

遵照 教育部六十年二月公佈高級中學物理課程標準編著

教育部六十八年審定

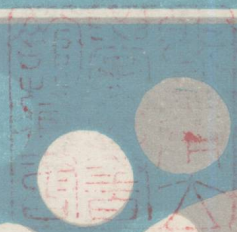
高級中學

物理學

(自然科組)

上 冊

編著者 吳友仁



石景宜先生贈書
年 月 日

東華書局印行

編輯大意

1. 本書係遵照民國六十年二月教育部頒布之高級中學物理科自然學科組課程標準編輯而成，專供高級中學第三學年自然科組物理科教學之用。
2. 本書係以美國物理科學研究委員會 (PSSC) 編定之高中物理教材（一九七〇年第三版），美國哈佛大學一九六六年編輯發行的“哈佛計劃物理”（高中用本）（Harvard Project Physics），一九六八年出版的“霍爾特物理教本”（高中用書）（The Holt Physics Program）諸書，斟酌取捨，增刪整理，作為取材根據。
3. 東華書局於民國五十五年發行拙編高級中學物理學（自然科組）以來，承國內各校普遍採用，六年來屢次廣徵採用教師意見分門別類，兩度加以修訂整理，俾切合需要，減少教學困難。茲更參酌本國實際情況去蕪存菁增補最新科學知識，重新編寫。務使學習者對日常生活有關之物理現象，近代物理常識以及與工業國防有關之知識發生興趣，有所瞭解。
4. 本書編輯時一方面參考初中物理教本，一方面參考大學用書俾使互相銜接，除必要外儘量避免重複脫節。又為提高我國學生程度，增加研習興趣起見，其中曾部分採用艾隆索 (Marcelo Alonso) 與斐恩 (Edward J. Finn) 之大學物理學（1969）及雷士勒 (R. Resnick) 與霍立德 (D. Halliday) 合編的物理學基本原理（1970），貝茲 (Albert V. Baez) 編新大學物理學（1967）等書中新材與圖說。
5. 課本內之習題均經重新選編，饒有趣味，且富啟發性，學習者仔細演練，對課本內容之瞭解與吸收有極大助益。
6. 本書所用術語、名詞均以教育部於六十年十二月公佈之物理學名

詞爲準，其有未經列入之名詞，則參考羣籍，妥爲訂定，以簡明合理，不易混淆爲原則。

7. 本書根據最新物理教學理論廢棄舊有“篇”名，以章爲單位，介紹時、空、物質、力、能、光、波、電而至量子觀念，循序漸進，一氣呵成。前後呼應，無重複蕪雜之弊。且曾與新公布之化學課程標準對照，凡雷同重覆之部分，均經刪除化簡。
8. 本書編校，力求完善，但謬誤仍恐難免，至希諸先進教學同仁隨時賜正，俾作修訂參考，至爲感禱。

G634.7
881(3)
1

S 018027

高中物理學(自然科組)

上 冊 目 次

引 論	1
0-1 科學與物理學	1
0-2 物理學與應用科學之關係	1
0-3 物理學的成長	2
0-4 物理學應用的工具	6
第一章 時間與空間	8
1-1 量的觀念	8
1-2 時間的單位	9
1-3 時間間隔	10
1-4 短時間的測定法	11
1-5 長時間的測定法	18
1-6 空間與空間度	18
1-7 長度的單位	20
1-8 遠距離的測定	22
1-9 短距離的測定	25
1-10 面積與體積的測定	27
1-11 量度的極限	29
1-12 有效數字	30
1-13 數量級	33
習題一	34

第二章 物理量間的函數關係	37
2-1 互相影響的物理量	37
2-2 物理量的函數關係曲線	37
2-3 線性關係	40
2-4 乘冪定律與相似圖形	43
2-5 反比關係與平方反比關係	46
2-6 正弦、餘弦函數關係和指數函數關係	48
2-7 內插法與外插法	49
2-8 尺度比例	50
習題二	52
第三章 運動學（一）	55
3-1 物體的運動	55
3-2 最單純的運動——等速直線運動	56
3-3 物體與質點	57
3-4 位置和坐標	58
3-5 位置-時間函數關係曲線圖 ($x-t$ 圖)	59
3-6 位移	60
3-7 量和變化量	61
3-8 速度	62
3-9 平均速度	63
3-10 瞬時速度	64
3-11 速率	64
3-12 速度-時間函數關係曲線圖 ($v-t$ 圖)	65
3-13 速度成連續變化時之 $v-t$ 圖	69
3-14 位置-時間函數關係曲線的進一步分析	70
3-15 圖線斜率之意義	73
3-16 瞬時速度、平均速度與斜率	77

3-17 加速度·····	78
3-18 加速度的正負·····	79
3-19 等加速度運動·····	81
3-20 變加速度運動·····	85
3-21 加速度時間函數關係曲線圖 ($a-t$ 圖)·····	87
習題三·····	90
第四章 運動學 (二)·····	96
4-1 坐標和向量·····	96
4-2 向量的加法·····	98
4-3 向量加法的應用·····	100
4-4 向量的減法·····	101
4-5 向量減法的應用·····	103
4-6 向量的分解·····	104
4-7 向量與純數及向量與純量的乘積·····	107
4-8 速度和位移·····	108
4-9 參考坐標與相對運動·····	111
4-10 速度的變化和加速度·····	116
4-11 運動學和動力學·····	118
習題四·····	119
第五章 質量與力·····	124
5-1 物質與物質的量度·····	124
5-2 天平與質量·····	124
5-3 重力質量與重量·····	126
5-4 密度·····	126
5-5 物質的結構和原子質量單位·····	128
5-6 力·····	129
5-7 合力的求法和力的平衡·····	130

5-8	張力和力的量度	134
	習題五	135
第六章	牛頓運動定律	139
6-1	物體不受力作用時的運動情況——慣性定律	139
6-2	在實驗中觀察速度的變化和力及力作用時間的關係	142
6-3	慣性質量和重力質量	145
6-4	牛頓定律、力的測定與單位	146
6-5	牛頓運動定律的應用	147
6-6	牛頓第三定律——作用力和反作用力	150
6-7	摩擦力	153
	習題六	157
第七章	拋體運動與週期運動	162
7-1	物體的運動與重力場	162
7-2	空氣中的自由落體	165
7-3	真空中的鉛直拋射運動	166
7-4	水平拋射運動軌跡的測定	168
7-5	斜向拋射運動	172
7-6	在重力作用下物體的升降和連接體運動	175
7-7	轉向之力與圓周運動	176
7-8	地球之衛星	181
7-9	簡諧運動	183
7-10	單擺	190
7-11	加速坐標系和假想力	192
7-12	地球的自轉與富可擺	194
	習題七	196
第八章	萬有引力與太陽系	204

8-1	原始的天文學	204
8-2	早期的行星學說	206
8-3	哥白尼的行星學說	207
8-4	泰戈勃拉的觀測	208
8-5	克卜勒行星定律	209
8-6	萬有引力定律	212
8-7	重力場強度和重力源質量的關係	215
8-8	萬有引力的實驗	218
8-9	萬有引力定律的其他應用	220
8-10	萬有引力定律的小差誤	221
	習題八	222

第九章 動量 225

9-1	衝量	225
9-2	動量	228
9-3	兩物體互相作用時動量的變化	229
9-4	動量守恆定律	234
9-5	質量中心	236
9-6	質量中心的速度	239
9-7	質量中心坐標系	239
9-8	動量守恆定律的一般性	240
9-9	互相作用的力	242
9-10	火箭	243
	習題九	248

第十章 功和動能 254

10-1	能與能的轉變	254
10-2	功	255
10-3	動能	260

10-4	兩物體互相以力作用時動能的轉移	264
10-5	簡化的碰撞問題的另一看法	266
10-6	彈性體互相作用時的動能守恆	269
10-7	彈性碰撞	271
10-8	中子的發現	275
10-9	斜向彈性碰撞	277
10-10	非彈性碰撞	279
10-11	功率	282
	習題十	283
第十一章	位能	288
11-1	貯存在彈簧中的能量	288
11-2	畸變位能和動能的互變	291
11-3	兩物體間的位能	295
11-4	地球表面附近的重力位能	297
11-5	重力場與重力位能	301
11-6	脫離能和束縛能	304
	習題十一	307
第十二章	氣體的性質與分子運動學說	314
12-1	氣體分子模型	314
12-2	波以耳定律	315
12-3	氣體溫標	317
12-4	布朗運動	319
12-5	氣體的壓力	320
12-6	溫度和分子動能的關係	325
12-7	機械能與內能	330
12-8	熱流	332
12-9	能量損失與溫度升高的定量關係	333

12-10 能量之守恒.....	334
习题十二.....	337

引 論

0-1 科學與物理學

在人類智慧活動中最令人興奮愉快而且富於冒險性的一項，便是揭開自然界的奧秘以瞭解我們生存的環境。人類的存在至今約有一百萬年，開始有文字至今約六千年。至於科學 (Science) ——這是人類把所發現的、所求得的所有全部有關知識，依一定的方法，分類整理，成為有系統的，可以推演的一種智慧的結晶——開始成為信仰、思想乃至技術的泉源，才不過有三、四百年的歷史。在這極短暫的期間內，科學證明了它本身令人驚奇的能力。轉變了全人類生活的方式，擴展了思想的領域。

物理學，在英文中是“Physics”。這是由希臘字 Physis 轉化而來的，它的原意是“自然”(Nature)。換句話說，物理學的原有內容應當概括一切自然現象的研討在內。所以在十九世紀初葉以前，物理學的另一名字是“自然哲學”(Natural Philosophy)。但是自十九世紀以來，這門學問的發展一日千里，內容過為廣泛，了無界限；而研究的方法也是各有千秋迥不相同。因此，物理學的研究範圍乃被限定於研究物質在本性不變的情況下的組成以及物質彼此間互相的作用原理。至於生物的繁複的生命現象以及改變物質本性的作用原理，則被摒除於研究範圍之外。這樣，物理學便成了自然科學的一個分支。

0-2 物理學與應用科學之關係

應用科學，大體上說，包括工程科學、農業科學與醫藥科學。工程科學可以說是物理學中許多原理的擴大應用。例如說：土木工程導源於物理學中的力學；電機工程發展自物理學中的電磁學；機械工程藉助於力

學與熱學；化學工程離不開熱學和物理學。二十世紀末新出現的核子工程，更完全是核子物理學發展的結果。

農業雖然已有幾千年的歷史，但農業的科學化卻是近一兩百年的事。農田灌溉，農業機械所應用的仍然是力學和熱學原理；甚至農業肥料如固定氮肥的人工製造，都不能不藉助於電學。

醫藥方面，我們用 x 射線探索病情，用放射線治療癌病，用顯微鏡研究細菌，甚至新藥的合成與製造，幾乎樣樣都離不開物理學。

總之，應用科學發展的動力基於人類對物質的需求，而物理學研究之動機則是為了求知慾的滿足。有了充實豐富的知識乃能發明改進所需求的物質。物理學提供理論原理與實驗的結果；而應用科學則回報以新的技術，新的工具乃至於新的問題。而這些新的技術、工具、問題又促進了物理學的發展。這樣相輔相成，互為因果，乃造成驚人的成就。使整個人類的生活和思想有了史無前例的轉變。

0-3 物理學的成長

物理學和其他學術一樣，它在興趣與需要中逐漸成長。十六世紀中葉，一般科學之發展都顯得緩慢而零散，多數是些互不相關的發現與觀察事象的記錄，缺乏實驗證實和系統整理。直至十八世紀末期，由於實驗之引進，物理學乃有長足的進步，各種定律與原理先後建立。物理學乃漸具嚴謹條理的規模。十九世紀以後，數學成為研究物理的重要工具，與理論密切結合，並使實驗精確程度提高。到了十九世紀的末期，它已發展成為內容充實，結構謹嚴的科學了。現代人常把這一階段的物理稱為“古典物理” (Classical physics)。

古典物理在形式上被分成幾個分支：力學 (Mechanics)、熱學 (Heat)、聲學 (Acoustics)、光學 (Light) 以及電磁學 (Electromagnetism)。各分支彼此間之關係甚少。大體說來，只有力學才是輔導它們全體的原則。

從十九世紀末葉開始，物理學起了十分深遠的改革，由於量子觀念

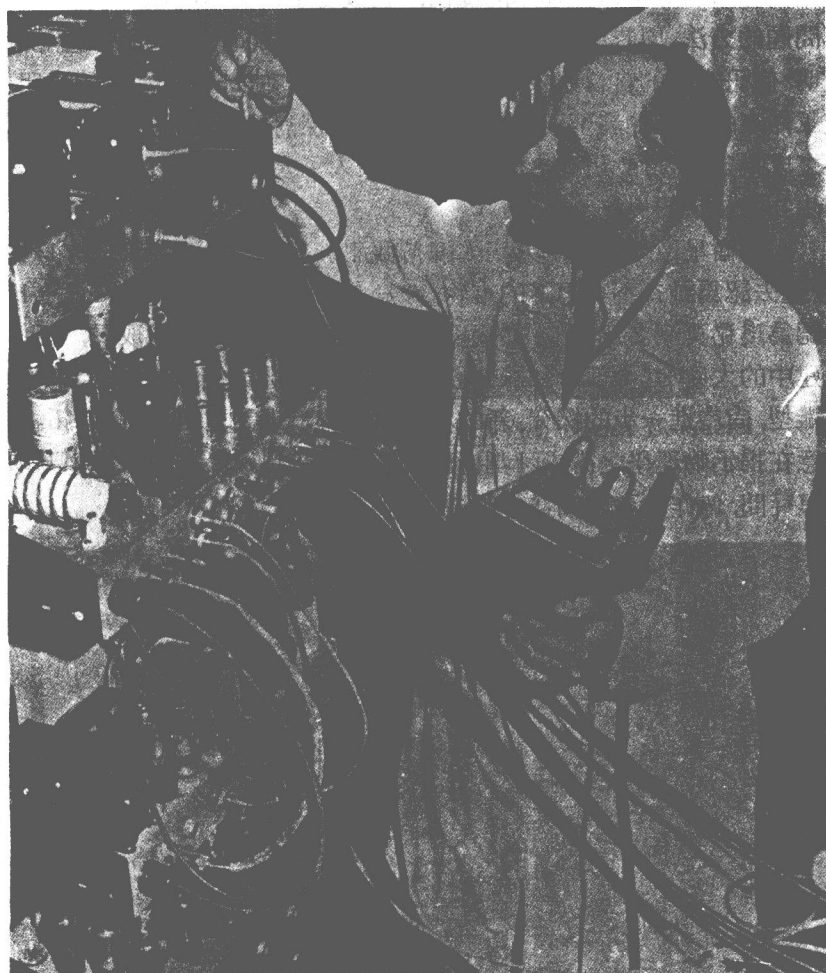


圖 0-1 現代化的物理實驗室, 物理學家佛米 (Fermi) 正在操作各種儀具, 觀察實驗結果。

與相對性原理等革命性理論的提出，它改變了研究者的觀點及處理物理問題的方法。同時由於應用科學的發達，各種測量儀器如原子鐘等的發明，使研究者的自信與效率大為提高，尤其是在1953年，電腦的發明，使工作者的效率提高至千萬倍，乃使物理學探討的領域益見遼闊，其獲得之成果益見豐碩，研究者的觸鬚不但深入了太空與原子核，甚至探索到生物體結構的奧秘。

人造衛星環球運轉，太空人攜帶觀測儀器緩降月面，均成昨日新聞。過去認為神奇不可思議的事物，今日多已認為平凡無足奇；而今日仍認為奧秘莫測者，他日亦必揭露其謎底。物理學正在迅速成長，正如興建中的大廈，其中部分知識已屬完整，且經廣泛應用；而另一部分僅具雛型，尚待進一步的探究。新的境界正等待讀者諸君來發掘、開拓。本書意在揭示物理學之構成計劃、發展經過、進步現況，並隨時指出其缺憾與疑問，俾作啟發與創造之動機。



圖 0-2 美國普林斯頓大學 Plasma 物理實驗室中的質點加速器

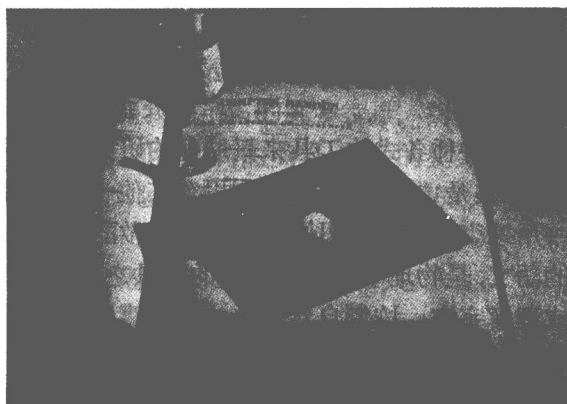


圖 0-3 1896年法國物理化學家亨利貝克勒 (Henri Becquerel) 把照相底片曝露在鈾鹽之下而發現放射性。底片由黑紙包紮, 鈾鹽結晶則置於紙上。

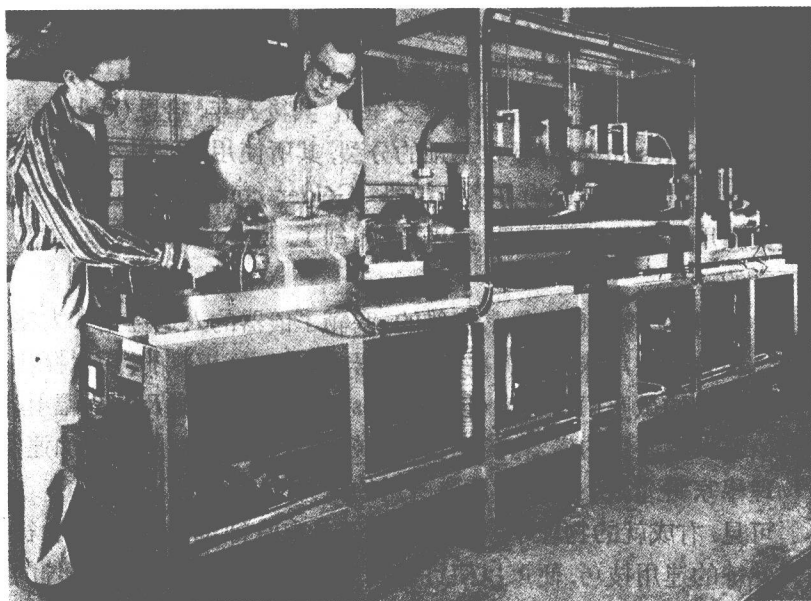


圖 0-4 美國國家標準局的 Boulder 實驗室之鉯原子鐘, 測定時間之準確程度, 在 3000年內誤差少於1秒。

0-4 物理學應用的工具

物理學家需要各種各式的工具來幫助他的研究。但是所有一切工具中，最主要的工具是：“智慧”——這和研究其他一切學問一樣。其次是“語文”——用以表達他的所思所作以及所想做的種種。而數學，是一種世界性的語文，是物理學家不可缺少的工具之一。此外，眼、耳、手等等都是達成理解宇宙，控制自然現象，蒐集實驗資料等等的原始工具。爲了擴展感官的效能，作進一步的研究與探測起見，常借重某些設備器材、觀測儀器、操作機械以及各種工具來創造有利於研究工作的環境條件。

有時，物理工具可以應用簡單的裝置達到目的。1896年，亨利貝克勒 (Henri Becquerel) 僅祇應用一張照相底片，發現了奇異的放射性元素銾，創始了核子物理學 (Nuclear physics)；1934年，佛米 (Fermi) 與其助手僅用一個小倍數的顯微鏡與薄片銀、鎳、及醫用鑄錠等，發現慢中子 (Slow neutron)，爲研究原子能之肇始。其後五年，哈恩 (Hahn) 與史脫拉絲曼 (Strassmann) 發現了銾的分裂，其所使用的工具不過是些簡單的化學裝置，與普通的蓋格計數器 (Geiger counter) 而已。明天，可能誰又應用了極簡單的儀器，發現了，開創了，另一個科學天地。這是可以預言的。

自然，物理儀器也有異常複雜的。塞滿了儀器的人造衛星和太空實驗室，和裝置在月球上的那些物理儀器，便是一極複雜的，用以探測外太空對地球的微塵雨 (Rain of particles) 和月球的震動及各種輻射線，並可偵察太空性質的儀器。美國普林斯頓等大學所設置的巨型加速器，是物理學家研究微小質點的性質所用的工具。

可見，有成就的物理學家所應用的工具有時卻是非常簡單的，往往祇憑熟練的運用技巧，便可以使實驗與理論雙向發展，而得到輝煌的成就。所以，學習物理，並不一定是立志要成爲一個物理學家，也並非必須先有一個設備極完善的實驗室才能開始研究工作。讀者中一部分可能

志在鑽研物理，而其他的人可能是要借重物理的基本知識以便作為研究有關的工程學或其他科學的基礎。不論學習者的志向如何，我們都可以由物理學中學到有關我們宇宙的許多智識，對古往今來的種種變遷更為了解。現在人類正面臨嶄新的境界，而新的境界正為人類創造更多新的工作。物理學蓬勃地發展，在人類史上，實具重大意義。我們應當把握機會，認真學習此一成長中之科學，以滿足人類與生俱來的求知慾與好奇心，進而為自己的生命前途寫下新的一頁。