

中華民國建國六十年紀念

現代科學譯叢

譯權所有人：國立編譯館



譯者：程惠波
校訂者：趙國華
蘇鴻烈

新境界的物理學

正中書局印行



現代科學譯叢

新境界的物理學

譯者：	程	惠	波
校訂者：	趙	國	華
	蘇	鴻	烈

正中書局印行

究必印翻



有所權版

中華民國六十二年三月臺初版
中華民國六十六年七月臺二版

現代科學
譯叢

新境界的物理學

全一冊 基本定價二元六角五分

(外埠酌加運費滙費)

譯者	程惠	波
校訂者	趙國	華
發行人	蘇鴻	烈
發行印刷	黎元	譽
	正中書局	

臺灣臺北市衡陽路二十號

海外總經銷 集成圖書公司

(香港九龍油蔴地北海街七號)

海風書店

(日本東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地)

新聞局出版事業登記證 局版臺業字第〇一九九號(6594)化
(500)

目 錄

Frontiers of Physics

第一章 特殊相對論.....	1
1-1 以太的自相矛盾.....	1
1-2 以太風?.....	3
1-3 相對性力學.....	11
1-4 時空變換.....	20
1-5 湯普金先生.....	25
1-6 時間與太空旅客.....	30
1-7 質能變換.....	31
1-8 運動物體的外貌.....	32
問 題.....	36
第二章 一般相對論.....	41
2-1 加速與重力.....	41

2 新境界物理學

2-2	光線在重力作用下的彎曲	44
2-3	一般相對論的其他結果	47
2-4	重力與空間曲率	49
2-5	彎曲的時-空連續區	53

第三章 物質的分子性質 57

3-1	分子假說	57
3-2	布朗運動	60
3-3	分子束	65
3-4	氣體動力論	70
3-5	表面張力與表面能量	76
3-6	蒸發	78
3-7	單分子層	79
3-8	擴散	81
	問題	84

第四章 物質的電性 89

4-1	陽離子與陰離子	89
4-2	法拉第定律	92
4-3	電荷通過氣體所引起的現象	100
4-4	電子的電荷與質量之比	103
4-5	電子的電荷與質量	106
4-6	湯姆生的原子模型	108

4-7	羅塞福的原子模型	110
4-8	固體內電的傳導	113
4-9	半導體	115
4-10	熱離子發射	117
4-11	晶體整流器	118
4-12	電晶體	120
4-13	太陽電池及放射性電池	121
	問 題	122
第五章 能量子		127
5-1	熱體的發光	127
5-2	紅外線輻射與紫外線輻射	129
5-3	紫外線的禍害	130
5-4	能量子的誕生	132
5-5	光電效應之謎	135
5-6	康普登效應	141
	問 題	144
第六章 波耳的原子模型		147
6-1	波耳的軌道	147
6-2	輻射與能階	155
6-3	波耳理論的成就與極限	157
	問 題	160

4 新境界物理學

第七章 原子的結構	163
7-1 量子數	163
7-2 電子層與週期系統	167
7-3 週期表	170
7-4 化學價與化學鍵	173
7-5 多電子原子之光譜	174
7-6 雷 射	175
7-7 連續光譜	178
7-8 X射線光譜	180
問 題	182
第八章 質點的波動性	185
8-1 德布羅意波	185
8-2 測不準原理	194
8-3 概率波	197
問 題	198
第九章 放射性與原子核	203
9-1 放射性的發現	203
9-2 原子核的性質	205
9-3 康那爾射線與同位素	207
9-4 α 射線、 β 射線與 γ 射線	210
9-5 放射性元素之系列	213

9-6	衰變能	216
9-7	半衰期	217
9-8	鈾—鉛的紀年	219
9-9	碳的紀年	220
9-10	氡的紀年	223
	問 題	225
第十章 人工核蛻變		231
10-1	原子核的分裂	231
10-2	核蛻變的照相	232
10-3	氣泡室	236
10-4	第一座質點加速器	236
10-5	范德格拉夫靜電發動機	239
10-6	迴旋加速器	241
10-7	其他的質點加速器	244
	問 題	245
第十一章 原子核的構造		249
11-1	核粒子	249
11-2	原子核的模型	250
11-3	質量虧損與核結合能	254
11-4	質量虧損與核反應	257
11-5	熔合與分裂	258

6 新境界物理學

11-6	原子核間的位能屏障	260
11-7	隧道效應	261
11-8	α 衰變與核轟擊	264
	問 題	266
第十二章	大型核反應	269
12-1	核分裂的發現	269
12-2	分裂中子	273
12-3	鈾-235 之可分裂性	273
12-4	費爾米堆與鈾	275
12-5	臨界大小	279
12-6	核反應爐	280
12-7	分裂彈	283
12-8	熔合反應爐	284
	問 題	288
第十三章	神祕質點	291
13-1	正子—反電子	291
13-2	電子對之產生與毀滅	294
13-3	反質子與反中子	295
13-4	難以捉摸的微中子	298
13-5	交換力與介子	300
13-6	愈來愈多的質點	305
	問 題	309

第一章

特殊相對論

(The Special Theory of Relativity)

1-1 以太的自相矛盾

當光的波動性質被肯定地證實以後，物理學家對他們假定傳光的介質以太（Ether）發生了極大的困擾。的確，自從光的偏極化（polarization）現象被發現以後，科學家把光當作橫波來處理，他們不得不認為以太就像某種透明的固態物質，對側向應變顯得有阻力作用。然而假如整個宇宙空間都充滿了此種假想的傳光物質，則天體——尤其是我們的地球——在空間的運動何以毫不受阻呢？

要避免這一明顯的矛盾所需尋求的假定是：假設以太具有與塑膠質相類似的性質，若受到強力的作用，而作用的時間又很短，則以太呈現固體性質，若受到的力輕微而持久（如液體本身的重力），則呈現液體性質。光波在以太中傳播時，在傳

2 新境界物理學

遞光波處的以太中，力的方向每秒改變 10^{18} 次，以太應該顯露彈性固體的種種性質；但在行星周圍的以太，因行星旋轉的週期以年計算，它的流動應該像理想流體。對於傳光介質的這種非尋常性質的解釋，事實證明是毫無用途的空話，因為我們無法利用這些解釋導出有關波動的力學理論。當光的電磁理論使科學家們考慮電場與磁場就好像以太世界中的應力與應變時，困難又來了。的確，這種介質被假定對於長時間的作用力具有完全流體的性質，那麼在帶電導體的靜電場與永久磁鐵周圍的磁場又如何能歸之於其彈性應變呢？

在有關以太世界力學性質的問題中所堆集的矛盾，宣佈了古典物理學的結束，形成了不尋常且初看起來非常奇怪的新觀念，而開啓了近代物理學的新紀元。這也是物理學家們第一次真正遇到不能以普通物質如固體、液體、氣體等的已知性質來描繪的東西。不管它究竟是什麼東西，但何以對電場與磁場而言却具有普通物質的性質呢？事實上，我們知道所有一般物質的已知性質如彈性、流動性、壓縮性等，都是由於物質原子間的電與磁的相互作用所致。尤其固體的彈性如對彎曲或切力抵抗，可以由其原子結構的數學性質推演出來，金剛石的堅硬、石墨的柔軟，只是由於在這兩種物質中碳原子之排列不同而已。除了對原子結構外，對以太而言，沒有理由希望它具有一般固體的性質。事實上假定這種完全透明的介質之存在，正如歸之於任何一種必要的宇宙性質，假定這些性質能導致有關光的傳播及電磁等一般現象的正確解釋。

1-2 以太風？

十九世紀末期曾經對以太的假說作了嚴密的考驗，其結果完全改變了我們對於光波的本性及電磁場等的基本觀念。

如果真的有被以太充滿的宇宙空間，而光波在這樣的以太中傳播的話，那末，我們應該可以從觀察光的運動在速度上所受的影響而量出我們在以太空間的運動。事實上，因為地球在軌道上的運動速率為30千米/秒，我們應該可以感覺到與我們的運動相反方向的、非常類似於騎著摩托車作高速運動的人所感覺到吹向他臉上的強風一樣的“以太風”之存在。光波沿以太風方向傳播時應該較快，而沿相反方向傳播時則較慢。

1887年，美國物理學家米契爾遜（A. A. Michelson 1852~1931）做了一個實驗，希望能顯示出在地球表面量度光速所受地球運動的影響。米氏發現“比較兩個互相垂直方向之光速”要比“量度兩個相反方向之光速”方便得多；為要瞭解米氏的原理，讓我們來考慮在距離約500千米的聖路易與孟非斯之間，密西西比河上的一艘汽船，因為水流的作用，當汽船順流航行時必比其逆流航行時為快，是否順流所節省的時間恰好等於逆流所多耗之時間呢？若以船速（在靜水中）50千米時、流速5千米/時為例，則汽船逆流航行及順流航行對河岸之速度各為45及55千米/時，其往返一趟之時間為：

$$\frac{500}{45} + \frac{500}{55} = 11.11 + 9.09 = 20.20 \text{ 小時}$$

4 新境界物理學

此值比在靜水中往返一次之時間要多出百分之一，當流速愈接近船速時，其往返之時間愈長；當流速等於船速時，則永遠無法返回原地。

現在讓我們來分析渡船從一岸 A 點橫過河面航行至正對岸 C 點的問題（圖 1-1），很明顯的船頭必須偏向上游以抵消水的推力，故當船橫過水面上一段距離 AB 時，其被水推下的

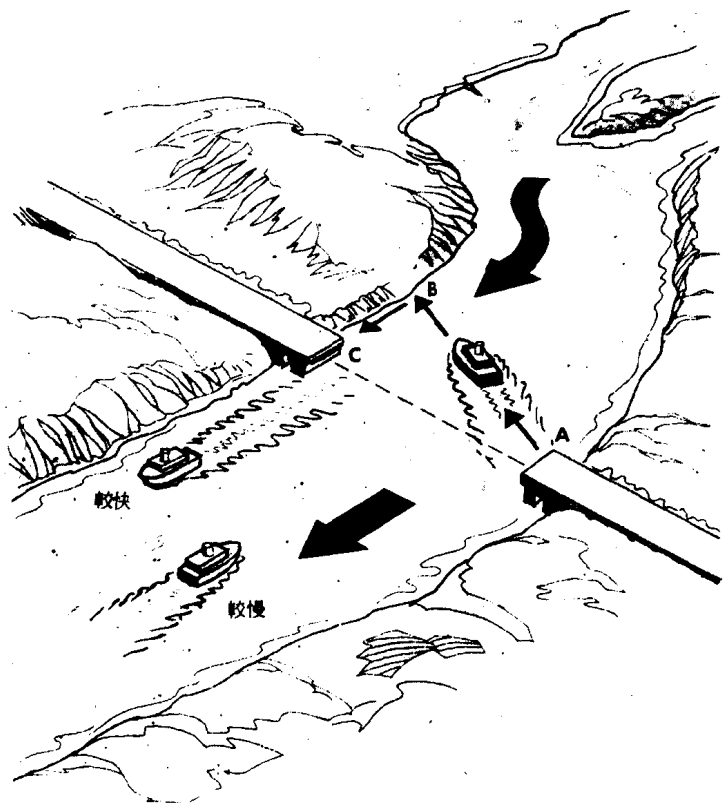


圖 1 - 1 如何使船垂直渡過流動的河面。

距離爲 BC ，由畢氏定理：

$$(AB)^2 = (BC)^2 + (AC)^2$$

顯然， $\frac{BC}{AB}$ 等於流速 v_R 與船速 v_B 之比值，且因爲

$$BC = \frac{BC \times AB}{AB} = AB \times \frac{BC}{AB}$$

故得
$$BC = AB \times \frac{v_R}{v_B}$$

而上面之畢氏方程式變爲

$$(AB)^2 = (AB)^2 \times \frac{v_R^2}{v_B^2} + (AC)^2$$

$$(AB)^2 \left[1 - \left(\frac{v_R}{v_B} \right)^2 \right] = (AC)^2$$

因爲我們曾假定流速與船速之比值爲 $1/10$ ，故

$$AB = \frac{AC}{\sqrt{1-0.01}} = 1.005 AC$$

因爲從 C 點回航也需同樣多走百分之 0.5 的路程，故橫渡河面往返一趟比在靜水中往返一次必須多耗百分之 0.5 的時間。於此我們發現橫渡河面往返一趟多需多耗之時間（0.5%）僅需向上下游往返一趟所需多耗時間（1%）的一半。

若將以太風代替流水，光波代替船，便可獲得米契爾遜實驗的原理。如圖 1-2 所示，從光源 S 發出的光線射至塗有半透明銀層之玻璃板 P ，其一半光線由 P 板反射至平面 M_1 ，另一

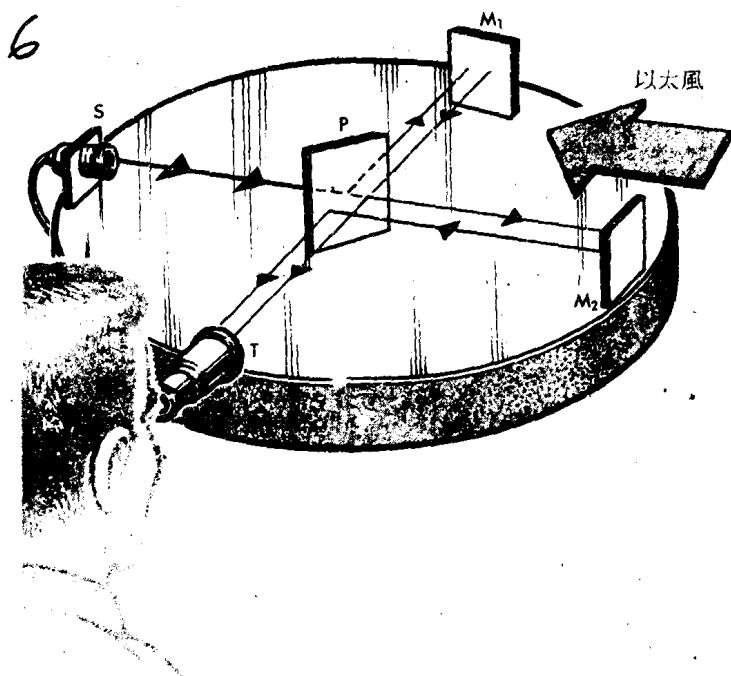


圖1-2 量度因地球的運動而造成的“以太風速率”的米契爾遜儀器。

儀器架安置在大石盤上，儀器則浮置於水銀面上，為避免轉動時受到扭曲與振動。

半光線則透過 P 射至平面鏡 M_2 ，由二平面鏡反射之光線將再回到 P ，第一條光線之一半將透過 P ，第二條光線之一半將由 P 反射至望遠鏡 T ，因二者之強度相同，故從望遠鏡中看去時，應生成清晰而固定之干涉圖案。

然而當有以太風存在時，情況應該不是如此。當儀器擺設使得 PM_2 與以太風之方向相重或與其在水平面上之射影相重時，

光波之往返與向上下游往返之船相似；而沿 PM_1 之光線則與橫渡河面往返之船相似，故此兩條光線將不會同時到達望遠鏡，而此一時間上之差距將使干涉圖案發生變位。因為地球之軌道速度（30 千米/秒）與光速（300,000 千米/秒）之比值甚小於前面所舉的航行例子中速度之比值。用同樣的方法計算，我們可以發現兩條光線到達望遠鏡之時差僅為全程時間的 10^{-8} 分之 5（ 5×10^{-8} ）。

實際上米契爾遜的儀器比圖 1—2 的情形要複雜一點，用輔助鏡子使光線在 P 與 M_1 之間及 P 與 M_2 之間反射幾次，使其全程達到 20 米，故每條光線的全部行程時間為

$$\frac{d}{v} = \frac{2 \times 10^8}{3 \times 10^{10}} = 0.7 \times 10^{-7} = 7 \times 10^{-8} \text{ 秒}$$

因此，米氏（與其共同工作者莫來 E. W. Morley）能夠期望一條光線比另一條光線落後之時間達到 $7 \times 10^{-8} \times 5 \times 10^{-8} = 35 \times 10^{-17}$ 秒。雖然就日常生活的觀點來看，這是微不足道的，但就光波的觀點來看這却是一段相當長的時間了。的確，在這段時間內，光能走 $35 \times 10^{-17} \times 3 \times 10^{10} = 10^{-6}$ 厘米，此值約為可見光波長的百分之二十。

將儀器之方向轉 90° ，使 M_1 與 M_2 之位置對調，我們可以預期在相反的方向上，時間有同樣的落差；如此，在第一種情形與第二種情形之間在光程上所發生之全落差應為波長的百分之四十，而在望遠鏡中所看到的干涉圖案，很容易察覺到有顯著的變位。

8 新境界物理學

然而，令整個科學世界（至少在物理學天文世界）驚奇的是，米氏完全看不到有任何變位。這究竟是甚麼原因呢？有些科學家認為可能是由於受到地球的牽制作用而使靠近地面的以太風之速度大大地減低所致。英國物理學家非左拉（G. F. Fitzgerald 1851—1901）想要解釋米氏實驗所得否定的結果。假定所有在以太中運動的實質物體，在其運動方向上發生收縮的現象。繼非左拉之後，羅倫茲（H. A. Lorentz）解釋收縮現象係由於物體在以太中運動時，物質中的原子之電力與磁力發生改變所致。非左拉—羅倫茲收縮效應改變了米契爾遜實驗的圓盤形狀，使其變成橢圓形。短軸在地球的運動方向上。這將使沿“上下游”方向往返的光線所經之時間減少，而使其與垂直以太風方向的光線能同時到達望遠鏡。另外想解釋米—莫實驗失敗的企圖，是想從儀器與以太海之間的相對運動找出關係來，但都沒有成功。

米氏探索地球在以太中之運動的失敗與同時代的科學家無法導出這個假想介質的機械性質之物理理論，是出於同一個根源。這是由於在理論上還是認為以太的性質像普通的物質，如彈性、壓縮性等，因為如此，我們還是必須假定以太是由次原子（subatoms）所組成的某種粒狀結構。另一方面，假如我們認為以太是絕對均勻的東西，沒有任何內在結構，那末，從邏輯上來看，我們絕不可能說出以太是在運動或者物體是在以太中運動。事實上，我們察覺到一個圓盤在轉動，是因為觀察到其表面上的小記號如裂痕、小孔等的運動。如果圓盤的表面