot 50 = 10300$$

$$225 \cdot 50 = 11250$$

$$256 \cdot 50 = 12800$$

$$300 \cdot 50 = 15000$$

$$256 \cdot 50 = 12800$$

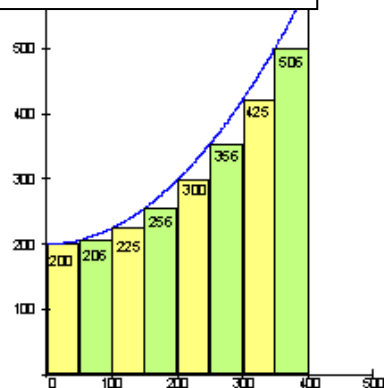
$$425 \cdot 50 = 21250$$

$$506 \cdot 50 = 25300$$

$$\underline{123700}$$

زمین به طور زیل به قسمتهای دراز ( پارچه زمین) تقسیم میشود

د اوردوالی واحد (یون) په m

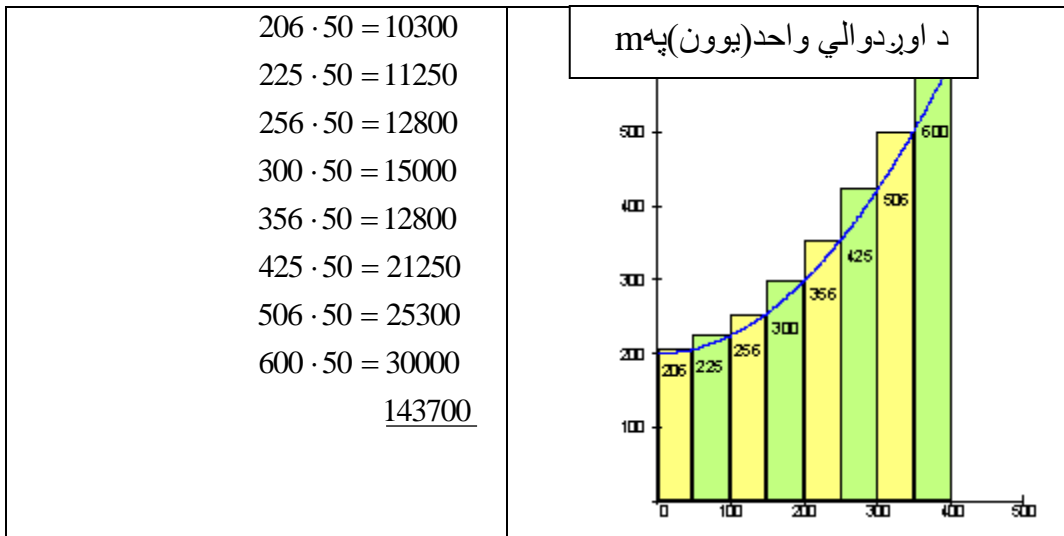


برای گیرنده تمام سطحه تقریباً  $123700 \text{ m}^2$  است.

حل ممکنه برای فروشنده :

هر قسمت (زمین مستطیلی) 50m عرض دارد و بلندی در رسم داده شده دارد. سطحی تمام زمین مستوی را یکجا میشماریم.

سرلیک



برای فروشنده مساحت تمام مستوي تقريباً  $143700 m^2$  است. فروشنده و گیرنده هر دو باید به قیمت وسطی بیاید، این به معنی که هر دو شان قیمت وسطی با هم بقبولاند. یعنی قیمت وسطی زمین، که  $\frac{123700 + 143700}{2} = 133700 \text{ unt}^2$

است:

این پسانتر در حصه انتیگرال معین شمرده خواهد شد، که قیمت حقیقی  $133333.3\bar{m}^2$  میباشد.

حساب کردن این قسمی برای گیرنده، جمع پائین،، نامیده میشود. حساب کردن این قسمی برای فروشنده، جمع بالایی،، نامیده میشود. این قیمت اصلی زمین کدام جا در وسط واقع است. برای این باید یک راه ره بیافیم، که ازان قیمت حقیقی را بدست بیاوریم. برای این کار یک کمی راه آمادگی موجود است.

تمرینها

گراف تابع  $3x^2+1$  را رسم کنید.

در بین انتروال  $[1,3]$  سطح تابع را نشانی کنید.

جمع بالا سطح داده شده را تشکیل کنید.

جمع پائین سطح را تشکیل کنید.

شمردن انتیگرال Integralcalulation

پیشگفتار برای تابع مستوی:  
این مفهوم هندسی انتیگرال هم است.  
در سیستم قیمت وضعیه در شروع گراف یک خط را رسم میکنیم. میخواهیم که سطح را دریابیم، که بین گراف تابع و محور  $x$  در اختیار یا تابعیت  $x$  واقع باشد.

## انتیگرال (معین) ریمن

دلته دې یوه څېره راوړل ( د یوه ډنډ او یا..... )

فعالیت:

- یک شکل دلخواه هندسی را رسم کنید، که به ترتیب از سه، پنج و هفت خط محدود باشد. سطح این اشکال را به قسم که به ان آشنا هستید بشمارید.
- در سیستم قیمت وضعیه یک منحنی را رسم کنید و بکشید، که مساحت سطح را بین منحنی و محور  $x$  قرار دارد، به طور تقریبی دریابید.

یادداشت: انتگرال چیست؟

انتیگرال گرفتن Integration به معنی یکجا کردن است، مثل که یک شخص در یک اجتماع خارجی یکجا میشود یعنی خواص اجتماع بیگانه را به خود میگیرد، یعنی این شخص به این اجتماع زیاد میشود. درینجا هم این موضوع به همین معنی به مطالع پیش میشود، که چه قسم از یک تابع درجه پایین به تابع درجه بالا میرویم.

## تعریف هندسي انتیگرال

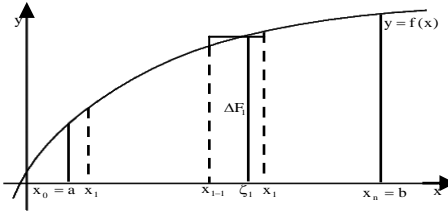
مستوي جهتدار - تعريف انتیگرال:

اگر یک تابع  $f$  داشته باشیم، پس در بین محور  $x$  و تابع سطحی که شمردن میشود از راه انتیگرال صورت میگیرد. درین مستوي طرف بالا محور  $x$  مستوي علامه مثبت و طرف پايں محور  $x$  علامه منفي دارد.

تعریف تحلیلي:

تعریف: یک تابع  $f$  داده شده، که بالايی یک انتروال  $[a, b]$  تعریف شده، پس از  $a$  تا  $b$  از انتیگرال تابع به محور  $x$  در بین گراف  $f$  و خط  $x=a$  و  $x=b$  یک مستوي جهتدار میفهمیم.

درین حصه میخواهیم، که به کلمه انتیگرال توسعه دهیم. از اندازه کردن سطح میتوانیم به شمردن انتیگرال بیاییم، ازین بابت انتیگرال شمردن عملیه معکوس مشتق میباشد.

<p>یک تابع <math>y = f(x)</math> داریم. میخواهیم مساحت را بشماریم که در بین گراف این تابع و نقاط <math>x_0 = a</math> و <math>x_n = b</math> بالايی محور <math>x</math> موقعیت دارد طور که <math>f(x) &gt; 0</math> باشد.</p> <p>خیره (۱.۱)</p>	
---	--

برای حل این وظیفه انتروال  $[a, b]$  را به  $n$  پارچه (نا ضروري) برابر انتروالهاي  $[x_{i-1}, x_i]$  تجزیه میکنیم.

$$a = x_0 < x_1 < \dots < x_{i-1} < x_i < \dots < x_n = b$$

$$x_i - x_{i-1} = \Delta x_i$$

در اینتروال  $[x_{i-1}, x_i]$  دلخواه  $\xi_i \in [x_{i-1}, x_i]$  تعیین میکنیم.

سطح در بین  $x = x_{i-1}, x = x_i, y = f(x)$  سطح مستطیل پایین موجود است.

$$\Delta F_i(x) = f(\xi_i) \cdot \Delta x_i; \dots \dots \dots (4,1)$$

از تمام سطوح کوچک قسم مستطیلی بالا، به طریق جمع تقریباً تمام سطح مطلوبه بدست می آید.

$$F_n = \sum_{i=1}^n \Delta F_i = \sum f(\xi) \Delta x_i; \dots \dots \dots (4,2)$$

این تقرب تاحدی بهتر میشود تا حدی که تقسیم اینتروال  $[a, b]$  نازک میشود یعنی  $(\max \Delta x \rightarrow 0)$ ، تا هر حد که شمار اجزا جمع زیاد شود  $(n \rightarrow \infty)$ .

اگر (۲.۴) همیشه لیمت  $F$  داشته باشد، مربع، ط به این نه که اینتروال  $[a, b]$  چه طور تقسیم شده و  $\xi_i \in [x_{i-1}, x_i]$  چه قسم تعیین شده، پس  $f(x)$  در اینتروال  $[a, b]$  قابل اینتیگرال میباشد. این حالت، به طور مثال، تمام اجزا پارچه، متمادی و محدود توابع  $y = f(x)$  میباشد.

**تعریف) ۴. ۱ :** اگر لیمیت

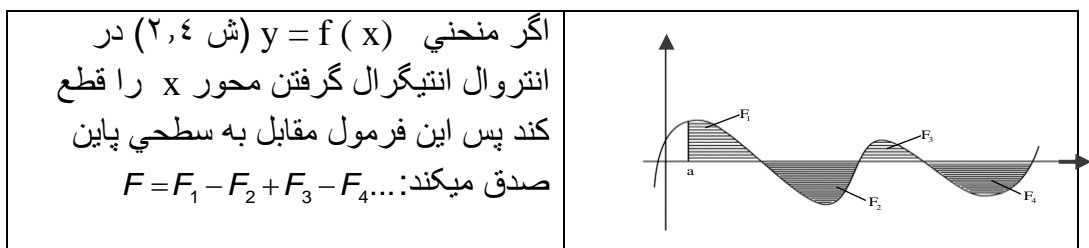
$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n f(\xi_i) \Delta x_i = \int_a^b f(x) dx = F; (\max \Delta x \rightarrow 0), \dots \dots \dots (4,3)$$

در اینتروال  $[a, b]$  موجود باشد، پس این را انتیگرال معین  $f(x)$  مینامیم یا  $F$ - Riemann (سطح ریمن). درینجا  $a$  حد پایین انتیگرال و  $b$  حد بالای انتیگرال نامیده میشود و  $[a, b]$  انتروال انتیگرال و  $f(x)$  (اینتیگرال شدنی) و  $x$  متحول انتیگرال (Integrationsvariable) نامیده میشود.

یاد داشت ۱: متحول ایتیگریشن میتواند دلخوا تعین شود (علامه شان دلخوا تعین شود).

$$\text{داریم: } \int_a^b f(x) dx = \int_a^b f(t) dt = \int_a^b f(u) du$$

**یاد داشت ۲:** تعریف ۴. ۱ بالا میتواند به حالت کشیده شود، درجای که  $f(x) > 0$  صدق نکند. اگر  $f(x) < 0$  باشد پس این اینتیگرال معین باز زیر محور  $x$  سطي منفي دارد.



متصل تعریف ۴. ۱ جمله زیر را داریم:

**جمله ۴. ۱:** اگر  $f(x)$  در  $[a, b]$  قابل اینتیگرال باشد و  $c \in [a, b]$  باشد، پس صدق میکند:

$$\int_a^b f(x) dx = \int_a^c f(x) dx + \int_c^b f(x) dx$$

برای این که مساوات بالا به قیمتها  $c$  کشیده بتوانیم، باید  $c$  در بیرون اینتروال  $[a, b]$  افتیده نه باشد. یعنی باید نقاط  $a, b$  و  $c$  در یک اینتروال واقع باشد، که دران تابع  $f(x)$  قابل اینتیگرال باشد. ما تعریف پايين را داریم:

پیژند یا تعریف ۴. ۲: اگر  $f(x)$  در یک انتروال محدود  $[a, b]$  قابل اینتیگرال

$$\text{باشد، پس صدق میکند: } \int_a^b f(x) dx = - \int_b^a f(x) dx$$



از روی تعریف ۴. ۱ همیشه صدق میکند:  $\int_a^a f(x) dx = 0$

تمرینها:

گراف توابع زیر را رسم کنید و در بین گراف و محور  $x$  جهت سطح مثبت و منفی را نشانی کنید:

الف:  $4x^3 + 5x^2 + x + 6$  ،

ب:  $x^2 - 4x + 16$  ،

پ:  $x^4 + 5x^2 - 2x - 7$

تابع اساسی یا اولیه

$$F'(x) = f(x)$$

فعالیت

- در مساوات بالا  $F(x)$  چي طور نوشته کرده میتوانیم؟

سرلیک

-  $F(x)$  نسبت به  $f(x)$  چي نامیده میشود و برعکس  $f(x)$  از  $F(x)$  چي نامیده میشود؟

در هر دو سوال بالا فکر کنید، که پايين نتیجه شان میباشد:

براي اینکه روابط دربين انتیگرال گرفتن و مشتق گرفتن بدست بیاوریم، کلمه تابع اولیه را قرار زیل تعريف میکنیم:

## تعريف 3.2:

تابع  $y = f(x)$  در یک اینتروال باز  $I$  تعريف باشد. هر یک تابع  $F(x)$  درانجا موجود وقابل مشتق میباشد، که شرایط  $F'(x) = f(x)$  را صدق کند، تابع اساسی، ساده و یا

اولیه  $f(x)$  نامیده میشود.

به طور ساده دیده میشود که برای یک تابع  $f(x)$  نه تنها یک تابع  $F(x)$  موجود است:

به طور مثال توابع  $F_0(x) = x^2$ ,  $F_1(x) = x^2 + 1$ ,  $F_2(x) = x^2 + 2$  به صورت عموم  $F(x)$   $x^2 + C =$ ، که تمام اینها مشتقهای مساوی  $f(x) = 2x$  دارد.

دست آورد ثبوت بالا که کسی چطور تابع اولیه یک تابع متمادي  $f(x)$  را پیدا میکند، به طور زیر میباشد:

جمله:  $y = f(x)$  در یک اینتروال باز  $I$  تابع متمادي باشد، پس برای  $a \in I$ ،

$$F_a(x) = \int_a^x f(t) dt$$

یک تابع اولیه برای تابع اولیه  $f(x)$  است، برای تمام  $c \in I$ .

هر تابع اولیه دیگر تابعه  $f(x)$  شکل زیر را دارا می‌باشد:

$$F(x) = F_a(x) + C, \quad C \in \mathbb{R}$$

جواب: ثابت می‌کنیم که  $F_a(x)$  تابع اولیه  $f(x)$  می‌باشد. برای ثبوت این نشان می‌دهیم که  $F_a(x)$  برای تعریف بالا صدق می‌کند. مشتق  $F_a(x)$  برای  $x \in I$  و  $x \neq a$  طور زیر می‌باشد.

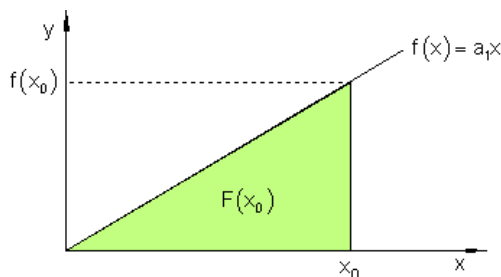
$$\begin{aligned} F'_a(x) &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{F_a(x+h) - F_a(x)}{h} \\ &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{1}{h} \left[ \int_a^{x+h} f(t) dt - \int_a^x f(t) dt \right] \\ &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{1}{h} \cdot \int_a^{x+h} f(t) dt \\ &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{1}{h} \cdot h \cdot f(\xi), \quad \xi \in [x, x+h] \end{aligned}$$

(از روی لیمیت قضیه قیمت وسطی یک  $\xi$  این طوری موجود می‌باشد)  
(از روی تمادیت  $f(\xi) \rightarrow f(x)$ )  
 $= f(x)$

مستوی و تابع اولیه:

برای تابع سطح پیشگفتار:

گراف تابع  $f(x) = a_1 x$  در شروع سیستم قیمت وضعیه یک خط ترسیم می‌کند. ما می‌خواهیم یک تابع را پیدا کنیم، که در بین گراف و محور  $x$ ، در تابعیت  $x_0$  مستوی را نشانی کنیم. نظر به این که مستوی بدست آمده یک مثلث است، پس حل شان به فرمول سطح



سرلیک

<p>مثلت <math>A = \frac{g \cdot h}{2}</math> ساده دریافت میشود:</p> <p>برای مسئله ما متحول را قرار زیل تغییر میدیهم:</p> <p><math>A \rightarrow F(x_0); g \rightarrow x_0; h \rightarrow f(x_0) = a_1 x_0</math></p>	<p><math>F(x_0) = \frac{x_0 \cdot f(x_0)}{2}</math></p> <p>به <math>f(x_0) = a_1 x_0</math> قرار زیل میباشد:</p> <p><math>F(x_0) = \frac{x_0 \cdot a_1 x_0}{2} = \frac{a_1}{2} x_0^2</math></p>
--	---

تابع  $F(x_0)$  سطح در بین گراف و متحول  $x$  که در تابعیت  $x_0$  باشد تشریح میکند. ما این تابع را تابع مستوی مینامیم.

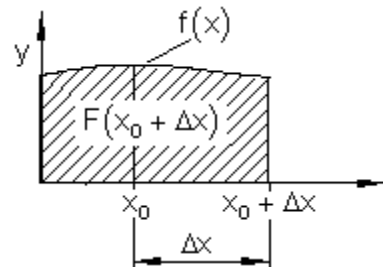
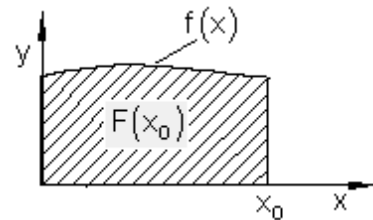
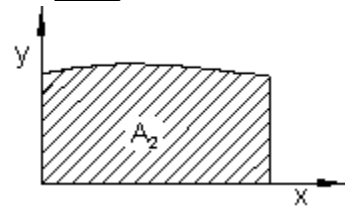
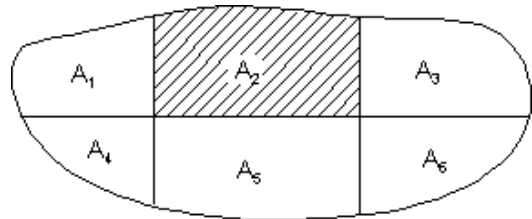
پرابلم سطح:

هر مستوی محدود از منحنیها در قدمهای متناهی، که در آن فقط یک خط منحنی به بین میاید، تمام محدودیتهای دیگر خطوط مستقیم میباشد.

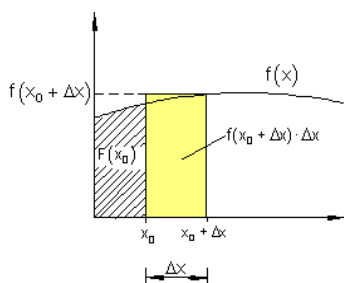
هر یک قطعه مستوی (به طور مثال درینجا  $A_2$ ) میتواند در سیستم قیمت وضعیه به شکل یک سطح ترسیم شود، که در بین خط منحنی و محور افقی قرار دارد.

اگر گراف خطوط منحنی محدود از تابع متمادی  $f(x)$  باشد، پس سوال به وجود میاید که آیا یک تابع موجود است که  $x_0$  محور افقی را به سطح  $F(x_0)$  تنظیم کند مثل که در مثال شروع آمده بود.

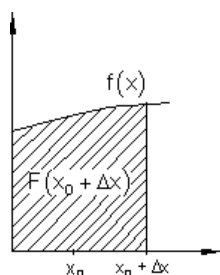
اگر به این قسم یک تابع  $F$  و سطح  $F(x_0)$  که تنظیم محور افقی  $x_0$  موجود باشد، پس باید قیمت محور افقی  $(x_0 + \Delta x)$  به سطح  $F(x_0 + \Delta x)$  تنظیم شود.



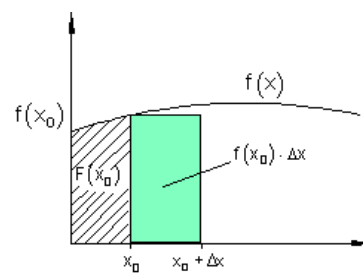
محدود کردن مستوی در مستطیل:



سطح نشانی شده زیر منحنی  
از سطح حقیقی بزرگ  
میباشد.



سطح واقعی یا حقیقی  
است.  
 $F(x_0 + \Delta x)$



سطح نشانی شده زیر منحنی  
از سطح راستین  
کوچک میباید.

اگر مستطیلهای سطح هر قدر کوچک شود، به همان اندازه مساحت شان از سطح اصلی کم میشود. از روی ریاضیات طولی به طور زیر میتوان فرمول بندی نمود:

$F(x_0) + f(x_0 + \Delta x) \cdot \Delta x$	$F(x_0 + \Delta x)$	$F(x_0) + f(x_0) \cdot \Delta x$
---	---------------------	----------------------------------

این ما را به نامساوات زیر رهنمایی یا تشویق مینماید

$$F(x_0) + f(x_0) \cdot \Delta x \leq F(x_0 + \Delta x) \leq F(x_0) + f(x_0 + \Delta x) \cdot \Delta x \quad | \quad F(x_0)$$

$$\Leftrightarrow f(x_0) \cdot \Delta x \leq F(x_0 + \Delta x) - F(x_0) \leq f(x_0 + \Delta x) \cdot \Delta x \quad | : \Delta x$$

$$\Leftrightarrow f(x_0) \leq \frac{F(x_0 + \Delta x) - F(x_0)}{\Delta x} \leq f(x_0 + \Delta x)$$

لیمیت را میگیریم:

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} f(x_0) \leq \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x} \leq \lim_{\Delta x \rightarrow 0} f(x_0 + \Delta x)$$

$$f(x_0) \leq F'(x_0) \leq f(x_0)$$

$$f(x_0) = F'(x_0) = f(x_0)$$

پس داریم:  $\underline{\underline{F'(x_0) = f(x_0)}}$

این به معنی، که مشتق سطح  $F(x)$  به قیمت منحنی تابع  $f(x_0)$  در جای  $x_0$  برابر است.

$$F'(x_0) = \frac{dF(x_0)}{dx} = f(x_0) \quad \text{ما مینویسیم:}$$

$$\boxed{F'(x) = \frac{dF(x)}{dx} = f(x)} \quad \text{یا}$$

اگر ما موفق شویم این قسم یک تابع  $F(x)$  را دریابیم، که مشتق تابع محدود  $f(x)$  میباشد، پس  $F(x)$  تابع سطحی میباشد.

اگر ما یک تابع را از تابع اولیه جدا کنیم، پس اینرا مشتق گرفتن مینامیم. پیدا کردن تابع یک مستوی به طور روشن بر عکس این عمل میباشد. فورمال میتوان گفت: تابع مساحت یک مستوی، که بیافیم، این معنی را دارد که یکجا کردن یا انتیگرال را می شماریم.

به مثال تابع یک توان ساده از روی احساس میتواند یک طریقه پیدا شود، که این را به چه قسم انتیگرال میگیریم.

$$f(x) = x^3 \Rightarrow f'(x) = 3 \cdot x^{3-1} = 3x^2 \quad \text{تابع توان:}$$

مشتق به معنی که: اکسپوننت به یک کوچک میشود و پوتنختابع به پوتنخ کهنه ضرب میشود.

انتیگرال گرفتن (زیاد کردن یا مشترک شدن) پب این معنی که: اکسپوننت به یک بلند میشود و تابع پوتنخ به اکسپوننت نو تقسیم میشود.. این را همین حالا امتحان میکنیم:

$$f(x) = 3x^2 \Rightarrow F(x) = \frac{3}{2+1} x^{2+1} = \underline{x^3}$$

تابع  $F(x)$  تابع اولیه تابع  $f(x)$  نامیده میشود، زیرا که  $f(x)$  از  $F(x)$  بدست می آید.

تمرین: - نشان دهید، که توابع  $F$  و  $G$  توابع اولیه همان تابع  $f$  میباشند.

$$a) F(x) = x^3 + x + 4, \quad G(x) = x^3 + x + 1$$

$$b) F(x) = (x-3)^2, \quad G(x) = x^2 - 6x + 4$$

$$c) F(x) = \frac{x+1}{x+2}, \quad G(x) = \frac{3x+5}{x+2}$$

$$d) F(x) = 1 + \sin x, \quad G(x) = \sin x$$

## انتیگرال نامعین

$$\int f(x) dx$$

فعالیتونه:

-- در شکل بالا  $\int$  به چي مفهوم است.

-- در بخش گذشته ما  $F(x)$  را چي  $f(x)$  نامیدیم و حالا  $F(x) = \int f(x) dx$  به تابع اولیه چي فرق خواهد داشت؟

خواهیم دید، که انتیگرال نامعین یک اسم دیگری است برای تابع اولیه. اگر تابع اولیه  $F(x)$  یک تابع  $f(x)$  داده شده را بشناسیم، پس با جمع کردن یک ثابت  $c$  سب  $G$  تمام تابع اولیه  $f(x)$  را بدست میا اوریم ( $c$  یک عدد حقیقی دلخوا می باشد). ما تابع  $f(x)$  را تعیین کردن تابع اولیه  $F(x)$  یا انتیگرال کردن هم مینامیم و برای این مینویسیم:

$$\frac{dF}{dx} = f(x) \Leftrightarrow dF(x) = f(x) dx \Leftrightarrow F(x) = \int dF(x) = \int f(x) dx$$

پس داریم:  $F(x) = \int f(x) dx$

این تا بحال طور نوشتن فورمال بود. حالا این را په زندگی صدا میکنیم. ما تزايع اولیه پیدامیکنیم.

مثال:

تابع اولیه  $F(x)$  را یافته شود، که مشتق شان  $f(x) = 2x$  می باشد.

$$F(x) = \int f(x) dx = \int 2x dx$$

ما امتحان میکنیم:

$$F'(x) = 2x = f(x) \text{ که بابت که } F(x) = x^2$$

$F(x) = x^2 + 2$  از بابت که  $F'(x) = 2x = f(x)$ . به صورت عموم صدق میکند::

$$F'(x) = 2x = f(x) \text{ از بابت که در هر حالت داریم: } F(x) = x^2 + C$$

هر دو توابع اختلاف در عضو ثابت دارد. مگر همان مشتق دارد، از بابت که به مشتق گرفتن عضو

ثابت از بین میرود. ازین دلیل باید به طریق خود تغییر دهیم.

قاعده (طریقه): صدق میکند:  $\int f(x) dx = F(x) + C$

سب توابع اولیه:

مثال نشان میدهد، که برای تابع  $f(x)$  نه تنها یک تابع اولیه بلکه تابع زیاد متناهی موجود میباشد، که تنها عدد ثابت شان از یکدیگر فرق دارد.

مثال:

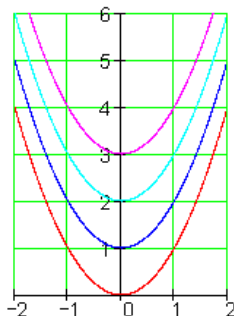
یک تابع اولیه  $F(x)$  یافته شود، که مشتق شان  $f(x) = 3x^2 + 2$  میباشد.

$$F'(x) = 3x^2 + 2 = f(x) \text{ ، ازین بابت که } F(x) = x^3 + 2x + C$$

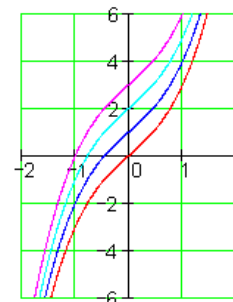
سب تمام توابع اولیه به شکل گروپ منحنیها رسم شود، که فقط در عدد ثابت از یکدیگر فرق دارد.

برای این دو مثال پایین گرافها دیده شود.

$$F(x) = x^2 + C$$



$$F(x) = x^3 + 2x + C$$



تمرین: برای توابع پایین توابع اولیه را دریابید و نتایج شان از طریق مشتق امتحان کنید.

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

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

c)  $f(x) = x$

d)  $f(x) = -2x$

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

f)  $f(x) = -\frac{1}{4}x$

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

h)  $f(x) = 4x^3$

i)  $f(x) = 2$

j)  $f(x) = x + 1$

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

l)  $f(x) = x^n ; n \in \mathbb{N}$

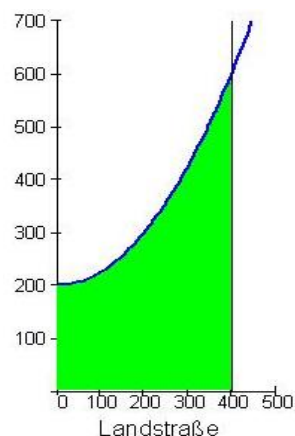
m)  $f(x) = x^2$

n)  $f(x) = \frac{1}{3}x^3 + C$



## شمردن انتیگرال معین

انتیگرال معین همان انتیگرال ریمن است، که یک مستوی بین گراف تابع و محور  $x$  می‌شمارد.



انتیگرال معین:

اگر  $f$  یک تابع حقیقی باشد، پس زیر انتیگرال معین  $\int_a^b f(x) dx$  (خوندن: انتیگرا

$f(x)$  از حد  $a$  تا حد  $b$  یا انتیگرال بالای  $f(x)$  از  $a$  تا  $b$ ) یک مستوی جهتدار می‌فهمیم در بین  $a$  و  $b$  و زیر گرافد  $f$  قرار داشته باشد.

فعالیت:

-- بگویند که در انتیگرال بالا  $f(x)$  چه نامیده میشود؟

$G$  در انتروال محدود  $a \leq x \leq b$  تابع اولیه  $g(x)$  میباشد، با  $G(x) = \int_a^x f(t)dt$  پس

$$\int_a^t f(t)dt = G(b) \text{ صدق میکند:}$$

اینکه در بین توابع اولیه  $F$  و  $G$  یک فرق ثابت  $C$  میباشد، پس صدق میکند:  $G(x) = F(x) + C$ .

برای این بدست میاوریم:  $G(b) = F(b) + C$

اینکه  $G(x) = \int_a^a f(t)dt = 0$  است و  $G(a) = F(a) + C$  است، پس  $C = -F(a)$  داریم.

این به معنی که  $G(b) = F(b) - F(a)$  به همین طور  $\int_a^b f(t)dt = F(b) - F(a)$

بعد از تبدیل عوض اسم متحول بدست میاوریم  $\int_a^b f(x)dx = F(b) - F(a)$

بدین ترتیب ما قضیه مشتق و انتیگرال را بدست آوردیم

یا افاده که قضیه اساسی شمردن مشتق و انتیگرال نامیده میشود:

تعریف: تابع  $f$  در انتروال  $a \leq x \leq b$  متمادی است و  $F$  تابع اولیه  $f$  است، پس

$$\int_a^b f(x)dx = [F(x)]_a^b = F(b) - F(a). \text{ انتیگرال معین میباشد:}$$

برای  $F(b) - F(a)$  وقت زیاد مینویسیم:  $[F(x)]_a^b$ . به این قشم است:

$$\int_a^b f(x)dx = [F(x)]_a^b$$

ما به این شمردن انتیگرال معین پس به انتیگرال اولیه عوض کردیم و درین مشتق و انتیگرال روابط را قایم ساختیم.

مثالها:

$$a) \int_1^2 x^2 dx = \left[ \frac{x^3}{3} \right]_1^2 = \frac{8}{3} - \frac{1}{3} = \frac{7}{3}$$

$$b) \int_2^4 \frac{1}{x^2} dx = \int_2^4 x^{-2} dx = \left[ \frac{x^{-1}}{-1} \right]_2^4 = \left[ -\frac{1}{x} \right]_2^4 = \frac{1}{4}$$

$$c) \int_1^3 \sqrt{x} dx = \int_1^3 x^{\frac{1}{2}} dx = \left[ \frac{x^{\frac{3}{2}}}{\frac{3}{2}} \right]_1^3 = \frac{2}{3} [\sqrt{x^3}]_1^3 (\sqrt{3^3} - \sqrt{1^3})$$

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

برای انتیگرالهای معین قضیه های زیر راست است:

$$\int_a^b k \cdot f(x) dx = k \cdot \int_a^b f(x) dx$$

$$\int_a^b [f(x) + g(x)] dx = \int_a^b f(x) dx + \int_a^b g(x) dx +$$

مثال: قیمت انتیگرال معین  $\int_1^3 x^2 dx$  را تعیین شود. از روی قانون توان یا طاقت تابع

اولیه یعنی  $F(x) = \frac{x^3}{3} + C$  را دریابید.

شمردن قیمت انتیگرال مطلوبه:

$$\int_1^3 x^2 dx = \left[ \frac{x^3}{3} + C \right]_1^3 = F(3) - F(1) = \frac{3^3}{3} + C - \left( \frac{1^3}{3} + C \right) = \frac{27}{3} + C - \frac{1}{3} - C$$

$$\int_1^3 x^2 dx = \frac{26}{3}$$

اساسات تکمیل کننده:

از دلیل  $F(b) - F(a)$  ثابت  $C$  انتگرال گرفتن از بین می‌رود. ازین بابت می‌توانیم برای تعیین ثابت انتیگرال بنویسیم  $C = 0$ .

مثال: قیمت انتیگرال معین  $\int_{-\pi}^{+0.5\pi} \cos x dx$  را تعیین نمایید.

ثبوت: ما قرار زیل ثبوت می‌کنیم:

$$\int_{-\pi}^{+0.5\pi} \cos x dx = [\sin x]_{-\pi}^{+0.5\pi} = \sin \frac{\pi}{2} - \sin(-\pi) = 1 - 0 = 1$$

یادداشت: ازین بابت که درین حصه تنها قیمت انتیگرال معین خواسته شده و نه مستوی زیر منحنی، پس حتمی نیست که جاهای صفر مد نظر گرفته شود.

یادداشت مهم: باید در نظر داشته باشیم که انتیگرال معین یک عدد است و انتیگرال نامعین یک تابع.

تمرینونه:

قیمتهای انتیگرال معین زیر را بشمارید.

a)  $\int_0^3 4dx$

b)  $\int_{-3}^{-1} xdx$

c)  $\int_1^e \frac{1}{x} dx$

d)  $\int_1^e (2 + \frac{1}{x}) dx$

e)  $\int_{-1}^0 e^x dx$

f)  $\int_0^{\pi} \sin x dx$

i)  $\int_{\frac{1}{6}\pi}^{\frac{1}{4}\pi} \frac{1}{\cos^2 x} dx$

j)  $\int_{\frac{1}{4}\pi}^{\frac{1}{3}\pi} \frac{1}{\sin^2 x} dx$

k)  $\int_{-2}^2 x^3 dx$

l)  $\int_2^6 (1+x) dx$

m)  $\int_1^2 (x^2 - x^5) dx$

n)  $\int_{-2}^0 \left( \frac{x^3}{4} + \frac{x^2}{3} \right) dx$

از انتیگرال نامعین به انتیگرال معین

پیشگفتار

ما دیدیم که چطور برای یک تابع  $f(x)$  تابع اولیه  $F(x)$  به بین آورده میتوانیم، پس لایتناهی زیاد توابع اولیه موجود است، که فرق شان از یکدیگر فقط در جمع کردن یک ثابت میباشد.

فعالیت :

-- در باره فرق بین  $\int f(x) dx$  و  $\int_a^b f(x) dx$  فکر کنید؟

-- نتیجه  $\int f(x) dx$  و  $\int_a^b f(x) dx$  چي میباشد؟

- این فرق را با اساس یک مثال روشن سازید.

مثال:

داریم: تابع  $f(x) = 3x^2 + 2$  و سب توابعو اولیه شان  $f(x) = x^3 + 2x + C$

تعریف: ست تام توابع اولیه نسبت به یک تابع  $f(x)$ ، انتیگرال نامعین،، نامیده

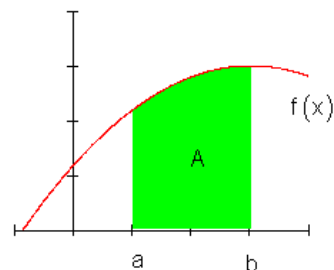
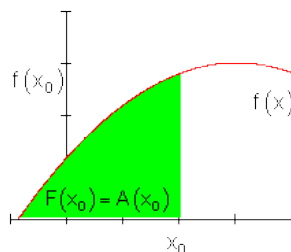
میشود و برای این مینویسیم:  $\int f(x)dx = F(x) + C$

روابط بین مشتق- و انتیگرال شمردن میتواند از طریق جمله زیر بدست بیاید.

جمله(قضیه): شمردن انتیگرال معین معکوس شمردن مشتق میباشد.

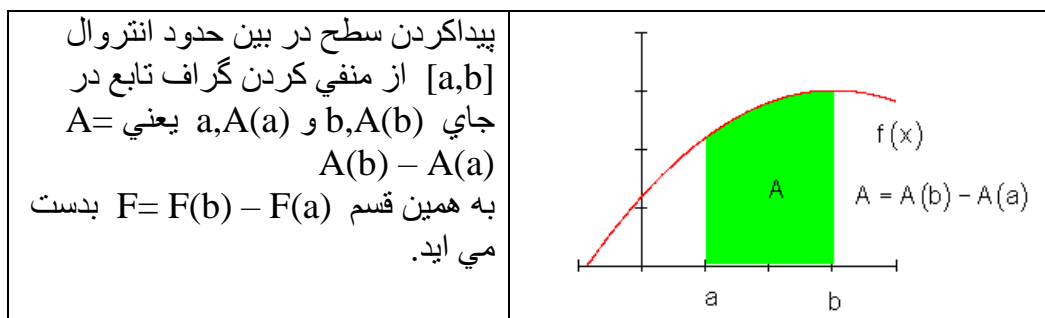
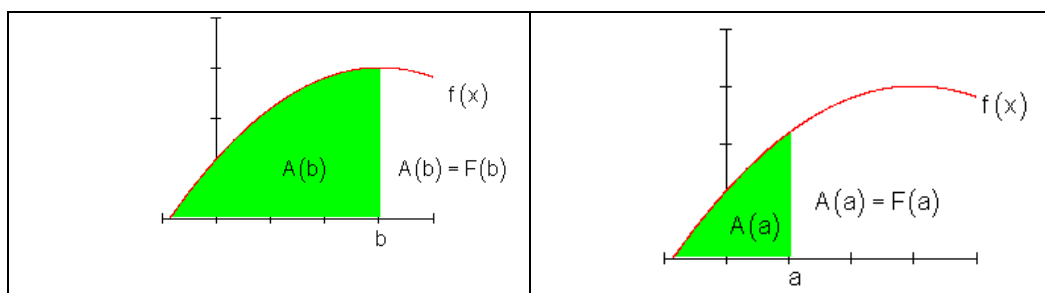
$$\frac{d[f(x)] + C}{dx} = [F(x) + C]' = f(x)$$

**مستوی زیرگراف تابع و در بین** انتروال  $[a; b]$  تعیین شود. درین پرابم ما تاحال از علم بدست آورده استفاده میکنیم.



فکر موجودیت یک تابع مستوی ما را به یاد گرفتن زیر رهنمایی میکند:

روابط بین یک مستوی کی زیر گراف یک تابع  $f(x)$  زیر نظر ما درجای  $x_0$  و یک تابع  $F'(x)$  که مشتق تابع  $F(x)$  در جای  $x_0$  با قیمت تابع  $f(x)$  در جای  $x_0$  برابر باشد موجود است.



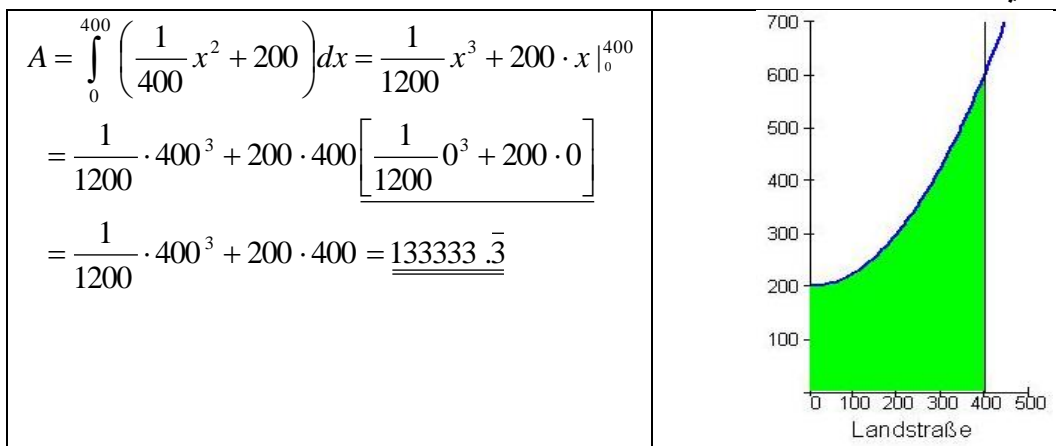
مستوی زیر تابع در انتروال  $[a,b]$  تفریق توابع اولیه میباشد.

$$A = F(b) - F(a) := \int_a^b F(x) dx$$

این انتیگرال معین هم نامیده میشود.  $\int_a^b F(x) dx$

جمله: به اساس معلومات که تا حال بدست آوردیم، میتوانیم سطحی را بشماریم که در مثال اول آورده شده.

عدد ثابت به تفریق کردن از بین می‌رود. در عمل برای حل این مسئله راه دیگری مفید دیده شده.



تمرینونه:

$dx$

$$\int_3^8 \left( \frac{1}{2} x^2 - 4 \right) dx$$

۵. استعمال شمارش اینتیگرال

قرار دارد  $x$  و محور  $f(x)$  ۵. ۱ مساحت مسطوی، که در بین گراف



مساحت  $\int_a^b f(x)dx = f(b) - f(a)$  در حصه چهارم خوانده شد، که اینتیگرال معین

$x=a$  و خط  $y=(0)$  در  $x$ ، و محور  $y=f(x)$  را نشان میدهد، که از منحنی  $A$  مستوی در داخل انتروال  $y=f(x)$  محدود باشد. ما ازین پیش رفتیم که (مقایسه ۴. ۱  $x=b$  و حرکت میکند، مگر میتواند که پایین محور هم حرکت  $x$  اینتیگرال طرف بالای محور نماید..

فعالیت:

و یا در بین دو توابع  $x$ - برای شمردن مستوی دلخواه در بین یک منحنی یا خط و محور پیشنهاد کنید.

- برای شمردن این هم در فکر داشته باشید، که اگر منحنی و یا خط طرف پایین محور قرار داشته باشد  $x$ .

- یک تابع دلخوا داده شده باشد، تابع را ترسیم نمایند و انتیگرال تابع را در نقاط معین بشمارید..  $x$  محور

میرود. تابع  $x$ - یک تابع دلخوا را بنویسید، که در داخل یک انتروال به طرف پایین محور را ترسیم نمایند و نشان دهید که تابع کدام علامه دارد؟ رسم تابع را بکشید و نظر به این که مستوی همیشه مثبت است، پس به دادن علامه مطالعه کنید که چرا؟.

یادداشت: اگر در شمردن مسطوی همان عددی را بنویسیم، پس باید به یاد داشته باشیم، که واحد

مسطوی همراهش میباید. ممکن این نوشته نه باشد، مگر این را همیشه باید در فکر داشته باشیم.

این فعالیتهای بالا ما را به مثالهای زیر سوق میکند:

مثال :

مساحت مستوی در بین  $y = \frac{1}{2}x^2 - 1$  ,  $y = 0$  ,  $x_1 = 2$  ,  $x_2 = 4$

قرار ویل میباید (شکل روبرو)

سرلیک

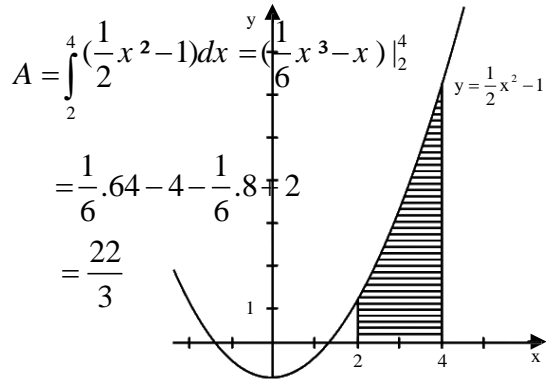
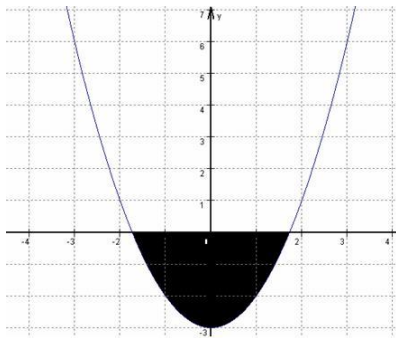


Bild 21.3

میباشد، پس این انتیگرال معین  $x$  طرف پایین محور  $y=f(x)$  اگر سطح حرکت منحنی تابع منفی می باشد. برای این که مساحت مثبت مستوی را بدست بیاوریم، قیمت مطلقه انتیگرال را میگیریم یعنی انتیگرال منفی.



مثال:

$x$  با محور  $f(x)=x^2-3$  گراف یک مسطوی را احاطه میکند. در تمام مساحت  $x$  بین گراف و محور مستوی را بشمارید.

طریقه:

۱ - برای این که این مسئله برای ما خوب روشن شده باشد، رسم بالا را ترسیم میکنیم.

۲ - برای این که حد های انتیگرال را بدست آورده بتوانیم، باید جا های صفر را دریابیم.

$$0 = x^2 - 3$$

$$x = \pm\sqrt{3}$$

۳ - حالا برای شمردن مساحت مسطوی انتیگرال مربوط را مینویسیم.

ضرب 2 انتیگرال می‌شماریم و نتیجه‌شان را به  $\sqrt{3}$  تا 0 به اساس تناظر اول از می‌کنیم، پس داریم:

$$\int_0^{\sqrt{3}} (x^2 - 3) dx = \int_0^{\sqrt{3}} (x^2) dx - 3 \cdot \int_0^{\sqrt{3}} 1 dx = \sqrt{3} - 3 \cdot \sqrt{3} = -2 \cdot \sqrt{3}$$

$$A = 2 \cdot \sqrt{3} + 2 \cdot \sqrt{3} = 4 \cdot \sqrt{3}$$

مثال ۵. ۲ :

بشمارید: (شکل زیر)  $y = \frac{1}{2}x^3 - 5$ ,  $y = 0$ ,  $x_1 = -1$ ,  $x_2 = 2$  مساحت مستوی در بین

$$A = \left| \int_{-1}^2 \left( \frac{1}{2}x^3 - 5 \right) dx \right|$$

$$= - \int_{-1}^2 \left( \frac{1}{2}x^3 - 5 \right) dx$$

$$= \left( -\frac{1}{8}x^4 + 5x \right) \Big|_{-1}^2$$

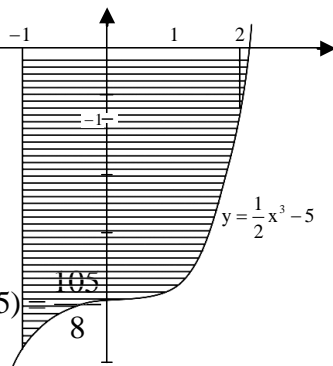
$$= (-2 + 10 + 1/8 + 5)$$


Bild 21,4

مثال ۵. ۳ :

مسطوی از حدود  $x_1 = -1$  تا  $x_2 = 4$  و  $x_2 = 4$

بین منحنی  $y = -x^2 + 2x$  و  $y = 0$

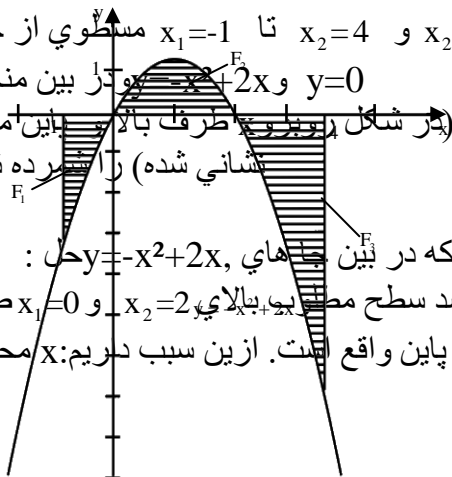
(در شکل در دو طرف بالا و پایین محور

نشانی شده) را بشمارید:

که در بین جاهای  $y = -x^2 + 2x$  حل : تابع

واقع باشد سطح مستوی، بالای  $x_2 = 2$  و  $x_1 = 0$  صفر

و باقیمانده پایین واقع است. ازین سبب داریم: محور



سرلیک

$$\begin{aligned}
 A &= -F_1 + F_2 - F_3 \\
 &= \int_{-1}^0 (-x^2 + 2x) dx + \int_0^2 (-x^2 + 2x) dx - \int_2^4 (-x^2 + 2x) dx \\
 &= -\left(-\frac{1}{3}x^3 + x^2\right) \Big|_{-1}^0 - \left(-\frac{1}{3}x^3 + x^2\right) \Big|_0^2 - \left(-\frac{1}{3}x^3 + x^2\right) \Big|_2^4 = \frac{28}{3}
 \end{aligned}$$

( بالا و پائین  $y=0$  و  $y=-x^2+2x$  و در بین منحنی  $x=4$  تا  $x=-1$  در بین حدود  $x$  محور )

### تمرینها:

بشمارید.  $x$ : - در انتروال داده شده سطح را در بین گراف و محور

$$a) f(x) = x - 2, \quad x \in [-2; 3]$$

$$b) f(x) = x^2 - x - x, \quad x \in [1; 5]$$

$$c) f(x) = x^2 - 8x + 12, \quad x \in [0; 8]$$

شمردن مساحت مستوی که از دو گراف محدود باشد.



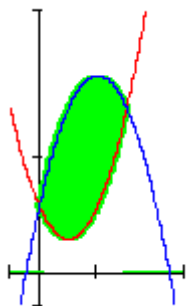
اگر یک حوض این قسمی داشته باشیم، فکر کنید که مساحت شانرا چطور می‌شماریم؟

فعالیت:

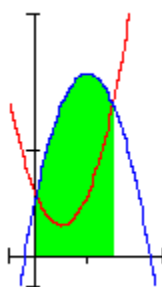
اگر یک حوض مشابه بالا را داشته باشیم، پس حدس بزنید، که مساحت انرا چه قسم بشماریم؟

در بعضی از سوالات مساحت مستوی شمرده میشود، که در بین گراف دو توابع قرار داشته باشد.

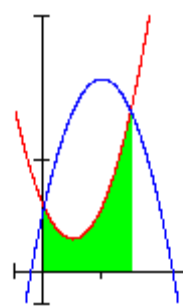
مساحت مستوی این قسمی میتونند از طریق تفاضل انتیگرال معین شمرده شود. اگر باشد، پس از شما زیر به پیش می‌رویم:  $x$  هر دو گراف بالای محور



A



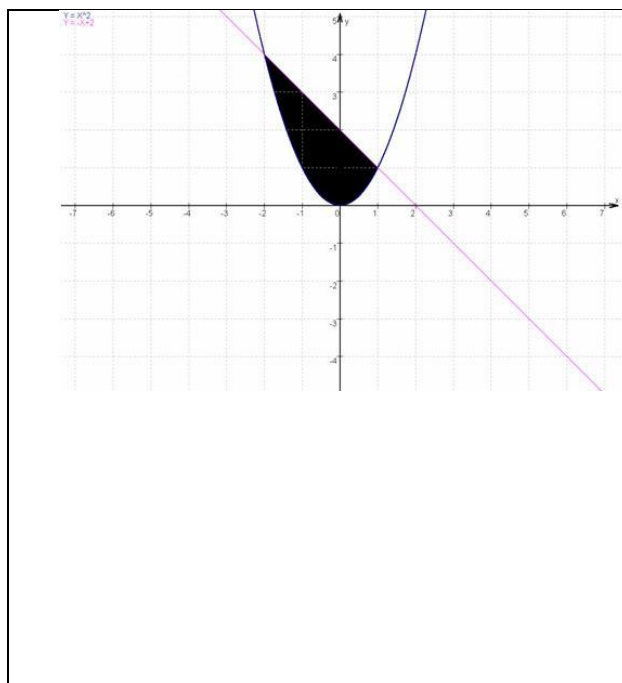
$A_1$



$A_2$

سرلیک

$$A = A_1 - A_2$$



مثال :

مساحت مستوي را ميخواهيم بشماريم، که در بين گراف دو توابع  $f(x) = x^2$

محدود  $g(x) = -x+2$  باشد:

طريقه راه حل: درينجا هم يك شکل يا گراف را رسم ميکنيم، که اين حالت را روشن بسازد.

۲ - براي اين که انتیگرال را بشماريم (شکل بالا را ببينيد)، نقاط قاطع گراف را پيدا ميکنيم.

$$x^2 = -x+2$$

$$x^2+x-2=0$$

- فرمول  $P;q$

$$x_{(1,2)} = -\frac{1}{2} \pm \frac{3}{2}$$

$$x_1 = 1$$

$$x_2 = -2$$

۳ - به طور ساده دیده میشود:

$$\int_{x_1}^{x_2} g(x) dx - \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx$$

پس صدق میکند:

$$\begin{aligned} A &= \int_1^{-2} (-x+2) dx - \int_1^{-2} x^2 dx = -1 \cdot \left( \frac{2^2}{2} - \frac{1}{2} \right) - 6 - \left( \frac{(-2)^3}{3} \right) - \frac{1}{3} \\ &= -1,5 - 6 + + = -4,5 \\ A &= 4,5 \end{aligned}$$

ی تمام 0.

گراف در بین  $a$  و  $b$  طرف بالای  $g$  حرکت میکند، پس برای سطح مستوی محدود در انتروال هر دو گراف صدق میکند.

$$A = \int_a^b (f(x) - g(x)) dx$$

مثال ۶ . ۵:

و  $f(x) = x^2 - 2x + 2$  می‌خواهیم که مساحت مستوی بین گرافهای توابع

را دریابیم.  $g(x) = -x^2 + 4x + 2$

هر دو گراف حدود انتیگرا را تشکیل می‌سازد.  $x$  قیمت‌های نقاط تقاطع نقاط تقاطع:  $x$  تعیین کردن قیمت‌های وضعیه

$$f(x) = g(x) \Leftrightarrow x^2 - 2x + 2 = -x^2 + 4x + 2$$

$$\Leftrightarrow 2x^2 - 6x = 0 \Leftrightarrow$$

حدود لیمیت اینتپگرا ل می‌باشد.  $x_1 = 0$  و  $x_2 = 3$

سرلیک

ساختن یا تشکیل اینتگرال:

$$\int_0^3 f(x) dx = \int_0^3 (x^2 - 2x + 2) dx = \left[ \frac{1}{3}x^3 - x^2 + 2x \right]_0^3 = \frac{1}{3} \cdot 27 - 9 + 2 \cdot 3 = 9 - 9 + 6 = \underline{\underline{6}}$$

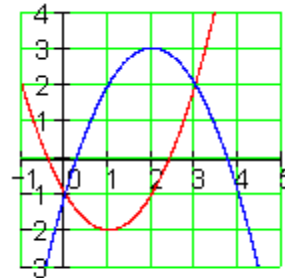
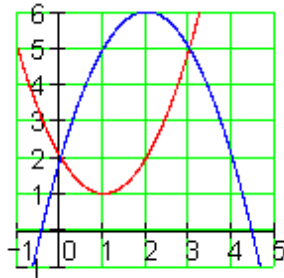
$$\int_0^3 g(x) dx = \int_0^3 (-x^2 + 4x + 2) dx = \left[ -\frac{1}{3}x^3 + 2x^2 + 2x \right]_0^3 = -\frac{1}{3} \cdot 27 + 2 \cdot 9 + 2 \cdot 3 =$$

$$= -9 + 18 + 6 = \underline{\underline{15}}$$

ازین سبب که سطح بین دو گراف همیشه مثبت میباشد، پس باید از قیمت بزرگ به قیمت کوچک کاسته یا کم شود.

$$A = \int_0^3 g(x) dx - \int_0^3 f(x) dx = 15 - 6 = \underline{\underline{9}}$$

طوری که میدانیم، علامه یک مستوی در اختیار این است که ایا مسوی بالای محور افنیده و یا پایین. ما مطالعه میکنیم، که ایا تاثیرات شان در مثال بالا افنیده یا نه. ما طرف پایین میبریم و سطح را از نو یا از سر مستوی به ۳ واحد بالای محور می‌شماریم.



اگر از چشمدید قضاوت کنیم، پس تمام دست آورد مساوی خواهد بود. و با این حدود انتیگرال هم بی‌تغیر میماند. x نقاط تقاطع قیمت‌های

$$f(x) = x^2 - 2x - 1 \quad \text{و} \quad g(x) = -x^2 + 4x - 1$$

جا به جا میکنیم:



$$A = \int_0^3 f(x) dx - \int_0^3 g(x) dx = \int_0^3 (f(x) - g(x)) dx$$

بدست میاوریم:  $f(x) - g(x) = 2x^2 - 6x$  از

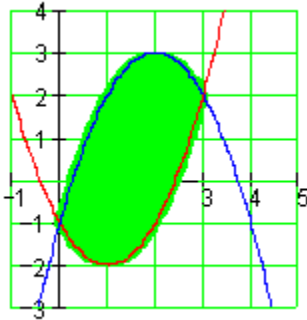
$$A = \int_0^3 (2x^2 - 6x) dx = \left[ \frac{2}{3}x^3 - 3x^2 \right]_0^3 = \frac{2}{3} \cdot 27 - 3 \cdot 9 = 18 - 27 = \underline{\underline{-9}}$$

مستوي در بين دو منحنی مستوي فزيکی میباشد، فلهازا دست آورد شان باید عدد مثبت میباشد.

این از طریق قیمت بدست می اوریم.

$$A = \left| \int_0^3 (2x^2 - 6x) dx \right| = \left| \left[ \frac{2}{3}x^3 - 3x^2 \right]_0^3 \right| = \left| \frac{2}{3} \cdot 27 - 3 \cdot 9 \right| = |18 - 27| = |-9| = \underline{\underline{9}}$$

عمومي ساختن این متود:



مستوي بين دو گراف:

اگر یک مستوي از یک منحنی بالا و یک  $f(x)$  منحنی پایین محدود باشد، که مربوط تابع  $g(x)$  باشد، پس از این مساحت محدود به  $g(x)$  تابع صورت پایین می شماریم:

$$A = \left| \int_a^b [f(x) - g(x)] dx \right|$$

نقاط تقاطع هر دو  $b$  و  $a$  حدود انتیگرال گرفتن میباشند.  $x$  گراف قیمت وضعیه محور

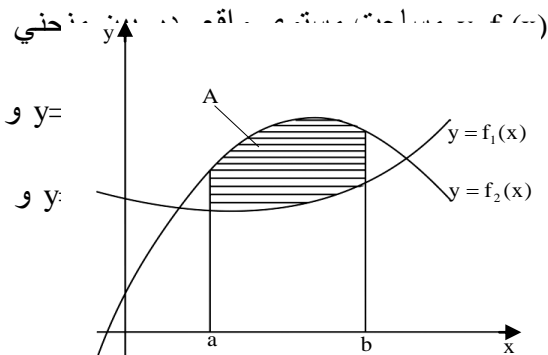


Bild 21,6

سرلیک

به طور به  $[a, b]$  در انتروال  $f_1(x) < f_2(x)$ دست میاید که مستوي زیر تابع  $y=f_2(x)$ تفریق شود.  $y=f_1(x)$  مستوي زیر منحنی

$$A = \int_a^b [f_2(x) - f_1(x)] dx$$

و  $f_1(x)$  به طور ساده میتوانیم خود را به این معتمد بسازیم که ش ۲ . ۶ له دي مستقل که کدام علامه به خود اختیار میکند صدق میکند.  $[a, b]$  در انتروال  $f_2(x)$

مثال : میخواهیم که در بین پارابولهای زیر سطح را بشماریم:

$$y=x^2-1 \text{ او } y=-x^2+1$$

حل : حدود اینتیگرال نقاط تقاطع محور افقی میباشد یعنی

$$x^2-1=-x^2+1$$

$$2x^2=2 \quad x^2=1$$

$$x_1=a=1, x_2=b=-1$$

مثال : در انتروال  $[-1, 1]$  اینتیگرال گرفتن داریم:

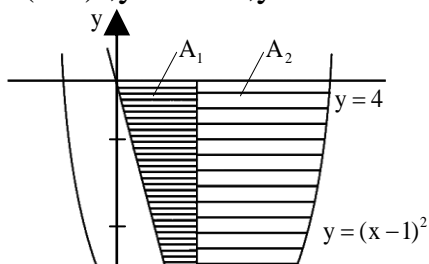
در نظر گرفت نه شود، پس این  $f_2(x) > f_1(x)$  (کی) ۲.۱ (و په  $[a, b]$ ) (اگر در اینتروال اینتیگرال منفی میشود و باز انتیگرال قیمت مطلقه گرفته میشود. ازین بابت داریم::

$$\begin{aligned} A &= \int_{-1}^1 [-x^2 + 1 - (x^2 - 1)] dx \\ &= \int_{-1}^1 (-2x^2 + 2) dx \\ &= \left( -\frac{2}{3}x^3 + 2x \right) \Big|_{-1}^1 = \frac{8}{3} \end{aligned}$$

مثال ۵ . ۸:

مطابق (ش. ۲ . ۸) سطح در بین توابع زیر شمرده میشود.

$$y=(x-1)^2, y=-4x+4, y=4$$



حل :

این مستوي در بين منحنی که شمردہ میشود، بدست میاید  $A_2$  و  $A_1$  از یکجا شدن دو مستوي

مستوي

$y=4$  و  $y=-4x+4$  در بين منحنیها  $A_1$

قرار دارد.

حدود اینتیگرال اول نقاط تقاطع به

$y=4$  و  $y=-4x+4$  میباشند، در بين  $x$  محور

،  $x_1 = 0$  ،  $4 = -4x + 4$  داریم

به همین قسم نقطه تقاطع اول راست

:  $y = -4x + 4$  و  $y = (x - 1)^2$  قیمت وضعیه (کووردینات) در بين

$-4x + 4 = (x - 1)^2$  ،  $x^2 + 2x - 3 = 0$

$x_{2,3} = -1 \pm 2$  ،  $x_3 = 1$ .

و قیمت  $x=1$  واقع است، حدود اینتیگرال  $y=(x-1)^2$  و  $y=-4$  در بين  $A_2$  میبینیم که  $y=4$  و  $y=(x-1)^2$  وضعیه اول نقطه تقاطع راست

مستوي که میخواستیم بدست آورد.:

$$A = A_1 + A_2 = \int_0^1 [4 - (-4x + 4)] dx + \int_0^1 [4 - (x - 1)^2] dx$$

$$= \int_0^1 4x dx + \int_0^1 (-x^2 + 2x + 3) dx = 2x^2 \Big|_0^1 + \left( \frac{1}{3}x^3 + x + 3x \right) \Big|_0^1 = 7 \frac{1}{3}$$

تمرینونه:

د لاندی توابعو ترمنخ سطحی و شمبری

## سرلیک

1)  $f(x) = x^2 - x - 6$  ;  $g(x) = 4x - 10$

2)  $f(x) = -\frac{1}{2}x^2 + \frac{5}{2}x + 3$  ;  $g(x) = 3x$

3)  $f(x) = 0.75(x^2 - 5x + 4)$  ;  $g(x) = 0.75x + 3$

4)  $f(x) = x^2 + 5x + \frac{9}{4}$  ;  $g(x) = -\frac{3}{2}x - \frac{21}{4}$

5)  $f(x) = (x - 2)^2 - 4$  ;  $g(x) = x - 1$

6)  $f(x) = x^2 - 4x + 1$  ;  $g(x) = -x^2 + 2x + 1$

7)  $f(x) = \frac{3}{2}x^2 - 6x + 3$  ;  $g(x) = \frac{1}{2}x^2 - 2x$

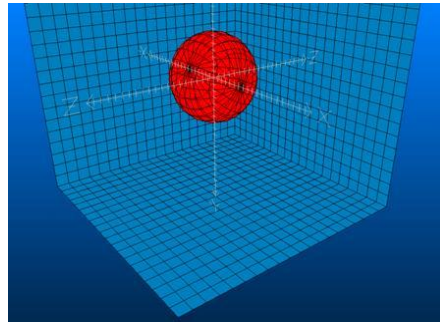
8)  $f(x) = x^2 + 3x$  ;  $g(x) = 0.5x^2$

9)  $f(x) = 0.5x^2 - 2x - 1$  ;  $g(x) = 2x^2 + 2x + 1$

10)  $f(x) = -0.5x^2 + 2$  ;  $g(x) = -\frac{1}{9}(x - 1)^2 + 1$

## حجم اجسام دوراني

ننوتته د څو مختلفو اجسامو د حجمونو لیکل:



فعالیت:

- حجم یک مکعب را به صورت عادی بنویسید.

- حجم کره، استوانه و مخروط را که به آن آشنا هستید بنویسید.

یادداشت: این همیشه در فکر باشد: اگر کدام عدد از شمردن انتیگرال بدست می آید، پس این عدد حجم یک جسم را نشان میدهد. اگر نوشته نه شد، از آن واحد مطلوبه حجم را میفهمیم.

اجسام دوراني:

اجسام دوراني در هندسه همان اجسام میباشند، که به محور دوراني از طریق دوران یک خط و یا یک منحنی به وجود می آید. خط که منحنی به یک مستوی قرار دارد، محور هم به همین مستوی قرار دارد. منحنی محور را قطع نمیکند و یا اکثراً ممکن لمس کند، که مثالهایی عمده شان در پایین خواهیم مطالعه کرد.

$x$ : دوران به محور

مثل که پیش گفتیم، حجم هم یک انتیگرال میباشند. این به قسم به وجود می آید، که اگر دور بخورد.  $x$  یک تابع به محور

حجم یک جسم دوراني

برای حجم یک جسم دوراني که به محور  $x$  از دوران مستوی از گراف تابع  $f$ ، از محور  $x$  و در بین هر دو خط  $x = a$  و  $x = b$  به وجود می آید، در انتروال  $[a, b]$  محدود باشد.

شمردن حجم قرار زیل میباشند:

$$V = \pi \cdot \int_a^b (f(x))^2 dx$$

دوران به محور  $y$

به دوران یک مستوی (به محور  $y$ )، که در انتروال  $[a, b]$  از گراف تابع  $f$  به محور  $y$  و در بین هر دو خط  $y = f(a)$  و  $y = f(b)$  محدود باشد، باید شکل  $y = f(x)$  به تابع معکوس

$x = f^{-1}(y)$  عوض شود شود. این موجود میباشند، اگر متمادي میباشند و قوی هماهنگ یا مونوتون. اگر نه (مثل شکل بالا) پس شاید ممکن باشد، که  $f$  به پارچهها پارچه شود، که در ان متمادي و حقیقی یکنواخت (مونوتون) باشد. این حجمهای بدست آمده باز تنها شمردن میشود و باهم جمع میشود.

$$V = \pi \cdot \int_{\min(f(a), f(b))}^{\max(f(a), f(b))} (f^{-1}(y))^2 dy$$

سرلیک

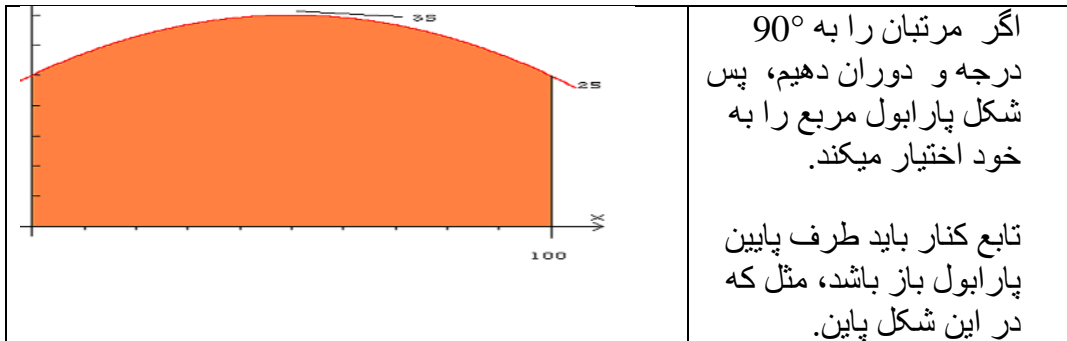
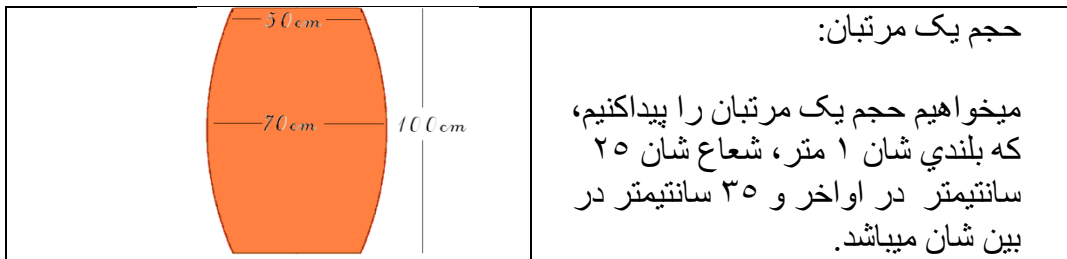
اگر درینجا  $x = f^{-1}(y)$  عوض کنیم، پس به محور  $x$  حجم قرار زیل به دست می اوریم:

$$V = \pi \cdot \int_{\min(f(a), f(b))}^{\max(f(a), f(b))} x^2 dy = \pi \cdot \int_a^b x^2 \cdot |f'(x)| dx$$

قیمت مطلق  $f'$  و در حدود انتیگرال بلندترین – پایینترین (min/max) قیمت توابع یک انتیگرال مثبت را تنظیم میکند.

به دوران مستوی (به محور  $y$ )، که ذریع گراف تابع  $f$  و هر دو خط  $x = a$  و  $x = b$  محدود باشد، فرمول زیل معتبر است:

$$V = \pi \cdot \int_a^b (x \cdot f)^2 dx$$



حل: شکل نوشتن تابع پارابول میتواند به طور ساده به رأس تابع نوشته شود.

به صورت عموم صدق میکند:

$$f(x) = a \cdot (x-5)^2 + 3.5 \text{ (قیمت به dm)}$$

به طور روشن 5- ازکش گردن رأس به سوي x+ میدهد و 3,5 به سوي y+ .

ضریب وسعت به طرف a ضرور است، که به ططف زیر بارابول باز به دست بیاوریم. حالا فقط ضریب a نیست. اگر در فرمول یک نقطه معین را جا به جا کنیم، ممکن خواهد بود که a شمرده شود. این نقطه (0/2,5) میباشد.

$$f(x) = -a \cdot (x-5)^2 + 3.5 \Rightarrow -a \cdot (0-5)^2 + 3.5$$

پس a قرار زیل میباشد:

$$\frac{2.5 - 3.5}{25} = -0.04$$

و مساوات مکمل نامیده میشود.

$$f(x) = -0.04 \cdot (x-5)^2 + 3.5$$

برای ساده ساختن فرمول نقطه رأس به پورم عمود(نورمال) تبدیل میکنیم.

$$f(x) = -0.04x^2 + 0.4x + 2.5$$

تابع را مربع سازید

$$f(x) = (-0.04x^2 + 0.4x + 2.5)^2$$

پس است

$$f(x) = 0.0016x^4 - 0.032x^3 - 0.04x^2 + 2x + 6.25$$

$$f(x) = \frac{0.0016x^2}{5} \cdot x^5 - \frac{0.032x^3}{4} \cdot x^3 + \frac{-0.04x^2}{3} \cdot x^3 + x^2 + 6.25x$$

برای شمردن حجم انتیگرا ل معین است :

سرلیک

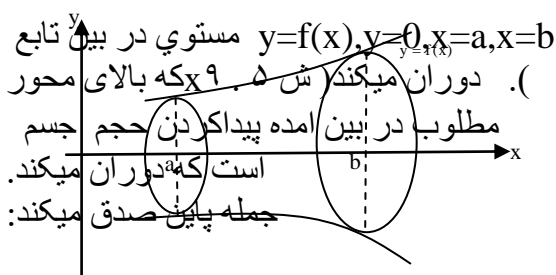
$$\begin{aligned} \pi \cdot \int_0^{10} (-0.04x^2 + 0.4x + 2.5)^2 dx &= \pi \cdot \int_0^{10} (-0.0016x^4 - 0.032x^3 - 2x + 6.25) dx \\ &= \pi \left[ \frac{0.0016}{5} \cdot 10^5 - \frac{0.032}{4} \cdot x^4 - \frac{0.04}{3} \cdot x^3 + x^2 + 6.25x \right]_0^{10} \\ &= \pi \left[ 32 - 80 - 13\frac{1}{3} + 100 + 62.5 \right]_0^{10} \\ &= \pi \cdot 101.167 \end{aligned}$$

واحد های حجم

ازین که ما در شوع به دیسیمتر شمردیم، پس طبعاً این به لیتر شمرده میشود..

$$= 317.824 \text{ liter}$$

تابع  $y=f(x)$ ،  $y=0$ ،  $x=a$ ،  $x=b$  مستوی در بین تابع  
 دوران میکنند ش ۵.۹ که بالای محور  
 مطلوب در بین آمده پیدا کردن حجم جسم  
 است که دوران میکند.  
 جمله پایین صدق میکند:



جمله ۵.۸) حجم جسم دورانی:

متممادی باشد، حجم جسم دورانی که در بین مستویها  $[a, b]$  در انتروال  $y=f(x)$  تابع  
 به وجود میاید این قرار زیل میباشند:  $y=f(x)$ ،  $y=0$ ،  $x=a$ ،  $x=b$

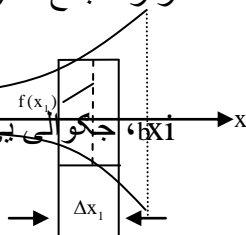
$$V = \pi \cdot \int_a^b [f(x)]^2 dx$$

از راه جمع استوانه ها که شعاع شان  $V$  حلبرای  $x_i$  بلندی شان  $f(x_i)$ دارد  $i=1, 2, 3, \dots, n$ .جگوالی بی  $f(x_i)$  لاری چی ورنه یی  $x_i$ لیاره لری  $i=1, 2, 3, \dots, n$  د

( 510 ش: )

-م میباشند: حجم استوانه

$$\Delta_i V = \pi \cdot [f(x_i)]^2 \cdot \Delta x_i$$



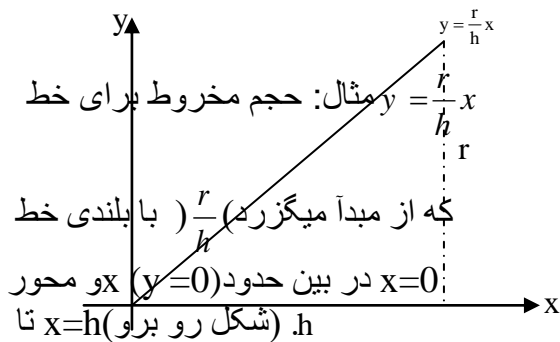


است:  $n$  جمع تمام استوانه های

$$V_n = \sum_{i=1}^n \Delta V_i = \sum_{i=1}^n \pi [f(x_i)]^2 \cdot \Delta x_i$$

( مطابق تعریف انتیگرال اولیه ) حجم  $n \rightarrow \infty, x_i \rightarrow 0$  ساختن قیمت‌های حدود

$$V = \pi \cdot \int_a^b [f(x)]^2 dx \text{ را میدهد.}$$



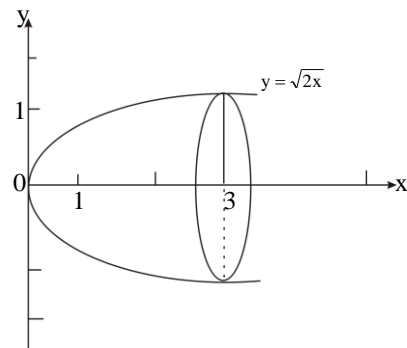
$$V = \pi \cdot \int_0^h \left[ \frac{r}{h} x \right]^2 dx = \pi \cdot \frac{r^2}{h^2} \cdot \frac{x^3}{3} \Big|_0^h = \frac{1}{3} \pi r^2 h.$$

این نتیجه معلوم می‌باشد از محاسبه اساسات.

مثال:

به  $x$  و بالای محور  $y = \sqrt{2x}$ ,  $y = 0$ ,  $x = 0$ ,  $x = 3$  حجم پارابولونید دورانی که در بین وجود آمده می‌باشد. ( شکل پایین )

$$\begin{aligned} V &= \pi \cdot \int_0^3 [\sqrt{2x}]^2 dx \\ &= 2\pi \cdot \int_0^3 x dx \\ &= 2\pi \cdot \frac{x^2}{2} \Big|_0^3 = 9\pi. \end{aligned}$$



### جمله ارشمیدس Archimedischer Satz

تناسب بین حجمهای استوانه، کره و مخروط:

$$V = 3 : 2 : 1 \text{ (استوانه) } V : \text{ (کره) } : V \text{ مخروط}$$

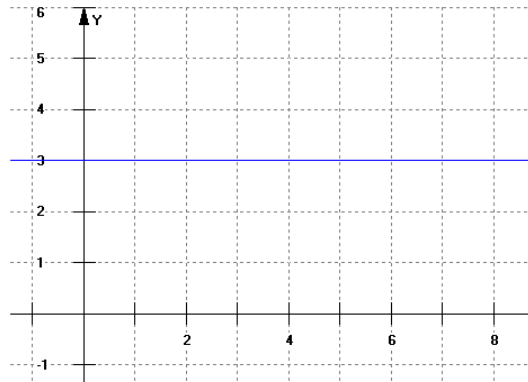
زک یوه درسي کتاب څخه 1886د



المانی بالا به دري: ارشمیدس کس اول بود که تناسب بالا را یافت، به این دلیل جمله که درین جا آمده به نام جمله ارشمیدس یاد میشود.

مثال ۵ . ۱۱ :

استوانه:



میباشد)  $f(x) = 3$  ( درین حالت  $x$  به محور  $f(x) = c$  استوانه از دوران تابع ثابت بدست می آید.

شمردن حجم یک استوانته:

حجم استوانه را شمردن شود. فرمول عمومی برای شمردن حجم  $[0;5]$  حالا در انتروال مییاشد.  $V = \pi r^2 \cdot h$  استوانه

قیمت تابع هم همان است.  $x$ . برای هر قیمت  $h=5$  و  $r=3$  درین حالت داریم

زیر مطالعه بگیریم و میخوایم یک  $r^2 \cdot h$  فقط  $V = \pi r^2 \cdot h$  از همه اول میخوایم از طریقه را بیافیم، که از آن طریقه به کومک انتیگرال حجم مطلوبه را شمردن بتوانیم. مساحت مستوی به کومک انتیگرال شمردن میشود.

$$\int_0^5 r dx = \int_0^5 f(x) dx$$

سرلیک

به  $f(x)$  اگر انتیگرال این مستطیلهای کوچک لایتناهی را بسازیم (مساحت مربع که به طرف صفر برود)، پس بدست می آید:  $dx$  ضخامت

$$\int_0^5 r dx = \int_0^5 [f(x)]^2 dx$$

این به معنی است که انتیگرال چیزی دیگری نیست به غیر که از فرمول بالای حجم استوانه شمرده شود. اگر این را از اول ضرب نمایم، پس به دست می آید:

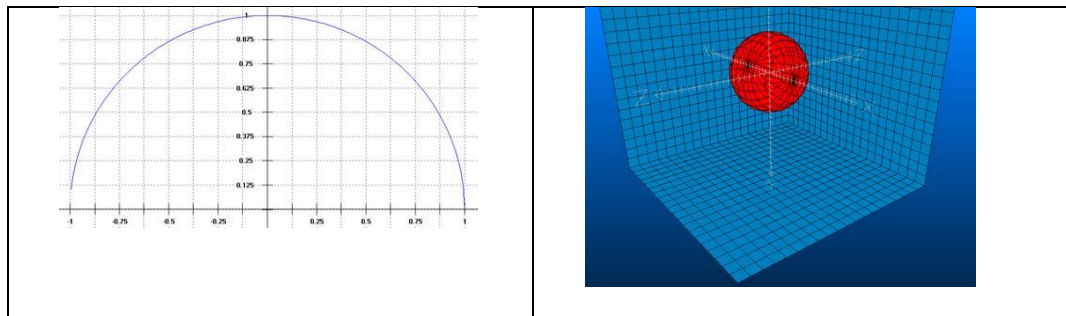
$$\pi r^2 h = \pi \int_0^5 [f(x)]^2 dx$$

حجم شمردن این استوانه داده شده:

$$\pi \int_0^5 [f(x)]^2 dx = \pi \int_0^5 [9(x)]_0^5 = \pi \int_0^5 [45 - 0]_0^5 = 45\pi$$

برای مقایسه:  $\pi r^2 h = 45\pi$

کره (غونډاری):



حجم کره را بی‌دون انتیگرال بنویسید.

حجم استوانه را بنویسید.

- حجم مخروط را بنویسید.

- هر سی حجمها را با هم مقایسه کنید.

کره به وجود می‌آید.  $x$  به محور  $f(x) = \sqrt{r^2 - x^2}$  از دوران تابع

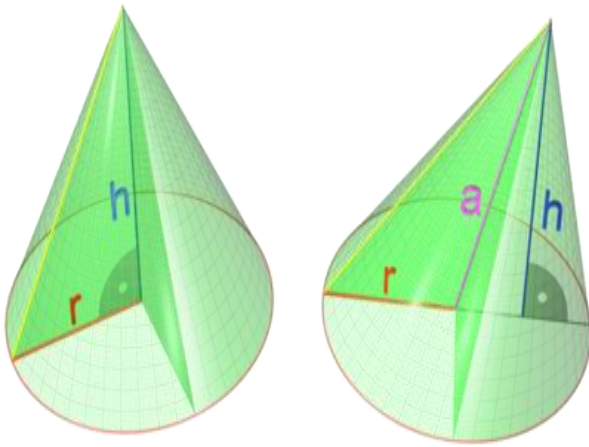
این تابع میتواند به پارچه‌های دایروی پارچه شود، تابع قطعه‌کننده افقی می‌باشد. از این پارچه‌ها میتواند حجم شمرده شود.  $q(x) = \pi[f(x)]^2$

درین مثال حجم شمرده شود، که بالای محور  $x$  از صفر تا صفر از دوران تابع  $f(x) = \sqrt{1^2 - x^2}$  به وجود می‌آید، یعنی در انتروال  $[-1;1]$ .

$$\pi \int_{-1}^1 [f(x)]^2 dx = \pi \left[ x - \frac{1}{3} x^3 \right] = \pi \left( \frac{2}{3} + \frac{2}{3} \right) = \frac{4}{3} \pi$$

**مخروط (Kegel (Geometrie)**

## سرلیک



این هم ممکن است، که یک مخروط را به  
n یک اهرام که از یک سطح اساسی که از

به لایتناهی n زاویه منظم محدود شده باشد)  
میرود) نزدیک کنیم.

حجم مخروط:

برای شمردن حجم مخروط مستقیم  
به کومک انتیگرال یک راه دیگری  
کومکی میباشد.

یک سیستم قیمت وضعیه به کار انداخته میشود، که به زریعه رأس مخروط در شروع  
(0|0) و نقطه مرکزی در نقطه (h|0) واقع باشد. حالا ممکن است، که مخروط را در  
فکر بگیریم که از یکجا شدن استوانه های کوچک لایتناهی به وجود آمده باشد، که بلندی  
( ضخامت) شان  $dx$  میباشد.

ازین بابت که فاصله پارچه های دایروی استوانه این قسم از رأس مخروط در سیستم قیمت  
وضعیه به  $x$  داده شده، از جمله شعاع ( در افغانستان به نام جمه تالس یاد میشود ) صدق  
میکند.

شعاع یک استوانه لایتناهی کوچک:

$$r z(h) = \frac{r}{h} \cdot x$$

حجم استوانه لایتناهی کوچک:

$$\left(\frac{r}{h} \cdot x\right)^2 \cdot \pi \cdot dx = \frac{r^2}{h^2} \cdot \pi \cdot x^2 dx$$

حجم تمام استوانه های کوچک این قسمی حجم تمام مخروط دورانی میباشد. برای شمردن  
شان انتیگرال معین به کار میبریم، با حدود انتیگرال  $h$  و  $0$  :

$$V = \int_0^h \frac{r^2}{h^2} \cdot \pi \cdot x^2 dx = \frac{r^2 \cdot \pi}{h^2} \int_0^h x^2 dx$$

$$V = \frac{r^2 \cdot \pi}{h^2} \cdot \pi \cdot \left[ \frac{x^3}{3} \right]_0^h$$

$$V = \frac{r^2 \cdot \pi}{h^2} \cdot \pi \cdot \left( \frac{h^3}{3} - \frac{0^3}{3} \right)$$

$$V = \frac{r^2 \cdot \pi}{h^2} \cdot \frac{h^3}{3}$$

ما ازین به فرمول مشهور ( که داشتیم ) میایم:

$$V = \frac{r^2 \cdot \pi \cdot h}{3} = \frac{1}{3} \cdot r^2 \cdot \pi \cdot h$$

$f(x)$  ( به طور مثال  $f(x) = mx$  دوران یک تابع خطی  $x$  دوران یک مخروط به محور  $x$  میباید.  $= 0,5x$  )

شمردن مخروط

درینجا اول حجم کوادر (مربع - ، مستطیل المکعب) را شمردن نمیتوانیم. درینجا چیزی  $dx$  که زیر گراف میباید به پارچه های کوچک پارچه کردن است که ضخامت شان دارد، به اسم تابع تقاطع افقی و  $f(x)$  میباید. مساحت این پارچه ها را بشمارید، که شعاع انتیگرال شان را بگیریید.  $[0;5]$  بعداً در انتروال داده شده

$$\pi \int_0^5 [f(x)]^2 dx = \pi \left[ \frac{1}{12} x^3 \right]_0^5 = 32.72$$

برای مقایسه کردن شکل حجم معیاری (ستاندارد) مخروط دیده شود.

$$\frac{1}{3} \pi r^2 h = 32.72$$

کوتاه :

## سرلیک

دوران داده شودو حجم که بدست می آید، که ما این  $y$  یا  $x$  اگر یک منحنی به محور  $y$  و به همین قسم  $x$  جسم را به پارچه های کوچک یا زون پارچه می کنیم، به ضخامت و این را به طور نزدیک مشابه به استوانه ها تبدیل می کنیم، پس به طور نزدیک،  $y$  مثل که در باره حجم پیش گفته شد، شکل زیر را بدست می آید:

$$V_x = \pi \cdot \int_{x_1}^{x_2} y^2 dx \quad \text{دوران به محور } x$$

$$V_y = \pi \cdot \int_{y_1}^{y_2} x^2 dy \quad \text{دوران به محور } y$$

مثال:

به محور های قیمت وضعیه دور می خورد.  $[0, 2]$  در انتروال  $y = x^2/4$  گراف تابع این جسم که ذریع دوران به وجود آمده چي قدر است؟

$$x \text{ دورا به محور } : y^2 = x^4/16, x_1 = 0, x_2 = 2$$

$$V_x = \pi \cdot \int_0^2 \frac{x^4}{16} dx = 0.4\pi$$

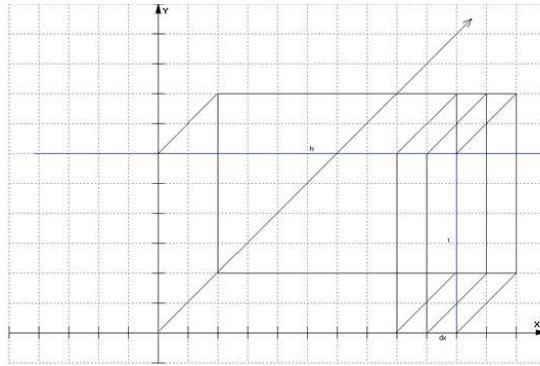
$$y \text{ دوران به محور } : x^2 = 4y, y_1 = 0, y_2 = 1$$

$$V_y = \pi \cdot \int_0^1 4y dy = 2\pi$$

حجم جسم نادرانی.

مستطیل- یا مربع المکعب (جسم شش ضلعي) Quader





این شکل که دیده میشود از استوانه برای ما معلوم است فقط حالا دوران نمیخورد. حجم شان میتواند به حیث مستطیلالکعب شمرده شود ( $V = r^2h$ ) و یا به مربع ضخامت  $dx$ ، که به طرف صفر میرود، پارچه شود. برای این سطح قاطع افقی شمرده شود، یعنی تابع قاطع افقی  $q(x)$  جور شود. بعداً انتیگرال شان باید گرفته شود. این به صورت عموم معنی زیر را دارد:

$$V = \int_a^b q(x) dx$$

درین مثال که تصادفاً تابع قاطع افقی مربع تابع (دژی، غاره، بغلی) میباشد:  $q(x) = [f(x)]^2$

اگر ما تابع  $f(x) = 3$  در انتروال از 0 تا 5 به تابع قاطع افقی انتیگرال نمایم، پس باید

$$\int_0^5 q(x) dx = [9x]_0^5 = 45 \quad \text{ما داریم: } V = r^2h = 45$$

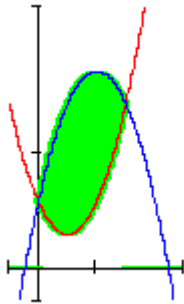
### نقاط مهم فصل

میباشد، پس این انتیگرال  $x$  طرف پایین محور  $y=f(x)$  اگر سطح حرکت منحنی تابع معین منفی میباشد. برای این که مساحت مثبت مستوی را بدست بیاوریم، قیمت مطلقه انتیگرال را میگیریم یعنی انتیگرال منفی.

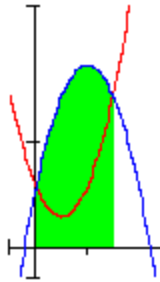
در بعضی از سوالات مساحت مستوی شمرده میشود، که در بین گراف دو توابع قرار داشته باشد.

سرلیک

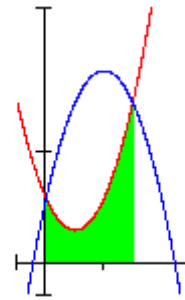
مساحت مستوي این قسمي میتوتند از طریق تفاضل انتیگرال معین شمرده شود. اگر باشد، پس از شیما زیر به پیش میرویم:  $x$  هر دو گراف بالای محور



A



$A_1$



$A_2$

$$A = A_1 - A_2$$

تناسب بین حجمهای استوانه، کره و مخروط:

$$V = 3 : 2 : 1 \quad V \text{ (استوانه)} : V \text{ (کره)} : V \text{ (مخروط)}$$

$f(x)$  ( به طور مثال  $f(x) = mx$  دوران یک تابع خطی  $x$  دوران یک مخروط به محور  $y$  میباید.  $= 0,5x$  )

دوران داده شود و حجم که بدست می آید، که ما این  $y$  یا  $x$  اگر یک منحنی به محور  $x$  جسم را به پارچه های کوچک یا زون پارچه میکنیم، به ضخامت  $y$  و این را به طور نزدیک مشابه به استوانه ها تبدیل میکنیم، پس به طور نزدیک،  $y$  مثل که در باره حجم پیش گفته شد، شکل زیر را بدست می آید:

$$V_x = \pi \cdot \int_{x_1}^{x_2} y^2 dx \quad \text{دوران به محور } x$$

$$V_y = \pi \cdot \int_{y_1}^{y_2} x^2 dx \quad \text{دوران به محور } y$$

کره به وجود می آید.  $x$  به محور  $f(x) = \sqrt{r^2 - x^2}$  از دوران تابع

این تابع میتواند به پارچه های دایروی پارچه شود، تابع قطعه کننده افقی میباشد. ازین پارچه ها میتواند حجم شمرده شود.  $q(x) = \pi[f(x)]^2$

تمرینات:

۱- سطح دربین  $y = f(x) = x^2$  و تابع معکوس شان را بشمارید.

۲- مساحت همان مستوی را بشمارید، که از مساوات منحنی های داده شده محدود باشد:

a)  $y = e^{0.5x}$ ,  $y = 0$ ,  $x = -2$ ,  $x = 2$ :

b)  $y = \frac{1}{2}x^3$ ,  $y = 0$ ,  $x = -2$ ,  $x = 2$ :]

c)  $y = \frac{1}{x^2}$ ,  $y = 0$ ,  $x = 9$ ,  $x = -3$ ,  $x = 3$ :

d)  $y = \cos x$ ,  $y = 0$

e)  $y = \cos x$ ,  $y = 0$ ,  $x = \frac{\pi}{2}$ ,  $x = \frac{5\pi}{6}$ :

f)  $y = \frac{1}{x}$ ,  $y = 0$ ,  $x = 2$ ,  $x = 4$ :

g)  $y = \left(\frac{x^2}{4} - 1\right)^2$ ,  $y = 0$ ,  $x = -2$ ,  $x = 2$ :

h)  $y = x^3 + 7$ ,  $y = 0$ ,  $x = 1$ ,  $x = 2$ :

i)  $y = x^3 + 7$ ,  $y = x^3 - x^2 + 3x + 5$ :

سرلیک

$$j) y = 3 - \frac{1}{2}x^4, \quad y = 3 - 4x:$$

$$k) y = \frac{1}{x}, \quad 3y + 3x = 10:$$

$$l) y = \cos x, \quad y = \sin x$$

$$m) y = \sqrt{3x+1}, \quad y = 1, \quad x = 8:$$

$$n) y = \frac{x^2}{4}, \quad y = \frac{8}{4+x^2}:$$

$$o) y = x^2, \quad x = y^2:$$

$$p) y = \frac{1}{6} \cdot \sqrt{x^3}, \quad y = 0, \quad x = 0, \quad x = 3:$$

دوران میخورد. حجمهای اجسام به  $x^3$  - گراف های توابع زیر هریک شان به محور وجود آمده را بشمارید.

$$a) f(x) = 2 + \sqrt{x}, \quad I = [0; 4] \quad b) f(x) = \frac{1}{2}(x-2)^2 + 1, \quad I = [2; 4]$$

دوران میخورد. حجمهای اجسام  $x^4$  - - گراف های توابع زیر هریک شان به محور به وجود آمده را بشمارید و به شمردن ساده انرا مقایسه کنید.

$$a) f(x) = -x + 5, \quad I = [0; 3] \quad b) f(x) = \frac{1}{2}x - \frac{1}{2}, \quad I = [1; 5]$$

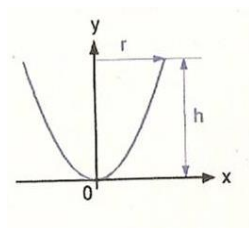
دوران میخورد. حجمهای اجسام به  $5y$  - گراف های توابع زیر هریک شان به محور وجود آمده را بشمارید.

$$a) f(x) = \sqrt{x}, \quad I = [0; 4] \quad b) f(x) = (x-2)^2, \quad I = [1; 3]$$

دوران میخورد. حجمهای اجسام به  $6y$  - گراف های توابع زیر هریک شان به محور وجود آمده را بشمارید. حجمهای اجسام به وجود آمده را به طور ساده بشمارید.

a)  $f(x) = x + 1$  ,  $I = [1;4]$       b)  $f(x) = -\frac{1}{2}x + 2$  ,  $I = [0;4]$

به محور سیموئری دوران پارابول یک جسم به وجود میاید. ثبوت کنید که حجم دارد.



$$v = \frac{\pi}{2} \cdot r^2 \cdot h$$

د ډاکتر ماخان ( میری ) شینواری چاپ او ناچاپی لیکنی:

په ډېره مننه، چې زما کتابونه به ټول [www.ketabto.com](http://www.ketabto.com) ته پورته شي.

1988 Vienna (Austria):

لومړی:

سرليک

H.K. Kaiser , M. Shinwari : Aproximation compact pological algebra :  
general algebra 6 ; Page 117 – 122 contributions to

1987 Vienna (Austria):

دويم:

Diss . Interpolation und Aproximation durch Polynime in Universalen Algebren .  
Uni. Wien

*Dissertation Interpolation and Aproximation by Polynome in universal Algebras,  
at the University of Vienna/Austria*

لاندي د شميرپوهني پښتوتول کتابونه په المان کې د ،، افغانستان کلتوري ودې ټولنه، له  
خوا چاپ شوي دي

2000 Bonn (Germany):

دریم: د شميرپوهني ستر کتاب : د شميرپوهني برسیره د انجنري، فزيک او اقتصاد  
لپاره ، همداسې د بنوونکو او زده کوونکو لپاره ( دا کتاب په ۹۰۰ مخونو کې چاپ  
او دا نوي ليکنه به يې ځنو ځايونو غزېدلې او ځني ځايونه ترې لرې شوي دي)

2003 Bonn (Germany):

څلورم: ځمکچپوهنه ( هندسه ) ، په سلو، زرو کې شميرنه، د گټې – او کټې د کټې  
شميرنه ، د احتمالي شمېرنه کتاب د بنوونځي ټولي اړتياوي پوره کوي

2003 Bonn (Germany):

پنځم: الجبرونه ( د الجبر بنسټونه دي)

2003 Bonn (Germany):

شپږم: د شميرپوهني انگرېزي – پښتو ډکشنري.

2003 Bonn (Germany):

اووم: د شمیرپوهني الماني - پښتو - او پښتو الماني ډکشنري

*Mathematical dictionary German/ Pashto and Pashto/German*

2003 Bonn (Germany):

اتم: دفرنخیال برابر وړون ( دا کتاب په دې څانگه کې یو پیل دی، ساده لیکل شوی)

*Differential equation Translation; An Introduction*

Bonn (Germany): 2003

نهم: د شمیر پوهني فرمولونو ټولگه

*Mathematical Formulas*

2003 Bonn (Germany):

لسم: شمیرپوهنه له عربي په پښتو

1997 Bonn (Germany):

یوولسم: د افغانستان په هکله سپینې خبرې: په المان کې

،، د افغانستان روغي او بیا ابادولو ټولنه،، له خو

یادونه: له ۲۰۰۰ کال دمخه ډاکتر ماخان شینواري د ،، د افغانستان روغي او بیا

آبادولو ټولنه،، له خوا درې ساسي مجلي هم را وستلي.

د ډاکتر ماخان ،،میري،، شینواري لیکني او ژباړې چې په چاپیدو یې پیل کیږي

2012 Bonn; Germany; Kabul Afghanistan

ژباړې:

: Prof. Brinkmann. (From Brinkmann.du.de)

لاندي د برينکمن ليکني چي له پرينکمن ن ج څخه ژباړل شوي دي.

- ۱ - شميرپوهنه د بنوونځي لپاره لومړی ټوک
- ۲ - شميرپوهنه د بنوونځي لپاره دويم ټوک
- ۳ - شميرپوهنه د بنوونځي لپاره دريم ټوک
- ۴ - د احتمالوالي شميرنه د بنوونځي لپاره
- ۵ - احصايه يا ستاتيستيک د بنوونځي لپاره

لاندي کتابونه د شتوتگارت د پوهنتون د استادانو د لکچرونو څخه چي د شتوتگارت پوهنتون ن ج څخه خپاره شوي را ژباړل شوي.

- ۶ - اناليزی ۱
- ۷ - اناليزي ۲
- ۸ - کرنبيز الجبر
- ۹ - د شميرپوهني بنسټونه
- ۱۰ - د فرمولونو ټولگه
- ۱۱ - فنکشنل اناليز
- ۱۲ - وکتور شميرنه

نوري ژباړې



۱۳ - له [www.grundstudium.info/linearealgebra](http://www.grundstudium.info/linearealgebra) څخه: کرنیز الجبر

۱۴ - Georg Gutenbrunner گونپوهنه یا د اعدادو تیوري

زما لیکنې

Bonn (Germany):

۱۵ - د شمیرپوهنې ستر کتاب دویم چاپ د پوره تغیراتو سره: دا کتاب د شمیرپوهنې برخې برسیره د

انجنري، فزیک او اقتصاد لپاره، همداسې د بنوونکو او زده‌کوونکو لپاره پوره کتور دی. په

کتاب کې د اړتیا سره زیاتونه او کونه راغلي

۱۶ - ځمکچپوهنه (هندسه) دویم چاپ د پوره تغیراتو سره

۱۷ - الجبر بنسټونه دویم چاپ له تغیراتو سره

۱۸ - پېرې پوهنه یا ست تیوري

۱۹ - د شمیرپوهنې سم اند (منطق ریاضي)

۲۰ - د یو څو شمیرپوهانو ژوندلیک

۲۱ - د شمیر پوهنې گډې وډې لیکنې

۲۲ - داهم ژباړه ده، خو لیکونکې یې متأسفانه راڅخه نابلد شوی: د مشتق او انتیگرال شمیرنو ته تمرینونه او اوبیوني یا حلونه یې

۲۳ - د شمیرپوهنې انگریزي پښتو او عربي + درې ډکشنري

۲۴ - د شمیرپوهنې پښتو انگرېزي ډکشنري

۲۵ - د شمیرپوهنې پښتو ډکشنري د شمیرپوهنیزو وییونو په پښتو روښانه ونه

سرليک

۲۶ - د زره له کومې (دا هغه ليکنې دي، چې ځنې يې په نړیول جالونو کې خپرې شوي دي).

۲۷ - د افغانستان په هکله سپينې خبرې، چې و به غزيرې.

نوري ليکنې، چې په ژباړه يې پيل شوی، خو لا پوره نه دي

- د شتوتکارت پوهنتون لکچرنوټونو څخه، چې د شتوتکارت پوهنتون ن ج څخه خپريږي:

د گروپونو تيوري

- د بنوونځي لپاره فزيک د برينکمن ليکنه

له پنځم ټولگي څخه تر اووم ټولگي پورې ژباړل شوی (دا چې زما دويم مسلک فزيک دی، دا ليکنې ژباړم. دا هم د دې ليکوال يوه ډېره بڼه ليکنه ده، چې د شميرپوهنې په څير-دلته هم زيات تمرينونه د حل يا اوبيوني سره په کې راغلي او ماته زيات گټور برېښي)

د بنوودځي کتابونه له ۷-م لکي څخه تر ۱۲-م ټولگي پورې.

۱ - د دولسم ټولگي شميرپ، هغه

زما ليکونه:

ډاکټر ماخان شينواری

Dr. Makhan Shinwari

Smakhan1946@gmail.com

د افغانستان اسلامي جمهوريت جمهور ريس جلاتماب

ډاکټر محمد اشرف غني ته په ډېر درنښت.

له هر څه د مخه دې بخښنه وي، چې ستاسو ډېر د ارزښت ټک وخت نيسم، خو دا راته ډېر اړين برينې او پرته له تاسو به يې څوک دومره جدي هم ونه نيسي.

پوهيرو، چې د پوهني وزارت د ولس د پوهني مغذ جوړوي، پوهه له همدې ځايه پيليري، چې بنسټ يې بايد سم وي. همداسې نصاب د يوه هيواد د پوهني مغذ دی، نو بايد همداسې ورته د هره اړخه په درنه سترگه او غور وکتل شي.

زه خبره را لنډوم او د افغانستان د نصاب ستونځو ته په لنډ ډول گوته نيسم او په همدې ډول ستونځوبيو يا د ستونځو حل ته يې.

ما د ۱۲ – ټولگي د پښتو او دري کتابونه وليکل او زه ترې المان ته لارم، قرارداد پای ته ورسيد. زما د کتابونو په ځای نور کتابونه چاپ شول، چې ناسم وو. په دې هکله د پوهني وزارت ته زما ليکنه مل ده. دا کتابونه ما بيا له سره ترتيب کړل (ليکنې مې يې درلودلې) او چاپ ته مې چمتو کړل، خو دا مې باور نه کيده، چې دا به بيا بې زما له شتون چاپ شي.

ما د کتابونو د ليکلو لپاره پېسي اخستي او دا ليکنې هم دا دی لرم، چې چاپ ته چمتو دي

ما چې دا نور کتابونه وکتل، نو دا مې لازم وگڼله، چې دا کتابونه هم زه له سره وليکم، مواد يې لرم، ځکه چې ما ډېر د شمير پوهني يا رياضي کتابونه ليکلي او ژباړلي (نږدې تر ۴۰ کتابونو پورې). د کتابونو منځپانگه د ښوونځي کتابونو لپاره هم پوره ده، تخنيکي کارونه يې بايد له يوه مسلکي کس سره سرته ورسول شي.

اوس مې يې په ليکلو او د ښوونځي لپاره په سمون پيل کړي دی.

زما ليکنې مسلکي ناسمون نه لري، معياري او د وخت د غوښتنو سره سمې دي، چې دا زما د اخرنیو اولس کالو د هڅو په اساس باوري ده.

زه څه کولی شم؟

دا چې په دې هکله بل کوم هيوادوال څه نه دي ويلي يا ليکلي، نو باور لرم، چې زه يواځنی کس يم چې دې ته مې فکر را اوښتی. زه دا څه چې ليکم دا په پوره مسؤليت ليکم.

ما چې دا څومره ليکنې کړي، دا زما د ارمان د پوره کولو لپاره دي او په دې هکله ځان د ولس پوروی بولم.

سرليک

که د دې کتابونو د لیکنې دنده راته وسپارل شوه، نو د کار میوه به مې وي او دا کار به په نړیوال معیار او بڼه توگه سرته ورسوم.

دا اخر یونیم کال مې یواځې د بنوونځي له کتابونو سره سر خورولی، چې د هر ځل لوستنې سره یې پوره زوریزم او د هر ځل لوستلو سره یې په ناسمون سر خوروم.

زه هیله لرم، چې دا وخت راته راگرئ، چې د افغانستان ریاضی معیاري کولو کې مرسته وکړم او نه دا چې مرسته وکړم بلکه معیاري یې کړم. دا کار مې لکه د مخه مې چې گوته ورته ونیوله هم کړی.

زه کړی شم، چې دا کار د المان څخه هم سرته ورسوم. که ماته دا وخت راکړ شو، نو زه به له حکومت څخه د معاش غوښتنه هم ونه کړم او دا کار زما له خوا ساده کیدونکی دی.

د بنوونځي د ریاضي لپاره به یو بنسټ کینوول شي، چې په هغې د راتلونکې وخت شمیرپوهنه یا ریاضي ابادېدی شي. دا بنسټیز مسلک به په نړیواله کچه سم شي.

زما مسئولیت مې په دې لیکنه سرته ورساوه.

له هر څه د مخه ستاسو له ستونځو مننه

ستاسو ډاکتر ماخان شینواری

د نصاب د کتابونو د ناسمون په ځنو برخو د نمونې لپاره لنډه څیرنه شوې، چې د دې لیک سره مل ده.

د پوهنې محترم وزارت ته زما لیکنه هم مل ده.

د ۲۰۱۳ زک لومړۍ نیمایي

ډاکتر ماخان شینواری

Dr. Makhan Shinwari

Lansbergerstr.3

5311- Bonn

Germany

smakhan1946@gmail.com

د افغانستان اسلامي جمهوريت د پوهني محترم وزير صاحب ته په ډېر درنښت!

ډېرو درنو!

غواړم دا لاندې دوه ټکي د تاسو محترم سره شريک کړم:

لومړی: ما له مارچ ۲۰۰۸ ز کال څخه تر دسمبر ۲۰۰۹ ز کال پورې د درسي کتابونو ليکنه کې ونډه لرله او د ۱۲-م ټولگي د شمير پوهني يا رياضي کتابونه مي په پښتو او دري وليکل.

ما دا څه موده د مخه د پوهني وزارت په ن ج پاڼه کې د ۱۲-م ټولگي د شمير پوهني ( رياضي) کتاب ولوسته، چې گورم هلته په کې زما د نوم درک هم نه شته.

دویم: د کتاب خوندېونې يا متن ته چې ننوتم، گورم، چې هغه څه چې ما ليکلي وو هغه يا نه شته او يا تخريب شوي دي.

ما په ډېر زور او د زړه خوراک سره د کتاب لومړی برخه يعني د ،، پولي ارزښت،، يا ليميت برخه وکتله، چې گورم، نو دا مې ترې لاس ته راوړه، چې دا نه رياضي ده او نه پښتو او هغه چا چې دا ليکلي نه دا چې په رياضي نه پوهيږي په پښتو هم نه پوهيږي.

زما په ليکنو کې نوبت:

دا بايد په گوته کړم، چې زما ليکنه په نړیوال معيار وه، چې منځپانگه يا متن يې طبعاً زه لرم.

لومړي: دا لومړي ځل دی، چې کتاب مي لومړی په پښتو او بيا په دري وليکه.

دويم: دا لومړی ليکنه وه، چې په ليکنه کې له ايراني کتابونو گټه نه وه اخستل شوي او ليکنه له الماني ادبياتو او داسې څه له انگرېزي ادبياتو رانيول شوي وه.

دريم: زما کتاب معياري ليکل شوی وو او ترې ښه ليکنې يې شونتيا نه لرله.

په لاندې توگه مي غوښتنه او هيله :

اول - زه بايد پوه شم چې ولې داسې شوي، چې زما نوم له کتاب څخه وتلي؟

که يواځې يوه ليکنه هم په کې زما پاتې وي، نو بايد زما نوم په کې وي. دا ماته له ما سره او زما د دوه کاله په دې لار کې د ستونځو گاللو له امله او نه اخر زما د علمي کار سره هم تيری برېښي؟

تاسو پوهيری، چې د ۱۲ - م ټولگي کتاب ليکلو لپاره ماډېرې پيسې اخستي او لپاره مي يې ښه کار کړی وو، چې لاس ته راوړنه يې بايد داسې نه وي.

دويم- د کتاب دا ليکلي لومړی او هم داسې سرسري دويمه برخه، چې ما لوستلي، د ښوونځيو لپاره د زغم نه دي.

زما وړانديز: دا کتابونه بايد راټول شي او بيا وليکل شي، ځکه چې په دې خو ليکونکي نه پوهيري، نو له دې امله نه ښوونکي پرې پوهيدی شي او نه زده کوونکي او د پوهيدلو معقول څه هم نه لري. دې ته گوته نيسم، چې په دې نورو کتابونوکې به هم ورته ستونځي وي، خو زما يې کتنه اوس د لاسه نه کيږي، ځکه چې .....

د داسې کتابونو لیکل او بنوونځیو ته وپشل د پوهنې وزارت لپاره توهین دی.

زه له دې امله د کوچني اختر وروسته کابل ته درځم او هیله لرم، چې د هرچا لومړی له تاسو سره وگورم. زه به د اگست په ۱۷ یو ځل وزارت ته درشم.

یادونه: ما په دې اخرو څو ورځو کې د کتاب ډېر ځایونه داسې ځغلند وکتل، باور وکړی، چې د هرې موضوع د لوستلو سره زورېدلی یم.

زه به په دې هکله – که لوي څښتن کول- له تاسو سره په کابل کې وغږیږم.

له هر څه د مخه له تاسو ستاسو له ستونځو مننه

ستاسو ډاکتر ماخان شینواری

یوه هیله

زه د افغانستان د ټولو ن ج ، نورو پانو او رادیو تلویزیونو څخه هیله لرم، چې دا زما لیکنه گرانو لوستونکو ته وړاندې او په نورو اړونده لیکنو هم همدا مرسته وکړي.

د ریاضي کتابونو د چاپ مخه ونیول شي

ولې؟

## سرليک

په دې نږدې څو میاشتو کې د نصاب کتابونه بیا چاپ ته وړاندې کيږي او گومان مې دی، چې داسې د معیار سره سم سمون به په کې نه وي راغلی، نو له دې امله یې د چاپ مخنیوی اړیږي او په همدې ډول یې سمون هم اړین دی، چې په لاندې کې یې ستونځو او ستونځوبيو (د ستونځو حل) ته هم گوته نیسم.

زه د شمیرپوهنې ټول د نصاب پوهانو ته درناوی لرم او هیله ده، چې دا لیکنه شخصي وه نه نیسي.

-- ما له نږدې ۱۹۹۸ زک وروسته د شمیرپوهنې په کتابونو پیل وکړ، چې تراوسه مې نږدې څه کم څلوېښت کتابونه لیکلي، چې له جملې یې له شلو ډېر چاپ او نور ناچاپ دي. د دې کتابونو ۱۴ غوره یې په [www.kitabtoon.com](http://www.kitabtoon.com) (دې پاڼه کې اوس نه شته) کې خپاره شوي او همداسې له ما څخه شمیرپوهنې ته ځانگړې شوي پاڼه کې تر ۲۵ کتابونو ن ج ته پورته شوي او دا نور به هم په خپل وارن ج ته پورته شي. زما پاڼه [smakhan.wordpress.com](http://smakhan.wordpress.com)

دا زمان ج پاڼه په نا بنکلي ډول یواځې زما د شمیرپوهنې کتابونو ته ځانگړې شوي، چې زما زیات کتابونه په کې خپاره شوي او نور به هم په کې خواره شي. پاڼه بنکلي نه، خو خپله موخه پوره کولی شي او موږ ټولو سره مرسته کولی شي، چې شمیرپوهنه په گډه سمه او معیاري کړو.

گرانو هیوادوالو!

افغانستان دې اوږدې جگړې په هر اړخ کې بې ساری زیانمن کړی او همداسې په پوهنیز اړخ کې هم. د افغانستان نصاب هم له دې ناخوالو بې برخې نه دی پاتې شوی.

لکه څنګه چې پوهنه د هیواد مغذ جوړوي، همداسې نصاب د پوهنې مغذ دی، نو له دې امله زیاته پاملرنه هم غواړي.



ما په نصاب کې د دولسم ټولګي پښتو او درې کتابونه وليکل، د قرارداد وخت پوره شو، پېسې مې واخستلې او زه ترې لارم، چې متأسفانه له ما ليکلي کتابونه چاپ نه شول – علت يې دا وو، چې ګران ليکونکي يا ليکونکي وښايي، چې دوي دا کار ښه کوي، نو ولې دا د هيواد دباندي افغانان دې دې کار ته راوبلل شي- او په ځای يې متأسفانه ناسم کتابونه چاپ شول. په دې هکله مې په ۲۰۱۲ ز ک کې پوهنې وزارت ته يو ليک هم ليړلی وو، چې

ما متأسفانه چې پوره ناوخته دا نور د ښوونځي چاپ کتابونه وکتل او دې نتيجې ته ورسيدم، چې د رياضي کتابونه بايد سم او معياري چاپ شي او نه دا ناسم بيا چاپ شي.

دا وړانديز ولې ما په نصاب کې نه دی کړي؟

په خواشینی سره به ووايم، چې د کار په سر کې مسئولو چې په کار پوه نه وو، بل څوک هم کار ته نه پرېږدي او د چا خبره د چا غور ته هم نه رسيري. ما په همغه وخت کې هم د ټولو ليکنو لپاره وړانديزونه لروده او هلته مې ورته چاپ او په ميز ايښودلي وو، خو چا نه غوښتل ګټه ترې واخلي او يا يې ترې د ګټې اخستلو توان نه لاره.

ما ته د هغو د ليکنې متود ښه ونه برېښيده، ځکه چې استادان د دارنگه ليکنو سره بلد نه دي، نو له دې امله د پوهنې متن سره له هغې څو واره زياتې ځنګيزې ليکنې کوي، چې موخه ور نه دي.

ما چې پتيل، چې د کتابونو د چاپ مخه بايد ونيول شي، نو دې ته مې هم چمتووالی بايد ښوولی وي، چې د کتابونو معياري او سم ليکلو امکان هم بايد شته وي.

دا امکان شته. ما دا کار سرته رسولی، کتابونه مې ټول داسې خام پوره کړي، چې زياتو برخو ته يې، څو واره وړانديزون هم شته.

## سرليک

که د کتابونو د چاپ کار باید ډېر په بیره وشي، نو دا کار هم کیدونکی دی، خو باید څو تخنیکي کسان د مرستې لپاره چمتو وي.

د چاپ کتابونو په ناسمون مي ليکنه کړې، چې گران لوستونکي يې په [smakhan.wordpress.com](http://smakhan.wordpress.com) کې لوستلی شي او که ن ج ته پورته نه شو، نو مینه وال او په دې هکله ليوال يې د برېښنا پټي له لارې لاس ته راوړی شي..  
ما د هر کتاب څخه لږ تر لږه يوه برخه داسې د نمونې په څير څيرلې.

د دې لپاره چې د شميرپوهنې مینه وال گران لوستونکي په ستونځو وپوهيږي، نو اړين بولم، چې د بنوونځي کتابونه هم وگوري او اړونده موضوعگانې زما د چاپ او ناچاپه ليکنو سره پرتله کړي (کتابونه په پورته ن ج کې شته دي، چې ځنې يې راکښته کيدی شي او هم يې هلته گران لوستونکي لوستلی شي).

زه په دولت کې او له دولت دباندې د ټولو اغيزمنو هيوادوالو څخه هيله کوم، چې په دې لار کې له ما او له دې لارې زموږ د ځوان راتلونکي سره مرسته وکړي او د شميرپوهنې معياري کولو او سمون امکانات راته چمتو شي.

زما د کار دوه امکانات شته:

لمړی: دا کار زه کړی شم، چې له المان څخه هم سرته ورسوم او په ښه توگه، په دې حالت کې به زه د زحمت په مقابل کې له اجورې - د ځوانانو سره د مرستې له امله - تير شم.

دويم: په افغانستان کې که دا کار سرته ورسيري، دا به گټور وي، ځکه چې په افغانستان کې به په ټولو خواوو کاروشي.

داڅه وروستی خبرې ما هم رامخ ته کړې.

په لاندې کې زما لیکنې د افغانستان اسلامي جمهوریت جمهورر ریس جلالتمآب اشرف غني او د پوهنې محترم وزارت ته لیک کې هم لوستلی شی او هیله مي ده، چې ویئ لولی.

ستاسو له گڼو مشورو به ډېر مندوی یم.

زما د برېښنا لیک پته: [smakhan1946@gmail.com](mailto:smakhan1946@gmail.com)

ستاسو ماخان

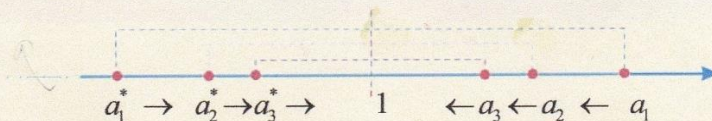
## د نصاب د دولسم ټولگي کتاب ناسمونونو ته کتنه:

لومړي: په دولسم ټولگي کې پیل له ترادفونو شوی او په سر کې یې دوه ترادوفونه راوړي او دا یې بیا په یوه گراف یا کرښه د بنې او کینې لورې یوې پولې ته ځغولې.

د کتاب ۳ - م مخ

**پایله:** لیدل کېږي، چې د  $a_n$  ترادف له بنې لوري څخه د 1 او د  $a_n^*$  ترادف له کینې لوري څخه د 1 عدد ته د  $n$  په زیاتېدو سره نږدې کېږي، یعنې:

- د  $a_n$  ترادف کله چې  $n$  بې نهایت ته تقرب وکړي، مساوي په (1) سره کېږي او همداشان د  $a_n^*$  د ترادف  $n - 1$ م حد که  $n$  بې نهایت ته نږدې شي هم مساوي له (1) سره کېږي.



ددې لپاره چې د لېمیت مفهوم مو ښه څرگند کړی وي، په لومړي پړاو کې هغه په څو ترادفونو کې د گراف په پام کې نیولو سره تر څیړنې لاندې نیسو.

سرلیک

زه پوهیرم، چې دا کار دې درنو لیکوالانو ولې کړی؟

له همدې پیله روښانېږي، چې محترم لیکونکي د درس سره کومه بلدتیا نه لري.

په پورته کې دا دوه پرلپسې هیڅکله له ( ۱ « سره نه برابریږي، لکه ښاغلی لیکوال چې لیکي.

پسې یې بیا د پرلپسې یا ردیفونو لپاره بیل بیل گرافونه کښلي.

په پرلپسېو یا ردیفونو کې چې مور لیمېت راوړو، نو موخه ترې د پرلپسې کونورگنت او ډیورگنت دي. په پرلپسې کې اړین نه ده، چې د کونورگنت حالت کې دې پرلپسې له دواړو لورو پولې ته لار شي، خو داسې پرلپسې شته او هغه یو ترادف دی نه دوه.

دویم: دا لاندې څه چې راغلي، هم کوم درس پورې اړوندوالی نه لري، همداسې څه یې لیکلي. دی د ناسم د ترادف درس څخه سملاسي داسې یوې موضوع ته راغلی او بیا د ښي او کین لوري لیمیت ته راځي او که وکتل شي، نو په لیکنو کې کوم توپیر نه شته. دلته د زده کړې څه نه لیدل کیږي او دا اخره کرښه یې داسې ده، چې په دې موضوع کې کومه پوهه هم نه لري.

که چیرې دا ټیک هم وي، نو ځای یې بې ځایه ځکه راوړي، چې د ښی او کینې لور لیمتونه، چې هلته هم ناسم دي، په اووم مخ کې څیرل (که چیرې څیرنه یې وبولو)

په لاندې کې ،، د متحول تقرب،، یعنی څه؟ دا هیڅ مفهوم یا ترې پوهیدنه نه لري. که ...  
ترادف وي هم باید د ترادف په ډول ولیکل شي او که تابع وي هم باید د تابع په ډول  
ولیکل شي.

**د متحول تقرب:** ویل کېږي چې د  $x$  متحول د  $a$  عدد ته تقرب کوي، په داسې حال کې چې  $x$  په اختیاري ډول د  $a$  عدد ته نږدی کېږي، یعنې د  $x$  او  $a$  ترمنځ تفاوت له هر کوچني عدد ( $\delta > 0$ ) څخه کوچني دی یا په لاندې ډول:

$$\forall \delta > 0: |x-a| < \delta \quad \text{یا} \quad \lim_{x \rightarrow a} x = a \quad \text{یا} \quad x \rightarrow a \quad \text{یا} \quad |x-a| \rightarrow 0$$

له بني لوري د متحول تقرب: ( $x \rightarrow a^+$ ) که چیرې د  $x$  د قیمتونو یو متناقص ترادف موجود وي په داسې حال کې چې په تدریجي ډول د  $a$  اختیاري عدد ته نږدی شي.

$$x: a+0.1, a+0.01, a+0.001, a+0.0001, \dots \rightarrow a^+$$

له کین لوري د متحول تقرب: ( $x \rightarrow a^-$ ) که چیرې د  $x$  د قیمتونو یو متزاید ترادف موجود وي په داسې حال کې چې  $x$  په تدریجي ډول د  $a$  اختیاري عدد ته نږدی شي.

$$x: a-0.1, a-0.01, a-0.001, a-0.0001, \dots \rightarrow a^-$$

نو د  $x$  د متحول تقرب د  $a$  عدد ته معادل دی د  $x$  د متحول تقرب له بني لوري او د  $x$  د متحول تقرب له چپ لوري؛ یعنې:

$$x \rightarrow a \Leftrightarrow (x \rightarrow a^+, x \rightarrow a^-)$$

د

$$\forall \delta > 0: |x-a| < \delta \quad \text{یا} \quad \lim_{x \rightarrow a} x = a \quad \text{یا} \quad x \rightarrow a \quad \text{یا} \quad |x-a| \rightarrow 0$$

ډول لیکنو سره گران لیکونکي بلدتیا نه لري او نه داسې څه د مخه راغلي، چې روښانه شوي وي

داسې لیکنې د بنوونځیو لپاره ستونځمنې دي. له دې امله ما هم په خپلو لیکنو کې نه وي راورې. گورو چې د کتاب ناسموونکي هم دا څه ناسم یا بي له تشریح کارولي.

په دې هکله زما لیکنه په لاندې کې شته.

دریم: په لاندې تعریف کې د پوهیدلو څه نه شته او په دې ریاضیکي تعریف خو نه پوهیږي، ځکه چې په لاندې یې د پوښتنې د حل نتیجه راوستلې او دا بحث له دې سره په رښتیا کې هیڅ سر او کار نه لري.

سرلیک

تعریف: که چیرې د  $f(x)$  تابع په یوه غیر ترلي انټروال کې چې د  $a$  عدد په هغې کې گڼون لري کیدای شي چې تابع په  $a$  کې نه وي تعریف شوی. که چیرې د  $x$  متحول د  $a$  عدد ته نږدی شي نو د  $f(x)$  تابع د  $l$  عدد ته نږدی کېږي، نو ویل کېږي چې د  $f(x)$  تابع لېمیت عبارت له  $l$  څخه دی، کله چې د  $x$  متحول د  $a$  عدد ته تقرب وکړي نو داسې یې لیکو:  $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = l$  یا  $f(x) \rightarrow l$  چې  $x \rightarrow a$

$\forall \epsilon > 0 \exists \delta > 0 : |x-a| < \delta \Rightarrow |f(x)-l| < \epsilon$   
 $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = l \Leftrightarrow (|x-a| \rightarrow 0 \Rightarrow |f(x)-l| \rightarrow 0)$

دا سومبولونه  $\forall$  او  $\exists$  نه دي بنوول شوي، چې څه شی دی او څه بلل کېږي.

بناغلي لیکونکی په اووم مخ کې بیلگه راوړي او بیا دا بنايي، بني او کيني لوري لېمیت يې شمیري.

باید د  $\lim_{x \rightarrow 3} \frac{x^2 - 9}{x - 3} = 6$  لپاره  $x \neq 3$  ولیکي، چې هلته فنکشن تعریف نه دی. دی بیا په ناسمه توگه په جدول کې لیکي. دا چې دا باید څنگه ولیکل شي، زما په لیکنو کې شته.

دویمه بېلگه: و بنیې چې  $\lim_{x \rightarrow 3} \frac{x^2 - 9}{x - 3} = 6$  سره دی.

حل: د بنیې او کینې خوا لېمیتونه تر څپرې لاندې نیسو:

x	3.5	3.1	3.01	3.001	...	3 <sup>+</sup>
f(x)	6.5	6.1	6.01	6.001	...	6

$\Rightarrow \lim_{x \rightarrow 3^+} \frac{x^2 - 9}{x - 3} = 6$

x	2.5	2.9	2.99	2.999	...	3 <sup>-</sup>
f(x)	5.5	5.9	5.99	5.999	...	6

$\Rightarrow \lim_{x \rightarrow 3^-} \frac{x^2 - 9}{x - 3} = 6$

لیدل کېږي چې د بنیې خوا او کینې خوا لېمیتونه سره مساوي دي، نو  $\lim_{x \rightarrow 3} \frac{x^2 - 9}{x - 3} = 6$  دي.

په پورته کې x د 3 قیمت نه شي اخستلی، هلته فنکشن تعریف نه دی، نو له دې امله په جدول کې، نه د بنیې لورې او نه د کینې لورې دا ارزښت 3 اخستلی شي، هلته 3 ته ور نږدې کېږي.

د بیلگې حل یې هم بیا سم نه دی کړي، په هغه ورسره بلده لار.

دا هغه د کاغی او د زرکې خبره ده.....

**دویمه طریقه:** د لېمیت د تعریف په پام کې نیولو سره فرضوو چې د هر اختیاري کوچني عدد  $\epsilon$  لپاره یو  $\delta$  شتون لري داسې چې:

$$\forall \epsilon > 0 \quad \exists \delta > 0 : |x - a| < \delta \Rightarrow |f(x) - l| < \epsilon$$

$$|x - 3| < \delta \Rightarrow \left| \frac{x^2 - 9}{x - 3} - 6 \right| = \left| \frac{(x - 3)(x + 3)}{x - 3} - 6 \right| = |x + 3 - 6| = |x - 3| < \epsilon$$

$$\Rightarrow \epsilon = \delta$$

د بیلگې د حل نتیجه

$$\epsilon = \delta$$

دا د دی بحث سره سر او کار نه لري یعنې دا مو موخه نه ده، نو باید ووايم، چې دروند لیکونکي د موضوع څخه بوي هم نه وړي. (بخښنه دې وي، که زما لیکنې داسې لږ توندې برېښي)

## سرلیک

او بی ځایه مخ ته ځي، چې څه ترې پوهیدل کیري هم نه.

له پورتنی اړیکې څخه دا معلومېږي چې  $\varepsilon$  له  $\delta$  سره اړیکه لري، که  $\delta$  ته قیمت ورکړو  $\varepsilon$  قیمت اخلي او که  $\varepsilon$  ته قیمت ورکړو  $\delta$  قیمت اخلي، بنا پر دې هغه تعریف چې د لېمیت لپاره موجود دی سم دی او تابع لېمیت

$$\lim_{x \rightarrow 3} \frac{x^2 - 9}{x - 3} = 6 \text{ لري، یعنې:}$$

دې پورته ته په لنډه توګه زما نوره لیکنه او ټیکاوې:

د کتاب په پیل کې راوړل شوي د مترادف یا پرلپسې موضوع باید د یوولسم ټولګي کتاب کې پوره څیړل شوي وي، مګر هلته یې یواځې دا نومونه راوړل شوي او نور لیکونکي — بی له دې، چې د موضوع اړین څه راوړي — له موضوع څخه تیر شوي.

د دې موعوع څخه موخه د مترادف پولي ته تلنه یا کونورګنت او له پولي اووښتنه یا ناپای ته تلنه یا ډیورګنت او... دي، چې بی له دې په رښتیا کې د مترادف یا پرلپسې څیړنه کوم غوره والی یا اهمیت نه لري، یعنې خپله موخه له لاسه ورکوي. دا د یوولسم ټوګي د مترادف درس، نو په رښتیا کې خپل غوره والی او اړینوالی له لاسه ورکوي. نور سموالي او ناسمالي ته یې ګوته نه نس، همدا بسیا کوي، چې څه په کې نه دي ویل شوي یا لیکل شوي.

د ۱۲ — م ټولګي کتاب ته:

یادونه: دا چې ګومان کیري د داسې لیکنو سره به بلدتیا لږ وي، نو تشریح به راڅخه لږ ډېره شي.

د ،، پوله ارزښت،، په څیره کې بنسونه





که  $(a_n)_{n \in \mathbb{N}}$  د حقیقي اعدادو (گڼونو) ترادف یا پرلپسې وي، نو عدد  $a \in \mathbb{R}$  د دې ترادف یا پرلپسې پوله ارزښت بلل کيږي او پرلپسې  $a$  ته کونورگیر کيږي یا  $a$  ته هڅيږي یا نږدې کيږي، که د هر  $\varepsilon > 0$  لپاره په انټروال  $(a - \varepsilon, a + \varepsilon)$  کې له یوه اندکس یا پیژند نخښې اخوا یا وروسته یا پسې د پرلپسې یا ترادف ټول غړي (دوي یې حدونه یا جملې بولي، نه پوهیږم ولې؟) د انټروال په دننه کې او فقط پای ډېر غړي له انټروال څخه دباندې پراته وي.

( دنورې اوږدې روښانه ونکې شننې څخه تیريږم )

لنډ پیژند یې:

عدد  $a \in \mathbb{R}$  د ترادف  $(a_n)_{n \in \mathbb{N}}$  پوله بلل کيږي، که د ټولو  $\varepsilon > 0$  لپاره یو طبیعي یا پیداښتي عدد  $N$  شتون ولري، داسې چې  $|a_n - a| < \varepsilon$  پاور ولري، که  $n \geq N$ . وي.

دا پیژند راکوي، چې: د هر  $\varepsilon > 0$  لپاره یو ایندکس  $N$  شته، داسې چې له دې ایندکس یا پیژندنځښې وروسته د پرلپسې (ترادف) ټول غړي د  $\varepsilon$  څخه په کم واټن له  $a$  لري پراته دي یعنې له  $\varepsilon$  څخه چې  $a$  ته څومره نږدې دی دا نور هم  $a$  ته نږدې دي.

د  $(a_n)_{n \in \mathbb{N}}$  د پولې ارزښت لیکلو لپاره خپل ځانله سومبول لرو:  $\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = a$

د دې لیکدود سره سم د یوې پرلپسې پوله ارزښت تعریف داسې رالاندولی شو:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} a_n = a \iff \forall \varepsilon > 0 \exists N \in \mathbb{N} \forall n \geq N : |a_n - a| < \varepsilon$$

د داسې لیکنو لپاره د  $\varepsilon$  ( لوستل: ایپسیلون) توری ورځنی یا مروج شوی.

**بیلگه:**

سرلیک

په یوه بیلگه کې یې روښانه کوو:

د دې لپاره چې د  $\frac{1}{n}$  پرلپسې یا ردیف و 0 ته کونورگنت وښایو، یو د مخه ورکړ شوي  $\varepsilon$  ته یوه په خوبنه طبیعي عدد یا گڼ  $N$  ټاکو، چې له  $\frac{1}{\varepsilon}$  لوی وی، نو د ټولو  $n > N$  لپاره باور لري:

$$|a_n - 0| = \frac{1}{n} < \frac{1}{N} < \varepsilon$$

موضوع اوږدولی نه شم، ځکه چې دا یو درس نه دی، دا فقط په موضوع داسې لږ رڼا اچونه ده.

د فنکشن پوله ارزښت:

یادونه: د دې ۱۲ - م ټولگي د درس دا هغه اصلي موضوع ده.

د فنکشن پوله ارزښت په لاندې توگه پیژنو یا تعریفوو:

پیژند: د فنکشن  $f$  پوله ارزښت، د  $x$  لپاره چې  $p$  ته نږدې کیږي،  $L$  دی او داسې یې

$$\lim_{x \rightarrow p} f(x) = L$$

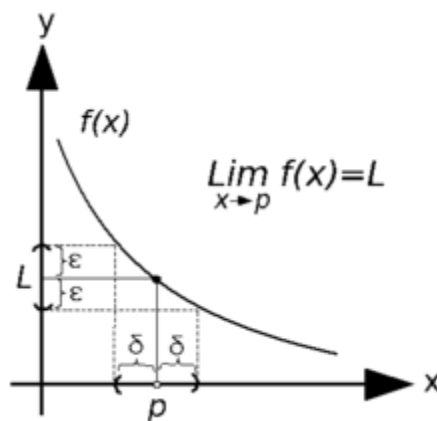
لیکو:

لوستل یې هم همداسې دي لکه پورته تعریف

داسې یې شمیرپوهنیز لیک دود باندې تعریفوو:

فنکشن  $f$  پوله ارزښت  $L$  لري، که د هر  $\varepsilon > 0$  لپاره یو  $\delta > 0$  شتون ولري، داسې چې د هر  $x$  لپاره د  $0 < |x-p| < \delta$  سره  $|f(x)-L| < \varepsilon$  هم باور ولري.

د پورته شمیرپوهنیز یا ریاضیکي فنکشن پوله ارزښت لپاره لاندې څیره



پورته دوه تعريفونه برابر ارزښته دي يعنې له يوه څخه بل لاس ته راځي او په څټ يا برعکس يعنې لیکو:

تعريف: د فنکشن  $f$  پوله ارزښت، چې  $x$  و  $p$  ته نږدې کيږي،  $L$  دی، ټيک هلته يا هلته او هلته يا هلته او په څټ، يا له دې لاس ته راځي او په څټ يا برعکس چې د هر  $\epsilon > 0$  لپاره يو  $\delta > 0$  شتون ولري، داسې چې د هر  $x$  لپاه د  $0 < |x-p| < \delta$  سره  $|f(x) - L| < \epsilon$  هم باور ولري.

دلته هم په همدومره بسيا کوو، که څه هم روښانه کيدل نورې شننې ته هم اړتيا لري.

دې ته دلته په اخر کې بيا گوته نيسم، چې دا شميرپوهنيز يا رياضیکي ډول ليکنې ستونځمنې دي او بايد ترې تير شو، د ترادفونو او فنکشنونو لپاره.

دا نور پاتې درس هم په همدې ترتيب گران ليکونکي ليکلی چې زه نور پرې نه غبريم.

دا بسيا کوي، چې کتاب د بنوونځيو څخه راټول شي او له سره وليکل شي.

ستاسو له سرې سيني څخه — که ومو لوسته- ډېره مننه.

ستاسو ډاکتر ماخان شينواری.

د ډاکټر ماخان شينواري چاپ شوي ليکنې:

1988 Vienna (Austria):

لومړی:

H.K. Kaiser , M. Shinwari : Aproximation compact pological algebra : contributions to general algebra 6 ; Page 117 – 122

1987 Vienna (Austria):

دویم:

Diss . Uni. Interpolation und Aproximation durch Polynime in Universalen Algebren .  
Wien

*Dissertation at the Interpolation and Aproximation by Polynome in universal Algebras,  
University of Vienna/Austria*

لاندي د شميرپوهني پښتوتول کتابونه په المان کې د ،، افغانستان کلتوري ودې ټولنه، له خوا چاپ شوي دي

2000 Bonn (Germany):

دریم: د شميرپوهني ستر کتاب : د شميرپوهني برسیره د انجنري، فزيک او اقتصاد لپاره ، همداسي د بنوونکو او زده کوونکو لپاره ( دا کتاب په ۹۰۰ مخونو کې چاپ او دا نوي ليکنه به يې ځنو ځايونو غزېدلې او ځني ځايونه ترې لرې شوي دي)

2003 Bonn (Germany):

څلورم: ځمکچپوهنه (هندسه) ، په سلو، زرو کې شميرنه، د کټي – او کټي د کټي شميرنه ، د احتمالي شميرنه کتاب د بنوونځي ټولي اړتياوې پوره کوي

2003 Bonn (Germany):

پنځم: الجبرونه (د الجبر بنسټونه دي)

2003 Bonn (Germany):

شپږم: د شمير پوهنې انگرېزي - پښتو ډکشنري.

2003 Bonn (Germany):

اووم: د شمير پوهنې الماني - پښتو - او پښتو الماني ډکشنري

*Mathematical dictionary German/ Pashto and Pashto/German*

2003 Bonn (Germany):

اتم: دفرنځيال برابرون (دا کتاب په دې څانگه کې يو پيل دی، ساده ليکل شوی)

*Differential equation Translation; An Introduction*

Bonn (Germany): 2003

نهم: د شمير پوهنې فرمولونو ټولگه

Mathematical Formulas

2003 Bonn (Germany):

لسم: شمير پوهنه له عربي په پښتو

1997 Bonn (Germany):

يوولسم: د افغانستان په هکله سپيني خبرې: په المان کې

،،د افغانستان روغې او بيا ابادولو ټولنه،، له خو

يادونه: له ۲۰۰۰ کال دمخه ډاکتر ماخان شينواري د ،،د افغانستان روغې او بيا ابادولو

ټولنه،، له خوا درې ساسي مجلې هم را وستلي.

سرليک

د ډاکټر ماخان،،ميری،، شينواري ليکنې او ژباړې چې په چاپيدو يې پيل کيږي. دا هم چاپ سوي.

2012 Bonn; Germany; Kabul Afghanistan

ژباړې:

: Prof. Brinkmann. (From Brinkmann.du.de)

لاندي د برينکمن ليکنې چې له پرينکمن ن ج څخه ژباړل شوي دي.

۱ - شمير پوهنه د بنوونځي لپاره لومړی ټوک

۲ - شمير پوهنه د بنوونځي لپاره دويم ټوک

۳ - شمير پوهنه د بنوونځي لپاره دريم ټوک

۴ - د احتمالي شميرنه د بنوونځي لپاره

۵ - احصايه يا ستاتيستيک د بنوونځي لپاره

لاندي کتابونه د شتوتگارت د پوهنتون د استادانو د لکچرونو څخه چې د شتوتگارت پوهنتون ن ج څخه خپاره شوي را ژباړل شوي.

۶ - اناليزی ۱

۷ - اناليزي ۲

۸ - کر بنيز الجبر

۹ - د شمير پوهني بنسټونه

۱۰ - د فرمولونو ټولگه

۱۱ - فنکشنل اناليز

۱۲ - وکتور شميرنه

۱۳ – له [www./grundstudium.info/linearealgebra](http://www.grundstudium.info/linearealgebra) څخه: کربنيز الجبر

۱۴ – Georg Gutenbrunner گونډپوهنه يا د اعدادو تيوري

زما ليکنې

Bonn (Germany):

۱۵ - د شميرپوهنې ستر کتاب دويم چاپ د پوره تغيراتو سره : دا کتاب د شميرپوهنې برخې برسیره د

انجنري، فزيک او اقتصاد لپاره ، همداسې د بنوونکو او زدهکونکو لپاره پوره گټور دی. په کتاب کې د اړتيا سره زياتونه او کونه راغلي چاپ شوی

۱۶ - ځمکچپوهنه ( هندسه ) دويم چاپ د پوره تغيراتو سره

۱۷ – الجبر بنسټونه دويم چاپ له تغيراتو سره

۱۸ - ډېرې پوهنه يا ست تيوري چاپ شوی

۱۹ – د شميرپوهنې سم اند ( منطق رياضي ) چاپ شوی

۲۰ - د يو څو شميرپوهانو ژوندليک

۲۱ – د شمير پوهنې گډې وډې ليکنې

۲۲ - داهم ژباړه ده، خو ليکونکي يې متأسفانه راڅخه نابلد شوی: د مشتق او انتيگرال شميرنو ته تمرينونه او اوبيوني يا حلونه يې

۲۳ – د شميرپوهنې انگريزي پښتو او عربي + درې ډکشنري

۲۴ – د شميرپوهنې پښتو انگريزي ډکشنري

۲۵ – د شميرپوهنې پښتو ډکشنري د شميرپوهنيزو ويونو په پښتو روښانه ونه چاپ شوی

سرلیک

۲۶ - د زره له کومې (دا هغه لیکنې دي، چې ځنې یې په نړیول جالونو کې خپرې شوي دي.)

۲۷ - د افغانستان په هکله سپینې خبرې، چې و به غزیري.

نوري لیکنې، چې په ژباړه یې پیل شوی، خو لا پوره نه دي

- د شتوتکارت پوهنتون لکچرنوتونو څخه، چې د شتوتکارت پوهنتون ن ج څخه خپریري:

د گروپونو تیوري

- د ښوونځي لپاره فزیک د برینکمن لیکنه

له پنځم ټولگي څخه تر اووم ټولگي پورې ژباړل شوی (دا چې زما دویم مسلک فزیک دی، دا لیکنې ژباړم. دا هم د دې لیکوال یوه ډېره ښه لیکنه ده، چې د شمیرپوهنې په څیر- دلته هم زیات تمرینونه د حل یا اوبیوني سره په کې راغلي او ماته زیات گټور برېښي)

دا لاندې د ښوونځي کتابونه دا اوس پای ته ورسیدل:

شمیرپوهنه د اوم ټولگي له پاره

شمیرپوهنه د اتم ټولگي له پاره

شمیرپوهنه د نهم ټولگي له پاره

شمیرپوهنه د لسم ټولگي له پاره

شمیرپوهنه د یولسم ټولگي له پاره

شمیرپوهنه د دولسم ټولگي له پاره

ریاضي برای صنف دوازده



### د لیکوال ژوند ته لنډه کتنه

ماخان په اولني نوم ميږي شينواری د ارواښادي پستو او ارواښاد نوررحمان زوي په ۱۳۲۰ ه لمریز کي د شينواریو هسکه مینه کي دي نړۍ ته سترگي راغړولي.

د هسکي ميني د لومړني ښوونځي (د لومړنيو زده کوونکو څخه) څخه وروسته د رحمان بابا لیسې له ۱۹۵۴ تر ۱۹۶۵ پورې) ښوونځي له لومړي ټولگي پیل او د دویم ټولگي څخه گام او پای).



د ۱۹۶۶ تر سپټمبر د کابل طب پوهنځي. له ۱۹۶۶ سپټمبر څخه د اتریش برس، چي هلته يي د شميرپوهني ډاکټري په پوره ستونځو تر لاسه کړه.

د ۱۹۹۸۷ ش ک تر ۱۹۸۸ د فبروري تر پای د دباندنيو چارو وزارت کي مامور.

د ۱۹۸۸ مارچ څخه تر ۱۹۹۲ جون پورې په بن کي د افغانستان جمهوریت سفارت شارژد افیر (صفر نه وو).

له هغي وروسته په جرمني کي سياسي پناه. له ۲۰۰۸ مارچ څخه د ۲۰۰۹ دسمبر پورې د د ریاضي څانگه کي د پوهني وزارت درسي نساب کي دنده.

ماخان ميږي په ۱۹۷۲ کي له لري د ميرمن ښاپيرۍ سره واده شوی، چي د واده خبر ورته اتریش ته راغی.

ده د ميرمن ښاپيرۍ سره په ۱۹۶۳ ز ک کي کوزده کړي وه.

دوي ته لوي څښتن په اتریش وينا کي د مای په شلم ۱۹۷۹ ز ک دوه بچيان وبخښل، چي څانگه او اباسين نوميری. څانگه په المان کي د پوهنتون علمي همکاره وه او د حقوقو ډاکتره ده او اباسين ملي اقتصاد او ټولنيزه سایکولوژي لوستلي.

**Get more e-books from [www.ketabton.com](http://www.ketabton.com)  
Ketabton.com: The Digital Library**