

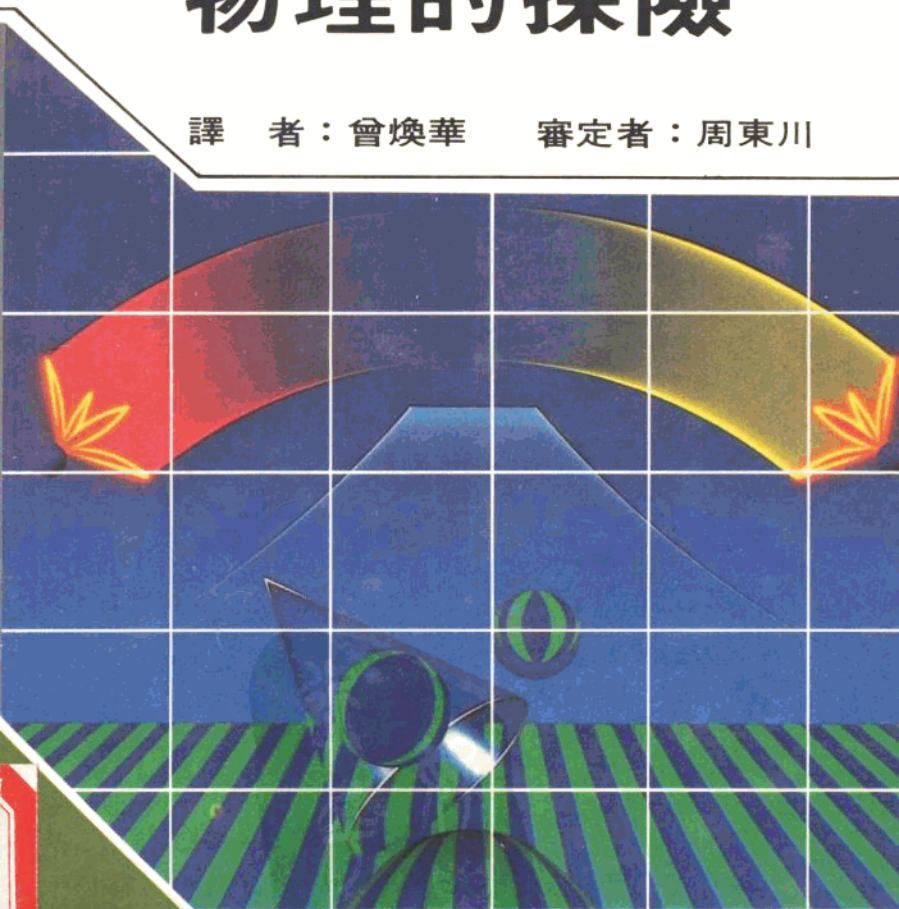
新世紀叢書

從光學到相對論

物理的探險

譯 者：曾煥華

審定者：周東川



銀禾文化事業有限公司



新世紀

076
新世紀叢書

物理的探險

銀禾文化事業公司印行



076
新世紀叢書

物理的探險

主 編：新世紀編輯小組

審定者：周東川

譯 者：曾煥華

出版者：銀禾文化事業有限公司

發行人：陳俊安

地 址：台北市和平東路2段96巷
3-1號

電 話：7335575・7335576

郵 撥：0736622-3

定 價：新台幣100元

新聞局登記證局版台業字第3292號

1987年4月初版

■版權所有・不准翻印■

前 言

物理最大的魅力爲，探求未知的自然時所產生的刺激及興奮。這與對南極或太空的探險是一樣的。本書重視了使用物理方法探討自然的樂趣。我盼望各位讀者都成爲物理的探險家。物理的探險家，並不需要資金或大規模的裝備。只要有自己思考的態度即夠了。

在對於太空等的探險，若不小心犯了錯誤即有生命的危險，但是，在物理的探險上即使犯錯也不必擔心什麼。寧可說，犯錯反而是重要的事。物理學發展的歷史，被稱爲錯誤累積的歷史。不怕錯誤寧可去享受，這就是物理探險家應有的第二個態度。

本書要擔任各位讀者從事探險的嚮導，我設法使讀完了此本書之後可以概略理解物理學主要的分野。在擔任嚮導時，留意了下列一段話：「我不相信任何有關於『物理學』的難解理論會難到無法對外行人做任何說明的程度。我覺得，如果有了此種理論則它至少不屬於物理。」（壽田寅彥散文集第2卷，相對性原理測面觀，岩波文庫）

無法對外行人說明的不能稱爲物理，這種說法對於

專門研究物理的人來說是很嚴苛的說法。

此本入門書依據下列構想撰寫，以便專門或外行的人都能多少有裨益。

(一)不使本書變成讀了之後覺得好像懂了但充分思考之後覺得仍然不懂的書。希望能使讀者真正把握對於物理的想法。

(二)設法使讀者自然地理解擬訂假設、經過討論、藉實驗確認的物理方法。

(三)把焦點對在物理的各部門的最中心部份（例如在電磁學為關於場的觀念），詳細的說明之。

(四)出現術語即予解說。又，盡量減少零碎的知識或難懂的措詞。

(五)在人類爲了理解自然而奮鬥的科學史中，隱藏了許多用於理解物理的關鍵。在本書中盡量使它們發生效用。（因此再組成科學史）

是否能充分實現了以上的構想，這當然有待各位讀者判斷。敬請不吝批評及指教。

本書的出版承蒙許多先生的協助。尤其感謝原島鮮先生（前東京女子大學校長）、笠耐・石川德治先生（上智大學）、矢野淳滋先生（高松高中）、土屋裕先生、東京物理同好會（代表人西岡佑治先生）、物理教育研究會（代表人笠耐先生）。

又，承蒙我的同事們平日提供許多坦率的意見。超越專門而自由討論的我服務機關的氣氛，我覺得這很寶貴。我覺得尤其應該感謝的是，各位在校生及畢業生經常以新鮮的眼光指出了我所做說明的優點及缺點。謝謝！

福島 肇

1985 年 4 月

目 錄

前 言	I
第一章 追求光的真面目	1
第二章 太空與運動	27
第三章 探討熱的本性	65
第四章 空間的主人公—— 電磁場是什麼？	103
第五章 可能的世界——量子力學入門	143
第六章 當然的世界——特殊相對論入門	179

第一章 追求光的真面目

尺蠖是否爲波？

尺蠖前進的方式很富於幽默感。另一方面，蛇的動作雖然令人害怕，但彎曲着身體前進一點則與尺蠖相同。那麼，尺蠖或蛇前進的方式是否與水波前進的方式相同呢？

在此不妨想想芭蕉（譯註：日本古代著名的詩人）的名句：「青蛙跳入古池的水旁」所描寫的情景。當青蛙跳入安靜的水池後，在水面擴大漂亮的圓狀波紋。浮在水池的樹葉，可能會微微地搖動。但是，樹葉只在同一個地方搖動，決不可能與波紋一起移動。在此可見波之動作的特徵。雖然波的外形會移動，但把波傳遞的物質（媒質）則決不移動。相對的，像被投擲的球之類的「粒子」，則當然本身會移動。

波動與粒子運動的情形是如此的完全不同。不，或許有人會反駁說，如果觀察海岸的波，則它的確擁向岸邊嘛！但是，若仔細想一想，則海岸的波雖在海水的上層會擁過來，但在下層卻會退走。海的波雖然在離岸較

2 物理的探險

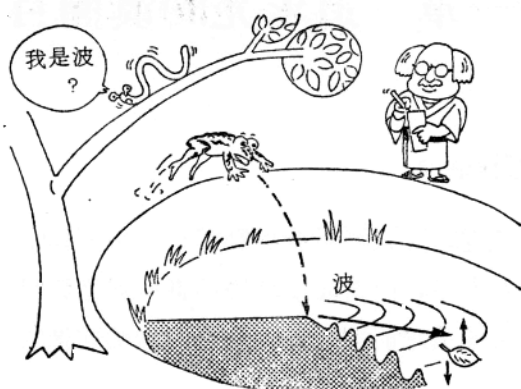


圖 1-1 雖然波會前進，但樹葉卻只在同一地方振動。

遠的海上是水依圓形移動的波，但在靠近海岸的淺處則此圓會潰滅。那麼，尺蠖或蛇的動作如何呢？由於是身體本身在移動，故知它不屬於波。

波動及粒子——我們確認了這兩個完全不同的運動之後，再來探討光的真面目。

光為何會彎曲？

雷射光令看它的人一直不厭倦。讓雷射光在黑暗的房間內走。雷射光會不擴大而一直前進，在牆壁上變成小的點出現。通常看不見中途的光綫。如果在空氣中有

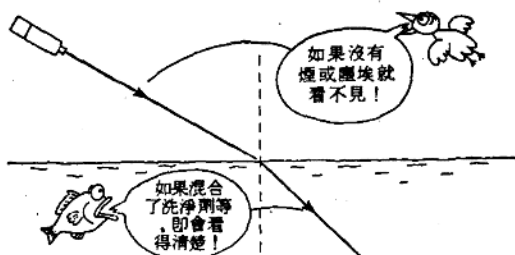


圖 1-2 光為何在水面屈折？

微細的塵埃或煙，即看見尖銳的光綫。

有一天，有二位朋友來我的實驗室玩。由於他們都表示有興趣，我讓他們看雷射。如果讓雷射碰到水面，則屈折的情形一目瞭然。有一位朋友看了之後，突然提出了下面的疑問。

「為什麼光會在水面彎曲呢？」

「你怎麼問這個理由？它既然要彎曲，還要什麼理由嗎？」

「你就是因為抱這種態度，才沒有把物理學好。」

「你還不是沒有什麼成就？那麼，你就說明理由罷！」

「你突然這麼說，的確令人傷腦筋……。物是在力發生時彎曲，故可能是在光的粒子發生了向下作用的力

4 物理的探險

罷！」

「那麼，你是認為光是粒子嗎？我記得有一本書說光是波。」

「因為書本上這樣寫就立即相信，這未免太盲目了。」

這二個人似乎是分別屬於粒子派與波動派。只憑議論無法決定到底那一方正確。不過，抱着「光為何會在水面彎曲？」這個疑問，這就是物理學的出發點。那麼，到底為什麼彎曲呢？

關於光的真面目，自古即有認為它是非常小之粒子的「粒子說」，及認為它是在空間傳遞之某種波動的「波動說」。讀者到底相信那一個學說呢？或許有人會說：「不，這二個學說都不對。我要主張其他的學說。」不管相信那一種學說都沒有關係。請你決定自己相信的唯一說法。

這些學說，到目前為止僅屬於假設而已。到底那一種學說正確？又，應該如何決定呢？以下就光的各種現象來探討。

一直前進的光

不僅是雷射光，所有的光都一直前進。無論在空氣中或在玻璃中，光都一直前進。無論光的粒子說或波動



圖 1-3 波會與波峯的線垂直前進

說，都有必要說明光一直前進的現象。

首先在粒子說應該怎麼說明？這是簡單的事。像球之類的粒子，若不受來自外部的力即會一直前進。這點可從慣性第二定律（第 2 章）理解。如果有人問？「不會因受重力的影響而彎曲嗎？」，即可以回答：「如果認為光的粒子非常小、輕，即不會有問題。」

那麼，在波動說應該怎麼樣說明光一直前進的現象？現在來想起水面的波。擁向海岸而來的波，依與海岸綫垂直的方向一直前進過來。如果想更切實的調查，即不妨把水放在水槽內，用板片顯出平行的波。如此即會知道，水波的確在一直前進。因為直進性是波的基本性

6 物理的探險

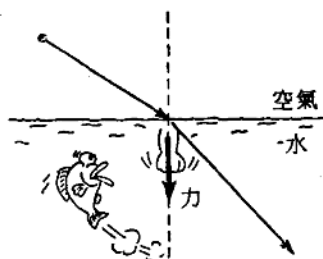


圖 1-4 光在水面向下受力而屈折（粒子說）

質，故可以想到光波當然也會一直前進。

如此在此兩說都可以說明光直進的現象。在此，對於那一種學說正確，則難以有優劣之分。

屈折的光

現在來考慮屈折這個最初提出討論的問題。

在粒子說上，要怎樣說明屈折呢？粒子是在受力時彎曲，因此不妨認為光的粒子在水面受到向下的力。

「等一下。為什麼會發生向下的力？」

對於這個質問應該怎麼回答？雖然稍微困難，但可以這樣回答罷！

「我想是因為在境界面附近，空氣的分子拉光粒子的力大於水的分子拉光粒子的力。」

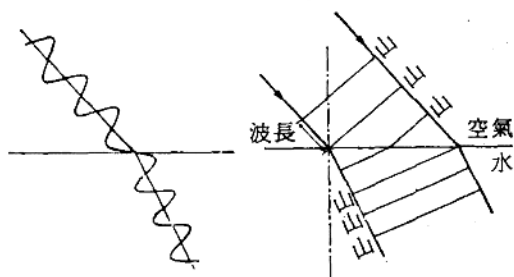


圖 1-5 光的波長在水中縮短而屈折
(波動說)

「真的如此嗎？這只是假定嘛！」

「的確是一種假定……。但我想暫且得以說明了光屈折的理由。」

那麼，在波動說上是如何說明？波屈折的情形如圖 1.5 所示。從圖可以知道，在光從空氣進入水的地方，波的峯與峯之間的間隔（波長）縮短。波長縮短這一點，表示不妨認為在從空氣進入水中的光的速度減低。

「這樣的確可以了解屈折的道理，但光速為何在水中減低呢？」

這次可能粒子說會提出反駁。

「嗯！這也只好當做假定罷！」

這兩個學說都如此藉添加一個假定而得以說明屈折

。在此也似乎不易有優劣之分，實際上究竟如何呢？

反射的光

其次是反射的問題，當光在鏡子反射時，入射角與反射角相等。要怎樣說明此反射律呢？

在粒子說上，也可以簡單地說明這個道理。當彈回完全的球碰到堅硬的牆彈回時，入射角與反射角必然相等。這現象叫做「彈性碰撞」，我們不妨認為光的粒子在鏡子面會做彈性碰撞。

那麼，在波動說又如何說明呢？這也要就水波來調查。使用水槽，讓平行的水波碰到水槽的壁。水波會反射如圖 1.7 所示。入射角與反射角似乎的確相等。若確實的說明它，即會如何呢？如果先畫沒有鏡子時光波前

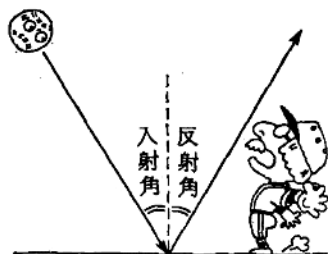


圖 1-6 若球與壁面做彈性碰撞，即入射角 = 反射角（粒子說）。

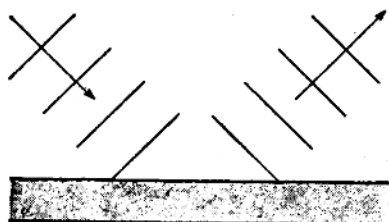


圖 1-7 水面波的反射

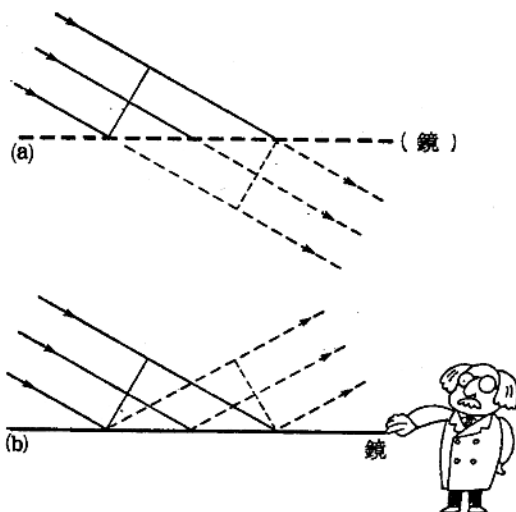


圖 1-8 (a)若沒有鏡子，則光會前進如虛線所示。
(b)若把虛線反轉，即可求反射波。

進的方式，即如圖 1-8 的虛線所示。但若有鏡子，即因此波會反射，故以鏡面為中心把此虛線所示的波翻在上面。這就是反射波。如此即知，反射角等於入射角。

結果知道，在粒子說及波動說都能說明光的直進、屈折以及反射。到底會不會有兩種學說都正確這回事呢？

現在讓粒子派及波動派的代表稍微討論一下。

粒子派：「波動派的想法嫌麻煩了一點。粒子說較明快而好的多。」

波動派：「那麼我問你。當二條光線相交時，會仍然擦肩而過罷！波這種東西都是擦肩而過的，例如音波不是在如此彼此交談時也擦肩而過嘛！如果是粒子，則它必然會回彈。」

粒子派：「那是因為光的粒子非常小才幾乎都不回彈。況且，音波與光是完全不同的。音波雖在空氣中會傳遞，但在真空中則不會傳遞。波這種東西必定在某種物質中傳遞。需要空氣或水。當光在真空中傳遞時，到底在什麼東西裡面傳遞？在真空中不是什麼東西都沒有嗎？如果光是粒子，則它在真空中也仍然前進。」

波動派：「雖然這點不大清楚……。或許在真空中有未被發現的極薄物質存在。」

粒子派：「怎麼可以假定此種無法確定存在與否的物質呢！」