

科學圖書大庫

自然科學叢書之二

物理

(十六至十九冊合訂本)

湯元吉 主編

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

自然科學叢書之二

物 理

(十六至十九冊合訂本)

湯元吉 主編

徐氏基金會出版

人
并

徐氏基金會科學圖書編譯委員會
監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十八年三月八日再版

自然科學叢書之二

物理

(十六至十九冊合訂本)

本叢書不分售，全套23冊 基價 20.80

主編者 湯元吉 台糖公司董事長

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號
承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

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。前歲之多，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，欲以遂譯刊行，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、孫慶年（物理學總執筆人）、張壽彭、陳喜棠、許巍文、黃友剛、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。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、饒思亮、趙連芳、林致平、徐銘信、李先開、戴運軌、鄧望厚、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。本叢書之遼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。本叢書原文篇帙浩繁，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可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，是不可能於默讀複習中獲得的。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。

本叢書物理部份，原係譯自德國魯斯汀
函授學校之課本。惟原課本尚缺第十六及二
十三兩冊，迄未出版。爲免讀者懸望過久起
見，爰請張壽彭、江紀成兩先生分別補撰印
行，以資銜接，而成全豹。特此聲明，並代
表本叢書資助人徐銘信先生向張、江兩先生
致誠摯之謝忱！

物理第十六冊目錄

第三部份第五講

	頁數
第四講 (E) 習題解答	1
第四講內容測驗解答	3
第十章 熱機——熱力學的應用之 I	5
A. 課程	5
B. 教材問答	23
C. 內容摘要	28
D. 複習題	29
第十一章 製冷機——熱力學的應用之 II	30
A. 課程	30
B. 教材問答	41
C. 內容摘要	47
D. 複習題	48
第十二章 空氣調節——熱力學的應用之 III	51
A. 課程	51
B. 教材問答	61
C. 內容摘要	65
D. 複習題	66

第四講 (E) 習題解答

第 七 章

1. 蒸汽之動能以仟彭米表之應等於 $\frac{1}{2} \times 1,000 \times (1,000 \times 100)^2$
爾格 $= 5 \times 10^{12} / 10^8$ 仟彭米 $= 50,000$ 仟彭米。

2. 按仟瓦計算時，瀑布每秒供應水輪機之位能應為 $100 \times 1,000 \times 1,000 \times 30 \times 100$ 爾格/秒 $= 3 \times 10^{11}$ 爾格/秒 $= 3 \times 10^4$ 焦耳秒 $= 30$ 仟瓦。

3. 設步槍後退之速度為 V ，則下式成立：

$$5,000 \times V = 10 \times 700 \times 100$$

解之，得 $V = 140$ 厘米/秒

步槍之動能 $= \frac{1}{2} \times 500 \times (140)^2 = 49 \times 10^6$ 爾格

子彈之動能 $= \frac{1}{2} \times 10 \times (70,000)^2 = 245 \times 10^8$ 爾格

步槍與子彈的動能之比 $= \frac{49 \times 10^6}{245 \times 10^8} = \frac{1}{500}$

4. 其位能等於 $= 60 \times 1,000 \times 1,000 \times 1,500 \times 100 = 9 \times 10^{12}$ 爾格
 $= 9 \times 10^5$ 焦耳 $= 0.025$ 仟瓦時。

$12 \times 0.025 = 30$ 分尼。

5. 設該列車尚能在水平軌道上行駛之距離為 S 則

$$\frac{1}{2} \times 3 \times 10^5 \times (800)^2 = \frac{1}{300} \times 10^5 \times 3 \times 1,000 \times S$$

解之，得 $S = 96,000$ 厘米 $= 960$ 米

由公式 $V^2 - V_0^2 = 2aS$ ，因此時 $V = 0$ ，得 $a = -\frac{V_0^2}{2S}$

但 $V - V_0 = at$ ，故得 $t = -\frac{V_0}{a} = \frac{2S}{V_0}$

$$= \frac{2 \times 96,000}{800} = 240 \text{ 秒} = 4 \text{ 分}$$

6. 物體之動能 $= \frac{1}{2} \times 50 \times 1,000 \times (800 \times 100)^2$
 $= 16 \times 10^{13}$ 爾格 $= 1.6 \times 10^7$ 焦耳

$$= \frac{1.6 \times 10^7}{3.6 \times 10^6} \text{ 仟瓦時} = 4.4 \text{ KWh}$$

7. 子彈之動能 $= 1/2 \times 4 \times (250 \times 100)^2$

$$= 1.25 \times 10^1 \text{ 爾格} = 125 \text{ 焦耳} = 125 \text{ 瓦秒}$$

8. 當子彈位於 500 米高空時，其位能 $= 4 \times 1,000 \times 500 \times 100$

$$= 2 \times 10^8 \text{ 爾格} = 20 \text{ 焦耳} = 20 \text{ 瓦秒}。故彼時子彈之動能應等於$$

$$125 - 20 = 105 \text{ 瓦秒}。$$

9. 車之位能 $= 300 \times 1 = 300 \text{ 仟彭米}。$

10. 物體在最高點時，其垂直分速度爲零，水平分速度

$$= 40 \times 100 \times \frac{\sqrt{3}}{2} = 4,000 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \text{ 厘米/秒}，故物體在最高點$$

$$\text{時之動能} = 1/2 \times 5,000 \times (2,000 \times \sqrt{3})^2 = 300 \text{ 仟彭米}。$$

11. 汽船之動能 $= 1/2 \times 36,000 \times 1,102,000 \times (30 \times 185,300)^2$

$$= 17,030,859,929 \text{ KWh}。$$

12. 抽水機馬達之功率應等於 $\frac{12 \times 10^6 \times 1,000 \times 15 \times 10^3}{6 \times 10 \times 0.6} = 5 \times 10^4$

$$\text{焦耳/秒} = 5 \times 10^4 \text{ 瓦特} = 50 \text{ KW}。$$

13. 設車之質量爲 M，高度爲 H，則下式成立：

$$1/2 \times M \times \left(\frac{72 \times 1,000 \times 100}{3,600} \right)^2 = M \times 1,000 \times H$$

解之，得 $H = 20 \text{ 米}。$

14. 設平均阻力爲 F，則 $Gh = Fs$ ；解之，得

$$F = \frac{Gh}{S}$$

15. 打樁錘之位能 $= 250 \times 8 = 2,000 \text{ 仟彭米}$

設平均阻力爲 F，則 $F \times 1/2 = 2,000$ ，故 $F = 4,000 \text{ 仟彭}。$

第 八 章

1. 該物體落地時之動能 $= 15 \times 10^6 \times 7.5 \times 10^2 = 11,250 \text{ 焦耳}。$

相當於 $11,250/4.2 = 2,678 \text{ 卡的熱量}。已知鉛之比熱爲 0.032，如溫度$

之增高爲 t ，則下式成立：

$15,000 \times 0.032 \times t = 2,678$ ，解之得 $t \cong 5.58$ 度。又重量愈大則溫度之升高愈小。

2. $100 \text{ PS} = 7,500 \text{ 米仟克/秒} \cong 73,500 \text{ 焦耳/秒}$

熱機一小時所作之功 $= 73,500 \times 3,600 = 2,646 \times 10^5 \text{ 焦耳}$ ，相當於
 $2,646 \times 10^5 \times 0.239 = 632,394.00 \text{ 卡}$ 。

3. a) $1/2 \times 20 \times 10^3 \times (300 \times 10^2)^2 = 9 \times 10^5 \text{ 焦耳}$ 。

b) 如隕石之溫度爲攝氏 t 度，則下式成立：

$$20 \times 10^3 \times 0.11 \times t = 9 \times 10^5 \times 0.239$$

解之，得 $t = 97.70$ 。

c) 由公式 $V = V_0 + at$ ，得 $a = \frac{V - V_0}{t} = -7,500 \text{ 厘米/秒}^2$ 。

設所行之距離爲 S ，則 $S = \frac{V^2 - V_0^2}{2a} = 10^5 \text{ 厘米}$ 。如平均阻力爲 F 則

$F \times 10^5 = 9 \times 10^{12}$ ，故知平均阻力爲 9×10^7 達因。

4. a) 位能 $= 10 \times 10^{10} \times 4 \times 1 \times 1,000 \times 10^5 = 4 \times 10^{19} \text{ 爾格}$

b) 每克雨損失之動能爲 $1,000 \times 10^5 - 5 \times 10^5 = 955 \times 10^5 \text{ 爾格}$
全部雲層所損失之動能 $= 4 \times 10^{11} \times 955 \times 10^5 = 382 \times 10^{17} \text{ 爾格} = 382 \times 10^{10} \text{ 焦耳} = 3.82 \times 10^{13} \text{ 焦耳}$ 。

d) 由此所生之熱應爲 $0.239 \times 382 \times 10^{10} = 91,346 \times 10^7 \text{ 卡}$ 。

第四講內容測驗解答

1. 能係指物體做功之能力而言。

2. 勢能 $E_p = m \times g \times h$ ，動能 $= 1/2 m \times V^2$ 。

3. 倘若勢能係在無摩擦之運動中轉變爲動能，則機械能之多寡保持不變；反之亦然。此一關係，稱爲機械能常住定律。

4. 熱係分子的動能；易言之，熱爲能的形式之一。

5. 與 1 仟卡相當之仟彭米數稱爲熱功當量。

6. 熱是不會消失或無中生有的，熱可以變換爲機械能，或根據熱功當量由機械能而產生熱。

7. 化學能，電能，核子能等。

8. 在所有能的轉變中，各種能的總和總是維持不變的，這就是一般性能之常住定律。

9. 熱決不能藉熱機之助，全部轉變為功。倘欲使熱能的一部份轉變為功，則二貯熱體之間必先具有溫度降差而後可。其於較高溫度下輸入之熱量中，恒有一部份會變為溫度較低而未被利用之熱量剩餘下來。

10. 理論效率可以下式表之， $n = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ ；實際效率則係指熱機所作之功與燃料所生總熱量之比而言。

11. $E = m \times C^2$ 。

第 十 章

熱機—熱力學的應用之 I

A. 課 程

〔77〕 **總說** 緊接着熱力學的原理之後，我們準備在本章中將熱機的原理與構造介紹一番，因為，如所週知，近代文明的特色之一是使用龐大的能量以代替人工，而熱機正是將熱能轉變為機械功以供人驅使的一種機器。各位想必已經注意到，上一句話也就是熱機的定義；我們再說一遍：凡將熱能轉變為機械功的機器，統稱熱機。

熱機的形式很多，比較重要的有如下四種：

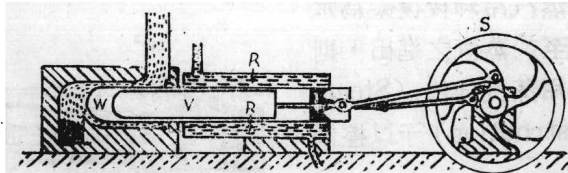
1. **熱空氣機** 此種形式的熱機，係藉加熱於封閉的空氣團以獲取有用的功。

2. **活塞或往復蒸汽機** 我們知道，氣態的水，其體積遠大於液態的水（在攝氏零度一大氣壓時的體積之比，約為 1,700:1）。此外，溫度的增高可增加蒸汽的壓力。往復蒸汽機的設計，即係利用這兩項事實。

3. **蒸汽輪機** 將流動的蒸汽之動能轉變為機械功的熱機，稱為蒸汽輪機。

4. **燃氣發動機** 係將可燃氣體與空氣的爆炸性混合物在封閉的氣缸中點燃，並藉燃燒時生成的高熱產物將活塞推回。

〔78〕 **熱空氣機** 熱空氣機 (Hot-air Engines) 的用途僅限於小型馬達，先請各位參閱第 80 圖。如將氣缸中的空氣交替地加熱、冷卻，則加熱時空氣的膨脹可將活塞推向前方（圖中之右邊），而冷卻時壓力降低，活塞又被外在的大氣壓力推回原位。



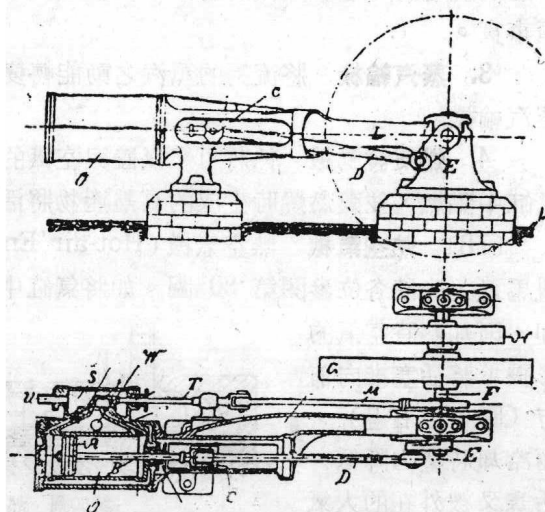
第80圖 熱 空 氣 機

交替加熱、冷卻的辦法是這樣的：將氣缸的一半圍以火盒（Fire Box）H，另一半環以冷水套 R；圖中之變位器（Displacer）V，係一中空的封閉金屬圓柱，其大小為氣缸容積的一半，但外徑較氣缸的內徑稍小，故空氣可在氣缸壁與變位器之間流通。當變位器位於氣缸中的低溫部份時，空氣會進入氣缸的高溫部份（圖中之 W），並因體積膨脹而將密接於氣缸內壁的活塞 A 推出。如將變位器置於氣缸的高溫部份，則空氣即進入其低溫部份而冷卻，活塞遂又復回原位。活塞桿係經由一連桿與飛輪相連，連桿之作用是將活塞之往復運動變成飛輪的轉動，變位器桿則係於穿經活塞後再經一連桿與飛輪相連，故可由於飛輪的轉動而自動的前後推移。很顯然的，在技術上所能達到的範圍之內，我們無法充份提高熱空氣機內的空氣壓力，因此引擎的體積跟其功率比起來顯的太大了，這是熱空氣機的最大缺點。

[79] 往復蒸汽機 (Reciprocating Engines)

1. 往復蒸汽機的作用方式 將水置於鍋爐中加熱使之沸騰（鍋爐多半是用鐵片或鋼片製成的），並設法不令所生蒸汽在壓力未達數個大氣壓之前逸出，再將加壓的蒸汽導入一兩端封閉的汽缸內，汽缸中有一活塞可往復運動。蒸汽係交替的從活塞之兩邊進入汽缸；無論從汽缸的那一邊進入，與進汽口相對的一邊恒立即與外在大氣壓相連（高壓蒸汽機），或與冷凝器（Condenser）相連，在後一種情形之下，蒸汽冷卻後復凝為水。至於蒸汽之進出，則是用蒸汽分佈（Steam Distribution）予以控制的。

蒸汽分佈 蒸汽分



第81圖 單缸蒸汽機及其滑閥控制