大學叢書

理論物理學導論

第一編

哈斯 著
謝厚藩 譯

商務印書館發行

大學叢書

理論物理學導論

第一編

哈斯著
謝厚藩譯

商務印書館發行

著者對英譯本序

近年來我們對自然現象的見解，經過了完全的改變；這是理論物理驚奇進展的結果。這種改變，引起了大衆對於物理問題很生動的興趣。近代理論物理的原著，多專注特殊的單獨問題；有許多人或無時間，或無預備知識，以致無法閱讀。像這類的學生，或許懷着一種願望，想找到一本用近代眼光與治法而又不太豐富的概覽，使他們能夠遍覽理論物理現在的整個情態，藉以正確明瞭這門科學的基本原理與主要問題，而不太詳細。

預備這種概覽，再想適合大學的教程，就是本書的目的。這是集合我在Leipzig 與 Vienna 兩大學的講稿而成；我演講時的目的，原想儘量把舊物理學與近代物理學聯合而成一體的。

講到算學，本書祇假定讀者知道了微積分的基本法則，所以演算中的容易步驟，特意寫完出來。讀者若是個初學的人——看教科書的人多半是如此——要他費時用腦去應付書中簡單而未列入的運算，很容易使他的注意由物理的重要問題移向無關緊要的算學處所；我要讀本書的人絕對不遇此事，所以算學理論，與其說講得太少，毋寧說講得太多。

我又努力要把一切純粹算學性質的思想過程，移到物理討論以外，從汎扼要，列爲專章，並不參證物理現象。照這樣做，我希望不但眞正的思想過程不爲算學遮斷而益加清明，並且使讀者更瞭然那些物理定理

間的關係是純粹數學性的，那些關係是藉實驗事實纔成立的。再統一向量方法，用之於力學，彈性論與相對論，遂使演導簡單；並且物理各門中相類的思想過程，也不至多餘重複。

決定劃分主題，我是抱了一種願望，想把脫離一切舊原子假設而能導出的物理關係，與眞正的舊原子物理學分開。本書第一册，只講到第一種關係，雖在電磁場中曾經引入新原子物理學的基本假設，不過這些關係（例如對流電流，電荷的運動方程式，電磁質量），並不須藉舊原子假設，亦能將其較普遍的形式導出的。

在本書內我的處置方法與平常不同，尤其是在熱力學。據我所見，熱現象的統計意義，本不是今日唯一的可能解釋，卻爲原子的眞實存在所必需。反之，由普遍的統計方法導出能量配分各定律，亦不能不有物理的解釋。所以本書的熱力學，就是以純粹統計學爲基礎，使其形式能够儘量普遍，而不需要有關能量配分本性的特別假設；遂使那兩條主要定律成了普遍有效的形式。但是定律的特別應用，一方面用到移動能量，一方面用到機械的與電磁的振動能量子，便得氣體定律，極冷物體的定律，熱輻射定律。用統計方法去導出熱力學的兩條主要定律雖然還不能完全，不過據我所見，要決定選擇，我還是贊成用統計方法，不贊成用唯象的邏輯方法（phenomenological method）。因爲祇有統計方法纔能够使熱原理與近代物理的統一體系合併。祇有統計方法纔能够使不容易懂的不可逆性瞭解；祇有統計方法纔能够供應理論物理向前發展所欲脫盡人類主觀的需要。

我是有意把歷史的探討留在背景，我不顧歷史上偶合的發展程序，

竭力採了作概覽的方法。這種概覽，就物理現在的情態講，就近代問題的關係講，似乎是最簡單的，是最合於教學實用的。

Authur Haas.

目　錄

第一部　力學及向量場，振動 位的普遍理論

第二部 電磁場論與光論

第一章　質點的運動

§1　惰性原理及力的概念

式樣最簡單的運動，是於等時間經過等距離的直線運動；這種運動，稱等速運動。運動的速度，是以路線的任意某長度對經過者長度所需的時間的比率規定之；如爲等速運動，這個比率之值一定不變，與所取來考究的路線的長度無關。

如果一物體畫了一條很任意的路線（通常是曲線），而物體的運動又是任意的，就一段很短的路線看，牠的運動也可算作近於等速的。沿路線上相鄰兩點間的一段考究，這段的長度愈小，我們所想像的等速直線運動，愈與眞正不等速的曲線運動相近。故以 ds 表示沿路線於 dt 時間內所經過的線元，我們可用微分係數 $\frac{ds}{dt}$ 定爲速度的瞬間值(instantaneous value)。我們也可說這線元的方向或者說路徑的切線就是速度的瞬間方向。

力學的第一條基本原理，是惰性原理；這是笛卡兒 (Descartes) 於 1644 年公布，後由牛頓於 1687 年作成條文，成爲運動第一定律。[1] 照

---

[1] 惰性原性，實是 Galileo 所創。他創造了脫離一切障礙的理想運動的概念 並爲了這種理想運動，於理想的機械過程是完全可逆的原理中，創訂了一條最高公理。由這條原理，Galileo 很正確的推定凡受重力作用沿斜面以某加速度向下的運動，必可反其方向以同大的減速度向上運動(當然須假設全無阻礙運動的障礙物)。嗣後他又推出，在平面的理想運動，決無加速度，亦無減速度；這種未受重力影響的物體，應該以定速永遠運動下去。最初完全瞭解 Galileo 這種偶然想到的定理的意義的人，就是 Descartes；他並且補充了一句說：物體常

這條定律所說，凡物體常欲保持速度及運動方向，苟無外力影響運動，決不改變；並且沒有這種原因時，靜止的物體繼續靜止。

所以一個物體的速度或運動方向若是改變了，搜求改變的理由，就歸到某個外因身上；這個外因是使可以繼續靜止或自由運動的物體運動的，引用成語，乃稱此外因爲力。

我們用一個大小一定的物體置在一定方向，藉他的曳力 (pull)就可阻止一力不至把完全自由的物體推動；㊁ 這是經驗上一件重要事實。所以我們若知道了抵消這個力的效應所需的重量究竟多大，所施的曳力是在什麼方向，便可決定這個力。把這個重量與單位重量比較，便可測定這個力的量。並且我們由經驗已經知道兩個等量而反向的曳力是彼此相消的，所以我們可以判定這個力的方向恰好與曳力的方向相反。故無論何力都可用直線做符號去表示。使這直線與力同方向，線的長度單位數與力的單位數相等；這是 Stevin 早就指示了的(約 1600 年)。

§2 有向量 (vector quantities)

由力與速度我們知道了一些量；這些量必須已知牠們的方向纔能完全決定，並且牠們可用有向的線段做符號去表示。這種量稱有向量，

欲使其運動沿一條直線連續進行。嗣後牛頓纔把惰性原理在他的運動第二定律中寫定形式，其原文如下：(Lex Motus I: "Corpus omne perseverare in statu suo quiescendi vel movendi uniformiter in directum, nisi quatenus a viribus impressis cogitur statum illum mutare")。英譯文："Every body continues in its state of rest or of uniform motion in a straight line, except in so far as it is compelled by impressed forces to change that state"。漢譯文：凡物體常繼續牠的靜止狀態或循一直線等速運動的狀態，苟非爲力所迫，決不改變。

㊁ 例如一個固定的磁極可把一個自由的磁極吸定。

或單稱向量(vector);有向的線段亦是向量。

每個向量有三個可以辨別的主要性質:量,方向,意向 (sense)。所謂向量的量,是指此向量中所含本單位之數;譬如說一力或一速度的量,是指此力或速度中所含力的單位或速度單位之數。用有向線段來表示向量,則線段的長度當然表示向量的量。

本書循慣例用了粗寫字表明向量,用了斜寫的同字表示向量的量;例如向量 **A** 的量爲 A。

A,**B** 兩向量若是同量同方向同意向,用符號表示此事,便如下列方程式:

$$\mathbf{A}=\mathbf{B} \tag{1}$$

故由兩個不同的點引出的兩向量,必須同量同方向同意向,纔能算作全等。再 **A**,**C** 兩向量若是同量同方向而意向相反,用符號表示此事,則如下列方程式:

$$\mathbf{A}=-\mathbf{C} \tag{2}$$

一向量投至正交位標系的三軸上的射影,稱此向量對此位標系的成分。如 A_x, A_y, A_z 是向量 **A** 的三成分。● 由 Pythagoras 定理,得

$$A^2=A_x^2+A_y^2+A_z^2; \tag{3}$$

即一向量的量的平方,等於其成分的平方之和。

但是,不但向量的量是藉其成分決定,即方向亦藉之決定;並且各成分的符號又決定向量的意向。因爲向量投至 x 軸上的射影,是等於向量的量與其對 x 軸所夾的角的餘弦相乘之積;即

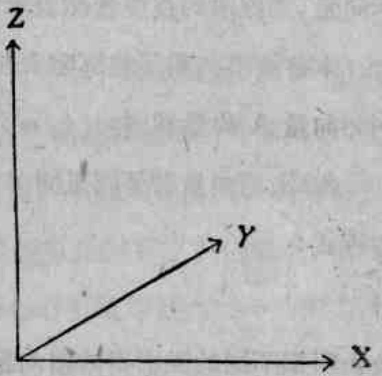
● 本書中的向量成分,概用斜寫字母表示

(4) $$A_x = A\cos(\mathbf{A}, x)$$

或由(3)式得

(5) $$\cos(\mathbf{A}, x) = \frac{A_x}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}}$$

表示 **A** 向量與 y 軸及 z 軸所夾兩角的餘弦的兩式，與此相似。



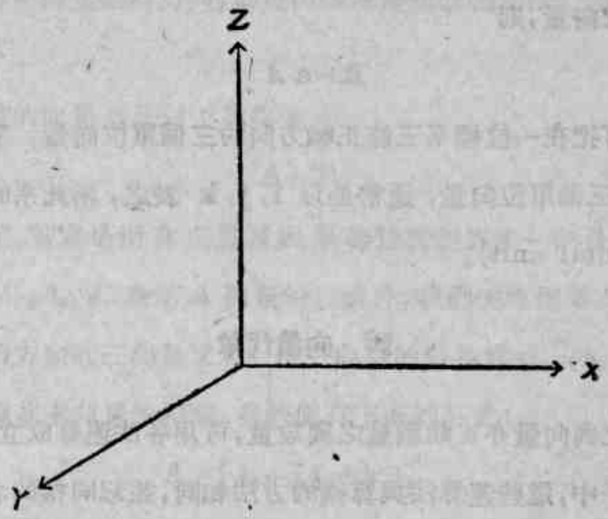
第一圖

我們現在不能不離開本題去簡單說說空間的位標系。可能的空間位標系有不同的兩種，其中任意一系卽是他一系的鏡中的像，所以不能重合。設在垂直平面內作 x 軸及 z 軸，y 軸的正向可向後或向前。如果 y 軸是向後（第1圖），從正 z 軸上一點去看正 x 軸循最短路線[1]轉到正 y 軸，當見轉動的動向是與鐘針的動向相反。如果 y 軸是向前（第2圖），則見與鐘針的動向相同。第一系稱英制位標系，第二系稱法制位標系；[2]前者又稱右手系，後者稱左手系。因為我們若用大拇指表示 x 軸，用食指表示 y 軸，用中指表示 z 軸，當用右手時則成英制位標系，用左手時則成法制位標系。

研究電磁的過程寧用英制，所以現在理論物理上大概都採英制，本

[1] 當然，我們也可將正 x 軸反向轉動經過 270° 而達到正 y 軸；所以必須加上『循最短路線』幾字。

[2] 這兩個名詞的由來，是因從前的英國物理學家用第1圖的位標系，法國物理學家用第2圖的位標系。



第　二　圖

書以下各章亦是如此。

有些量完全可用數來決定，與方向無關；這種的量與向量恰好對照，稱無向量(scalar)。無向量之所由命名，是因爲祇須知道這些量用一定標度(scale)測得的數量，便可完全規定。牠們的例子，可略舉幾個；譬如溫度，質量，電荷，磁量等等。

用一個無向量去乘一個向量，是以無向量去乘向量的量，當然不至改變這向量的方向。同樣，用無向量去除向量，乃是除其量，也當然不會改變方向。

這些法則，便引我們發生單位向量的重要概念；所謂單位向量，也是一向量，其長度等於單位長度。由於此，一切可能的方向，都可用單位向量去決定；並且任一向量，總可看作是在這向量方向的單位向量與一無向量相乘之積，這個無向量等於該向量的量。故以 **a** 表示在 **A** 向量

方向的單位向量，則

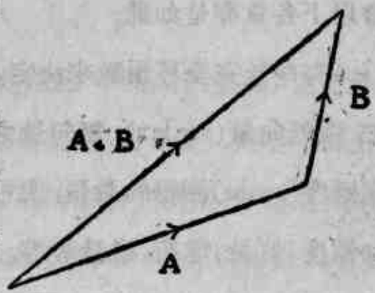
(6)　　$$\mathbf{A}=\mathbf{a}\,A$$

我們可把在一位標系三條正軸方向的三個單位向量，看作是這系的特性；這三個單位向量，通常是以 $\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$ 表之，稱此系的基本向量 (fundamental unit)。

§3 向量代數

向量之與向量亦正如數量之與數量，可用各法運算成立一些關係。在特別例子中，這些運算法與算術的方法相同，並以同樣的名稱稱之。

我們先對代表兩向量和的向量下一定義。按照兩向量的量與方向，以之為兩邊作一平行四邊形，其對角線即是表示此兩量和的一個向量。欲求 $\mathbf{A}$，$\mathbf{B}$ 兩向量之和，我們由 $\mathbf{A}$ 端作 $\mathbf{B}$，連結 $\mathbf{A}$ 的始端及 $\mathbf{B}$ 的末端(第 3 圖)。這兩個向量的向量和或幾何和，便以下列符號表示：



第三圖

$$\mathbf{A}+\mathbf{B}$$

就圖一看，立即可以知道算術加法中的交換定則及組合定則，都可應用於向量相加。這就是說：

(1)　　$$\mathbf{A}+\mathbf{B}=\mathbf{B}+\mathbf{A};$$

如以 $\mathbf{C}$ 表示另外一個任意向量，則

(2)　　$$(\mathbf{A}+\mathbf{B})+\mathbf{C}=(\mathbf{A}+\mathbf{C})+\mathbf{B}=(\mathbf{B}+\mathbf{C})+\mathbf{A}$$

如果相加的兩向量是同方向，則幾何加法變爲算術加法，其和之量等於兩量之和。

兩向量的向量差是以下列符號

$$\mathbf{A}-\mathbf{B};$$

所謂向量差，其意是指 **A** 向量及與 **B** 等量反向的他一向量之和。

如以 A_x, A_y, A_z 表示 **A** 向量的三成分，我們便可把 **A** 看作是落在三位標軸的方向的三向量之和；這三向量的量各爲 A_x, A_y, A_z。應用位標軸的三個基本向量的符號，我們便有下面的公式：

$$\mathbf{A}=\mathbf{i}A_x+\mathbf{j}A_y+\mathbf{k}A_z. \tag{3}$$

反之，如果 **A** 能照下式表示

$$\mathbf{A}=\mathbf{i}S'+\mathbf{j}S''+\mathbf{k}S''',$$

而 S', S'', S''' 爲無向量，我們立卽可以判定 S' 是 **A** 向量的 x 成分，S'', S''' 是其 y 成分與 z 成分。

如照(3)式對 **B** 向量作一式，與原(3)式作向量的相加，則得

$$\mathbf{A}+\mathbf{B}=\mathbf{i}(A_x+B_x)+\mathbf{j}(A_y+B_y)+\mathbf{k}(A_z+B_z) \tag{4}$$

照上面所說，這式的意義是：兩向量之和之成分，等於該兩向量之成分之和。

講到向量的相乘，是有所謂內乘與外乘之分。一向量的量乘以他一向量投至其上的射影，所得的無向量，稱此兩向量的內乘積或無向積。**A**, **B** 兩向量的無向積是用下面的符號表示：

$$\mathbf{AB},\ 或\ \mathbf{A,B},\ 或\ (\mathbf{AB});$$

故

$$\mathbf{AB}=AB\cos(\mathbf{A},\mathbf{B}).$$