

須重新估價統計物理中的傳統觀念呢？特別是熵（entropy）的觀念。幸虧這個問題很容易回答，熵是屬於平衡統計物理學的觀念，而在平衡狀態中根本沒有時間逆轉的問題。因之時間逆轉不變性的破壞，雖然允許基本粒子弱作用在「過去」與「將來」不同，但是這種區分與我們日常意識中的過去與將來並無聯繫。後者純粹是統計現象中熵的增大。

在論及基本粒子強作用顯示對稱性而弱作用顯示非對稱性時，人們不禁要問是否有一比較統一的圖案可以預見？我們可以楊振寧的一席話來作結：「……從對稱性考慮在物理學中成功的完美邏輯推理與堅強的實驗結果看來，人們有權相信物理學中一個比較統一的圖案出現時，將引起整個物理事業的轉變。如果現在還沒有人構想過這樣一個圖案，

本篇乃為補述林杉勇先生於57年2月16日的演講，「李政道、楊振寧與對稱性」而作。文成之後，承林杉勇先生在百忙中過目修正，多所指導，特在此誌謝。

加速器發展與 原子核物理研究

•張維昆筆記•

近二十年來物理學發展極為迅速，尤其是原子核物理和基本粒子物理，世界各地有無數的物理學家都在努力從事着這方面理論和實驗的研究。理論如果沒有實驗的證實是不可靠的，實驗如果沒有理論的說明是空洞的，唯有理論和實驗互相印證，才促成了今日物理學的迅速進步。

在理論方面，當物理學家不能從基本原理（如不滅定律或守恆律）導出一個適當的說明以解釋某些物理現象時，他們通常尋找某些已瞭解的物理現象，藉從已知的瞭解導出一個模型（Model），以說明未知的。物理學家波爾（Bohr）根據這個原則導出他的原子構造模型。至今我們對於核力知道還不够完全，我們不能從基本原理導出一個完全能夠說明原子核構造的學說，因此，我們必須藉模型以說明原子核構造。數十年來，實驗方面已累積了許多有關原子核構造的資料，面對着這些複雜的資料，理論物理學家實在難以着手，但是他們根據上述的

那並不是物理學家們還沒有去嘗試，而是自然還不會充分地揭露她自己而已。」

參考書目：

1. Physics Review: 1956, (104)
C. T. Lee & C. N. Yang: Question on parity conservation in weak interaction.
2. C. N. Yang: Elementary Particles, A Short History of Some Discoveries in Atomic Physics.
3. 丘宏義: Fundamental Physics.

林杉勇先生，28歲，1967級校友，以第一名優異成績畢業，現留校服務。

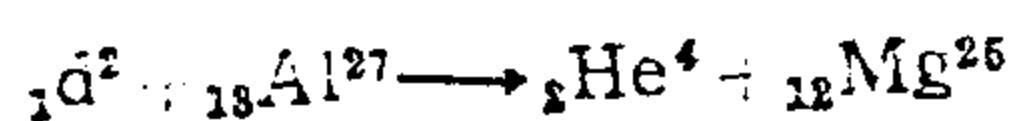
林爾康博士於三月十五日
對物理系一、二、三年級同學講

原則，終能先後提出了許多有關原子核構造的模型，以說明實驗的結果。這些模型例如液滴型（Liquid drop model），費米氣體型（Fermi gas model）， α 粒子型（ α particle model），殼層型（Shell model），及集合型（Collective model）等，沒有一個是完美無疵的，每一個模型通常只可圓滿的解釋原子核一部分性質。在這些模型中以殼層型近於實際比較成功。殼層型與原子構造模型很相似，核中的核粒和原子中的電子一樣，佔有某些殼層。原子核內的殼層，分為質子殼層和中子殼層兩組，各不相干，再應用量子論處理模型中的諸問題。近數年來這方面的理論不斷的在繼續發展，以殼層型為出發點，加以修正和擴充之。由於高速計算機的問世和迅速發展，配合原子核物理理論的研究，過去許多無法尋求計算答案的複雜問題，如今都可能得到解決了，對於促使今日原子核物理的發展至為重要。

在實驗方面，由於歷年來實驗儀器的改良和技術的進步，今日實驗的工作可以做得非常精確，過去有些不能做的實驗，如今可以做到了。實驗原子核物理的進步，主要由於高能加速器 (Accelerator) 的建造成功和優良偵測器 (Detector) 的問世。近六、七年來固體偵測器 (Solid state detector) 和擴散鋰偵測器 (Li drift detector) 的出現，導致實驗原子核物理產生革命性的改革，使實驗物理學家們得到新的有效方法，以偵測原子核反應的產生物。今天我所談的重點在加速器方面。

實驗原子核物理，研究利用高能的粒子轟擊原子核，研究碰撞後產生物的能量變化、分佈情形及其他的性質等，來探測原子核構造，進而揭開核力的神秘。這些實驗是原子核反應。引導原子核反應的發生必需很高的能量，自然界並無適當巨大的天然能源，我們唯有利用人工的方法加速粒子，達到所需要的能量，用來轟擊原子核，這一裝置就是加速器。因為增加粒子的速度，相當於增加其能量，所以加速器即是加能器。如欲使一粒子加速，我們必須施強力作用於此粒子。供給此種力的來源最普遍為電場 (Electric field)，因為荷電的粒子在電場中運動，即受到電場力的作用。幾乎所有加速器都是利用這種方法來加速粒子的，再以磁場來彎曲或會聚 (Focus) 粒子的路徑，使其最後從加速器引導出來時，具有相當高的能量。通常加速荷電的粒子有電子，質子，重氫子 (Deuteron)，和阿伐粒子等。

例如：我們用加速的重氫子轟擊鋁原子核時，則產生原子核反應，其產生物可能是阿伐粒子和鎂原子核：



我們以偵測器偵測阿伐粒子，搜集反應後此粒子的資料，就可探知鋁和鎂原子核的構造了。因此原子核物理的研究和加速器的發展是分不開的。

加速器的發展大約始於1929年，至今約四十年，已發展許多種類的加速器，包括柯氏加速器 (Cockcroft-Walton accelerator)，范氏加速器 (Van de Graaff accelerator)，迴旋加速器 (Cyclotron)，電子加速器 (Betatron) 直線式加速器 (Linear accelerator) 串列式范氏加速器 (Tandem accelerator) 和同步加速器 (Synchr-

otron) 等。在1930年建造成功的加速器，可加速質子達三十萬電子伏特能量。現將以上各種加速器的原理，簡單說明如下：

(一) 柯氏加速器：以直流高電壓加於加速管兩端，使帶電荷，粒子受電場的作用而加速，所增加的能量，等於加速管兩端的電壓乘以粒子的電荷。此加速粒子的最大能量，約為一百萬電子伏特，因受高電壓的限制，能量無法再加大。

(二) 范氏加速器：同柯氏加速器一樣，利用直流高電壓加於加速器兩端以加速帶電荷粒子，但此高電壓是由靜電感應產生的，然後均勻分佈於一金屬大圓球的表面上。此球不斷的充電，保持有很高的電壓。因球面可隨意充滿正電荷或負電荷，故此加速器可加速帶正電荷和負電荷的粒子。本校有一個三百萬電子伏特范氏加速器。

(三) 串列范氏加速器：以上二種加速器都是一次加速的，能量受高電壓限制，無法增加很高。串列范氏加速器相當於二個范氏加速器串聯一起，粒子可經二次加速，所得到的能量比單一范氏加速器增大一倍。

(四) 迴旋加速器：以上三種加速器都是以直流電場來加速粒子的，粒子在加速管的兩電極間作直線運動。迴旋加速器利用交流電場來加速粒子，又以磁場來彎曲粒子運動路徑。因帶電粒子在一強電磁鐵的磁場作用下，作圓周運動，粒子可經過一固定高電壓兩端許多次，不斷的加速，最後可得到很大的能量。此加速器可加速質子最大的能量約達三千萬電子伏特。

(五) 直線加速器：此加速器也是多次加速的。利用許多電極並排在一直線上，荷電粒子經過每一對電極即得加速一次。粒子在加速管內依直線的路線，經過許多對的電極後，即得很高的能量。此加速器用相當多的電極，加速管長度常在一百呎以上。

(六) 電子加速器：以上數種加速器都是利用電場來加速粒子的，電子加速器乃以磁場來加速電子的，應用變磁場的作用可使電子的能量增高，其原理如同變壓器的作用一樣。當一磁場磁通是發生變化時，即在磁場垂直方向產生一作用力，若磁場不斷的升高，作用力不斷的增加，使電子不斷的加速。此加速器可使電子加速最大的能量約三位電子伏特。

(四)同步加速器：分電子同步加速器和質子同步加速器二種，合併回旋加速器和電子加速器的原理，以加速電子或質子，利用可變的交流電場和可變的磁場使電子或質子依圓周運時不斷的加速。通常粒子先經柯氏加速器或直線加速器，加速達數百萬電子伏特的能量，然後射入同步加速器中，最後可使粒子能量高達數百億電子伏特以上。此加速器為今日世界上可增加粒子能量最大的一種加速器。

自1930年後，加速器的發展極為迅速，由低能至高能，許多不同種類的加速器，被物理學家研究設計而建造成功，在第二次世界大戰期間，加速器的發展停頓了一段時期，大戰結束後又迅速進行之。1946年一種可變共振速率的新回旋加速器（Synchrocyclotron）設計成功，建造在美國加州大學，可加速質子超過一億電子伏特，至1950年初，已有五部此種加速器在美國建造完成。其他在瑞士和蘇俄也完成這種高能加速器。當這些加速器開始運轉後，高能的實驗即開始進行，過去用低能加速器無法做的實驗，這時可以做了，其中重要的實驗，為有關 π 介子的實驗，證實 π 介子的存在，對於 π 介子和核粒子的交互作用，也漸漸趨近明朗化了。此外，上述高能加速器可供物理學家們研究有關弱作用的許多問題，例如 π 介子和 μ 介子的衰變等，這項實驗在美國哥倫比亞大學利用高能加速器做了許多。第一次發現微中子的實驗，也是在一高能加速器（瑞士CERN 600 Mev加速器）上完成的。

自1950年後至今十餘年來，由於更高能量的加速器大量問世，供應高達數百億電子伏特的質子能源，用以破壞原子核以探究物質的內秘，許多新的基本粒子被發現了。世界第一部可產生十億電子伏特（1 Bev）以上的質子加速器是美國布洛海文（Brookhaven）國家實驗室的同步加速器，於1952

運轉產生質子的能量達 2.3Bev 其他美國各地、英國、法國和蘇俄等也都建造完成同步加速器，能量高達 10Bev。這些高能加速器可供物理學家完成許多基本粒子的實驗工作。例如確定了反質子，反中子和許多奇異粒子的存在，對於基本粒子物理有莫大的貢獻。

利用同步加速器產生高能的質子，引導核反應，不但可供物理學家發現新粒子，還可研究許多基本粒子的性質和作用。今日新型同步加速器可產生質子能量高達30Bev以上，此種同步加速器稱為交磁同步加速器（Alternating gradient synchrotron）。美國布洛海文國家實驗有一部交磁同步加速器，其最大能量 33Bev，瑞士CERN有一部，其最大能量為30Bev。蘇俄去年完成一部70Bev加速器，美國已計劃建造 300Bev 加速器。因為許多基本粒子，唯有在此巨大能量的作用中才能產生，故近年來，美蘇二國不惜重資，競建巨大能量的加速器以供研究之用。

自加速器發明至今約四十年，加速的能量不斷的被提高，今日我們可得到的質子能量，較最初第一部加速器的能量已增大50,000倍以上。許多科學家耗費一生的時光，從事高能加速器的設計研究，其中三位科學家會因對加速器的卓越成就，贏得了世界最高學術榮譽獎——諾貝爾獎。高能加速器發展至今，確使許多原子核物理的問題獲得解決，但未得解決的問題還有許多。為了繼續探求對自然界物質的本質的瞭解，我們可以想像到高能加速器仍是最重要的工具，協助我們對原子核和基本粒子的研究。

林爾康博士，37歲，清華1960級校友，匹茲堡大學 ph. D. 主修原子核物理。

基本粒子觀念的演進

陳蔡鏡堂博士講稿

林留五仁筆記

今天晚上，我想給各位簡單的介紹一門二十年來突飛猛進的新物理，叫做基本粒子物理或叫做高能物理。

基本粒子物理所研究的對象是構成物質最小基本單位。這些基本單位我們叫做基本粒子，研究基本粒子的目的是假定我們了解這些粒子的性質，就