

# Calculus

HW3:Understanding Limit/Continuity and Crystal Growth  
Limit Obsrvation

組員：

411485018 蘇星丞

411485002 楊昕展

411485003 胡庭睿

411485042 黃柏崴

# Basic Concepts for Limits

## Q1

Evaluate the limit and justify each step by indicating the appropriate Limit Law(s)

1.  $\lim_{x \rightarrow -3} (2x^3 + 6x^2 - 9)$
2.  $\lim_{x \rightarrow 3} \sqrt[3]{x+5}(2x^2 - 3x)$

## Ans1

1.

$$\begin{aligned}\lim_{x \rightarrow -3} (2x^3 + 6x^2 - 9) &= \lim_{x \rightarrow -3} (2x^3) + \lim_{x \rightarrow -3} (6x^2) - \lim_{x \rightarrow -3} (9) && (\text{Sum/Difference Law}) \\ &= 2 \lim_{x \rightarrow -3} (x^3) + 6 \lim_{x \rightarrow -3} (x^2) - \lim_{x \rightarrow -3} (9) && (\text{Constant Multiple Law}) \\ &= 2(\lim_{x \rightarrow -3} x)^3 + 6(\lim_{x \rightarrow -3} x)^2 - (\lim_{x \rightarrow -3} 9) && (\text{Power Law}) \\ &= 2(-3)^3 + 6(-3)^2 - 9 && (\text{Appendix A 8,10}) \\ &= 2(-27) + 6(9) - 9 \\ &= -54 + 54 - 9 \\ &= -9\end{aligned}$$

2.

$$\begin{aligned}\lim_{x \rightarrow 3} \sqrt[3]{x+5}(2x^2 - 3x) &= \sqrt[3]{\lim_{x \rightarrow 3} (x+5)} \times \lim_{x \rightarrow 3} (2x^2 - 3x) && (\text{Root / Product Law}) \\ &= \sqrt[3]{\lim_{x \rightarrow 3} (x+5)} \times (2 \lim_{x \rightarrow 3} x^2 - 3 \lim_{x \rightarrow 3} x) && (\text{Sum / Difference / Constant Multiple Law}) \\ &= \sqrt[3]{8} \times (2 \times 3^2 - 3 \times 3) && (\text{Power Law}) \\ &= 2 \times 9 \\ &= 18\end{aligned}$$

## Q2

Evaluate the limit, if it exists.

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

## Ans2

1. Because  $3x - 7$  is a continuous function, which means  $\lim_{x \rightarrow 2} 3x - 7 = 3 \times 2 - 7$  (continuous definition:  $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = f(a)$ ), so we can find out that the limit is  $-1$

2. The limit expression is mathematically ill-defined. The notation below  $\lim$ , which is  $t^2 - 2t - 8$ , is not a valid convergence condition. It fails to specify the value that the variable  $t$  is approaching (ex:  $t \rightarrow 4$ ). Without this "target point," the limit cannot be calculated, so this problem has no solution.
3. We cannot apply Quotient Law because the limit of the denominator is 0, so we need to perform algebraic simplification on the expression first.

$$\begin{aligned}
& \lim_{x \rightarrow 2} \frac{2-x}{\sqrt{x+2}-2} \times \frac{\sqrt{x+2}+2}{\sqrt{x+2}+2} \\
&= \lim_{x \rightarrow 2} \frac{(2-x)(\sqrt{x+2}+2)}{(\sqrt{x+2})^2 - 4} \\
&= \lim_{x \rightarrow 2} \frac{(2-x)(\sqrt{x+2}+2)}{x+2-4} \\
&= \lim_{x \rightarrow 2} \frac{(2-x)(\sqrt{x+2}+2)}{x-2} \\
&= \lim_{x \rightarrow 2} \frac{-(x-2)(\sqrt{x+2}+2)}{x-2} \quad (\text{Cancel } x-2) \\
&= \lim_{x \rightarrow 2} -(\sqrt{x+2}+2) \\
&= -(\sqrt{2+2}+2) \\
&= -(2+2) \\
&= -4
\end{aligned}$$

4. Same as the last question, because the limit of the denominator is 0, so we need to perform algebraic simplification on the expression first.

$$\begin{aligned}
& \lim_{x \rightarrow 3} \frac{\frac{1}{x} - \frac{1}{3}}{x-3} \times \frac{x+3}{x+3} \\
&= \lim_{x \rightarrow 3} \frac{\frac{3-x}{3x}}{x^2-9} \\
&= \lim_{x \rightarrow 3} \frac{\frac{1}{3x}(9-x^2)}{x^2-9} \quad (\text{Cancel } x^2-9) \\
&= \lim_{x \rightarrow 3} \frac{1}{3x} \times -1 \\
&= \frac{1}{9} \times -1 \\
&= -\frac{1}{9}
\end{aligned}$$

### Q3

Use Squeeze Theorem to show that

$$\lim_{x \rightarrow 0} \sqrt{x^3 + x^2} \sin \frac{\pi}{x}$$

### Ans3

$$-1 \leq \sin \frac{\pi}{x} \leq 1$$

$$-\sqrt{x^3 + x^2} \leq \sqrt{x^3 + x^2} \sin \frac{\pi}{x} \leq \sqrt{x^3 + x^2}$$

$$\lim_{x \rightarrow 0} -\sqrt{x^3 + x^2} \leq \lim_{x \rightarrow 0} \sqrt{x^3 + x^2} \sin \frac{\pi}{x} \leq \lim_{x \rightarrow 0} \sqrt{x^3 + x^2}$$

$$0 \leq \lim_{x \rightarrow 0} \sqrt{x^3 + x^2} \sin \frac{\pi}{x} \leq 0$$

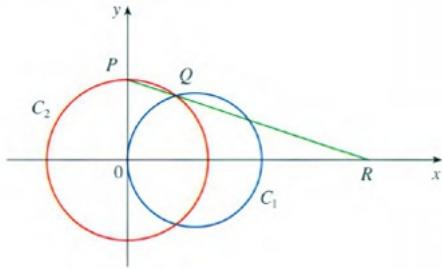
$$\lim_{x \rightarrow 0} \sqrt{x^3 + x^2} \sin \frac{\pi}{x} = 0$$

## Q4

The figure shows a fixed circle  $C_1$  with equation  $(x - 1)^2 + y^2 = 1$  and a shrinking circle  $C_2$  with radius  $r$  and centering the origin

- Point  $P(0, r)$
- Point  $Q$  is the upper intersection point of the two circles
- Point  $R$  is where line  $PQ$  intersects the x-axis

What happens to point  $R$  as circle  $C_2$  shrinks (as  $r \rightarrow 0^+$ )?



## Ans4

$$x^2 + y^2 = r^2 \quad (1)$$

$$(x - 1)^2 + y^2 = 1 \quad (2)$$

$$(1) - (2) \text{ cancel } y^2$$

$$= 2x - 1 = r^2 - 1$$

$$x = \frac{r^2}{2} \quad y = \frac{r^2}{2}$$

$$Q(x, y) = \left(\frac{r^2}{2}, \frac{r^2}{2}\right)$$

$$P(0, r)$$

Find the slope  $m_{\overline{PQ}} = 1 - \frac{2}{r}$

Use P to find the equation of the line  $L_{\overline{PQ}} = \left(1 - \frac{2}{r}\right)x = (y - r)$

so  $R$  is fix on  $x$  axis and to find  $R$  we assume  $R = R(k, 0)$

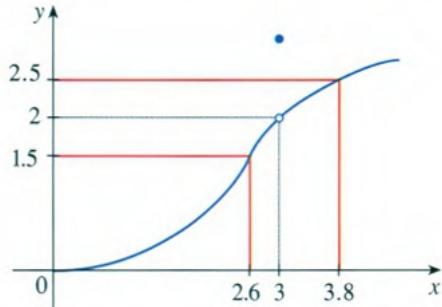
plug in line L which gives us the equation  $\left(1 - \frac{2}{r}\right)k = -r$  then simplify the equation and we will get the new equation  $k = -\frac{r^2}{r-2}$

$$\lim_{r \rightarrow 0^+} k = \lim_{r \rightarrow 0^+} -\frac{r^2}{r-2} = 0$$

so as  $r \rightarrow 0^+$        $R(k, 0) \rightarrow (0, 0)$

## Q5

Use the given graph of  $f$  to find a number  $\delta$  such that:  $0 < |x - 3| < \delta \implies |f(x) - 2| < 0.5$



## Ans5

$$|f(x) - 2| < 0.5$$

$$1.5 < f(x) < 2.5$$

$$f(x) = 1.5 \text{ as } x = 2.6$$

$$f(x) = 2.5 \text{ as } x = 3.8$$

so when  $x \in (2.6, 3.8)$  then the inequality  $|f(x) - 2| < 0.5$  will be satisfied

Given the inequality  $0 < |x - 3| < \delta$ , the value of  $\delta$  must ensure that the condition  $|f(x) - 2| < 0.5$  is satisfied.

## Q6

## Ans6

## Q7

## Ans7

## Q8

## Ans8

# Basic Concepts for Continuity

## Q1

Prove that  $f$  is continuous at  $a$  if and only if

$$\lim_{h \rightarrow 0} f(a + h) = f(a)$$

## Ans1

Prove:  $f$  is continuous at  $a \iff \lim_{h \rightarrow 0} f(a + h) = f(a)$

From class's slides, we know that the definition of continuous is  $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = f(a)$

### Part 1 : Foward direction's proof

Assume  $f$  is continuous at  $a$ , we know by the definition of continuous  $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = f(a)$ .

Define a variable  $h$ , and set  $x = a + h$ , when  $x \rightarrow a, h \rightarrow 0$

Now we can replace  $x$  with  $a + h$  and the limit condition  $x \rightarrow a$  with  $h \rightarrow 0$

$$\lim_{h \rightarrow 0} f(a + h) = f(a)$$

From above, it have proven that if  $f$  is continuous at  $a$ , then the given limit expression holds true.

### Part 2 : Reverse direction's proof

Assume  $\lim_{h \rightarrow 0} f(a + h) = f(a)$ , and we want to prove  $f$  is continuous at  $a$

According to above, we define  $x = a + h$ , which means  $h = x - a$

As  $h \rightarrow 0$ , the value of  $x(a+h)$  must approach  $a + 0$ , so we can know as  $h \rightarrow 0$ , then  $x \rightarrow a$

Now we can replace  $h$  with  $x - a$  and the limit condition  $h \rightarrow 0$  with  $x \rightarrow a$

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

After simplify:

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

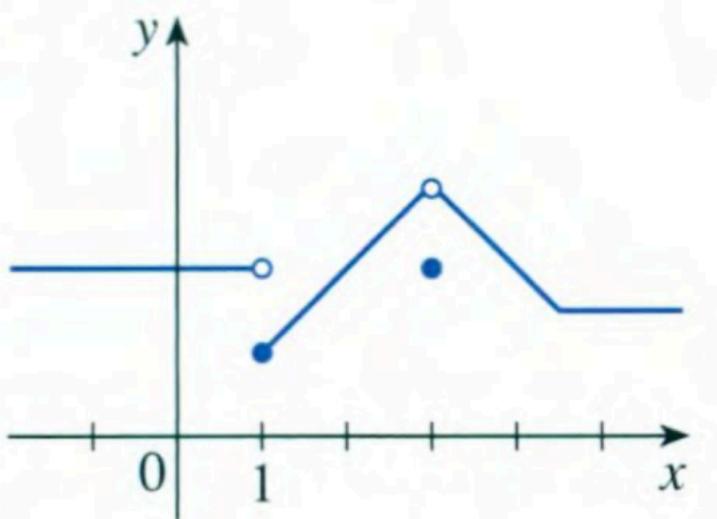
From above, it have proven that if  $\lim_{h \rightarrow 0} f(a + h) = f(a)$  is true,  $f$  is continuous at  $a$ .

## Conclusion

Since we have proven the statement in both directions , we have successfully shown that a function  $f$  is continuous at  $a$  if and only if  $\lim_{h \rightarrow 0} f(a + h) = f(a)$ .

## Q2

The graph of a function  $f$  is given.



1. At what numbers  $a$  does  $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$  not exist?
2. At what numbers  $a$  is  $f$  not continuous?
3. At what numbers  $a$  does  $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$  exist but  $f$  is not continuous at  $a$ ?

## Ans2

- The criteria for limits, continuity, and differentiability can be found in Appendix B
1.  $x = 1$ , because  $\lim_{x \rightarrow 1^-} f(x) \neq \lim_{x \rightarrow 1^+} f(x)$
  2.  $x = 3$ , because  $\lim_{x \rightarrow 3} f(x) \neq f(3)$
  3.  $x = 3$ , according to Appendix B, although left-hand limit equals to right-hand limit and both exist (conditions for the existence of a limit),  $\lim_{x \rightarrow 3} f(x) \neq f(3)$ , from above we can know that  $f$  is not continuous at  $a$ .

## Q3

Use the definition of continuity and the properties of limits to show that the function is continuous at the given number  $a$ .

1.  $f(x) = 3x^2 + (x + 2)^5, a = -1$
2.  $p(v) = 2\sqrt{3v^2 + 1}, a = 1$

## Ans3

So the definition of continuity at a certain point is consisted of three parts:

- (1): The limit of the function at the point exists:  $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$  exists
- (2): The value of the function at the point exists:  $f(a)$  is defined
- (3): The limit equals the function value:  $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = f(a)$

1.

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

$$f(-1) = 4$$

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

Therefore,  $f(x)$  is continuous at  $x = -1$

2.

$$\lim_{v \rightarrow 1} p(v) = 4$$

$$p(1) = 4$$

$$\lim_{v \rightarrow 1} p(v) = p(1)$$

Therefore,  $p(v)$  is continuous at  $v = 1$

## Q4

### Ans4

# Crystal Growth Inspection

?.py

?2.py

## Work Division

學號/姓名	分配項目（寫）	分配項目（檢查）
411485002 楊昕展		
411485003 胡庭睿	part 1:1,2 part 2:1,2 Appendix A,B	
411485018 蘇星丞	part1: 3, 4, 5 part2: 3	
411485042 黃柏歲		

## Challenges and Difficulties

此處由每位成員報告在擔任實作者或審核者時遇到的挑戰或未解決的問題，包含未來工作

姓名：胡庭睿

遇到的困難與挑戰：

### 1. markdown轉pdf

在上次作業中使用的extension(markdown pdf)，在轉換多行latex公式時(ex: \begin{aligned})會無法辨別，於是我在網上尋找許多不同方法，但是轉換的效果都不令我滿意，pandoc雖然能夠很好的渲染出latex公式，但是圖片的位置卻無法置中，換了很多個latex engine依然無解(pdflatex, mactex, xetex,basictex)再加上標題頁是用html寫的，也意味著標題頁需要重寫，但是我卻一直無法將它修改到我想要的樣式，最後我找到了一個叫做markdown preview enhanced的extension,對latex公式有很好的支援度，字體以及版面等也都可以透過.less控制，有不錯的自訂度，只是文檔寫的不太詳細，花了我一點時間才解決，不過我也學到了許多。

在上次作業中使用的extension(markdown pdf)，在轉換多行latex公式時(ex: \begin{aligned})會無法辨別，於是我在網上尋找許多不同方法，但是轉換的效果都不令我滿意，pandoc雖然能夠很好的渲染出latex公式，但是圖片的位置卻無法置中，換了很多個latex engine依然無解(pdflatex, mactex, xetex,basictex)再加上標題頁是用html寫的，也意味著標題頁需要重寫，但是我卻一直無法將它修改到我想要的樣式，最後我找到了一個叫做markdown preview enhanced的extension,對latex公式有很好的支援度，字體以及版面等也都可以透過.less控制，有不錯的自訂度，只是文檔寫的不太詳細，花了我一點時間才解決，不過我也學到了許多。

### 2. latex撰寫作業

經過作業一的批改後，我更了解老師的評分標準，應該更詳細的列出思考以及計算過程，也代表用latex撰寫的佔比

會更高，我學到了要打多行運算式時，可以用\begin{aligned} 和 \end{aligned}，用\begin{align} 會讓每一行運算式後有編號，並且用&可以將算式對齊，在這次作業中也花了不少時間學習latex的語法。不過像part 1 ans 1中的公式，雖然可以使它們與第一行算式對齊，但是我並沒有辦法控制所有算式的位置是在中間還是左邊，寫的方式完全一樣，但是卻依然無法改善此問題，推測是markdown轉換為html時出錯。

經過作業一的批改後，我更了解老師的評分標準，應該更詳細的列出思考以及計算過程，也代表用latex撰寫的佔比會更高，我學到了要打多行運算式時，可以用\begin{aligned} 和 \end{aligned}，用\begin{align} 會讓每一行運算式後有編號，並且用&可以將算式對齊，在這次作業中也花了不少時間學習latex的語法。不過像part 1 ans 1中的公式，雖然可以使它們與第一行算式對齊，但是我並沒有辦法控制所有算式的位置是在中間還是左邊，寫的方式完全一樣，但是卻依然無法改善此問題，推測是markdown轉換為html時出錯。

### 3. 全英文撰寫作業

全英文撰寫作業是這次作業我給我自己的挑戰，我發現在上課的簡報中，太容易依賴翻譯去查詢那些數學專有名詞，寫上中文解釋後下次上課依然還是會忘記，真正用英文開始寫後，我發現有好多在數學算式中常用到的詞彙，像是假設(assume)，代數化簡(algebraic simplification)，function的定義錯誤(ill-definition)等，很多都是生活中常用到的單字但是會讓人想不到可以這樣運用，透過這次作業也讓我更熟悉這些數學的英文專有名詞，也期許自己能夠越來越熟悉，到最後可以能夠像母語一樣順利的運用。

姓名：蘇星丞

遇到的困難與挑戰：

#### 1. git的問題

git是我這次作業第一次用，其中碰到了很多問題像是版本衝突、不會用終端機、指令不太熟悉。有一次版本衝突時我不知道他到底出了甚麼問題，他也沒有問我要不要覆寫或修改之類的，然後又不知道他的錯誤訊息到底甚麼意思，所以很著急，好在之後他跳出警⽰框讓我直接覆寫那段程式不然我也沒辦法自己處理，中間有問了同組的成員及AI，學到了本來不會學到的知識，之後我也有去提升我對git的認識，這讓我在操作git和處理問題上有更多的知識，不會的地方也比較明顯，讓我有辦法找尋相關的資源。

#### 2. markdown跟latex

這次寫作業都是用markdown和latex寫，這和之前用的工具截然不同，一方面覺得數學是啊，那些專業或不常見的表達方式可以更直觀的表達出來，另一方面覺得設計跟排版的部分特別的麻煩跟困難，所以排版的公式我都請AI跟我講，雖然還是排的不怎麼樣，但是至少比一開始好多了。

姓名：

遇到的困難與挑戰：

姓名：

遇到的困難與挑戰：

## Meeting Records

會議日期	會議方式(線上/實體)	討論事項
[日期]	[方式]	<ul style="list-style-type: none"><li>1. 作業要求釐清</li><li>2. 進度規劃</li><li>3. 問題整合</li><li>4. 角色分配討論</li></ul>
...	...	...

會議日期	會議方式(線上/實體)	討論事項
...	...	...

## Working Hours Records

組員姓名	工作時數	工作項目	工時高/低原因分析 (Bonus)
胡庭睿	20hr	1. part 1:1,2 (1hr) 2. part 2:1,2 (2hr) 3. Appendix A,B (4hr) 4. the report template (3hr) 5. git and github tutorial(2hr) 6. find ways of converting markdown to pdf (8hr) 7. improve whole team workflow on report(2hr)	
蘇星丞	5hr	1. part1: 3, 4, 5 2. part2: 3	except the part of writting the homework, i did less in addtional works.
[姓名2]	[時數]	1. [工作項目1] 2. [工作項目2]	[自行分析原因]
...	...	...	...
...	...	...	...

## Reflection

(應包含在作業中學習到的知識點，個人和小組整題的學習，團隊工作風格的反思，總結在此次作業中遇到的挑戰和問題(work hours, division))

學號：411485003

姓名：胡庭睿

心得：

這次作業的時間點剛好在作業一的成績發佈之後，老師對作業的layouts, writing styles, reflection and team's distribution to the work也變得更清楚，為了更好的統一writing styles，首先我根據作業二用markdown混合latex的方式撰寫了修正過後的模板，不僅能夠統一組員的writing styles也可以更貼近老師的要求，再來用markdown + latex的好處是不用碰觸到latex排版，同時也能學習如何用latex的語法寫數學公式，最後則是處理上次作業中提及的共編問題，我寫了git 和 github的教學文檔，教了組員們必要的git知識，即使還是遇到了常見的版本衝突問題，花了一段時間才解決，但是我也同樣學到了許多。

從這次的作業中，我個人學到了許多關於安排教學進度和教學組員的技巧，在這之前，我比較不擅長表達自己的想法，就只是做好別人指派給我的工作，但是在與組員交流過後，我發現組員也和我很像，但是這樣作業會開天窗，所以我要先試著改變自己，嘗試多與組員交流，了解他們吸收知識的程度，並且動態調整我們想要新學習的內容。目前我們的workflow仍有很大的優化空間，下次作業的部分我想要試著讓組員學習git branch，目前組員對git 仍然不是很熟悉，有時會不小心將別人修改過的版本覆蓋掉，branch就能夠很好的解決這個問題，只需最後在merge就好，最後我的目標希望能夠讓組員間的分工與共編變得更加流暢。

團隊工作風格的部分，我認為我們可以更早的開始進行作業討論，即使都還沒預覽題目也沒關係，約個時間一起討論並且同時做效率也會比較高，我也更能夠掌握組員的學習狀況，且更好講解學習事項的原理以及方法，只是要約到四個人

同時有空的時間真的好難:(

學號：411485018

姓名：蘇星丞

心得：

我覺得這次寫作業我學到很多新的東西跟知識，像如何打文法跟如何用git，我花了一些時間學習，也逐漸理解我們的模版是怎麼用這個語法寫的跟如何轉成PDF，相信再過一陣子可以完全理解她在幹嘛，讓我也會自己用看那些設定之類的。另外也學會如何跟組員合作與協調，之前我都比較做自己的部分，但我逐漸開始會問問其他人像是怎麼做或要如何整合之類的，這讓我也會練習如何與其他人合作。下次希望可以有辦法自己調整排版或字體，也希望了解我們的PDF是怎麼從程式碼變出來的，還有希望下次能用git的其他功能像是branch，這讓我們能用更明瞭的方法寫功課。

學號：

姓名：

心得：

學號：

姓名：

心得：

## Appendix

### Appendix A

#### Limit Laws in class's slides:

1. Sum Law ( $\lim_{x \rightarrow a} (f(x) + g(x)) = \lim_{x \rightarrow a} f(x) + \lim_{x \rightarrow a} g(x)$ )
2. Difference Law ( $\lim_{x \rightarrow a} (f(x) - g(x)) = \lim_{x \rightarrow a} f(x) - \lim_{x \rightarrow a} g(x)$ )
3. Constant Multiple Law ( $\lim_{x \rightarrow a} cf(x) = c \times \lim_{x \rightarrow a} f(x)$ )
4. Product Law ( $\lim_{x \rightarrow a} (f(x)g(x)) = \lim_{x \rightarrow a} f(x) \times \lim_{x \rightarrow a} g(x)$ )
5. Quotient Law ( $\lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x)}{g(x)} = \frac{\lim_{x \rightarrow a} f(x)}{\lim_{x \rightarrow a} g(x)}$ , if  $\lim_{x \rightarrow a} g(x) \neq 0$ )
6. Power Law ( $\lim_{x \rightarrow a} (f(x)^n) = (\lim_{x \rightarrow a} f(x))^n$ )
7. Root Law ( $\lim_{x \rightarrow a} \sqrt[n]{f(x)} = \sqrt[n]{\lim_{x \rightarrow a} f(x)}$ )
8.  $\lim_{x \rightarrow a} c = c$  (c為常數)
9.  $\lim_{x \rightarrow a} x = a$
10.  $\lim_{x \rightarrow a} x^n = a^n$
11.  $\lim_{x \rightarrow a} \sqrt[n]{x} = \sqrt[n]{a}$

## Appendix B

極限存在條件

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

在點 **a** 連續條件

1.  $f(a)$  存在
2.  $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$  存在
3.  $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = f(a)$

在點 **a** 可微分條件

1.  $f(a)$  存在
2.  $f(x)$  is continuous at  $a$
3.  $\lim_{x \rightarrow a^-} \frac{f(x) - f(a)}{x - a}$  存在
4.  $\lim_{x \rightarrow a^+} \frac{f(x) - f(a)}{x - a}$  存在
5.  $\lim_{x \rightarrow a^-} \frac{f(x) - f(a)}{x - a} = \lim_{x \rightarrow a^+} \frac{f(x) - f(a)}{x - a}$

三者關係

可微分一定連續，若連續，極限一定存在

## Appendix C