

科學圖書大庫

自然科學叢書之二

物 理

譯 者

(廿至廿三冊合訂本)

湯元吉 主編

JY1/26/2/20

徐氏基金會出版

美國徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 林碧鏗 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國 六十年十月十日再版

自然科學叢書之二

物 理

(廿至廿三合訂本)

本叢書不分售，全套23冊特價400元

主編者 湯元吉 台糖公司董事長

內政部內版臺業字第1347號登記證

出版者 財團法人臺北市徐氏基金會出版部 臺北郵政信箱3261號 電話783686號
發行人 財團法人臺北市徐氏基金會出版部 林碧鏗 郵政劃撥帳戶第15795號
印刷者 大興圖書製版有限公司 三宜市三和路四號151號 電話979739號

JY1/26/20

我們的一個目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識的傳播，是提高工業生產，改善生活環境的主動力，在整個社會長期發展上，乃人類對未來世代的投資。科學宗旨，固在充實人類生活的幸福也。

近三十年來，科學發展速率急增，其成就超越既往之累積，昔之認為絕難若幻想者，今多已成事實。際茲太空時代，人類一再親履月球，這偉大的綜合貢獻，出諸各種科學建樹與科學家精誠合作，誠令人有無限興奮！

時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的急要責任，培養人才，起自中學階段，學生對普通科學，如生物、化學、物理、數學，漸作接觸；及至大專院校，便開始專科教育，均仰賴師資與圖書的啓發指導，不斷進行訓練。科學研究與教育的學者，志在將研究成果貢獻於世與啓導後學。旨趣崇高，立德立言，也是立功，至足欽佩。

科學本是互相啓發作用，富有國際合作性質，歷經長久的交互影響與演變，遂產生可喜的意外收穫。

我國國民中學一年級，便以英語作主科之一，然欲其直接閱讀外文圖書，而能深切瞭解，並非數年之間，所可苛求者。因此，從各種文字的科學圖書中，精選最新的基本或實用科學名著，譯成中文，依類順目，及時出版，分別充作大專課本、參考書，中學補充讀物，就業青年進修工具，合之則成宏大科學文庫，悉以精美形式，低廉價格，普遍供應，實深具積極意義。

本基金會為促進科學發展，過去八年，曾資助大學理工科畢業學生，前往國外深造，贈送一部份學校科學儀器設備，同時選譯出版世界著名科學技術圖書，供給在校學生及社會大眾閱讀，今後當本初衷，繼續邁進，謹祈：

自由中國大專院校教授，研究機構專家、學者；

旅居海外從事教育與研究學人、留學生；

大專院校及研究機構退休教授、專家、學者；

主動地精選最新、最佳外文科學技術名著，從事翻譯，以便青年閱讀，或就多年研究成果，撰著成書，公之於世，助益學者。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。掏誠奉陳，願學人們，惠然贊助，共襄盛舉，是禱。

徐氏基金會敬啓

序

居今日而欲致國家於富強之林，登斯民於康樂之境，其道無他，要在教育、文化、經濟諸方面力求進步而已。自然科學之研究與發展，屬於文化領域之一環，同時亦為國防建設之主動力，其在教育設施方面，實佔有甚大之比重，久為識者所共喻。

巴西華僑徐君銘信，身繫異邦，心繫祖國，鑒於自然科學之發展與夫建國前途所關之鉅，嘗思盡一己之力，為邦人士格物致知之助。比年以來，其慨捐於國內學術機構者，固已為數不貲，前歲之冬，復搜購德國著名函授學校之數學、物理、化學、生物等優良課本約五百萬言寄臺，經東海大學吳校長德耀與溫院長步頤之介紹，欲以迻譯刊行，嘉惠學子之任，委諸元吉，自維學殖荒落，本不敦敢，惟感於徐君所見者大，所志者遠，殊不宜過拂其意，爰勉受義務主編及統籌出版之命。嗣經先後約請江鴻（數學總執筆人）、宋彤、李煥榮、南登岐、孫慶年（物理學總執筆人）、張壽彭、陳喜棠、許巍文、黃友訓、傅貽椿、熊俊（生物學總執筆人）、廖可奇、劉泰庠、鍾恩寵、關德懋（以姓氏筆劃為序）諸君分任迻譯，其事遂舉。顧以個人精力時間，均屬有限，一年以還，竭知盡能，時以能否符合信達雅之準則為慮，幸賴各方碩彥陳力就列，各自靖獻，得如預期出書，以餉讀者，實為元吉精神上莫大之收穫。今後倘蒙文教先進及讀者不吝匡翼，俾在吾國科學發展史上日呈緝熙光明之象，遂徐君之初願於萬一，並使其今後仍就此途徑邁進之志事，（徐君近復精選英文本初級科學百科全書，交由科學勵進中心* 譯印。）永感吾道不孤，邪許同聲，則尤元吉一瓣心香，朝夕禱祝者也。茲值本書出版伊始，謹誌涯略，並向協助譯印諸君子敬致感謝之忱。

中華民國五十一年元月湯元吉序於臺北

*該中心為一不以營利為目的之財團法人，其宗旨在於促進科學教育、發展科學研究及介紹科學新知。現任董事為李熙謀、錢思亮、趙連芳、林敦平、徐銘信、李先閔、戴運軌、鄭望厚、湯元吉等九人。

徐氏基金會啓事

一、凡對本書任何一部分，或本會所印行之其他書籍，能在內容及文字方面，提供建議，致使讀者更易迅捷了解書中意義者，如被採納，當致酬美金十二元五角（折合新臺幣五百元）至一百二十五元（折合新臺幣五千元），以示謝意。

二、本會誠徵關於自然科學及機械、電機、電子等工程之中文創作或翻譯稿件，以適合於一般人士或中等學校以上學生自修之用者為標準。稿費每千字美金二元五角（折合新臺幣一百元），特優譯著稿酬另議。

三、茲為獎勵本會出版各書之作者及譯者起見，將於各書出版後之次年年底，核計其在臺灣、香港及星加坡三處之銷售數量，分配贈與其作者或譯者以下列三項獎金：

1. 銷數最多者美金6,000元
2. 第二多數者美金4,000元
3. 第三多數者美金2,000元

關於上開一、二兩項事宜，請逕函香港郵政信箱 1284 號徐氏基金會接洽。

編輯要旨

- 一、本叢書包括數學、物理、化學、生物等四種。
- 二、本叢書物理、化學、生物等三種，均係採用德國魯斯汀(Rustin)函授學校之課本；數學一種，則係採用德國馬特休斯(Mathesius)函授學校之課本，分別邀請專家逐譯。
- 三、本叢書之供應對象，主要為中等以上學校之學生、自行進修人士及從事教授各該有關課業之教師，故其內容亦以適合上述各界人士之需要為主旨。
- 四、原書內於每一相當節段，均附有習題、複習題、試題及論文作業等，可使在學者增加反覆研討之機，自修者亦易得無師自通之樂。本叢書對於前三者均已予以保留，俾利讀者之研習。至於論文作業題目，本係該函授學校對於所屬學生之另一種教學措施，學生於作成論文後，校方尚需負修改之責，與本叢書旨趣未盡相同，故均於正文內予以省略，惟為存真起見，一俟本叢書出齊後，當彙印單行本，以供讀者參考。
- 五、本叢書因係依據原書格式譯輯而成，故未能於每一學科之首冊中編列總目，擬俟全書出齊後，另行編印專冊，以供讀者檢閱。
- 六、本叢書數學原文，每講約為六萬字，而其餘各書字數自二萬餘字至四萬餘字不等，且各講自成段落，不能分割，故為便利讀者及減輕讀者負擔，只能將其每二講或三講合印為一冊，字數遂在七萬餘字至九萬餘字之間。
- 七、本叢書所有各種科學名詞，一律採用國立編譯館輯譯，教育部審

定公布之名詞；但主編者認爲必要時，亦偶用其他譯名代替之；其爲上述公布名詞中所無者，則出於主編者或譯者之創擬。該項替代或創擬之名詞，是否妥善無疵，未敢自是，尙冀海內專家學者不吝賜教。

- 八．本叢書之逐譯工作係由多人執筆，行文屬辭，難免各具風格，主編者能力時間，均屬有限，故雖竭智盡慮，勉爲整理，亦僅能使其小異而大同，尙祈讀者諒之。
- 九．本叢書原文篇幅浩繁，約近五百萬字，出版須依一定進度，編者勢難將譯文與原文逐一核對，倘有未盡妥洽之處，亦請讀者隨時指教，俾於再版時更正，幸甚幸甚！

主編者謹識

序言及學習方法之說明

在近幾十年中，沒有一門自然科學，能像物理學那樣地顯示出這麼多的進步。從自然界的各種奇異變化中，物理學給我們指示出了許多新的規律，並且替我們大大地擴展了有關於各種自然現象間互相關聯的知識。這種結果，使物理學超越了自己的範圍，間接地充實了其他各門科學和工程技術的內容。在現代原子物理的影響之下，化學這門科學中的幾個基本概念，如元素及化合力本質之概念等，已非有一種根本改變不可；放射科研究之成功，使醫學上開闢了一個新天地；最後，我們今日之電氣和熱工技術，以及航空；電影與無線電等之驚人與迅速之進展，都應歸功於物理學家之辛勤建樹的研究工作。

我們現在的課題，是要使各位未曾或很少受過自然科學訓練的讀者，慢慢地步上這門自然科學的階梯。當各位踏上每一層更高的階梯時，我們就要將名種最重要的定律，介紹給各位；使各位對於與日常生活和國計民生有重要關係的各種技術應用，以及對於與物理學上的世界觀有基本關係的各種理論，獲得一般的認識。

我們所採取的表達方式，是着重於通俗而不枯燥，但却不違背嚴格的科學性，也不忽略各位所需準備之各部份課程的完整性。各位可以相信，我們是經常把各位能通過結業考試這個目的放在心上的！我們的這部函授講義，可以說是一部自修的書籍而不是教學的書籍。因此，我們對於大多數物理教科書所採用的那些刻板的傳統編排方式，並不加以欣賞。各位對於物理學所能得到的全貌，將於研讀這部函授講義時，從每一講至次一講，逐漸自動地加以完成。關於數學方面的應用，在我們這部講義裏，也儘量設法限制，這樣，才可以使不懂高深數學的讀者，也可以懂得我們所表達的意思。

在第一講中，我們將要廣泛地說明幾種簡單的關聯現象，使各位逐漸習慣於物理學上的思考。以後，我們即將逐步要求各位作更大的努力，並逐漸將更多的淺近數學，散佈於各章講義之中。最初，我們並不想責成各位，立刻習慣於有系統地吸收每一部份之全部內容，因

爲如果上進的坡度太陡，反而易於使各位初學者失去繼續學習的勇氣。一直要到較後幾章講義中，我們方始就各位進步的情形，在魯斯汀數學函授這一講中，加入數學方面的知識，但亦不超出簡單的代數運算範圍之外。如果各位讀者之中，要想知道如何以高等數學，來精確地說明各種物理學上的問題，那就要請各位參閱這部函授講義的最後一本小冊子，在這本小冊子的特殊幾章裏面，我們是就物理學上各部門的定律和課題，以微積分學的方法來處理的。

現在，在各位開始學習以前，我們要向各位說明一下學習的方法。各位要知道，各位正要從事學習的這門科學，其中心活動，乃是實驗與觀察。所有物理學上的知識，都是以實驗爲出發點。以一般情形而論，各位對於科學性的嚴格實驗，恐無自己實地去做的機會。至於自修講義，則必須依照規定之方法去學習。最先，請各位緩慢而仔細地閱讀“課程”這一部份的講義，這決不會使各位感到困難。我們也會利用豐富的圖表和照片，使各位不必化費額外的金錢，便可以在家中隨心所欲做些實驗，同時我們也將一再引起各位注意日常生活中所看到的技術上的應用。

當各位讀過某一章講義的“課程”這一部份之後，我們就將急切地要求各位，將這一“課程”中的每一個小標題，抄寫在一張小條子上，然後按照每一個小標題的次序，將全部“課程”中的內容，高聲朗誦複習。請各位切勿低估我們這一建議的重要性。對於一種陌生的事物，各位一定需要在語言上仔細咀嚼，才會澈底明瞭其中的深義，而這種澈底的了解，是不可能由默讀複習中獲得的。請各位切勿因這一點額外的工作而有畏縮的意念。相反地，各位應該儘量努力，以不落後於一般高級專門學校學生的程度爲目標。此等高級專門學校學生，每天都有機會互相討論，並且磨礪他們的習慣用語，使能適合於枯燥的自然科學的教材。

一直到各位能有自信，將某一章講義中之內容，以朗誦法重複溫習以後——當然我們不致於會要求各位去背誦——各位才可以開始致力於“問答”這一部份講義的研讀。在這裏，我們將要與各位以問答方式討論教材，加以深入的研究與整理，好像是生動的課室表演一樣

。還有一個建議，請各位也能衷心地接受！當各位在講義中找到了一個自己認為是正確的答覆時，那就請各位先讀出這一個答案，因為這些問答，能激起各位思考的進展。

在這些準備工作做完之後，各位對於“複習題”這一部份，便能輕鬆地完成解答的工作。這些問題，與每一章的講授內容都有密切的關聯，雖不一定按照着內容先後的次序而排列，但因其將課程的內容，凝縮成許多重要的結果，故可使各位得到一個清晰的全貌。

在每一章的末尾，我們還選擇了一連串的“習題”以供各位解答物理問題時，作為促進正確思考及求得確實數字之參考。解答方法與結果，總是印在次一講開始的地方。

現在，請各位開始學習。

物理第二十冊目錄

第五部份第一講

第一章	水波之形成和傳播	頁數
A.	課程	1—10
B.	教材問答	10—13
C.	內容摘要	13—14
D.	複習題	14—14
E.	習題	14—15
F.	簡易實驗	15—15
第二章	波的概念之推廣	
A.	課程	16—23
B.	教材問答	23—25
C.	內容摘要	25—26
D.	複習題	26—27
E.	習題	27—27
F.	簡易實驗	28—28
第三章	波之重疊(干涉)	
A.	課程	29—37
B.	教材問答	38—41
C.	內容摘要	41—42
D.	複習題	42—43
E.	習題	43—43
F.	簡易實驗	43—44
	第一講內容摘要	44—45
	第一講內容測驗	45—46

第五部份第二講

第一講(E)	習題解答	47—48
第二講	內容測驗解答	49—51

第四章 惠更斯原理

A. 課程	52—63
B. 教材問答	63—66
C. 內容摘要	66—67
D. 複習題	67—67
E. 習題	68—68
F. 簡易實驗	68—68

第五章 波之傳播速度及其測定

A. 課程	69—79
B. 教材問答	79—81
C. 內容摘要	82—83
D. 複習題	83—84
E. 習題	84—84
F. 簡易實驗	84—84

第六章 都卜勒原理

A. 課程	85—91
B. 教材問答	91—93
C. 內容摘要	93—93
D. 複習題	93—93
E. 習題	94—94
F. 簡易實驗	94—95

第二講內容摘要	95—96
---------	-------

第二講內容測驗	96—97
---------	-------

第二講 (E) 習題解答	97—99
--------------	-------

第一編

波之形成、傳播和重疊

第一章

水波之形成和傳播

A. 課程

〔1〕從物理學上解釋，波究竟是什麼？我們在本書第二部份第一講中已經得到此一問題之初步答案；在該講中，我們曾經談到聲波之激起及其傳播，並曾連帶的提到過水波、光波和電磁波。

現在，我們要撇開從前的那些解釋而重新探究波動之真諦了；但事先擬從以往已經討論過的東西當中，再提出一部分來複習一下。各位不妨取出第二部份第一講放在手邊作為參考之用。我們現在所要討論的，乃是一些相當于高中程度的有關於波在充滿質素之空間及在真空裡面的問題；也就是要深入地研討波動學，然後逐漸論及其各種不同的應用範疇，如聲波、光波、電磁波等等。

目前，我們且不顧那些各式各樣的應用方式，先將波的本質在物理學上究竟具有何種意義這一問題回答如下：**就物理學上的意義而言，波為一種振動之傳播。**

〔2〕以水波說明波動 我們在本書第二部份第一講討論聲波時，僅談到它是由於不能目見的空氣分子將振動傳佈開去而形成。當時為了說明波動之作用，我們曾將日常生活中容易體驗的**水波**為例。現在，我們仍擬循此途徑討論下去。

先從一種容易在水池表面舉行的觀察開始。我們倘將一塊石頭投入水中，或以一根木棒插進水面，水面上便會形成一道波紋，由原激動處所開始，逐漸擴張成愈來愈大的圓圈；乍看起來，就好像有一個水的浪圈在水面上朝着各方向繼續不斷地推開去一般。

可是這僅係一種不可靠的印象而已；只要我們不爲其所迷惑，便在波動學的領域中向前邁進了最重要而最具有決定性之一步了。爲此，我們只要在水面上撒布一些小木塊或小軟木塊（最好是一些木屑或軟木屑），便會看出水面上的每一小質點，均會逗留在原有位置上，以水面上不受擾動時之起始位置爲中心，而發生一種振動。此種水面上的振動係由一個水質點傳給毗鄰的第二個水質點再由第二個水質點傳予毗鄰的第三個水質點，餘類推。因爲這種運動之完成是需要時間的，所以水面上的某一點距離波動開始之處愈遠，則其被波動所及之時間亦愈晚。

我們在這第一個觀察中所獲得的結果如下：水波前進時，乍看起來好像是水質點在水面上移動前進似的，實際乃由水質點的振動從波動開始之處傳佈開來的。

〔3〕波峯和波谷 水在波動時，那個顯得好像是在水面上滑行的隆起部分，我們稱之爲波峯；而每一波峯後面恒爲一凹陷之處，則稱爲波谷。爲了對波峯和波谷之形成以及其向前推進的情形獲得進一步的認識起見，我們且先由水波開始之處，祇沿着某一定方向來追蹤水波之傳播，結果便是波在一直線上傳播的圖形。

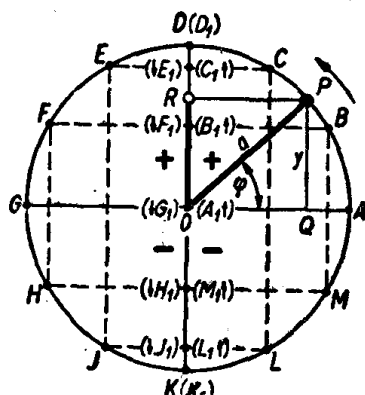
〔4〕個別質點之振動 德國的兩位學者韋伯兄弟（Wilhelm 和 Ernst Heinrich Weber）曾經在盛着水的玻璃長槽中，從事上述波之直線傳播實驗，以研究水波之性質，並於 1825 年在一部奠基性的著作“實驗波動學”中發表其結果。彼等發現，水面上的每一質點以及其附近的其他質點都會在一個固定的圓周上作等速運動。在第 1 圖中，A 爲質點 P 之靜止位置。設該質點於 T 時間內歷經 B、C、D 等點，在圓周軌道上走了整整一週而又回至 A 點，則此一段時間 T 便稱爲 P 質點的振動週期。又因爲該質點在此圓周上是以等速運動歷經 A、B、C……等 12 點前進的，故到達 B 點的時間是在 $\frac{1}{12}$ 振動週期（亦即 $\frac{T}{12}$ 秒）之後；到達 C 點之時間則在 $\frac{2T}{12}$ 秒之後，到達 D 點則在 $\frac{3T}{12}$ 秒之後等等。

〔5〕以直線振動代替圓周振動 對於水波研究最有關係的一個

問題是，一個質點離開靜止水平面究竟多遠，不論它是升出該水面之上，或是降至該水面之下？在第 1 圖中，當我們所觀察的質點達到 P 點時，則此一距離為 $PQ = OR$ 。在 P 點抵達 D 點以前，此一距離總是逐漸增長上去；及至 P 點向 E 和 F 前進時，則此一距離又逐漸減小下去，直至抵達 G 時減至零為止。

當 P 點繼續繞行，經過 H、J、K、L 和 M 時，此距離遂變為負值，並且抵達 K 時之負值為最大。

當 P 點自 A 開始，以等速度走過 B、C、D 等位置時，該 P 點離開靜止水平面 AG 的距離之增減情形是不均勻的。譬如在第 1 圖中我們就可以看出，此項與 P 點所經歷之 AB 圓弧對應之距離，計在第一個十二分之一振動週期 T 中是增加了 $A_1 B_1$ 這一段，在第二個十二分之一振動週期 T 中是增加了 $B_1 C_1$ 這一段，在第三個十二分之一振動週期 T 中是增加了 $C_1 D_1$ 這一段。但是在第 4、第 5 以及第 6 個十二分之一振動週期中，此項距離却又順序減少了 $D_1 E_1$ 、 $E_1 F_1$ 、和 $F_1 G_1$ 各段。



第 1 圖 P 點在圓周上等速繞行時，其投影 R 在圓直徑 DK 上之運動。

P 點在圓周上等速迴轉之運動既然是和 P 點在此圓之垂直直徑 DK 上投影的運動對應的，故下文擬即以此項對應之運動代替前者來作為討論之基礎。

我們倘將迴轉點 P 引至圓心的半徑 OP 稱為**向徑 a**（或稱**向量半徑**；向量之拉丁原文為 *Vehor* = 我移動），則所求 P 點離開靜止水平面 AG 的距離，就可以用向徑在圓之垂直直徑 DK 上的投影來表示。

[6] **正弦振動** 向徑 OP 和其原始位置間之角，是等速度地逐漸增大的。設以 φ 表此角之大小（按弧度計算），並以 a 表示向徑 OP 之長度，那末當水質點在圓周上繞行時，關於該質點離開靜止水平面的距離 $y (= OR)$ ，即可用下式來表示（因 $\triangle OPQ$ 中 $\sin \varphi = y/a$ ）：

$$y = a \times \sin \varphi \dots\dots\dots(1)$$

此項距離，今後我們將稱之為**位移**。因為向徑在振動週期 T 這一段時間中所經歷之角以弧度表示時，係等于 2π 之故，所以向徑在每一秒鐘內所經歷之角為 $\frac{2\pi}{T}$ 。由于角 φ 係在 t 秒鐘內完成其行程的，故：

$$\varphi = \frac{2\pi}{T} \times t。$$

因此，我們又可以將公式 1 改書為下列形式：

$$y = a \times \sin\left(\frac{2\pi}{T} \times t\right) \dots\dots\dots(2)$$

此一公式時同也能够表示 P 點圓周上繞轉時所有投影之運動情形。當 P 點在先後相繼的每一段十二分之一的運動週期 T 中，由 A 點經過 B 、 C 、 D 、 E 、 F 、 G 、 H 、 J 、 K 、 L 和 M 後，再回到 A 時，其投影點 R 乃先由 A_1 經過 B_1 、 C_1 至 D_1 ，復經 E_1 、 F_1 、 G_1 、 H_1 、 J_1 到達 K_1 ，然後再轉過來經過 L_1 、 M_1 而回到 A_1 。在圖上 A_1 、 B_1 諸點所附加之方向矢，乃用以表示各該點的瞬時運動方向；而 D 、 K 兩處則為瞬時的靜止位置（運動轉向點）。

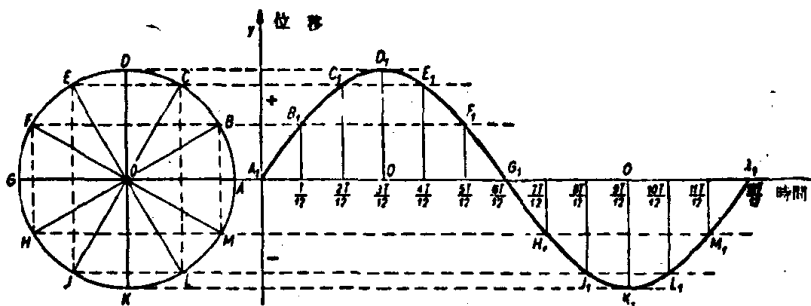
因為我們所重視的是在水質點運動中各質點離開靜止水面的距離，故可從現在起，根據以上所述，用 P 點在圓周上等速繞轉時的投影之運動，來表示水面上一質點之振動情形。

由于此一隨着時間變化的運動，可用公式(2)的數學表達方式，所以此種形式之振動稱為**正弦振動**。

〔7〕對以往討論過的他種正弦振動之回顧 由此回顧可使我們將一質點在水面上的振動情形，納入一更為廣大之關聯範疇之中，因為在本書第三部份中，我們已經討論過一些基于其他原因所發生的正弦振動了。當時，我們曾以一種具有負荷之螺簧，作為典型之實例。其時所提到的振動角不大的擺的運動，也可算是一種正弦振動。又如我們在聲學裏所提到的激起聲音的彈簧片，發音的絃線，受到敲擊的薄膜等振動，以及空氣分子在傳播聲音時的振動等等，無一不是一種正弦振動(參閱本書第二部份第一講第12及18節)。另有一點需要說明

的，就是除了正弦運動這一名稱以外，此類振動亦常稱為諧和振動。

〔8〕 正弦曲線質點之振動隨着時間而變化的圖形 如上所述，水質點之振動係用正弦定律（公式 2）表示之，第 2 圖所示，即其在一個振動週期 T 中之隨着時間而變化的情形。一質點在圓周上等速繞行時，其依次在 $t/12, 2t/12, 3t/12$ 等秒後之位移在圖中係為縱標，而以時間為橫標，故第 2 圖上加註之字母乃與第 1 圖中者完全雷同。至于位移前置符號之為正為負，則悉視該位移究在原出發位置之上或下而定，這一點也可從公式（2）中看出來。當 $\frac{2\pi}{T} \times t$ 這一以弧度所表示之角由 0 增為 $\frac{\pi}{2}$ （如以普通度數表示即由 0° 增為 90° ）時，其正弦值遂由 0 增為 1。顯而易見的，這種情形當時間 t 由 0 進至 $\frac{T}{4}$ 時（即當時間經歷了四分之一振動週期之意）便會發生。



第 2 圖 正弦振動或諧和振動之圖示

當角 $\frac{2\pi}{T} \times t$ 繼續由 $\frac{\pi}{2}$ 增至 π （如以普通度數表示即由 90° 增至 180° ，相當於 t 由 $\frac{T}{4}$ 增至 $\frac{T}{2}$ ）時，則正弦值又由 1 漸減為零。

等到角 $\frac{2\pi}{T} \times t$ 增大至大于 π （如以普通度數表示，即大于 180° ）時，正弦值遂變為負，並且是：當角 $\frac{2\pi}{T} \times t$ 由 π 增為 $\frac{3}{2}\pi$ （如以普通度數表示，即由 180° 增至 270° ）時，其值乃由 0 減為 -1 ；這也就是當時間 t 由 $\frac{T}{2}$ 增至 $\frac{3T}{4}$ 時發生之情形。

又當角 $\frac{2\pi}{T} \times t$ 由 $\frac{3\pi}{2}$ 增至 2π （如以普通度數表示，即由 270° 增