自 然 科 學

↓

物 理(Physics)

↓

- **探討物質組成**(composition)**與行為**(behavior)

➢Example:

1.**物質組成：** 原子 ⟹ 原子核+電子 ⟹ <u>質子+中子</u>+電子

⟹ 夸克(Quarks)+輕子(Leptons)<基本粒子>

2.**物質行為：** 運動學 ⟹ 力學(古典力學+統計熱力學+電動力學+量子力學)

⟹ 自然界的各種力可歸納成<u>重力</u>, <u>電磁力</u>, <u>強作用力(核力)</u>與<u>弱作用力(衰變力)</u>等四種基本交互作用力。

真實事物本質(physical reality)
(儀器可探測的)

範圍:小至原子核,至無際的宇宙
(地質學,化學,工程,天文學,生物學,生理學)

物理學家的目標(Goals)

使用最單純、最精簡的說法解釋物理現象

古典物理學(Classical physics)

1600~1900

古典力學 Classical mechanics

研究固體(單一質點→多質點剛體)與流體運動的特性

- 運動學 (Kinematic)
  – 平移, 旋轉, 振動
- 動力學 (Dynamic)、靜力學
  – 牛頓運動定律, 萬有引力定律, 功能原理,轉動力學, 應力, 流力,簡諧振盪,波動

熱力學 Thermodynamics

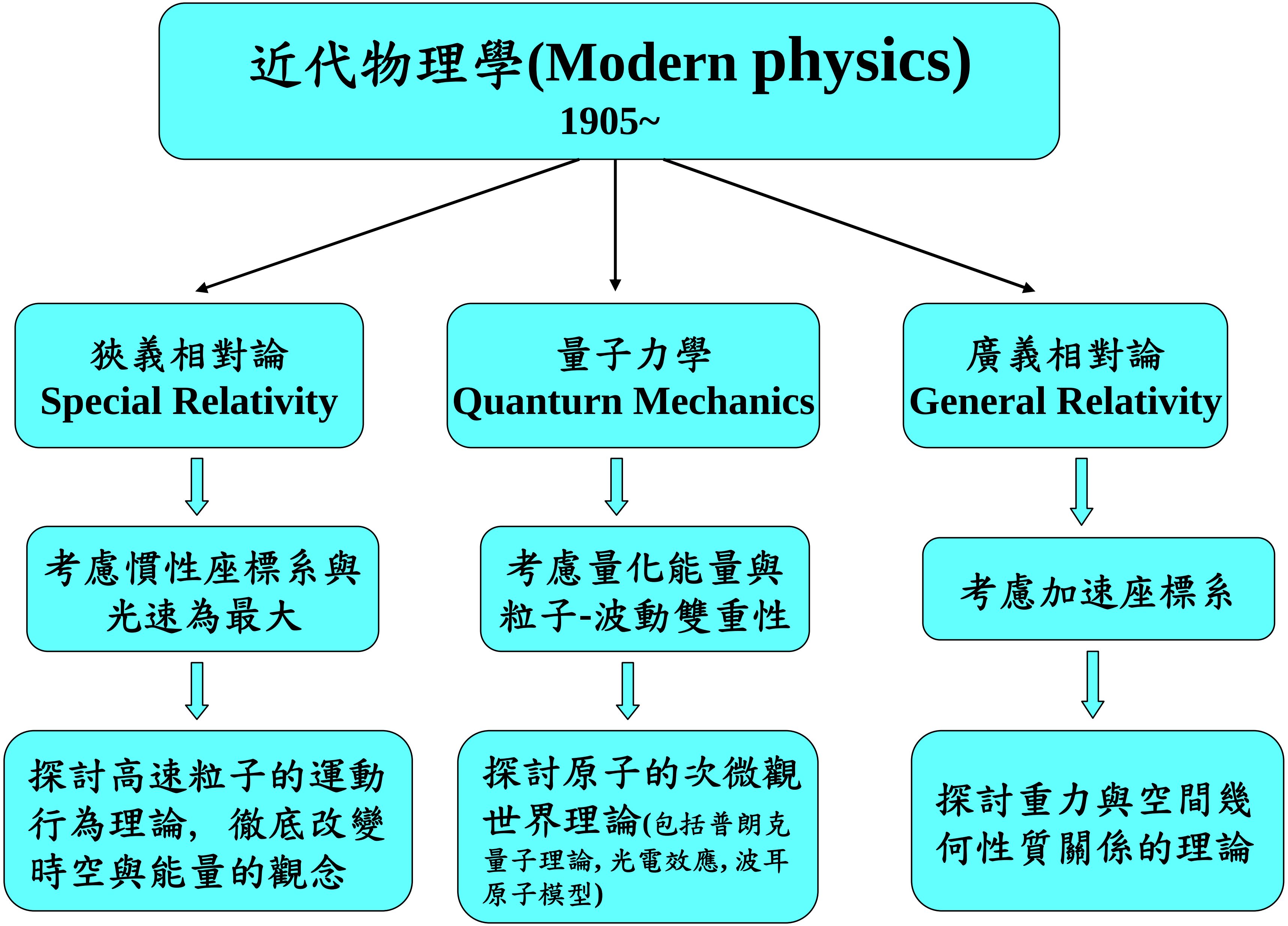
探討溫度, 熱傳遞, 多粒子集結特性

- 熱力學定律
- 氣體分子動力論
- 熱功當量
- 比熱

電磁學 Electromagnetic

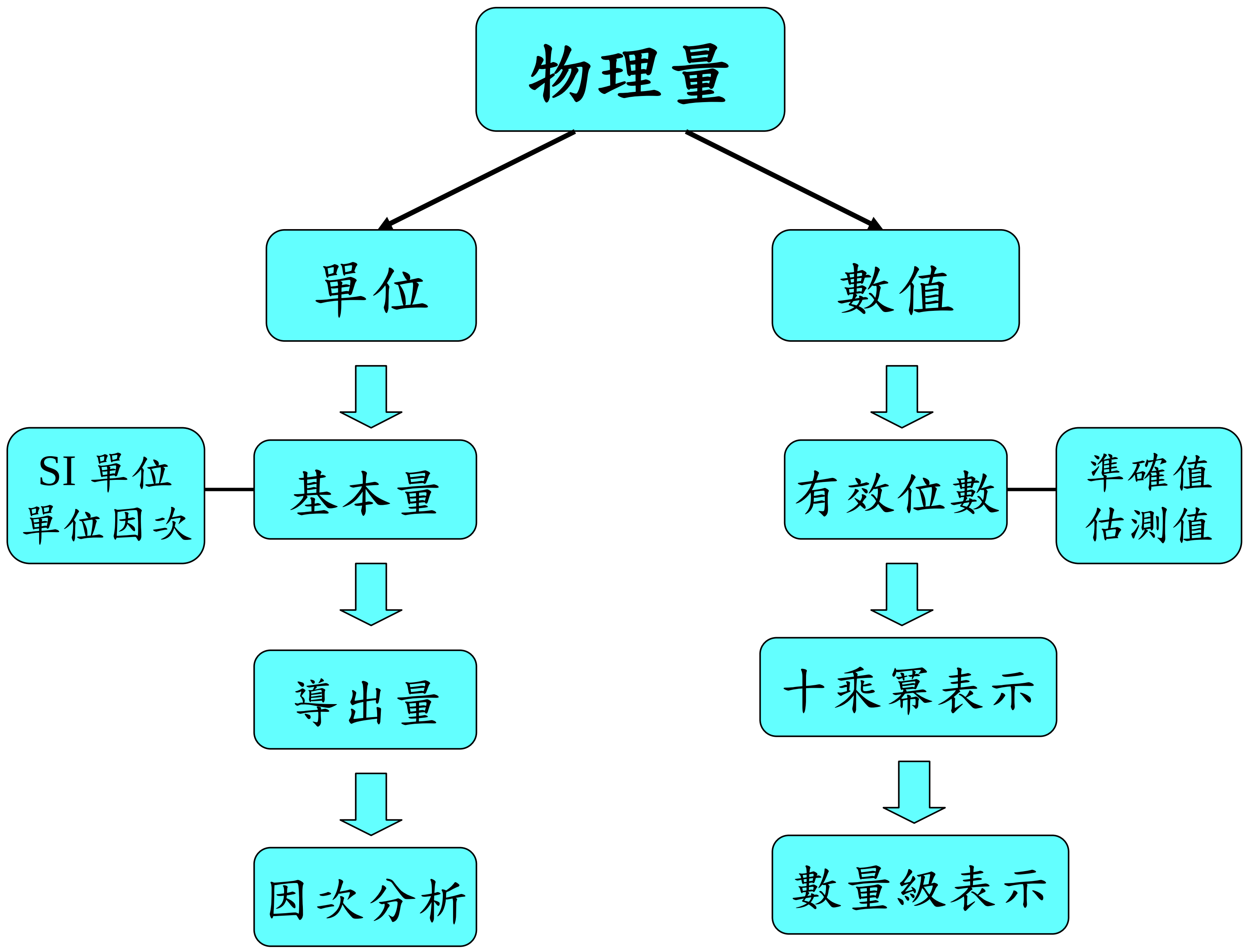
靜電學, 磁學, 電磁感應 電磁波, 光學

- 靜電學– 靜電力,電場,電位,電容
- 磁學– 磁力,磁場,電感
- 電磁感應– 法拉第與楞次定律
- 電磁波– 馬克斯威爾方程式
- 光學– 幾何光學, 波動光學


近代物理學(Modern physics)
1905~
狹義相對論
Special Relativity
量子力學
Quanturn Mechanics
廣義相對論
General Relativity
考慮慣性座標系與光速為最大
考慮量化能量與粒子-波動雙重性
考慮加速座標系
探討高速粒子的運動行為理論，徹底改變時空與能量的觀念
探討原子的次微觀世界理論(包括普朗克量子理論,光電效應,波耳原子模型)
探討重力與空間幾何性質關係的理論

物理學探究的方式

- 觀念(Concepts)
  - 分析自然現象的「觀念」或「物理量」。
- 定律(Laws)
  - 建構物理量間的數學關係。
- 原理(Principles)
  - 比「定律」更廣義的陳述。
- 模型(Models)
  - 可擬合某些物理系統，如：波耳(Bohr)的氫原子模型。
- 理論(Theories)
  - 結合原理、模型、基本假設推演的特定結論，如：牛頓的重力理論或愛因斯坦的相對論。


物理量
單位
數值
SI 單位
單位因次
基本量
導出量
因次分析
有效位數
準確值
估測值
十乘冪表示
數量級表示

SI (System International) UNIT（國際單位制）

一般代號　公制單位

質量(Mass) m — kg (因次符號為 M)

1升(l)水的質量 (4℃)⇒ 鉑銥合金圓柱體⇒ $C_{12} = 12u$

$(1u = 1.66 \times 10^{-27}\, kg)$

時間(time) t — s (因次符號為 T)

一平均太陽日/86400⇒1s=9,162,631,700次振盪(Cs-133)

長度(Length) ℓ — m (因次符號為 L)

赤道至北極間距離之千萬分之一 ⇒ Kr-86輻射波長× 1,650,763.73 ⇒ 光在1/299,792,458s所走的距離

Note: M.K.S. 表 m(米).kg(公斤).s(秒)

C.G.S. 表 cm(公分).g(公克).s(秒)

溫度(Temperature) T－K (因次符號為 Θ)

凱氏(Kelvin)溫度(即絕對溫度) → 水三相點(triple pt.)的溫度/273.16。

電流(electric current) I － A (因次符號為 I)

安培(Ampere) → 1C(庫倫)=1A.s

光照強度(luminous intensity) I_v － cd (因次符號為 J)

燭光(candela)

物質的數量(the amount of substance) n － mol (因次符號為 N)

一物質具有0.012kg C_{12} 的質量所包含的粒子數→ 1mole= 6.02×10^{23} **粒子數**

十乘冪符號與有效數字
(Power of ten notation and significant figures)

- 非常大或非常小的數值可用十乘冪符號表示，如原子大小 $= 2\times10^{-10}m$ 。

- 有效數字判定原則：

  1. 十乘冪位數不記入，但末位數為零需計入，可視為不準度(**uncertainty**)。

  2.不同有效位數的數值進行乘除運算時，取最小有效位數值。

  3.不同有效位數的數值進行加減運算時，取小數點以下最小有效位數值。

Example 1:

12,000.0 有六位有效數字，0.002560有四位有效數字

12,000 則不確定，可用十乘冪符號表示來確定：

1.2×10^4 有兩位有效數字，1.200×10^4 有四位有效數字。

Example 2

$$\frac{36.479\times2.6}{14.85}=(6.387)=6.4 \quad \text{or} \quad \frac{36.479\times2.6}{4.95}=(19.161)=19$$

$$=1.9\times10$$

$$17.524+2.4-3.56=(16.364)=16.4$$

數量級
Order of magnitude

- 數值僅取一位有效數字。

百	(hector-)	h	10^{2}	釐	(centi-)	c	10^{-2}
仟	(kilo-)	k	10^{3}	豪	(milli-)	m	10^{-3}
百萬	(mega-)	M	10^{6}	微	(micro-)	µ	10^{-6}
十億	(giga-)	G	10^{9}	毫微	(nano-)	n	10^{-9}
兆	(tera-)	T	10^{12}	微微	(pico-)	p	10^{-12}
仟兆	(peta)	P	10^{15}	毫微微	(femto-)	f	10^{-15}

因次分析(Dimensional analysis)

- 每個力學導出單位皆可簡化為質量(M)、長度(L)、時間(T)等三種基本單位的因數(Factor)，這些因數略去單位系統(SI公制或英制)，就稱為因次(dimensions)。

優點

1. 可檢查代數關係式的因次是否相符。
2. 可用於推求函數關係式。

如：面積【A】$=L^2$，速率【v】$=LT^{-1}$，力【F】$=MLT^{-2}$

Exercise 3:

If P and Q have different dimension, which of the following operation are possible : (a) P+Q; (b) PQ; (c) P- $\sqrt{Q}$; (d) 1-P/Q? Ans: (b),(c)

Example 1.2: The period *p* of a simple pendulum is the time for one complete swing.How does *p* depend on the mass *m* of the bob, the length *l* of the string, and the acceleration due to gravity *g*?

$$P = km^x \ell^y g^z \qquad (其中\ g=LT^{-2})$$

$$\Rightarrow T = M^x L^y L^z T^{-2z} = M^x L^{y+z} T^{-2z}$$

$$\Rightarrow T:\ 1 = -2z; \qquad M:\ 0 = x; \qquad L:\ 0 = y + z$$

$$\Rightarrow x = 0, \quad z = -\frac{1}{2}, \quad y = \frac{1}{2}$$

$$\Rightarrow P = k\sqrt{\frac{\ell}{g}}$$

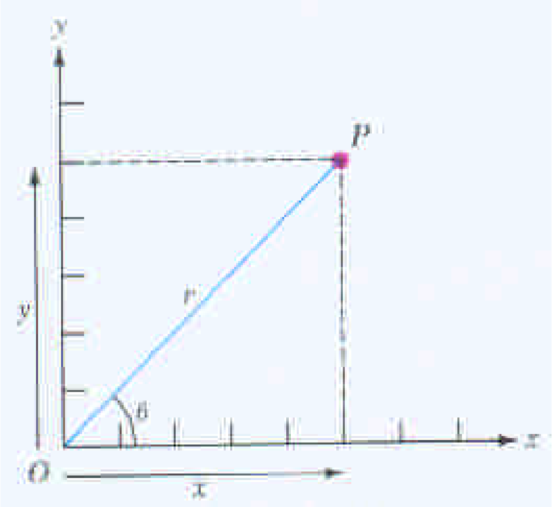
參考系與座標系

(Reference frame and Coordinate system)

➢物體位置相對於參考系才有意義，其中參考系是實際存在的另一參考物質(或可視為觀察者本身)，而位置係依據此參考系所建立的座標系來標示。

➢座標系有兩種：1.笛卡兒座標系(Cartesian coordinates)，亦即直角座標系。

2.平面極座標系(plane polar coordinates)。

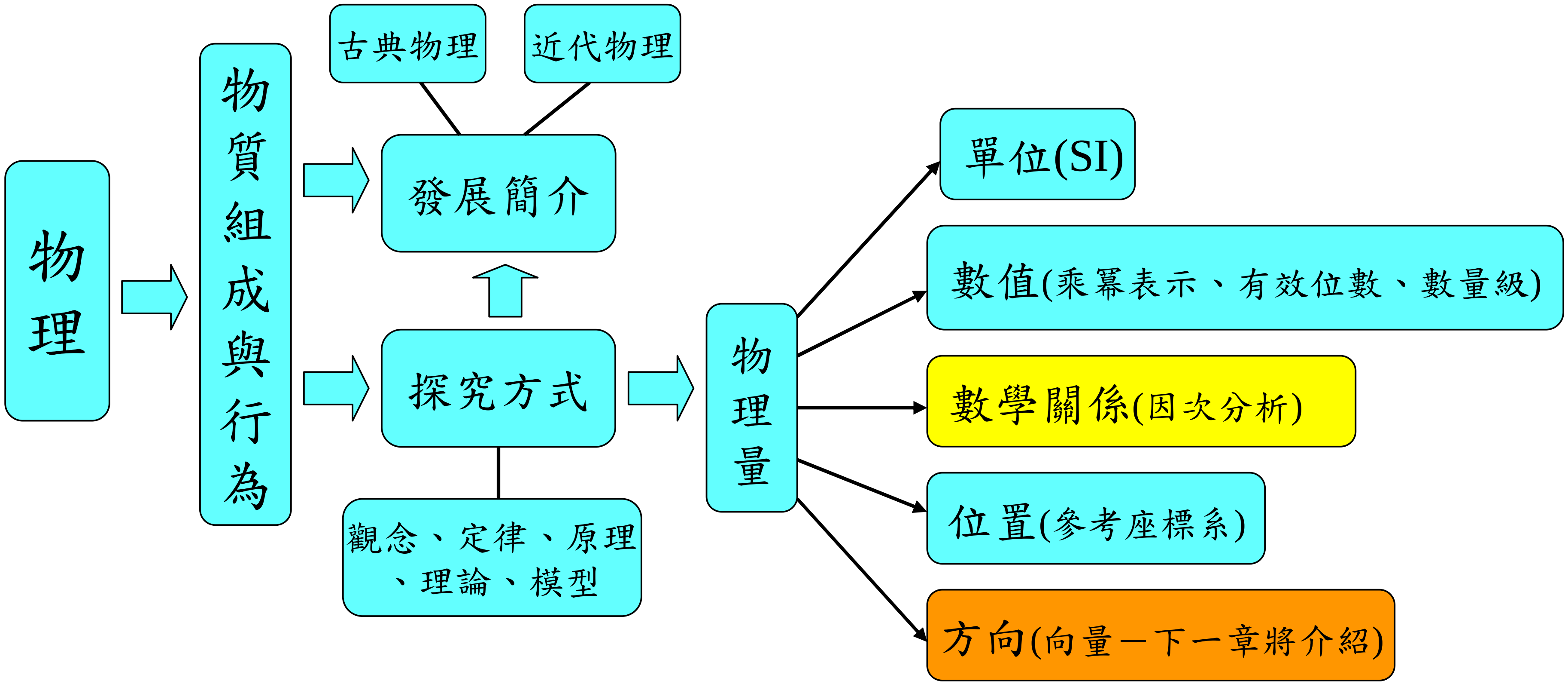


$$x = r\cos\theta \qquad y = r\sin\theta$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad ; \quad \tan\theta = \frac{y}{x}$$

θ角度從$+x$軸逆時針起算

本章單元內容重點彙整



物理
物質組成與行為
古典物理
近代物理
發展簡介
探究方式
觀念、定律、原理、理論、模型
物理量
單位(SI)
數值(乘冪表示、有效位數、數量級)
數學關係(因次分析)
位置(參考座標系)
方向(向量－下一章將介紹)

習　題

- 教科書習題(p.11~p.12)

  Exercise:　15, 21, 35, 39, 45

  Problem:　2, 3

  Pr.2 Ans. $a \propto v^2/r$

- 基本觀念習題

  1. 國際單位制(SI)定義的基本物理量有哪些? 其對應的公制單位與因次符號分別為何？其中與力學相關的三個基本物理量又為何？

向量(Vectors)

Advantage :

1. 可以簡潔表達物理定律。
2. 使用向量表示的方程式不會因座標系改變而改變(即向量大小與方向永不變)。

純量與向量(Scalars & Vectors)

純量

1. 僅有大小。
2. 符合純代數運算。

向量

1. 大小與方向。
2. 符合向量代數運算。

純量與向量的關係

1. $\vec{A}=\vec{B}\Rightarrow A=B,\ \ \theta_A=\theta_B$，

但不表示位置相同。

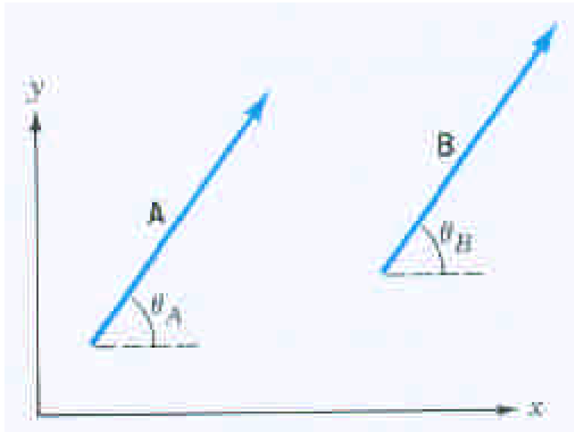


Fig.2.3

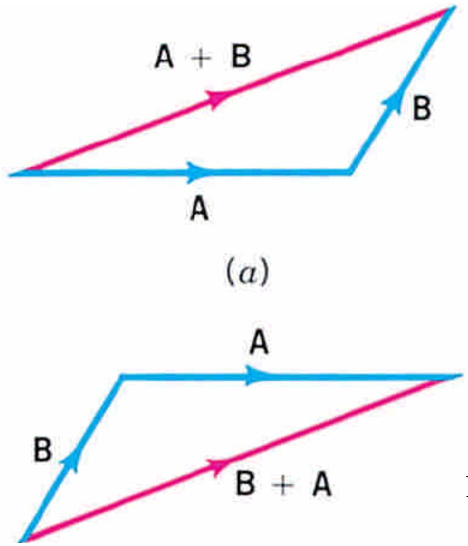
2. $A=\vec{B}$ & $A+\vec{B}\Rightarrow$ 皆不成立。

$A\cdot\vec{B}=\vec{B}\cdot A\Rightarrow$ 皆成立。

向量加減法

向量加法(Vector Addition)

1. $\left|\vec{A}+\vec{B}\right| \neq A+B \Rightarrow \left|A-B\right| \leq \left|\vec{A}+\vec{B}\right| \leq A+B$



2. $\vec{A}+\vec{B}=\vec{B}+\vec{A}$ (commutative)

Fig.2.6

3. $(\vec{A}+\vec{B})+\vec{C}=\vec{A}+(\vec{B}+\vec{C})$ (associative)

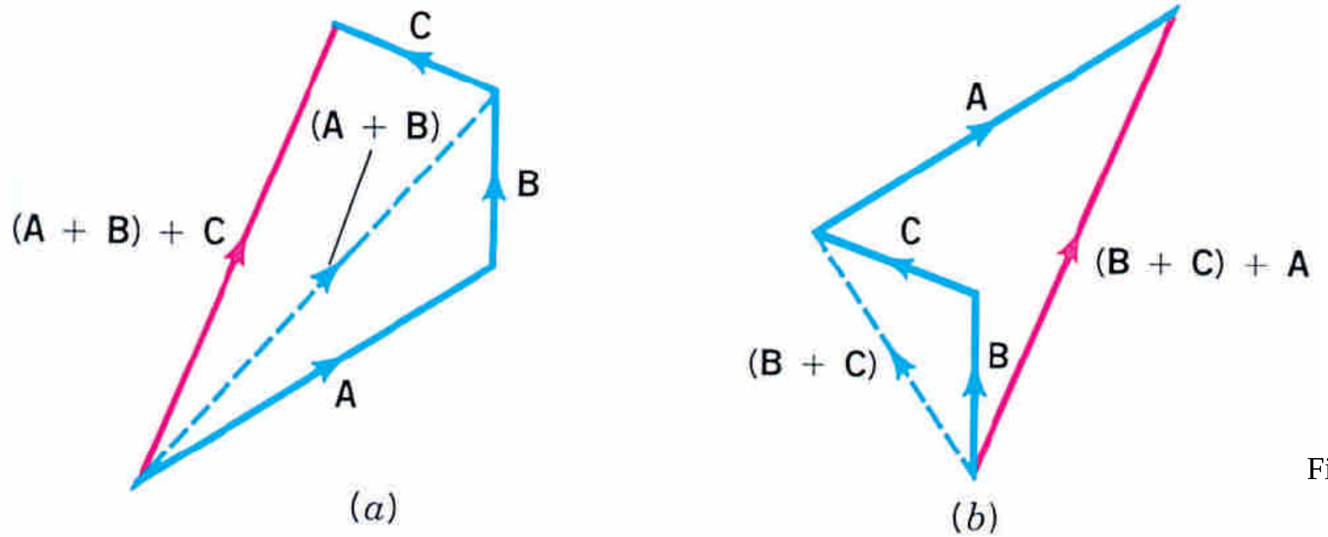


Fig.2.7

✦ 向量减法 (Vector Subtraction)

1. $\vec{A}-\vec{B}=\vec{A}+(-\vec{B})$

2. $\vec{A}=\vec{B}+(\vec{A}-\vec{B})$

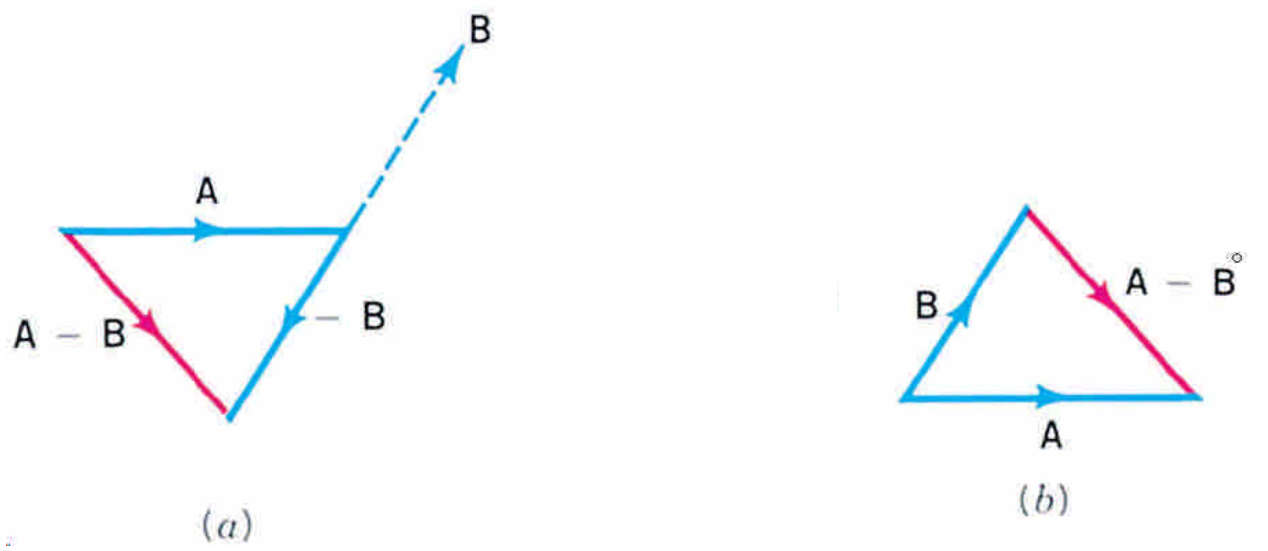


Fig.2.8

分量

1. $A_x = A\cos\theta,\ A_y = A\sin\theta$

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2},\quad \tan\theta = \frac{A_y}{A_x}$$

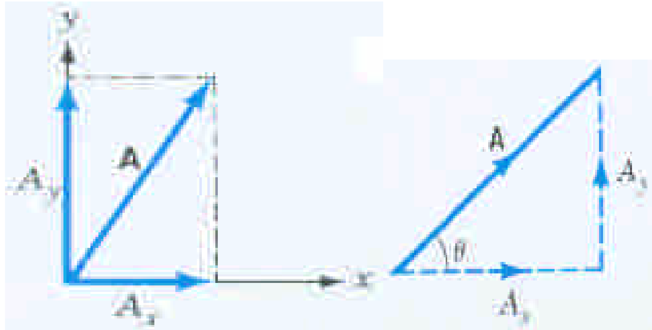


Fig.2.11

☆分量不可能大於原向量的大小。

☆若座標系不同(如轉動一角度)，則分量亦不同。

2. $\vec{R} = \vec{A} + \vec{B} \Rightarrow \begin{Bmatrix} R_x = A_x + B_x \\ R_y = A_y + B_y \end{Bmatrix}$

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}\quad ,\quad \tan\theta = \frac{R_y}{R_x}$$

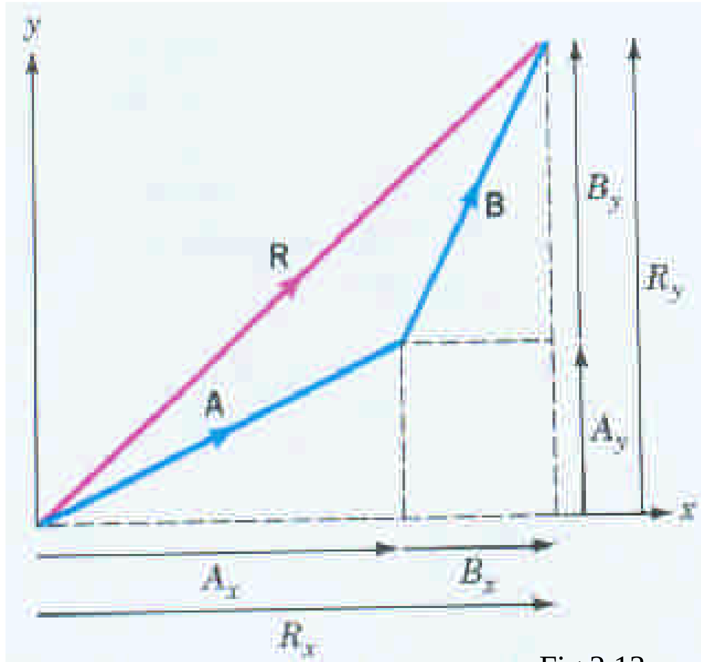


Fig.2.13

單位向量

1.單位向量 $\hat{i}$, $\hat{j}$, $\hat{k}$ 分別沿 x, y, z

且 $\left|\hat{i}\right| = \left|\hat{j}\right| = \left|\hat{k}\right| = 1$ 。

2. $\vec{A} = A_x\hat{i} + A_y\hat{j} + A_z\hat{k}$

$\vec{B} = B_x\hat{i} + B_y\hat{j} + B_z\hat{k}$

3. $\vec{R} = \vec{A} \pm \vec{B} \Rightarrow \begin{cases} R_x = A_x \pm B_x \\ R_y = A_y \pm B_y \\ R_z = A_z \pm B_z \end{cases}$

$$\vec{R} = \left(A_x \pm B_x\right)\hat{i} + \left(A_y \pm B_y\right)\hat{j} + \left(A_z \pm B_z\right)\hat{k}$$

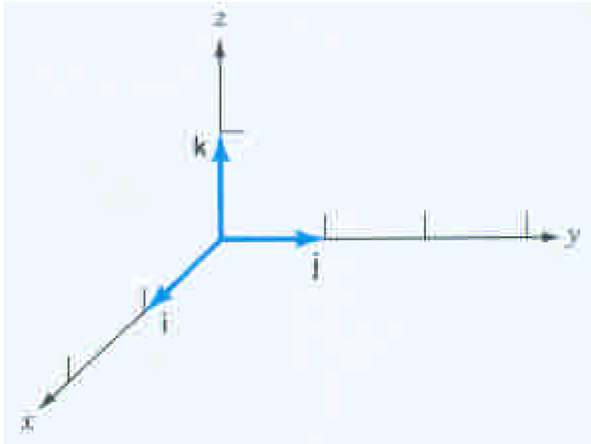


Fig.2.15

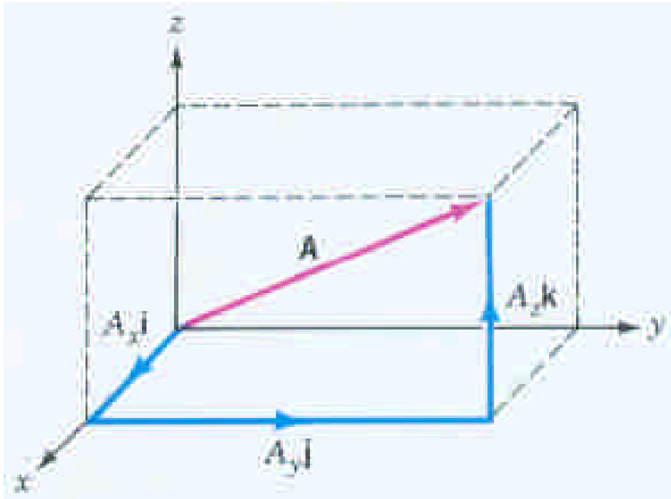


Fig.2.16

※注意：欲求已知向量的單位向量，則僅須除以向量大小，如：$\hat{A} = \dfrac{\vec{A}}{A}$

向量乘法

純量積或內積(Scalar product, Dot product)

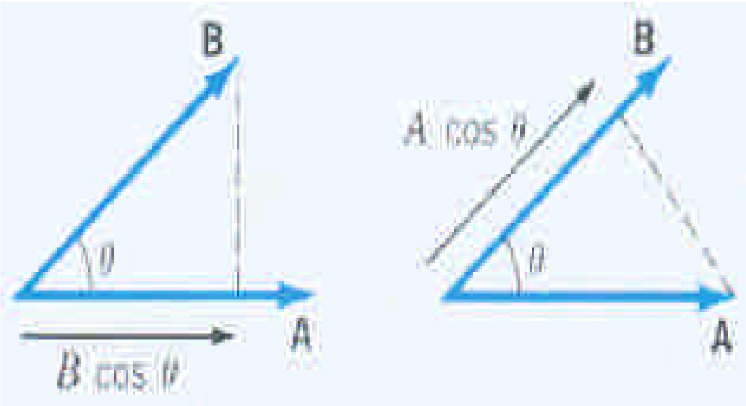


Fig.2.18

$$\vec{A}\cdot\vec{B}=AB\cos\theta$$

$$=(A_x\hat{i}+A_y\hat{j}+A_z\hat{k})\cdot(B_x\hat{i}+B_y\hat{j}+B_z\hat{k})$$

$$=A_xB_x+A_yB_y+A_zB_z$$

$$(\because \hat{i}\cdot\hat{i}=\hat{j}\cdot\hat{j}=\hat{k}\cdot\hat{k}=1,\ \ \hat{i}\cdot\hat{j}=\hat{i}\cdot\hat{k}=\hat{j}\cdot\hat{k}=0)$$

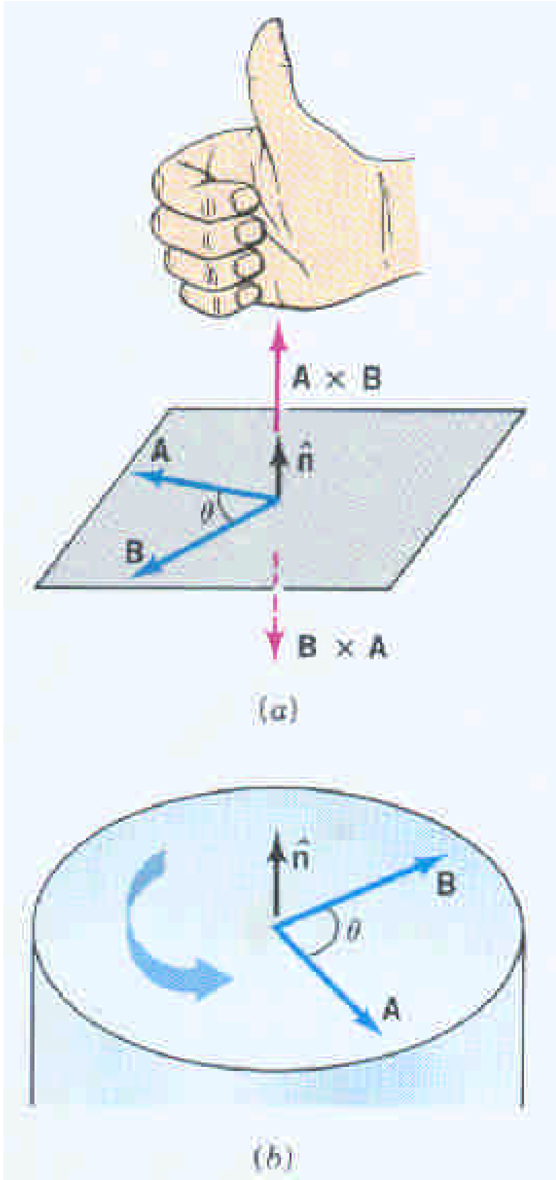
運算

1. $\vec{A}\cdot\vec{B}=\vec{B}\cdot\vec{A}$ (commutative)

2. $\vec{A}\cdot(\vec{B}+\vec{C})=\vec{A}\cdot\vec{B}+\vec{A}\cdot\vec{C}$ (distributive)

向量積或外積(Vector product, Cross product)

Fig.2.20



$$\vec{A}\times\vec{B} = AB\sin\theta\,\hat{n}$$

$$= (A_x\hat{i} + A_y\hat{j} + A_z\hat{k})\times(B_x\hat{i} + B_y\hat{j} + B_z\hat{k})$$

$$= (A_xB_y\hat{k} - A_xB_z\hat{j}) + (-A_yB_x\hat{k} + A_yB_z\hat{i})$$

$$+ (A_zB_x\hat{j} - A_zB_y\hat{i})$$

$$\{\because \hat{i}\times\hat{i} = 0, \hat{j}\times\hat{j} = 0, \hat{k}\times\hat{k} = 0 \;\; ; \;\; \hat{i}\times\hat{j} = \hat{k}, \hat{j}\times\hat{i} = -\hat{k}, \hat{k}\times\hat{i} = \hat{j}$$

$$\hat{i}\times\hat{k} = -\hat{j}, \hat{j}\times\hat{k} = \hat{i}, \hat{k}\times\hat{j} = -\hat{i}\}$$

$$= \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix}$$

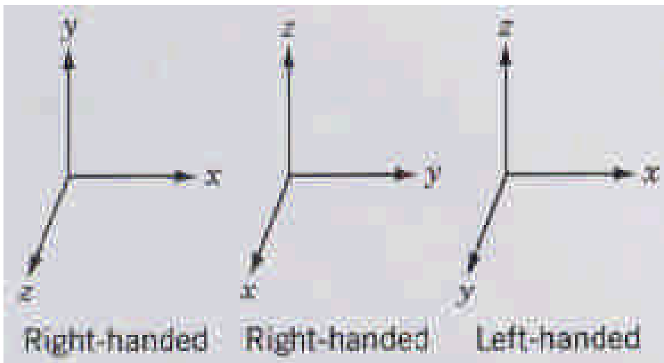


Fig.2.21

運算

1. $\vec{B}\times\vec{A} = -\vec{A}\times\vec{B}$ (noncommutative)

2. $\vec{A}\times(\vec{B}+\vec{C}) = \vec{A}\times\vec{B}+\vec{A}\times\vec{C}$ (distributive)

Example 2.6 Derive the law of cosines.

$$\vec{C} = \vec{A}-\vec{B}$$

$$\vec{C}\cdot\vec{C} = (\vec{A}-\vec{B})\cdot(\vec{A}-\vec{B}) = A^2+B^2-2\vec{A}\cdot\vec{B}$$

$$C^2 = A^2+B^2-2AB\cos\theta$$

$$\cos\theta = \frac{A^2+B^2-C^2}{2AB}$$

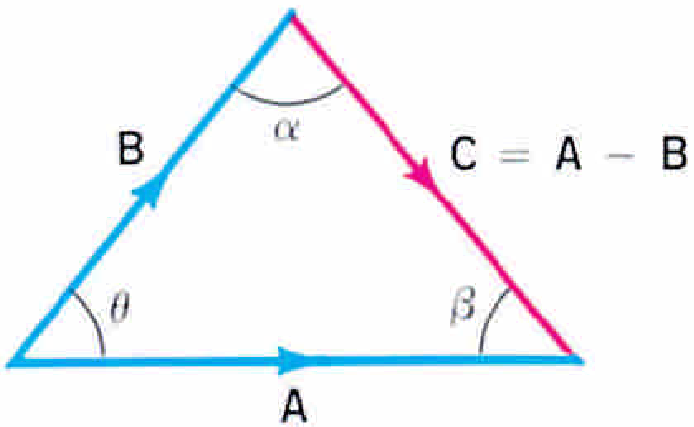


Fig.2.19

Example 2.8 Derive the law of sines.

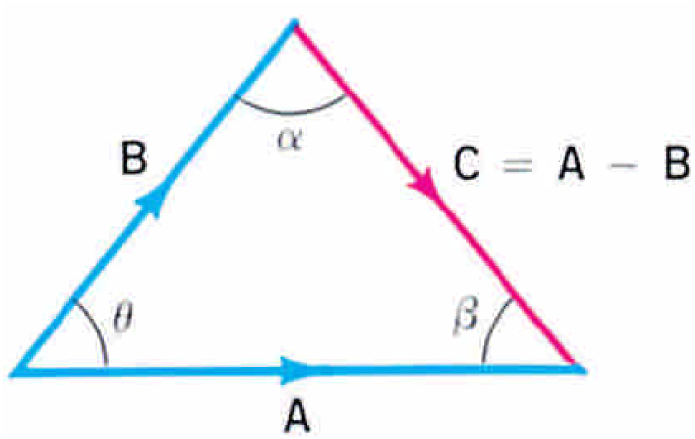
$$\vec{C} = \vec{A} - \vec{B}$$

$$\vec{C} \times \vec{C} = (\vec{A} - \vec{B}) \times \vec{C} = \vec{A} \times \vec{C} - \vec{B} \times \vec{C}$$

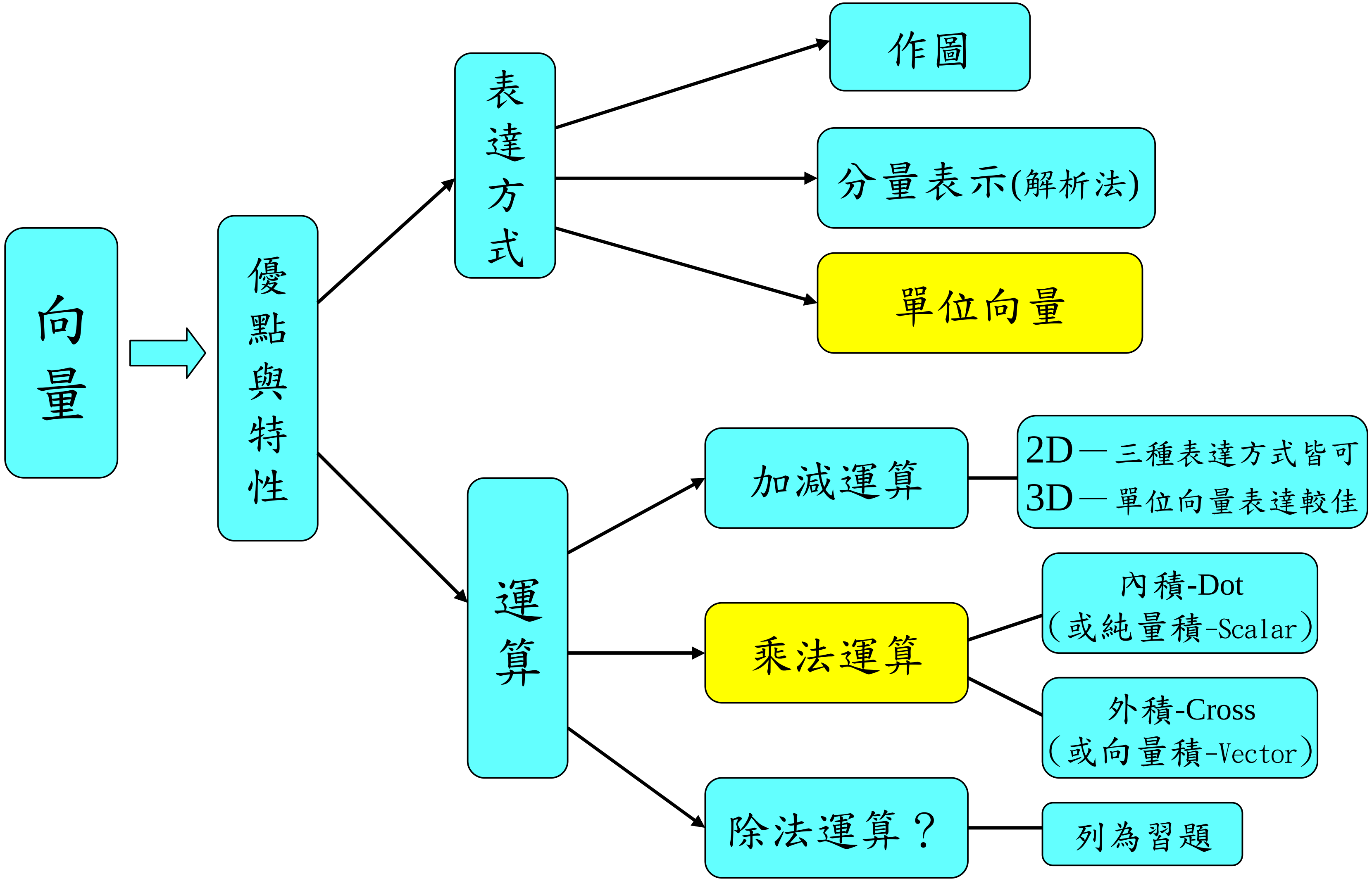
$$= AC \sin\beta\,\hat{n} - BC \sin\alpha\,\hat{n} = 0$$

$$A\cancel{C} \sin\beta = B\cancel{C} \sin\alpha$$

$$\frac{\sin\alpha}{A} = \frac{\sin\beta}{B}$$



本章單元內容重點彙整


向量
優點與特性
表達方式
作圖
分量表示(解析法)
單位向量
運算
加減運算
2D－三種表達方式皆可
3D－單位向量表達較佳
乘法運算
內積-Dot（或純量積-Scalar）
外積-Cross（或向量積-Vector）
除法運算？
列為習題

習　題

●教科書習題(p.26~p.30)

Exercise: 15, 28, 39, 47, 49, 51, 61, 69

Problem: 1, 7

Ex.28 Ans. $\vec{C} = -30\hat{i} + 15\hat{j} - 33\hat{k}$

●延伸思考問題：

1.請問"向量的除法"是否存在，請說明之！