

大學用書

譯 註

特夫物理學

(第八版)

張開圻譯註

上 冊

上海求益書社印行

大學用書

譯註特夫物理學

Duff: Physics

上 冊

定價人民幣 元

版權所有 翻印必究

原 著 者 A. Wilmer Duff 等

譯 註 者 張 開 圻

發 行 者 洪 明 昌

發 行 所 求 益 書 社

總 發 行 所

求 益 書 社

上海(11)福州路三七七號

一九五一年九月再版

譯者序

Duff 主編之物理學第一版，於 1908 年印行，譯者於 1916 年，在學校中曾修讀其第四版，覺其敘述頗有條理，簡明扼要，使學者得窺物理學之門徑，實為進修高級各學科之基本教本。迨執教後，曾自第五版起採用至第八版，教學兩方面，頗覺合用。

本書第八版訂正本，係 1937 年起印行，大戰勝利後，尙未見其有新訂正本發行。茲承本社委託，譯成中文，俾原文閱讀能力不足之學生，可資參考。惟因教務繁忙，本社急於印行，故聲學與光學二部分，由洪明漢先生設法編譯，全書方能如期完成。

全部譯述均以直譯為主，對於人名及地名，譯者認為採用原文為宜，故未予註音。書中未論及者，於書末略加附註，以作補充。

一九四八年九月張開圻識

第八版原序

本書被採用已達二十九年，於此訂正版中，改訂之處，包含電磁學之全部，及各部分之普遍訂正，凡可能之訂正處，悉以改善敘述為主。

在此類教本中，電磁學為最難編著之部分，因各種複雜之附屬論題，及多數近代之發明，即在一初等物理學教本中，亦不容完全忽略者也。Chicago 大學之 Stephenson 博士在著述電磁學之部分，已能充分應用其在工科學教授物理學之初步經驗。主編者認為此種新作，雖有時與舊用諸方法有所不同，但可顯見其有興趣而易於施教也。

書中光學部分原為 California 大學故教授 E. P. Lewis 所著，於前版中曾由 Birge 及 Hall 兩教授改編，現再由同一大學之 F. A. Jenkins 教授編訂。熱學部分原為 Wisconsin 大學故教授 C. E. Mendenhall 所貢獻，現已由同一大學之 L. R. Ingersoll 教授改編。主編者担任力學及物性學部分之稍加訂正，及聲學部分更廣泛之訂正，兩者均係編者於第一版時所貢獻者也。

編者於校稿時，初意欲查出許多小錯誤，曾得可貴之二友人襄助，即 Worcester 工科學之 Morton Masius 教授及 W. E. Lawton 教授。然彼等不但限於找尋錯誤之處，且曾貢獻具體之建議，以謀增進本書易教之程度焉。

在書末可得一組新補充之習題，而原有之習題已詳細改訂，或有數處已將更適用之習題代入矣。

凡採用及檢閱本書者，如蒙惠予改正及批評，仍依向例，不勝歡迎。

主編者 (1937 年)

第一版原序選錄

由數個作者合編此種程度之教本，事屬創舉，理應將其編著之原因稍加說明。此種創作係代表富有經驗之七個大學物理教授之企圖，以編一能較坊間出版物中更為適用之教本。當然希望其為各大學教授所贊同，蓋各作者認為此種編法之教本，實屬需要且有其價值也。

對於本書之性質，得述其一二特點。於全書中，可知各作者咸以明瞭而真確為目的，故寫作重明晰而避繁雜。教者於演講之際，自應再反復引申而廣大其義。凡遇一種寫作，常有不易瞭然之處，自應反復誦讀，探蹟索隱，以得其玄奧為止；故一物理教師應於開始教授時，即以先哲 Demosthenes 之語而詔其學生曰，“予以誠意盼諸君能常運用思考也”。各作者編著教材，力求簡單而透澈，一方面對於中等學生易能聆悟之部分，及另一方面合宜於高級學程所探求之深理及討論，均不列入。教者或仍有嫌本書教材太多而不便應用於簡短學程時，可將全部小號字所印各節，及大號字諸節中，酌量刪除之，以成一簡短之教材。本書有極少數處，兩著者或有重複之敘述，但可知所述者，各有其觀點，而各自合宜於其論述之部分也。

主編者

上冊目錄

譯者序	iii
第八版原序	iv
第一版原序選錄	v
例表一覽	vi

力學及物性學

	頁次
緒論	1
力學	4
運動學	5
論理力學	22
轉動	45
剛體力學	50
週期運動	71
摩擦	81
簡單機械	85
引力	91
物性學	95
固體之性質	98
流體之性質	108
液體之性質	118
氣體之性質	132
習題	146

波 動 學

波動之特性	153
簡諧運動之合成	157
波	162
習題	176

熱 學

緒論	179
計溫學	181
膨脹	192
量熱學	205
狀態之變化	217
熱之對流	239
熱之傳導	240
輻射	245
能量之不滅	253
熱力學	256
習題	276

例表一覽

力學及物性學

轉動慣量(Rotational Inertias)	61
密度(Density)	98
彈性係數(Moduli of Elasticity).....	103
內擦係數(Coefficients of Viscosity).....	118
液體之壓縮係數(Compressibility of Liquids)	119
表面張力(Surface Tensions)	126
擴散係數(Coefficients of Diffusion)	131
力學單位之因次(Dimensions of Mechanical Units).....	152

熱學

攝氏標度之若干溫度及各相當其他標度之值(Temperatures on Various Scales).....	183
標準溫度(Standard Temperatures).....	190
線脹係數(Coefficients of Linear Expansion)	194
液體之體脹係數(Coefficients of Expansion of Liquids) ..	198
膨脹係數及壓力係數(Coefficients of Expansion and Pressure of Gases).....	201
液體及固體之比熱(Specific Heats of Liquids and Solids)...	208
氣體及汽之比熱(Specific Heats of Gases and Vapors).....	212
燃燒熱(Heats of Combustion).....	217
熔點(Melting Points)	219
溶解熱(Heats of Fusion)	221
水之汽壓力及汽密度(Vapor Tensions and Vapor Densities	

of Water).....	222
沸點(Boiling Points).....	226,238
水之沸點隨壓力之變更(Change of Boiling Point of Water with Pressure).....	226
汽化熱(Heats of Vaporization).....	228
臨界記錄(Critical Data).....	233
熱傳導(Thermal Conductivities).....	244
氣體溫度計之改正(Corrections for Gas Thermometers).....	267
機之效率(Efficiencies of Engines).....	275

電 磁 學

幾種介質之介質係數(Dielectric Constants).....	285
鐵之磁性(Permeabilities of Iron).....	363
比電阻(Specific Resistances).....	369
銅鐵熱電偶(E. m. f.'s of a Copper-Iron Thermocouple) ..	379
電化當量(Electrochemical Equivalents).....	387
金屬之電動勢順序(Electrode Potentials).....	389
電制及磁制各單位之比較(Electrical and Magnetic Systems of Units).....	410
鐳之蛻變(Disintegration Products of Radium).....	457

聲 學

各種物質傳聲之速度(Velocities of Sound).....	474
音程(Musical Intervals).....	485
吸收聲波之係數(Coefficients of Absorption).....	502

光 學

折射率及色散率(Indices of Refraction and Dispersive Powers).....	540,542
--	---------

全反射之臨界角(Critical Angles of Total Reflection).....	552
一般之波長(Wave-lengths in General).....	587
Fraunhofer 線之波長 (Fraunhofer Lines)	590
晶體之折射率(Indices of Refraction of Crystals)	608
偏轉係數(Specific Rotatory Powers).....	614
對數表(Logarithms).....	625
三角表(Sines and Tangents)	627
物理常數(Physical Constants).....	629

希臘字母符號

α Alpha	η Eta	μ Mu	σ Sigma
β Beta	θ Theta	ν Nu	τ Tau
γ Gamma	κ Kappa	π Pi	ϕ Phi
δ Delta	λ Lambda	ρ Rho	ω Omega

譯 註
特夫 (Duff) 物理學
(第八版)

力學及物性學

著者 科學博士 A. Wilmer Duff
Worcester 工科大學名譽物理學教授

緒 論

1. 物理學爲一種科學 由吾人感覺之證明，知在四周之物理宇宙中，有多種物體之存在。又依感覺得知此種種物體有各種共同之特性，例如慣性、重量，及彈性等，而此種特性認爲爲組成各種物體之物質 (matter) 所具有。物質之本身並不顯示活動；各物體交相互作用，其所生之效應使吾人感覺者，非爲物質，而爲附於物質中之部分稱爲能量 (energy) 者也。能量之意義俟後確定，其見之於事實者，則如日光、燃料及高處之水量等，均爲自然界及工業上各種習見之作用。

物理學爲研究物質及能量之科學。此普通定義與化學不能有明顯之區別，普通雖認化學之主要討論爲物質化合及分解之問題，然此二種科學實無一定之界限可以判別也。工科中之各門雖亦討論物性及能量，但其觀點依趨於應用方面者。

一種科學不僅對於某種事物有大量之記載而已。人類在最初時期中，關於各種作用及方法之物理結果必已有甚多價值之知識，但物理學之開始成爲科學，端賴吾人能企圖得有系統而有組織之

知識，且考究各種事實間之關係為起點。當物理現象間之關係發見而陳述者愈多，則物理現象之解釋愈得科學之意義。近代物理學在此方之進步遠勝於任何其他科學，而欲將近代物理科學作一簡單之敘述時吾人必抱一目的，即不僅敘述所得最重要之事實，更須顯示各事實間之關係及相互因果。

以後可知有類事實間之關係較他類為明顯。例如在力學 (mechanics) 中，現象間之關係已確定，吾人能由若干個關於各種物體運動之簡單定律引伸之以解釋種種複雜運動。但在其他討論之部分，常應提出一種理論，詳細推求其能否合乎事實之結果，如不合，則須提出其他理論作同一之研究。

凡將若干事實分類而研究之以得其共同之原則，其所用之方法謂之歸納法 (induction)。例如 Newton 注意落體、月球及行星等運動之比較後，而引力之原則遂被發見。凡得一共同之原則已包含甚多之現象，更由此推理而引出其他已知或未知之事實，如幾何學中一定理由其他定理推出然。此種方法謂之演繹法 (deduction)。在簡單之物理學中演繹法常較歸納法應多用；但如篇幅許可，亦可顯示如何由歸納法以發見重要之基本原則。

2. 量度 在任何科學中欲考究各種事實而得其間之關係，須將此等事實表明得非常真確。若指述一物體之體積或重量僅涉其或大或小，則毫無用處。如用定量敘述先定若干標準量，而求一物體之體積或重量對此量之比率，則為明確。此標準量謂之單位 (unit)，而欲量之量對於單位之數字比率，謂之量之數量 (numerical measure or magnitude)。

若干量度用直接量度法，即將欲量之量直接與同種之單位相比較，例如棒之長度可由 1 碼尺或 1 米尺置於其旁而量得。但多數量度均用間接量度法。例如量度一列車之速度，必量所經之距離及所需之時間，於是由計算而得出其速度之數量。

3. 觀察及實驗 在若干科學中研究事實及狀況僅賴觀察 (ob-

servation)爲求知識之主要方法。例如天文學家研究天體間種種運動，祇可用觀察，而不能改變其運動。在物理學中，觀察雖亦爲重要部分，但實驗(experiment)更爲重要，因實驗者即在改變環境或事實中，可得更有價值之觀察也。例如欲知地球如何吸引一物體，而此種引力在各地有無差異，若限於觀察各高度處自由落體，則難於成功；但設變更下落，而將物體用繩繫住作擺之運動，則可得更真確之觀察而得較落體觀察之結果，更有價值。因此理由，物理學爲一種主要之實驗科學，即物理學家先由詳細計劃之實驗以得知識，然後再用各種理解方法，特別用真確之數字，由實驗之結果以推知可能所得之知識。

4. 假說及學說 一現象如尚未發見其與他現象之關係前，尙不能解釋。但與習見之現象所生關係之性質明瞭後，則立即可得解釋。例如一真空管直立水銀槽內，水銀在管中上升初不能解釋，後知帶此管上山時水銀上升之高度與山之高度有關，且知與槽內水銀面上空氣壓力亦有關係。由此例而得之解釋，係從一事實與另一事實間之因果而來，但另一事實之本身或尙未能得解釋。例如大氣壓力，直至最近方能解釋也。

凡未能完全證明而爲假定之解釋稱爲假說(hypothesis)，如大氣或任何氣體壓力之假說，可認爲氣體係運動微粒所組成微粒碰撞於一面時即使此面上受壓力；此假定之解釋謂之氣體運動之假說(kinetic hypothesis of gases)。在科學中一種假說之成立頗爲重要，因可鼓勵研究而考查其是否確實，且研究時知其並不確實，常引起許多確定之新事實，由此而推定最後確實之假說。有時學說(theory)一字可與假說之意義相同，但學說應作爲解釋之引申討論或爲證明之假說。以後敘述氣體運動論時即本此意義(見§ 227)。

5. 因與果¹ 當一某種事實視爲另一種事實常隨之而發生時，普通可認爲前者爲後者之因(cause)，而後者爲前者之果(effect)。

¹ 此處所用之名詞並無企圖含有哲學之意義，爲便於簡明計僅作通常之意義可也。

例如槍中火藥爆發為槍彈射出之因，而後者為爆發之果。凡說明二種事實間之因果關係時，其意不僅為一事實常隨另一事實而發生，且於二者間認為有一定不變之關係，即深信在同一條件時自然界中常有同樣之作用。

6. 物理定律 任何現象經詳細研究後，常得敘述其在某種條件下必發生一定之事實。例如各種物體不受支持時即向地面落下，古代之觀察已能推出此結果。凡得如是之概論 (generalization) 即成一物理定律 (Physical law)。研究範圍愈廣，常能導出愈廣之定律。例如 Newton 由落體月球及星球等之運動，得導出二物體有互相吸引之力。研究物理學之目的，即在得各種廣大而普遍之定律，如是所得之任何定律，如可由算學公式敘述，方能認為完善。但有算式表示，應有留意之量度，方能完成。如 Newton 依據量度與計算，方得物體間之萬有引力定律。故一物理定律即在已知之一組條件下，某種事實將隨之發生之一種陳述也。

一物理定律之證明，有時用直接法，即由觀察與實驗而得之種種事實，直接推出定律，猶如幾何學中一定理，由另一定理推出然。例如由月球及行星之運動，得推出引力定律。(§ 150)但在甚多之情形中，一定律之證明，則用間接法，即由定律之推論所得各種之結果，均能符合觀察與實驗，例如力學中各基本定律之證明皆為間接者。

7. 物理學之分科 為便利計，物理學可分成下列諸科：

- | | |
|----------------------|------------------------------------|
| 1. 力學 (Mechanics) | 4. 電磁學 (Electricity and Magnetism) |
| 2. 波動學 (Wave Motion) | 5. 聲學 (Sound) |
| 3. 熱學 (Heat) | 6. 光學 (Light) |

力 學

8. 力學 為物理學之一分科，係討論物體之種種運動及此種運

動變化之原因。更可分爲二部：凡各種運動之敘述及研究屬於運動學 (Kinematics)；凡研究運動變化之原因者，屬於論理力學 (Dynamics)，運動學與幾何學並不相同，因於空間外尚需時間之概念也。論理力學常分爲動力學 (Kinetics) 及靜力學 (Statics) 二部，前者討論運動時之物體，而後者討論靜止之物體。所謂靜止意即物體雖受各種可動之因而能發生動之趨向，但所受之作用適相抵消時之情形也。(若干著者有用論理力學之名詞爲此處所用動力學之意義者)。在下列力學之討論中，各部分並不十分分開，而每部分將交互敘述，以求便利而簡明。

運動學

位移幾何 (The Geometry of Displacements)

9. 移動與轉動 運動可分成二種。凡運動之一物體內，其各質點所指動向之直線，均保持同一方向時，謂之移動 (translation)。例如火車在車軌上運動及雪車在均勻斜坡上滑下均爲移動。此種運動物體內各點均依同向而有一致之性質，故說明一物體之運動，可敘述體內任何一點之運動以代表之，而整個物體之運動，即視作一質點之運動。

凡一物體內各點成圓周運動，而各圓之中心均位於一直線上者，謂之轉動 (rotation)，此直線謂之轉動軸 (axis of rotation)，如磨石、飛輪、鞦韆等運動均屬轉動。此種運動體內任何二點，在任何時刻，運動之性質均不相同，除非二點適位於與軸平行之一直線上，方能有相同之性質；離軸較遠諸點依大圓周而運動，故比近軸諸點運動爲快。

各種運動之形式雖甚爲複雜，但皆可分析爲移動與轉動，而認爲兩者所組成。

物體僅有移動而無轉動時，既可視作同於一點，故先研究一點

之運動甚為便利。

10. 一點之位置 一點之位置需依與其他各點，各線或各面間之距離與方向而確定。最簡之確定法，可由一點與另一點間之距離與方向而定出，此另一點可稱為起點 (starting-point) 或原點 (origin)。

在討論限止於某一直線或一曲線上各點之位置時，可在線上先假定一原點而定出每點與此點之距離。在原點之一方向可定為正向，而相反之方向為負向。例如一鐵路線上之某車站可依另一車站為原點，由其間正向或負向之距離而定其位置。

在討論限止於一平面或一曲面上各點時，每點之位置可由面上假設之一原點而定其距離與方向，或即畫出互成直角之二線，相交於原點後，再求每點與此二線間各有之距離。例如地面上一點之位置，可由其離原點間東向或西向之距離及北向或南向間之距離以說明之。

若各點不限於任何一線或一面時，則每點之位置，可依空間中假設之原點以確定其間距離及方向，或即由原點處相交而互成直角之三平面對於每點間之正負距離而定之。

由上第一例，位置以一數確定之，第二例用兩數確定之，而第三例則用三數確定。凡一點之運動限止於一固定線上者，則謂之有一自由度 (degree of freedom)，限於一固定面時之運動，有二個自由度，而空間無任何限定時，有三個自由度。

上述之位置實為相對位置 (relative position) 之陳述，即一點位置與所取另一點為原點間關係之各種陳述也。絕對位置或一點之位置，無任何點或坐標軸線之表明或暗示者，則不能確定，而無一定之意義可言。在下述之位置，常指相對位置之意義，無論表明或暗示，其參考點即在地面上之某點也。

11. 長度之單位 指出一位置時必用長度之單位。物理學中常用之單位為米 (meter)，或其倍數或分數之各單位。一米為在攝氏零

度之溫度時一鉑鈹合金棒上二刻線間之距離。此棒現保存於巴黎 (Paris) 附近之國際權度局 (International Bureau of Weights and Measures)。創製者對此長度依據地面上地極與赤道間經線距離 1 千萬分之一而量得。百分之一米謂之厘米 (centimeter, 0.01 m.) 爲常用之單位。其他 1 米之十進分數值如分米 (decimeter 0.1 m.) 及毫米 (millimeter 0.001 m.) 等。大距離常用千米 (kilometer, 1000 m.)。

英國常用之長度單位爲碼 (yard) 或其倍數或分數。1 碼爲在 62°F 時規定黃銅棒上二刻線間之距離，此棒現保存於倫敦國庫局 (Exchequer in London)。美國對於法定之一碼，爲一米之 $3600/3937^{\circ}$ 。

12. 位移 位置之改變量謂之位移 (displacement)。說明一位移 必敘述其數量 (magnitude) 與方向 (direction)，例如向東北 10 哩，爲一船或一車之位移。說明一位移 時，無須有時間之關係，實與幾何學之概念相同。

在討論位移 時。可於紙上 (或黑板上) 畫位移 圖以助說明。例如一 AB 線 (圖 1) 表示一位移，其長度依便利之標度 (convenient scale) 表示位移 之數量，例如一厘米表示 5 哩之位移。更必有適當之方向 表示以顯出與其他表示位移 之各線間之相對關係。各線依此法表示時，則 AB 及 BA 二線可表示二個位移 之數量相等而方向 相反。

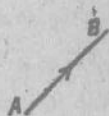


圖 1 一向綫表示一位移

“在圖中 AB 線所示之位移” 可簡稱爲“位移 AB ”，但有時須完全說明之。

13. 位移之加法 若有一船向東航行 10 哩，再向北行 10 哩，則其離原起點之位移 爲東北 $10\sqrt{2}$ 哩，或可云此第二位移 爲兩位移 之和。設以 AB 表示一物體之一個位移 (2 圖)，而 BC 爲第二位移，則兩位移 之和即爲 AC 所表示。由 AC 長度之量度及 AB 與