

1- الاشتقاق في نقطة أ/ نشاط

بينت تجربة الفيزياء هند السقوط الحر لجسم بدن سرعة بدئية أي $v_0 = 0$ في اللحظة $t = 0$ تكون حركته متغيرة بانتظام و محددة بالدالة الزمنية $d = f(t) = 5t^2$ حيث t هي المدة بالثانية و $d = f(t)$ المسافة بالمتر
 1- بين أن السرعة المتوسطة بين اللحظتين t و $t+h$ حيث $h \neq 0$ و $t+h > 0$ هي $10t + 5h$
 2- نضع $t = 0,5s$
 أ/ أملئ الجدول التالي

| | | | | | | |
|------|-------|--------|---------|--------|-------|--|
| 0,01 | 0,001 | 0,0001 | -0,0001 | -0,001 | -0,01 | h |
| | | | | | | $t+h$ |
| | | | | | | السرعة المتوسطة بين t و $t+h$ |

ب/ باستعمال الجدول تضن نهاية السرعة المتوسطة عندما يؤول h الى 0

ج/ أحسب $\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(0,5+h) - f(0,5)}{h}$ ثم قارنها مع نتيجة ب

العدد $\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(0,5+h) - f(0,5)}{h}$ يسمى السرعة اللحظية للجسم عند اللحظة $t = 0,5s$

و يسمى أيضا العدد المشتق للدالة f عي النقطة $t_0 = 0,5$

نكتب في هذه الحالة $\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(0,5+h) - f(0,5)}{h} = f'(0,5)$

ب- تعريف

لتكن f دالة عددية معرفة في مجال مفتوح I و x_0 عنصرا من I

نقول إن الدالة f قابلة للاشتقاق في x_0 اذا وجد عدد حقيقي l حيث $\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x_0+h) - f(x_0)}{h} = l$

ونرمز لها.

العدد l يسمى العدد المشتق لـ f في x_0 ونرمز له بـ $f'(x_0)$.

نكتب $\lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x_0+h) - f(x_0)}{h} = f'(x_0)$

ملاحظة: $\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x_0+h) - f(x_0)}{h}$

$$f'(x_0) = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0}$$

مثال: نعتبر $f(x) = x^2 + 2x$

بين أن f قابلة للاشتقاق في 1 و حدد العدد المشتق في 1

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

إذن f قابلة للاشتقاق في 1 و $f'(1) = 4$

(ج) الدالة التآلفية المماسية لدالة

لتكن f قابلة للاشتقاق في x_0

$$\lim_{x \rightarrow x_0} \varepsilon(x) = 0, \quad \varepsilon(x) = \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} - f'(x_0) \quad \text{نضع} \quad f'(x_0) = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0}$$

$$\varepsilon(x) = \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} - f'(x_0) \Leftrightarrow f(x) = f'(x_0)(x - x_0) + f(x_0) + (x - x_0)\varepsilon(x) \quad / \lim_{x \rightarrow x_0} \varepsilon(x) = 0$$

أي أنه بجوار x_0 لدينا $f(x) \approx f'(x_0)(x - x_0) + f(x_0)$

الدالة $x \rightarrow f'(x_0)(x - x_0) + f(x_0)$ تسمى الدالة التآلفية المماسية لدالة f في النقطة x_0

تعريف

لتكن f دالة عددية معرفة في مجال مفتوح مركزه x_0

إذا كانت الدالة f قابلة للاشتقاق في x_0 فإن الدالة التآلفية المماسية لدالة f في النقطة x_0

هي الدالة $g : x \rightarrow f'(x_0)(x - x_0) + f(x_0)$

تمرين نعتبر $f(x) = \sqrt{x}$

(1) حدد الدالة التآلفية المماسية لدالة f في النقطة 1

(2) استنتج قيمة مقربة لكل من $\sqrt{0,99}$ و $\sqrt{1,001}$

الجواب

$$/1 \quad \lim_{x \rightarrow 1} \frac{f(x) - f(1)}{x - 1} = \lim_{x \rightarrow 1} \frac{\sqrt{x} - 1}{x - 1} = \lim_{x \rightarrow 1} \frac{1}{\sqrt{x} + 1} = \frac{1}{2}$$

ومنه الدالة التآلفية المماسية لدالة f في النقطة 1 هي الدالة $g : x \rightarrow \frac{1}{2}(x - 1) + 1$

أي $g : x \rightarrow \frac{1}{2}x + \frac{1}{2}$

لدينا $1 \approx 0,99$ ومنه $\sqrt{0,99} = f(0,99) \approx g(0,99) = 0,5 \times 0,99 + 0,5 = \dots$

لدينا $1 \approx 1,001$ ومنه $\sqrt{1,001} = f(1,001) \approx g(1,001) = 0,5 \times 1,001 + 0,5 = \dots$

2 - الاشتقاق على اليمين - الاشتقاق على اليسار

أ- تعريف

* لتكن f دالة معرفة على مجال من شكل $[x_0; x_0 + \alpha]$ حيث $\alpha > 0$

نقول إن f قابلة للاشتقاق على اليمين في x_0 إذا كانت للدالة $x \rightarrow \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0}$ نهاية l على

الييمين في x_0 و نرسم لها بـ $f'_d(x_0)$.

$$f'_d(x_0) = \lim_{x \rightarrow x_0^+} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} \quad \text{نكتب} \quad x_0 \text{ على اليمين في } f \text{ العدد } l \text{ يسمى العدد المشتق لـ } f$$

* لتكن f دالة معرفة على مجال من شكل $[x_0 - \alpha; x_0]$ حيث $\alpha > 0$

نقول إن f قابلة للاشتقاق على اليسار في x_0 إذا كانت للدالة $\frac{f(x)-f(x_0)}{x-x_0}$ نهاية أعلى اليسار في x_0 نرسم لها ب $f'_g(x_0)$.

العدد l يسمى العدد المشتق ل f على اليسار في x_0 نكتب $f'_g(x_0) = \lim_{x \rightarrow x_0^-} \frac{f(x)-f(x_0)}{x-x_0}$

ملاحظة

$$f'_g(x_0) = \lim_{h \rightarrow 0^-} \frac{f(x_0+h)-f(x_0)}{h} \text{ و } f'_d(x_0) = \lim_{h \rightarrow 0^+} \frac{f(x_0+h)-f(x_0)}{h}$$

ب - خاصية

تكون f قابلة للاشتقاق في x_0 إذا وفقط إذا كانت f قابلة للاشتقاق على اليمين وعلى اليسار في x_0 والعدد المشتق على اليمين يساوي العدد المشتق على اليسار.

تمرين نعتبر $f(x) = x^2 + |x|$ أدرس قابلية اشتقاق f في 0

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

اذن f قابلة للاشتقاق على يمين 0 و $f'_d(0) = 1$

$$\lim_{x \rightarrow 0^-} \frac{f(x)-f(0)}{x-0} = \lim_{x \rightarrow 0^-} \frac{x^2-x}{x} = \lim_{x \rightarrow 0^-} x-1=-1$$

اذن f قابلة للاشتقاق على يسار 0 و $f'_g(0) = -1$

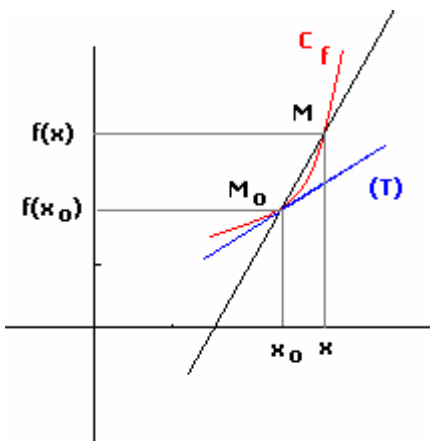
لدينا $f'_d(0) \neq f'_g(0)$ ومنه f قابلة للاشتقاق في 0

4- التأويل الهندسي - معادلة المماس لمنحنى دالة

أ- المماس

لتكن f قابلة للاشتقاق في x_0 و C_f منحنىها

نعتبر $M_0(x_0; f(x_0))$ و $M(x; f(x))$ نقطتين من C_f



المعامل الموجه للمستقيم (MM_0) هو $\frac{f(x)-f(x_0)}{x-x_0}$

نلاحظ عندما تقترب M من M_0 (أي x تتوّل إلى x_0) فإن $\frac{f(x)-f(x_0)}{x-x_0}$ تتوّل إلى $f'_g(x_0)$

و بالتالي المستقيم (MM_0) يدور حول M_0 إلى أن ينطبق مع المستقيم (T) ذا المعامل الموجه $f'_g(x_0)$

المستقيم (T) مماس للمنحنى C_f

معادلة (T) هي $y = f'_g(x_0)(x-x_0) + f(x_0)$

خاصية

لتكن f دالة معرفة على مجال مفتوح مركزه x_0 و C_f منحنىها

قابلية اشتقاق f في x_0 تتوّل هندسيا بوجود مماس ل C_f عند النقطة ذات الأضلاع x_0

معادلته $y = f'_g(x_0)(x-x_0) + f(x_0)$

تمرين: نعتبر $f(x) = x^3$

أدرس قابلية اشتقاق f في 2 و حدد معادلة المماس للمنحنى عند النقطة ذات الأفصول 2

الجواب

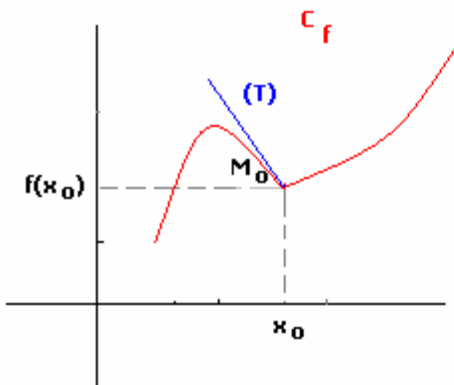
$$\lim_{x \rightarrow 2} \frac{f(x) - f(2)}{x - 2} = \lim_{x \rightarrow 2} \frac{x^3 - 2^3}{x - 2} = \lim_{x \rightarrow 2} x^2 + 2x + 4 = 12$$

اذن f قابلة للاشتقاق في 2 و $f'(2) = 12$

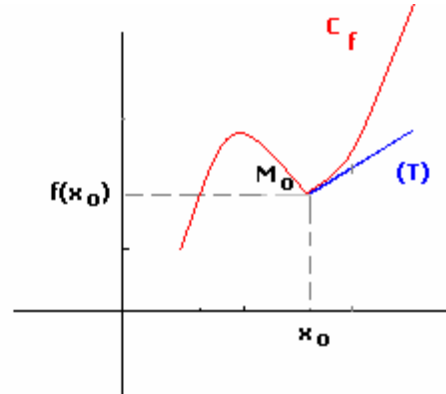
ومنه معادلة المماس هي $y = f'(2)(x - 2) + f(2)$ أي $y = 12(x - 2) + 8$

$$y = 12x - 16$$

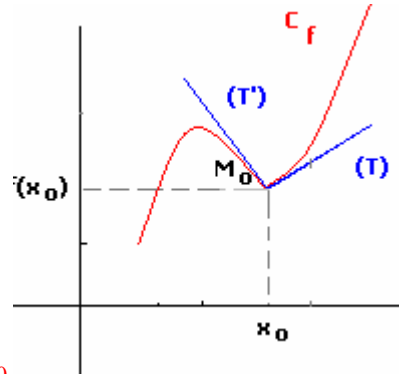
ب- نصف المماس



$$\begin{cases} (T): y = f'_g(x_0)(x - x_0) + f(x_0) \\ x \leq x_0 \end{cases}$$



$$\begin{cases} (T): y = f'_d(x_0)(x - x_0) + f(x_0) \\ x \geq x_0 \end{cases}$$



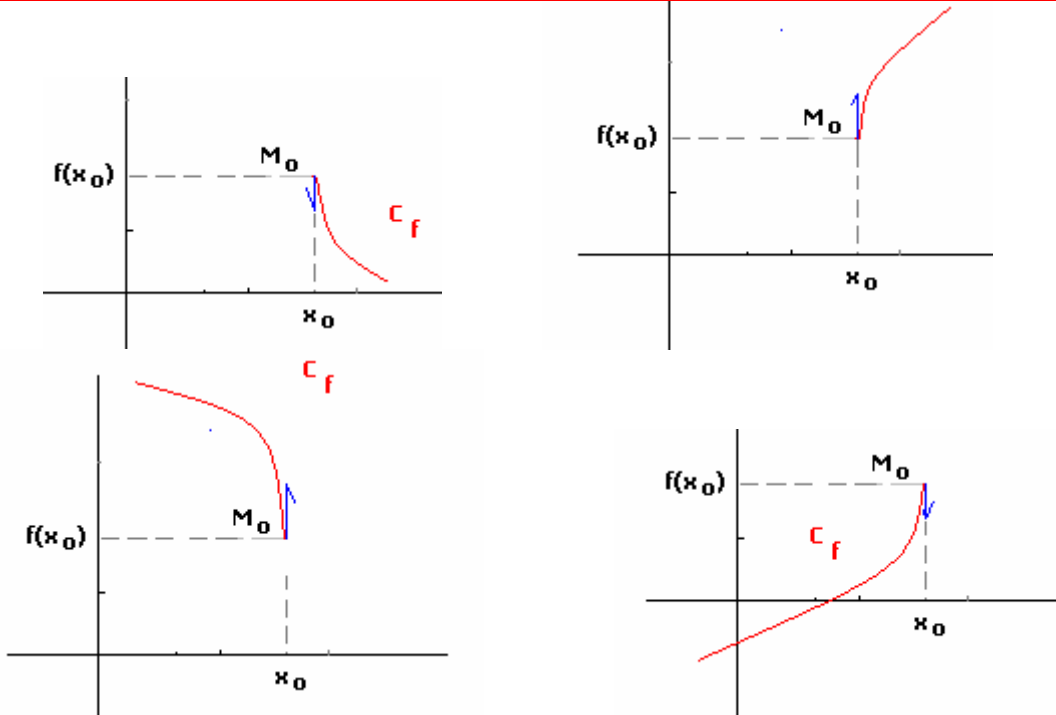
نقطة مزواة M_0

$$\begin{cases} (T): y = f'_d(x_0)(x - x_0) + f(x_0) & x \geq x_0 \\ (T'): y = f'_g(x_0)(x - x_0) + f(x_0) & x \leq x_0 \end{cases}$$

خاصة

إذا كانت f قابلة للاشتقاق على اليمين في x_0 (أو على اليسار في x_0) فان C_f يقبل نصف مماس عند النقطة ذات الأفصول x_0 معامله الموجه $f'_d(x_0)$ (أو $f'_g(x_0)$)

إذا كانت نهاية $\frac{f(x)-f(x_0)}{x-x_0}$ هي $f'_{\pm\infty}$ في x_0 (على اليمين في x_0 أو على اليسار في x_0) فإن C_f يقبل مماس عمودي عند النقطة ذات الاصول x_0 (نصف مماس عمودي عند النقطة ذات الاصول x_0)



تمرين نعتبر $f(x) = |x^2 - 1|$ و $g(x) = \sqrt{x}$

أدرس قابلية اشتقاق f على يمين ويسار 1 و أول النتائج هندسيا
أدرس قابلية اشتقاق g على يمين 0 و أول النتيجة هندسيا

الجواب

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

ومنه f قابلة اشتقاق على يمين 1 و $f'_d(1) = 2$

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

ومنه f قابلة اشتقاق على يسار 1 و $f'_g(1) = -2$

نلاحظ $f'_d(1) \neq f'_g(1)$ إذن f غير قابلة للاشتقاق في 1

(C_f) يقبل نصف مماس على يمين 1 معادلته $y = 2(x - 1)$.

(C_f) يقبل نصف مماس على يسار 1 معادلته $y = -2(x - 1)$

$$\lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{g(x) - g(0)}{x - 0} = \lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{\sqrt{x}}{x} = \lim_{x \rightarrow 0^+} \frac{1}{\sqrt{x}} = +\infty *$$

ومنه f غير قابلة للاشتقاق على يمين 0 و (C_g) يقبل نصف مماس عمودي على يمين 0

5- الدالة المشتقة

أ- تعاريف

تعريف 1

نقول إن f قابلة للاشتقاق على المجال المفتوح I إذا كانت f قابلة للاشتقاق في كل نقطة من I .

تعريف 2

نقول إن f قابلة للاشتقاق على المجال $[a; b]$ إذا كانت f قابلة للاشتقاق على $]a; b[$ و على يمين a و على يسار b .

ملاحظة: بالمثل نعرف الاشتقاق على $]a; b[$ و على $[a; b]$

تعريف 3

لتكن قابلة للاشتقاق على المجال I
الدالة التي تربط كل عنصر x من I بالعدد $f'(x)$ تسمى الدالة المشتقة نرسم لها بـ f' .

مثال: نعتبر $f(x) = x^2$

ندرس قابلية اشتقاق f و نحدد الدالة المشتقة

ليكن $x_0 \in \mathbb{R}$

$$f'(x_0) = 2x_0 \text{ و } x_0 \text{ ومنه قابلة للاشتقاق في } x_0 \text{ و } \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} = \lim_{x \rightarrow x_0} x + x_0 = 2x_0$$

اذن f قابلة للاشتقاق في \mathbb{R} و $f'(x) = 2x \forall x \in \mathbb{R}$

ملاحظة:

يكون للمنحنى الممثل لدالة f قابلة للاشتقاق على مجال مفتوح I مماس عند كل نقطة

من هذا المنحنى

ب- المشتقة الثانية - المشتقات المتتالية

لتكن f قابلة للاشتقاق مجال I

إذا الدالة f' قابلة للاشتقاق المجال I فان دالتها المشتقة تسمى الدالة المشتقة الثانية و نرسم لها بالرمز f''

إذا كانت f'' قابلة للاشتقاق المجال I فان دالتها المشتقة تسمى الدالة المشتقة الثالثة أو

المشتقة من الرتبة 3 و نرسم لها بالرمز f''' أو $f^{(3)}$

و هكذا

نرسم للدالة المشتقة من الرتبة n حيث $n \in \mathbb{N}^*$ بالرمز $f^{(n)}$

مثال: نعتبر $f(x) = x^2$

$$\forall x \in \mathbb{R} \quad f''(x) = 2 \text{ و } \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f'(x) - f'(x_0)}{x - x_0} = 2 \text{ وحيث } \forall x \in \mathbb{R} \quad f'(x) = 2x$$

6- عمليات على الدوال المشتقة

- لتكن f و g دالتين قابلتين للاشتقاق على مجال I و $\lambda \in \mathbb{R}$ و $n \in \mathbb{N}^ - \{1\}$

$f + g$ و $f \times g$ و λf و f^n دوال قابلة للاشتقاق على المجال I

و إذا كانت g لا تنعدم على I فان $\frac{f}{g}$ و $\frac{1}{g}$ قابلتان للاشتقاق على المجال I

$$\forall x \in I \quad (f + g)'(x) = f'(x) + g'(x)$$

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

$$(\lambda f)' = \lambda f'(x)$$

$$\forall x \in I \text{ بحيث } g \text{ لا تنعدم} \quad \left(\frac{f}{g}\right)'(x) = \frac{f'(x)g(x) - f(x)g'(x)}{g^2(x)} \quad \left(\frac{1}{g}\right)'(x) = -\frac{g'(x)}{g^2(x)}$$

على I

- لتكن f دالة قابلة للاشتقاق على مجال I و $n \in \mathbb{N}^ - \{1\}$

$$\forall x \in I \quad (f^n)'(x) = n(f(x))^{n-1} \times f'(x) \quad (\text{نبين ذلك بالترجع})$$

نبرهن $(f \times g)'(x) = f'(x)g(x) + f(x)g'(x)$

$$\begin{aligned} (f \times g)'(x) &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h)g(x+h) - f(x)g(x)}{h} \\ &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h)g(x+h) - f(x+h)g(x) + f(x+h)g(x) - f(x)g(x)}{h} \\ &= \lim_{h \rightarrow 0} f(x+h) \frac{g(x+h) - g(x)}{h} + \frac{f(x+h) - f(x)}{h} g(x) \end{aligned}$$

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

فان $(f \times g)'(x) = f'(x)g(x) + f(x)g'(x)$

7- الدوال المشتقة لبعض الدوال الاعتيادية

* الدالة الثابتة: $\forall x \in \mathbb{R} \quad f(x) = k$

$\forall x \in \mathbb{R} \quad f'(x) = 0$ و f قابلة للاشتقاق على \mathbb{R} إذن $\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} = 0$
* الدالة $f: x \rightarrow x$

$\forall x \in \mathbb{R} \quad f'(x) = 1$ و f قابلة للاشتقاق على \mathbb{R} إذن $\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} = 1$
* الدالة $f: x \rightarrow ax + b$

$\forall x \in \mathbb{R} \quad f'(x) = a$ و f قابلة للاشتقاق على \mathbb{R} إذن $\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} = a$
* الدالة $f: x \rightarrow x^n$ $n \in \mathbb{N}^*$

$\forall x \in \mathbb{R} \quad f'(x) = nx^{n-1}$ و f قابلة للاشتقاق على \mathbb{R} و $f: x \rightarrow \frac{1}{x}$

إذن f قابلة للاشتقاق على \mathbb{R}^* $\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{-1}{x \times x_0} = -\frac{1}{x_0^2}$

و $\forall x \in \mathbb{R}^* \quad f'(x) = -\frac{1}{x^2}$

* الدالة $f: x \rightarrow \sqrt{x}$ لتكن $x_0 \in \mathbb{R}_+^*$

$\lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} = \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{1}{\sqrt{x} + \sqrt{x_0}} = -\frac{1}{2\sqrt{x_0}}$

إذن f قابلة للاشتقاق على \mathbb{R}_+^* و $\forall x \in \mathbb{R}_+^* \quad f'(x) = \frac{1}{2\sqrt{x}}$

f غير قابلة للاشتقاق في 0

$$\begin{aligned} \lim_{x \rightarrow x_0} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} &= \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x_0 + h) - f(x_0)}{h} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{\sin(x_0 + h) - \sin(x_0)}{h} \\ &= \lim_{h \rightarrow 0} (2 \cos(x_0 + h)) \times 2 \times \frac{\sin \frac{h}{2}}{\frac{h}{2}} = \cos x_0 \end{aligned}$$

إذن

$$\forall x \in \mathbb{R} \quad \sin'(x) = \cos x \quad \text{و} \quad x \rightarrow \sin x \quad \text{قابلة للاشتقاق على } \mathbb{R}$$

* الدالة $f: x \rightarrow \cos x$

$$\forall x \in \mathbb{R} \quad \cos'(x) = -\sin x \quad \text{و} \quad x \rightarrow \cos x \quad \text{قابلة للاشتقاق على } \mathbb{R}$$

* الدالة $f: x \rightarrow \tan x$

$$\begin{aligned} \forall x \in \mathbb{R} - \left\{ \frac{\pi}{2} + k\pi / k \in \mathbb{Z} \right\} \quad \tan x &= \frac{\sin x}{\cos x} \\ \forall x \in \mathbb{R} - \left\{ \frac{\pi}{2} + k\pi / k \in \mathbb{Z} \right\} \quad \tan' x &= \frac{(\sin x)'(\cos x) - (\sin x)(\cos x)'}{(\cos x)^2} = \frac{\cos^2 x + \sin^2 x}{(\cos x)^2} = \frac{1}{\cos^2 x} \\ \forall x \in \mathbb{R} - \left\{ \frac{\pi}{2} + k\pi / k \in \mathbb{Z} \right\} \quad \tan' x &= 1 + \tan^2 x \quad \text{إذن} \end{aligned}$$

$$\mathbb{R} - \left\{ \frac{\pi}{2} + k\pi / k \in \mathbb{Z} \right\} \quad x \rightarrow \tan x \quad \text{قابلة للاشتقاق في كل نقطة من}$$

$$\forall x \in \mathbb{R} - \left\{ \frac{\pi}{2} + k\pi / k \in \mathbb{Z} \right\} \quad \tan' x = 1 + \tan^2 x \quad \text{و}$$

نتائج

* الدالة الحدودية قابلة للاشتقاق في \mathbb{R}

* الدالة الجدرية قابلة للاشتقاق في كل نقطة من حيز تعريفها

أمثلة

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

$$D_f = \mathbb{R} - \{1; -2\}$$

f الدالة الجدرية ومنه f قابلة للاشتقاق في كل نقطة من $\mathbb{R} - \{1; -2\}$

$$\forall x \in \mathbb{R} - \{1; -2\} \quad f'(x) = \frac{(3x^2 - 3)(x^2 + x - 2) - (2x + 1)(2x^3 - 3x)}{(x^2 + x - 2)^2} = \dots \quad \text{و}$$

8- مشتقة $f(ax+b)$ - مشتقة \sqrt{f}

مبرهنة

ليكن المجال J صورة المجال I بالدالة التألفية $x \rightarrow ax+b$ إذا كانت f قابلة للاشتقاق على J فان $g: x \rightarrow f(ax+b)$ قابلة للاشتقاق على I و

$$\forall x \in I \quad g'(x) = af'(ax+b)$$

$$f(x) = \sin\left(5x - \frac{\pi}{3}\right) \quad \text{مثال: نعتبر}$$

$$\forall x \in \mathbb{R} \quad f'(x) = 5 \cos\left(5x - \frac{\pi}{3}\right) \quad \text{و} \quad f \quad \text{قابلة للاشتقاق على } \mathbb{R}$$

لتكن f دالة موجبة قطعاً و قابلة للاشتقاق على مجال I

$$\forall x \in I \quad (\sqrt{f})'(x) = \frac{f'(x)}{2\sqrt{f(x)}} \text{ و } \sqrt{f} \text{ قابلة للاشتقاق على } I$$

مثال: نعتبر $f(x) = \sqrt{-x^2 + x}$

$$D_f = [0;1[$$

دالة موجبة قطعاً و قابلة للاشتقاق على مجال $]0;1[$

$$\forall x \in]0;1[\quad f'(x) = \frac{-2x+1}{2\sqrt{-x^2+x}} \text{ و } f \text{ قابلة للاشتقاق على } [0;1]$$

جدول مشتقات بعض الدوال

| $D_{f'}$ | $f'(x)$ | $f(x)$ |
|---|-----------------------|--|
| \mathbb{R} | 0 | a |
| \mathbb{R} | 1 | x |
| \mathbb{R}^* | $-\frac{1}{x^2}$ | $\frac{1}{x}$ |
| \mathbb{R} | nx^{n-1} | $n \in \mathbb{N}^* - \{1\} \quad x^n$ |
| \mathbb{R}^* | nx^{n-1} | $n \in \mathbb{Z}^{*-} \quad x^n$ |
| \mathbb{R}_+^* | $\frac{1}{2\sqrt{x}}$ | \sqrt{x} |
| \mathbb{R} | $-\sin x$ | $\cos x$ |
| \mathbb{R} | $\cos x$ | $\sin x$ |
| $\mathbb{R} - \left\{ \frac{\pi}{2} + k\pi / k \in \mathbb{Z} \right\}$ | $1 + \tan^2 x$ | $\tan x$ |
| \mathbb{R} | $-a \sin(ax+b)$ | $\cos(ax+b)$ |
| \mathbb{R} | $a \cos(ax+b)$ | $\sin(ax+b)$ |

تمارين

1- أدرس اشتقاق f و حدد الدالة المشتقة في الحالات التالية:

$$f(x) = \frac{x^2+3}{x^2-x} * \quad f(x) = \frac{3x-1}{2x-2} * \quad f(x) = \frac{5}{x^2} * \quad f(x) = 5x^4 + 3x^2 + 4 *$$

$$f(x) = \frac{\sin x}{\cos x - \sin x} * \quad f(x) = (\cos x)^5 * \quad f(x) = (x^2 + x)^5 *$$

$$f(x) = x^2 + x|x| * \quad \begin{cases} f(x) = x^2 + x & x \leq 0 \\ f(x) = x^3 - x^2 & x > 0 \end{cases} *$$

$$2- \text{ نعتبر } f(x) = \frac{x^2 - 3x + 6}{x-1}$$

أ- بين أن منحنى f يقبل مماسين موازيين للمستقيم الذي معادلته $y = -3x$

ب- أكتب معادلتين هذين المماسين.

9- تطبيقات الدالة المشتقة

a- قابلية الاشتقاق و المطراف

لتكن f دالة معرفة على مجال مفتوح I و $x_0 \in I$
 نعتبر f قابلة للاشتقاق في x_0 و تقبل مطرافا في x_0
 لنفترض أن f تقبل قيمة قصوى نسبية عند x_0

ومنه يوجد مجال مفتوح J مركزه x_0 ضمن I حيث $\forall x \in J \quad f(x) \leq f(x_0)$
 f قابلة للاشتقاق في x_0 ومنه $f'(x_0) = f_d'(x_0) = f_g'(x_0)$

$$f'(x_0) = \lim_{x \rightarrow x_0^+} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} = \lim_{x \rightarrow x_0^-} \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} \text{ أي}$$

و حيث $\forall x \in J \quad f(x) \leq f(x_0)$ فان $\forall x \geq x_0 \quad \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} \leq 0$ و $\forall x \leq x_0 \quad \frac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0} \geq 0$
 ومنه $f_g'(x_0) \geq 0$; $f_d'(x_0) \leq 0$ أي أن $f'(x_0) \geq 0$; $f'(x_0) \leq 0$ اذن $f'(x_0) = 0$
 (إذا كانت f تقبل قيمة دنيا نسبية عند x_0 نتبع نفس الخطوات للحصول على نفس النتائج)

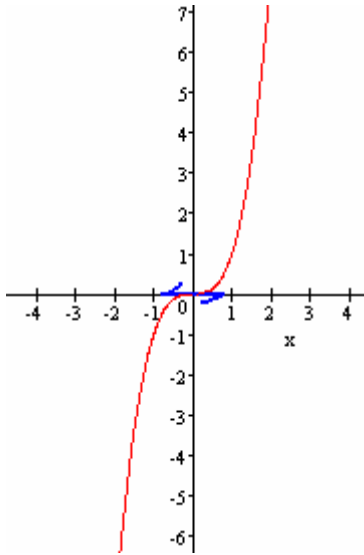
مبرهنة

لتكن f دالة معرفة على مجال فتوح I و $x_0 \in I$
 اذا كانت f قابلة للاشتقاق في النقطة x_0 و تقبل مطرافا في النقطة x_0 فان $f'(x_0) = 0$

ملاحظة:

المبرهنة لا تقبل المبرهنة العكسية
 مثال $f(x) = x^3$; $x_0 = 0$

f قابلة للاشتقاق في $x_0 = 0$ و $f'(0) = 0$
 و مع ذلك f لا تقبل مطرافا عند 0



b- الاشتقاق ورتابة دالة

مبرهنة

لتكن f قابلة للاشتقاق على مجال I
 تكون f تزايدية (قطعا) على I إذا فقط اذا كانت الدالة المشتقة f' موجبة على I
 أي $\forall x \in I \quad f'(x) \geq 0$ (f' موجبة قطعا على I أي $\forall x \in I \quad f'(x) > 0$)
 تكون f تناقصية (قطعا) على I اذا فقط إذا كانت الدالة المشتقة f' سالبة على I
 أي $\forall x \in I \quad f'(x) \leq 0$ (f' سالبة قطعا على I أي $\forall x \in I \quad f'(x) < 0$)
 تكون f ثابتة على I إذا كانت الدالة المشتقة f' منعدمة على I أي $\forall x \in I \quad f'(x) = 0$

مثال

$$\text{نعتبر } f(x) = x^3 - 6x + 1$$

أدرس تغيرات f و أعط جدول تغيرات f (في جدول التغيرات يجب تحديد النهايات)
 حدد مطاريف f ان وجدت

الجواب

$$* \text{ مجموعة تعريف } D_f = \mathbb{R}$$

$$\forall x \in \mathbb{R} \quad f'(x) = (x^3)' - (6x)' + (1)' = 3x^2 - 6 = 3(x^2 - 2) \text{ ومنه } f(x) = x^3 - 6x + 1 *$$

اشارة $f'(x)$ هي إشارة $x^2 - 2$

| | | | | | |
|-----------|-----------|-------------|------------|-----------|---|
| x | $-\infty$ | $-\sqrt{2}$ | $\sqrt{2}$ | $+\infty$ | |
| $x^2 - 2$ | + | 0 | - | 0 | + |

ومنه f' موجبة على كل $[\sqrt{2}; +\infty[$ و $]-\infty; -\sqrt{2}]$ و سالبة على $]-\sqrt{2}; \sqrt{2}[$
ومنه f تزايدية على كل $[\sqrt{2}; +\infty[$ و $]-\infty; -\sqrt{2}]$ و تناقصية على $]-\sqrt{2}; \sqrt{2}[$
جدول التغيرات

| | | | | | | |
|---------|-----------|-------------|------------------|-----------|------------------|-----------|
| x | $-\infty$ | $-\sqrt{2}$ | $\sqrt{2}$ | $+\infty$ | | |
| $f'(x)$ | | + | 0 | - | 0 | + |
| f | $-\infty$ | | $10\sqrt{2} + 1$ | | $-4\sqrt{2} + 1$ | $+\infty$ |

من خلا جدول التغيرات نستنتج أن f تقبل قيمة قصوى عند $-\sqrt{2}$ و دنيا عند $\sqrt{2}$
ملاحظة لتكن f قابلة للاشتقاق في x_0

f تقبل مطرافا في x_0 إذا و فقط إذا كانت f' تنعدم في x_0 و تتغير إشارتها في مجال مفتوح يحتوي على x_0

10- المعادلة التفاضلية $y'' + \omega^2 y = 0$

تؤدي دراسة بعض الظواهر الفيزيائية و البيولوجية و الاقتصادية و غيرها إلى معادلات يكون فيها
المجهول دالة و تحتوي على مشتقة أو مشتقات هذه الدالة.

هذا النوع من المعادلات يسمى المعادلات التفاضلية

تعريف

ليكن ω عددا حقيقيا غير منعدم
المعادلة $y'' + \omega^2 y = 0$ تسمى معادلة تفاضلية.
كل دالة f قابلة للاشتقاق مرتين على \mathbb{R} و تحقق $f''(x) + \omega^2 f(x) = 0 \quad \forall x \in \mathbb{R}$ تسمى حلا
للمعادلة $y'' + \omega^2 y = 0$

أمثلة $y'' + 4y = 0$ و $y'' + \sqrt{2}y = 0$ و $y'' + \frac{3}{2}y = 0$ معادلات تفاضلية

خاصية

ليكن ω عددا حقيقيا غير منعدم
الحل العام للمعادلة $y'' + \omega^2 y = 0$ هو مجموعة الدوال y المعرفة كما يلي $x \rightarrow \alpha \cos \omega x + \beta \sin \omega x$
حيث $(\alpha; \beta) \in \mathbb{R}^2$

ملاحظة

حل المعادلة $y'' + \omega^2 y = 0$ يرجع إلى تحديد الحل العام لهذه المعادلة

مثال

حل المعادلة $y'' + 4y = 0$

لدينا $\omega^2 = 4$ ومنه $\omega = 2$ يمكن أخذ $\omega = -2$ هذا لن يغير مجموعة الحلول
الحل العام لهذه المعادلة هو مجموعة الدوال $y: x \rightarrow \alpha \cos 2x + \beta \sin 2x$ حيث $(\alpha; \beta) \in \mathbb{R}^2$

معادلة تفاضلية خاصة

حل المعادلة $y'' = 0$

إذا كان $y'' = 0$ فان y' دالة ثابتة ومنه الحل العام لهذه المعادلة هو مجموعة الدوال $y: x \rightarrow ax + b$
حيث $(a; b) \in \mathbb{R}^2$