

科學圖書大庫

自然科學叢書之二

物 理

(六至十冊合訂本)

湯元吉 主編

JY1/26/2/06

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

(六至十冊合訂本)

本叢書不分售，全套23冊特價400元

譯者

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 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段151號電話979739號

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、最佳外文學術名著，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。掬誠奉陳，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，欲以逐譯刊行，嘉惠學子之任，委諸元吉，自維學殖荒落，本不敢承，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）、宋湧、李煥榮、南登岐、孫廣年（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、鐘恩寵、關德懋（以姓氏筆劃為序）諸君分任逐譯，復承臺灣新生報謝總社長然之、王社長嘯生及顏副總經理伯勤慨允由該社擔任印刷及發行工作，其事遂舉。願以個人精力時間，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，交由科學勳進中心* 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。

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、林致平、徐銘信、李先開、戴運軌、鄭望厚、湯元吉等九人。

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，也盡量設法限制，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。

物理第六冊目錄

第十二講

頁數

第十一講內容測驗..... 1—1

第十一講(D) 習題解答..... 1—2

第十八章 熱學

A. 課程..... 3—30

B. 教材問答..... 30—32

C. 複習題..... 32—33

D. 習題..... 33—34

第十九章 熱學 (續)

A. 課程..... 35—38

E. 第十二講內容摘要..... 38—41

第十三講

第十二講內容測驗..... 43—43

第十二講(D) 習題解答..... 44—45

第十一講內容測驗解答..... 45—46

第十九章 熱學 (續)

A. 課程..... 47—50

B. 教材問答..... 50—51

C. 複習題..... 51—51

D. 習題..... 51—52

第二十章 熱學 (續)

A. 課程..... 53—69

B. 教材問答..... 69—70

C. 複習題..... 70—70

D. 習題.....70—71

第二十一章 熱學 (續)

A. 課程.....72—79

E. 第十三講內容摘要.....80—82

第十一講內容測驗

1. 自然界中共有幾種不同的原子？
2. 分子與原子之間，存有何種關係？
3. 所謂原子量與分子量，我們指的是什麼？
4. 何謂克原子？何謂摩爾(克分子)？
5. 1克原子之氫與1摩爾之二氧化碳，其大小若何？
6. 亞佛加德羅原理之含義為何？
7. 何謂亞佛加德羅數字？
8. 1 摩爾之中，含有多少分子？
9. 所謂氣體的摩爾體積，我們指的是什麼？其大小若何？
10. 我們對於物體三態中分子之運動狀況，如何設想？
11. 內聚力與附着力是屬於何種類型？
12. 所謂氣體動力說，我們指的是什麼？
13. 氣體分子的速度、自由動程、碰撞次數及其質量等係屬於何種因次？
14. 所謂布朗運動，指的是什麼？
15. 何謂自由擴散？
16. 道爾頓定律中對於部份壓力有何解釋？

第十一講(D) 習題解答

第十七章

1. 兩種氣體在總體積 $v_1 + v_2$ 中所具有的部份壓力，係以 x 與 y 來表示；根據波義耳——馬略特定律， $v_1 \cdot p_1 = (v_1 + v_2) \cdot x$ ， $x = \frac{v_1 \cdot p_1}{(v_1 + v_2)}$ 以及 $v_2 \cdot p_2 = (v_1 + v_2) \cdot y$ ， $y = v_2 \cdot p_2 / (v_1 + v_2)$ ；於是，根據道爾頓定律，氣體混合物之壓力 $p = x + y = (v_1 \cdot p_1 + v_2 \cdot p_2) / (v_1 + v_2)$ 。

2. 氧氣之部份壓力 = 21.760/100，氮氣之部份壓力 = 79.760/100

：部份壓力之和 $(21+79) \cdot 760/100 = 760\text{mm}$ 。

3. CO_2 : $12 + 2 \cdot 16 = 44$, O_3 : $3 \cdot 16 = 48$, H_2SO_4 : $2 \cdot 1.0080 + 32.06$
 $6 + 4 \cdot 16 = 98.082$, Cu SO_4 : $63.54 + 32.06 + 4 \cdot 16 = 159.60$, $\text{C}_2\text{H}_5\text{ OH}$:
 $2 \cdot 12.010 + 5 \cdot 1.0080 + 16 + 1.0080 = 46.068$

4. 於 760mm 壓力及 0°C 溫度之下， 1cm^3 之中差不多含有 $26.88 \cdot 10^{18}$ 個分子，於 1mm 壓力之下，含有 $26.88 \cdot 10^{18}/760$ 個分子以及於 10^{-6} mm 壓力之下，則含有 $(26.88 \cdot 10^{18}/760) \cdot 10^{-6} = 354$ 億個分子(約)。

5. C : 12克， Pb : 207.21克， Sn : 118.7克， Hg : 200.61克。

6. CO_2 : 44.010克， H_2 : 2.0160克， NH_3 : 17.032克

7. 1仟克空氣於 0°C 及 760mm 壓力下，具有之體積為 $1,000/0.001293 = 7.734 \times 10^5 \text{cm}^3$ ，而在上述狀況下每 1cm^3 空氣所含有之分子數為 26.88×10^{18} ，故上述體積之空氣應含有 $26.88 \times 10^{18} \times 7.734 \times 10^5 = 2.079 \times 10^{25}$ 個分子。

第十八章

熱 學

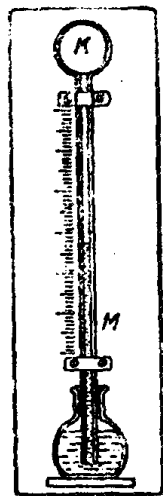
A. 課 程

[152] 溫度之感覺與溫度之計量 在以下幾節中，我們要轉而討論到熱學或熱質學（拉丁文 calor=熱質）（註）。根據我們感官上的觸覺，我們可以按照每一個物體的不同溫度（拉丁文 temperatio=正確的混合）而寫出高熱、熱、溫、涼、冷、等等之概念，並且可以這樣說，當我們觸及某物體而感到熱的時候，我們就稱該物體具有較高的溫度，或者是當我們觸及某物體而感到冷的時候，我們就稱該物體具有較低的溫度。如僅以史籍所能稽考者為根據，則伽利略時代以前，尚無測定溫度之特殊儀器，可資應用，而祇能以人體對於溫度之感覺，來判斷物體的冷或熱。但是此種對於溫度的感覺，乃是極不可靠的，因為感覺傳達的結果，完全要看當時的人體情況而定。如果我們將三只水桶放在面前，並將中間一只注入溫水，右邊一只注入熱水，左邊一只注入冷水；然後我們將左手放到冷水桶中，右手放到熱水桶中去。這樣停了一會以後，我們再將雙手同時放到中間那只水桶裏去。於是，同樣的溫水，却能使左手感到熱，而使右手感到涼。大家也更熟悉於一個現象，那就是我們如於室溫之下，接觸金屬器物時，必較接觸木製器物時，感到冷一些，這是因為金屬從手中吸熱，要比從木製器物中吸熱為快的緣故。因此，單憑我們對於溫度的感覺，來作精確的冷熱的辨別，是不合適的。

測定溫度的客觀方法，係基於下列事實：就一般而論，所有物體經加熱以後，都會增大體積，所以我們可以這樣說：就一般而論，如一物體之體積增加愈多，則溫度愈高，反之，如該物體之體積增加愈少，則溫度愈低。以溫度計（希臘文 thermos=熱，希臘文 metrein=

[註]：見張桐生譯之“大學物理學”第275頁。

測定) 來測定溫度，就是基於上述這一個原理。伽利略於公元1592年，首創一溫度計，有如第 310 圖所示。該溫度計係由一內含空氣之圓球K，及一水壓計M所組成。首先，我們將壓力計的空管，浸入一水瓶中，並將圓球加熱，使其中的空氣向外膨脹而吹出氣泡。冷卻以後，便有水從瓶中升入空管，並於室溫下在管中留下一定的高度。如果溫度增高，K中的空氣就會向外擴張，並將M中的半月形水面壓向下方，由此可見 K中的空氣壓力乃隨着溫度的升高而增大。如果外界溫度降低，則M中的水面便會上升，這是因為 K中的空氣壓力降低了的緣故。準此，伽利略溫度計，乃是利用封閉在 K中的空氣壓力與空氣體積的變化，而來測定溫度變化的。但是又因為外界空氣壓力的變化，即使是在外界溫度不變的情形下，亦能影響壓力計空管中水面的位置，因此伽利略裝置同時又可說是一種氣壓計。由於這個原因，所以我們不能從伽利略裝置中的壓力變化，立刻就讀出相當正確的溫度變化。



第 310 圖
伽利略空氣溫度計

法國醫師雷約翰 (Jean Reh, 歿於公元1645年)，也許可算是利用水之膨脹性來測定溫度的第一人。他將伽利略溫度計的構造原理顛倒過來，將圓球與一部份壓力計空管裝滿了水。管子頂端則不加封閉。至於頂端加以封閉而又灌裝酒精的溫度計，則是在有名的Accademia del Cimento (實驗學院) 中被採用，這個學院是由伽利略與托里拆利的學生們，於公元 1657 年在佛羅稜薩所創立，並繼續存在到 1667 年。

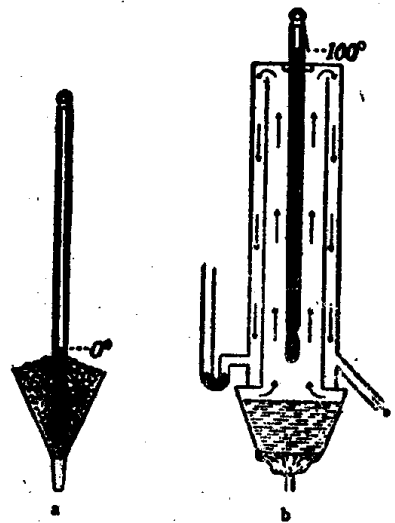
公元1665年，惠更斯 (Huyghens) 開始採用水銀為溫度計之灌裝物，直至1714年方始由華氏 (Fahrenheit) 製成當時認為準確之第一只水銀溫度計。從此以後，水銀溫度計就成為一般通用之測定溫度的儀器了。

[153] 水銀華氏溫度計之製造及檢定 在製造水銀溫度計之先，我們要將一根壁厚、孔細而口徑均勻的玻璃管的一端，吹成一個壁薄的球形的或是圓筒形的容器。水銀是在某種特定溫度下注入球形容器與

玻管之中，此溫度須比日後所需量度之最高溫度更要高些。然後將全部灌滿水銀的玻管頂端，用熱烈的火焰予以熔合。水銀冷卻後，即行收縮，故在封閉管口的頂端，留下了一段真空部份。

欲進行溫度計管壁之分度工作，我們必須採用二固定點，作為永不改變的標準。事實上顯示的是：每一物體，當其插入於正在融解之冰塊中時，輒能保持其同樣的膨脹性。因此，我們可以這樣說，任何一次的融解現象，都是在同一溫度之下發生。在不變的空氣壓力之下，水之沸騰現象也總是發生於同一溫度之下。採用此二固定點，以進行溫度計之校定工作，係由佛羅稜薩學院院士卡羅·雷那地尼 (Carlo Renaldini) 所建議。至於此二溫度點之能具有永不改變性能之理由，則將於稍後再加申述。現在讓我們將溫度計的容器部份及管壁的下端部份，插入於正在融解之冰塊中，有如第311圖a所示，並於管中水銀面維持不變之處，刻一記號 (下固定點)。然後再將全部溫度計，置於水蒸汽中 (第311圖b)，該水蒸汽是由沸騰水面經夾層通道而上升者。此時，水銀細柱又停留於一點而不动 (上固定點)。

此點之測定，必須於 760mm 之氣壓下行之，因為在稍後的章節中，我們將要說明，在另一氣壓下，水也將於另一溫度下沸騰。與此相反，下固定點很少會受到外界壓力的影響，所以我們於測定該點時，通常可以忽略壓力方面的影響。於是我們可以確定地說：下固定點就是冰的熔點，同時也就等於是水的凝固點；至於上固定點則是水於 760mm 氣壓下所達到的沸點。此二固定點之間的距離，我們稱之為基本標距。不用說，此段標距之長短，是隨着管徑與溫度計上容器部份的大小而有所不同。我們倘將這段標距分成 100 等分，結果便為：當玻管各處都具有同樣的橫切面積時，在任何相連二刻度線之間，就都含有同樣的體積。每一等分即稱為一



第 311 圖 測定水銀溫度計之下、固定點與上固定點