

547706

82
406
121

物理精析

〔上册〕

李 畊 編 著



33

406.2

1.1

547706

33

406.2

1.1

33

406.2

1.1

高中複習・大專先修適用

物 理 精 析

〔上 册〕

編 著 者 李 咁

臺灣開明書店印行

民國五十三年八月初版發行
民國六十四年九月修訂四版發行

每册基價一元八角

(按照同業規定倍數發售)

物理精析
〔冊上〕

*

印翻准不・權作著有

編著者 李

畔

登記證字號

行政院新聞局
臺業字第八三七號

發行人

劉甫琴

印刷者

臺灣開明書店

總發行所

臺北市中山北路一段七七號
電話 四二五五九 五〇六三號
郵局劃撥賬號第一二五七號

臺灣開明書店

(大誠一228P.)

編 例

一、物理一科，近年不但在研究與應用方面，迭有驚人的進展；在教學趨向上，也有了顯著的改變——教學範圍上着重於大、小宇宙問題的討論；教學過程中着重模擬、實驗方法的運用；測驗方面則着重理解與推理能力的考察。——今春，我國教育部且明令以美國 P.S.S.C. (Physical Science Study Committee) 新編教材的目次，訂為高中自然科組物理教材「編輯」大綱，為配合此一趨向，便於高中複習、大專先修，乃刊行本書。

二、自然學科首重系統地理解。故本書在編列上處處顧及由近而遠，由淺入深與由大而細等心理的和邏輯的原則，在闡述中則時時把握條分縷析的精神，務使在一定範圍內，易讀、易懂、易通。

三、物理教材之更新，並不意味舊教材之無用，其為新教材所輕或所無，但與生活或升學有關的部分（如熱學、聲學、簡單機械、電機、無線電等），本書仍詳予論列，對此，讀者自可選閱。

四、「新教材」的測驗形式，多採選擇題，惟此種試題預示答案於一定範圍內，忽視過程，而所佔篇幅亦多，凡此都不宜於以練習、複習、進修等為旨趣的書籍中採用，故本書於精選具有理解與推理內容之新問題後，仍多以是非、填充、問答、實驗、計算等形式命題，果能熟悉於此，對較此等形式尤易作答的選擇題，必可勝任愉快。

五、本書篇下為章，其各章內編次依序為：一、I、[i]、A、(a)、1 等。“研析”與“註”的下面，遇有不正一條時，以①、②、

……區分。其“分類舉例”或“問題分類”之下，則依序爲

①、②。

六 本書之編、印，雖極慎重；但疏誤之處，恐仍不免。至盼
賢達不吝賜教。

物理精析 [上册]

目 次

序 篇

綜 論

[2—22]

怎樣學習物理學——代序——

物理學概說

第 一 篇

力 學

[23—294]

第 一 章 物理量的計度	24
附「物理量的計度」與「力之合成」實驗題	
第 二 章 基本運動〔一、直線運動〕	51
第 三 章 基本運動〔二、拋物線運動〕	72
第 四 章 運動與力	87
第 五 章 萬有引力	116
第 六 章 周期運動	125
附「單擺」實驗題	
第 七 章 剛體的轉動與平衡	167
附「力矩與平行力」及「輕微重量之測定」實驗題	
第 八 章 功與能	213
第 九 章 摩 擦	237
附「摩擦」實驗題	
第 十 章 簡單機械	259

第二篇

物性學

[295—378]

第十一章 彈性與彈性碰撞	296
附「虎克定律」實驗題	
第十二章 分子運動與分子力	319
附「分子的質量與直徑的測定」實驗題	
第十三章 靜止的液體	330
附「阿基米得原理與比重之測定」實驗題	
第十四章 靜止的氣體	352
附「波義耳定律」實驗題	
第十五章 流體的流動	366

第三篇

熱學

[379—432]

第十六章 溫度、熱量及其變化	380
附「固體比熱之測定」實驗題	
第十七章 物體的膨脹	396
附「膨脹係數之測定」實驗題	
第十八章 物態之變化	417
附「冰之熔解熱」、「冰之汽化熱」及「露點與溫度」實驗題	
第十九章 熱與功	432

物理精析〔下冊〕

目 次

第四篇

音 學 [445—478]

第二十章 波動與音波	446
第二十一章 聲音與聽覺	459
附「頻率」與「音速的測定」實驗題	

第五篇

光 學 [479—641]

第二十二章 光與光之測定	480
附「平方反比律」實驗題	
第二十三章 光之反射	502
附「反射定律」、「視差」及「球面鏡之焦距與成像」實驗題	
第二十四章 光之折射〔一、普通折射〕	538
附「折射率」與「全反射」實驗題	
第二十五章 光之折射〔二、特種折射〕	560
附「各種透鏡焦距之測定」實驗題	
第二十六章 光學儀器	596
附「望遠鏡與顯微鏡倍率的測定」實驗題	
第二十七章 光之色散	613
第二十八章 光之干涉・繞射與偏極化	626
附「光之干涉、繞射與偏極化」實驗題	

第六篇

磁・電學

[643—898]

第二十九章 磁學	644
附「磁力線之測繪」及「磁極之測定」實驗題	
第三十章 靜電	666
附「電荷之檢定」、「感應起電」及「密力更油滴實驗——溫度單一電子的電荷」實驗題	
第三十一章 電位與電容	690
第三十二章 電流・電壓・電阻	721
附「電流計」、「歐姆定律」、「測定電池內阻」及「惠斯登電橋」實驗題	
第三十三章 電流與熱量	771
附「熱量與時間、電流、電阻的關係」及「熱功當量的測定」實驗題	
第三十四章 電流的化學效應	788
附「銅電量計」、「安培計誤差的校正」及「離子電荷的測定」實驗題	
第三十五章 電流的磁效應	806
第三十六章 電磁感應	825
附「無感線圈之繞製」及「電表的構造」實驗題	
第三十七章 電磁波的產生與應用	860
第三十八章 電子的解放與應用	876

附 篇

現代物理述引 [899—930]

一、新時代的開始	900
二、場論——一個新的基本觀念	901
三、新時代的象徵——相對性原理	907
四、從「能量子」到「光量子」	920
五、現代物理的特徵	927

篇 序

綜 論

怎樣學習物理學

——代 序——

一、「學習」不是「研究」

許多讀完中學物理課程的人，常仍發出「怎樣學習物理」的問題；這是有原因的。

我們遍察坊間所售有關課本或參考書，到現在為止，似還沒有對此提出過正面的答覆；有的，也祇是文不對題地說些像觀察、實驗等研究物理學的方法，其實，不論在目的、活動和從事者所需的條件來說，「研究」與「學習」都是有區別的。我們能明辨於此，才能正對問題、接觸問題以至解決問題。

下表就是「研究」與「學習」的主要區別所在：

區別 項目	研 究	學 習
目 的	探求未知	接受已知
活 動	依“觀察→試驗→假設→考察→建立學說→推論→形成理論”等程序，進行： 懷疑→修正→創造→實踐 的 往復活動。	由“聽講、閱讀、觀看、實做、應用”等方式，進行： 理解→記憶 的交互活動
條 件	已具相關知能	祇需學習志趣

二、認清物理學的特點

「研究」與「學習」的界限既然劃分，我們就事論事，就

不必再談非現階段所需談的事了，但學習物理學，不是學習其他科目；所以還須認清物理學的特點，以便從事。

值得我們學習的物理學，當然是科學家徵實的科學知識；而不是由直覺、冥想、傳聞等，附會而來的流行說法或常識。

提起「科學」，很容易讓我們聯想起抽象的理論和繁雜的計算，或者意識到像火箭、太空船、電視、雷達等新奇的發明。

這些想法雖都與物理學有關，但顯然並不恰切。

物理學中雖有理論與計算，但它既與哲學家的玄思不同，也和祇求在形式上滿足的數學運算有異。它的理論乃是自然事象的骨幹；它的計算也是數學法則在有關事象中的實際應用。

物理學中雖也會提到火箭、太空船……等新奇發明，但祇作理論的說明，祇把它們看作物理學中的副產品。因為技術發明畢竟是祇講具體實用的，而**基本的與純正的物理學都毋寧是非實用的**。明乎此，自然就會知道若干年前英國皇家學會否認大發明家愛迪生 (Thomas Alva Edison 1847-1931) 為偉大科學家的原因了。

據此，我們可以替物理學勾出一個較為顯明的輪廓：它有理論，但以萬事萬物做根據；有計算，但以合于實際為原則；談發明，但以說明原理為範圍。

如果我們近取中學一般學科做譬喻，而以文、史、公民等科是「祇說不算」，數學是「祇算不說」的話；那麼物理的特點就是「又說又算」了！

三、把握學習的重心

物理學的重心可以從它的特點上找得到，那就是「計算」

與「說明」，不過兩者乃是共同統一在「基本觀念」之樞紐下面的。

「基本觀念」這名詞現下用得頗多，學習數理各科都非常需要它！但祇將這一名詞掛在口邊，並不見得有用，現今一般學生之缺乏獨立運思能力就是顯例。所以在重視它、重用它之前必須先「弄清甚麼是基本觀念？」

具體地說，基本觀念就是在對問題加以說明或計算時所有的依據。

對物理問題的說明與計算，依據甚麼呢？差不多稍微受過物理數學洗禮的人都會回答是定律、原理、公式等。

但我們祇熟記這些定律、原理、公式行嗎？——我們的答覆是否定的，原因是它們並不是最基本的。熟記它們並不見得是對基本觀念的通達。

我們不妨拿任何定律、原理、公式來加以分析，它們都毫無例外的是對若干名詞的一種連繫。

譬如牛頓運動第二定律的公式是 $f = kma$

其直接用途是由 k 、 m 、 a 三者的乘積求出作用力之大小來。但 f 、 k 、 m 、 a 四者，各皆有一個特有的名稱和界說。如果不明白質量與重量的區別，不了解 k 之使用條件，不懂得 a 由何推求，及其與時間、速度、位移、距離的關係，又對 f 與張力、重力、壓力、阻力、向心力、離心力反作用力等的異同也欠認識，則有此公式，亦無法運用。

由此可知，弄清楚每一名詞（術語）的定義和各名詞之間的關係才是一切的根本。明乎此，就可對「基本觀念」有個基本的了解了。

四、化繁爲簡・執簡馭繁

學習一科，不但要對其內容能夠逐節理解運用，而且也須有一套成系統的概念，而事實上也惟有在有了成套成系統的概念以後，才能對有關內容有較深的理解，才能推廣應用，並記憶深刻。

物理學中每一名詞的定義和各名詞間的關係，既是應當把握的重心，當然也就是建立成套成系統概念的起點。

但物理學的名詞甚多，其定義與關係在納入成套系統以前，必先就需要加以取舍，依輕重予以區別。

「需要」是每個人的事，自己較任何人都更宜於在這方面作決定，不過爲了易於把握起見，我們可以在這裏提出一個原則作爲參考；那就是：先注意有關考試所涉及的範圍，再推廣於日常應用方面，最後着眼於未來的志趣或作深入探討時所需要的部分。

「輕重」是比較客觀的問題，就其與其他問題的連接，和對其他問題的用處（這都與建立系統的概念有關）來說，從表面上看，不妨依其在有關書籍和考試中出現的次數做標準，不過更可靠的標準還應該着眼在它對其他公式或定律的推導作用上。

譬如在普通物理學的力學中不外討論些：速度、運動、動量、衝量、平衡、功、能、力矩、萬有引力、摩擦與簡單機械等問題，其中簡單機械主要是對機械利益與效率的推求；而前者是力矩的推廣應用，後者是功與能問題的引發，所以力矩與功、能是較基本的部分。

但機械能 ($P.E. = mgh$; $K.E. = \frac{1}{2}mv^2$) 的推求，都是根

據功的定義 ($W = FS$) 而來的；而力矩是轉動的根源，也是作用力與力臂的乘積 ($T_q = fd$)；都與力 (F) 直接有關，因此說明力之定義的牛頓運動第一定律、計算力之大小的第二定律 ($f = kma$) 和講究物體對作用力之反應的第三定律都成為比較重要了。

而其中第一定律為第二定律之特殊情況，可包含於第二定律中，第三定律是第二定律的引伸；且可由此推出衝量 (ft) 動量 (mv) 的關係，和動量不減原理 ($mv' + Mu' = mv_0 + Mu_0$) 來，故第二定律實應視為居於主導地位，而事實上，它不僅在以上諸方面具有權威，在推求向心力 ($F_c = ma_c$) 時完全通用；在力矩對於轉動的關係 ($T_q = fr = mr^2\alpha = I\alpha$) 中和摩擦、彈性、以至於分子力的範圍內也深具影響力。

牛頓運動第二定律固然非常重要，但正如前面第三部分（「把握學習的重心」）所言者，其中加速度與時間、速度的關係充分瞭解後才能運用，所以這又需要推出更基本的角色——加速度的定義 ($a = \frac{v - v_0}{t}$) ——了！等加速度運動的三公式就是由它和平均速度 ($v = \frac{v + v_0}{2} = \frac{s}{t}$) 的定義推出的，當然這又是基於速率與等速度的定義 ($v = \frac{s}{t}$) 而顯出的。

所以整個力學簡單地就，實祇寄託在速率、等速度、平均速度、加速度與牛頓運動第二定律等有限的名詞定義中，號稱物理學中最繁難的部分如此，其他也就可以概見了，何況力學

中萬有引力公式的幽靈還會在磁學與電學中出現呢！

讀者或以如上所言，由繁化簡或可解決；但「以簡馭繁」恐就不甚簡易了。是的，對於較繁的問題常需多種關係來協同解決，但如能靜而細心地予以分析比較，終仍不難在「基本觀念」的明澈透視下，使其原形畢露，一切冰釋！

五、聞一知十，舉一反三的方法——推理！推理！推理！

「化繁為簡、執簡馭繁」的效用誠然無窮，但記住這並不是甚麼妙訣神算，而正是常說、常用的「歸納法與演繹法」(induction and deduction)，怎樣善用這兩個方法呢？我們仍可檢起「推理」一詞作為簡而明的回答。

推理(reasoning)本來是邏輯(Logic)中的主題。但事實上它不但廣被應用於一切學科中，在普通的論辯或談話中，也常用到它。物理一科需要借重它之處很多。如果在研習物理時，時時拿它連繫於新的題目或事物、現象與基本觀念之間，便會發生引線的作用，而爆出解答的火花；在筆記和課本所講的同類問題中，由它的混凝，也會在你心底築起一座堅實的系統概念之廈。

當然「推理」是有所依據的，它的主要依據就是基本名詞的含義與關係（如常用的幾何公式，各量的因次，力與運動的特性、熱的傳導原則等等），還有就是必要的數據（像重力加速度的標準值、聲速、光速、冰之溶解熱與水之汽化熱等等）。

在閱讀、聽講的時候，如果你能隨時就其要點、記為筆記則事後將各重點連貫起來，就會有意外的收穫與樂趣。像力(force)和加速度(acceleration)二詞，就其前後所講予以連接，即可分別得出如下的聯珠關係：

$$f = (k)ma \dots mg \dots m \frac{V^2}{r} \dots \frac{I\alpha}{r} \dots \frac{W}{s} \dots G \frac{Mm}{r^2} \dots PA \dots$$

$$a = \frac{V - V_0}{t} \dots \frac{V^2 - V_0^2}{2s} \dots \frac{\Sigma f}{m} \dots r\alpha \dots \frac{V^2}{r} = \frac{4\pi^2 r}{T^2} = 4\pi^2 n^2 r$$

其在相似或相近名詞的比較連繫中，如：聲波、光波、電磁波；力、磁力、電力、功、熱……等，也會有更多的體會與心得。這當然都是推理的妙用。

然而推理在解答問題時，究能怎樣發揮其功能呢？茲舉實例數則，以分別說明其方法及作用：

I 有據原理而予以闡發者

【例一】最初靜止的物體，在下列情況下，可生何種運動？(a) 沿 x 的方向加一定力 (b) 然後停止加力 (c) x 方向的力停止後沿和 x 垂直的 y 方向加一定的力 (d) 然後再將 y 方向的力停止作用。

【研析】由牛頓第二運動定律知：物體受力作用，必沿力的方向產生加速度；作用力一定時，其加速度即一定，亦即加速度無變化，而為等加速度。

「停止加力」物體即無外力作用，此為牛頓第一運動定律的範疇；故知此後其動或靜的狀態即無改變，但在開始停止加力之時，物體已在運動；故此後即以該時之瞬間速度為速度，而作速率與方向皆不變的運動。

已作等速度運動的物體，另受一與原方向相垂直之力的作用，此物體即作綜合運動。依運動之獨立性，可知其等互不相干。又依座標作圖法可尋繹其軌跡並非一直線。

y 力又停止作用，仍依慣性定律知此後即以該點之瞬時速度作等速度之運動，但曲線之瞬時速度的方向都與該點之切線方向一致；故知此後之運動，為沿力停止作用之始的切線方向者。

【解】(a) 等加速直線運動 (b) 等速直線運動 (c) 等加速度運