

由於物理各部門的進展，人類對大自然的了解以及能滿足其需要的技術水準都正面臨巨大的改變……
本文旨在描述這個變化

物理的新方向

刁國棟
頂立
77級



物理這一門學科包羅萬象，對於整個無生命的大自然，所作的研究和瞭解，構成了它的主體。然而窮極人類智慧，所能瞭解的不及千萬分之一，雖然僅是如此，然而由於世世代代的物理學家們努力耕耘這塊懷有瑰寶的園地，使得物理在它的各個部門裡，有著重大的發現，因而促使人類對週遭宇宙所作的瞭解和滿足自己需要的科學技術能力隨之日新月異地進展著。

然而目前在校，所學的都是基礎性的物理知識，常會使我們產生錯覺，以為物理不過是一堆定律和數學式子罷了，乾燥無味，無法欣賞到物理的整個構架，也很少有機會去知道最近物理的各個部門在作何發展，從而對物理的未來感到茫然。現願僅以此文向各位簡介一些現代物理各部門的新發展和未來可能的趨向。

在進入正文之前，願就本文所提各部門在物理上的結構稍加探討。我們知道物理的全部建立在時空上，研究時空性的即宇宙論或相對論性天文物理；在自然現象中物質占有極重要的地位，研究基本物質，其間之交互作用力及自然對稱性等問題的便是基本粒子物理；繼而探討由基本粒子合成物所形成複雜的原子核時，即構成了核子物理；在高溫下（宇宙中常有的特徵）核週圍的電子由於碰撞而剝落，由這些帶正電的核子與帶負電的電子雲而交互作用形成的混合物稱之為電漿，對這方面的研究即電漿物理；在低溫下（地球的特色）電子為核所捕獲而形成原子，再經由相互輪替的交互作用就形成了千變萬化的分子了，研究這個範疇的，即原子、分子物理；在更低溫的情形下，原子、分子會凝成液體、固體，對這些液體、固體加以研究就構成了流體物理，光學，聲學等等所有的古典物理了。在本文裡希望提出以上各部門引人入勝的新發展境界和具研究潛力的地方。

基本粒子物理

基本粒子——在1950-1960年代間，很多大型的加速器問世後，大量的基本粒子如雨後春筍般地

被發現了，這些正反成對的粒子總數超過了上百個，這些粒子可分為兩類輕子 (leptons) 和重子 (hadrons)。由弱相互作用而來的輕子包括光子，電子，和兩種不同的 ν_e, ν_μ 微中子。重子則由強相互作用而來，又可分成穩定和不穩定兩種，穩定的有25種，其它不穩定的，可以碎裂為穩定重子的組合。在電磁作用方面，最近丁粒子的發現更是熱門。

夸克假設——

由上面所述，可知所謂基本粒子何其之多啊！似乎失去了所謂“基本”的意義，因此物理學家們提出了一種最基本的夸克粒子假說來，達到所謂真正“基本”的意思。以群論作為嚮導將重子加以分族（其意義有如作元素週期表似的）介子（輕重子）成一族，重介子成一族，這種分族法，使我們先預備到了一種 Ω^- 穩定重子的存在與特性，並且與日後真發現到的 Ω^- 重子的實驗值，竟是符合的如此令人驚奇，並且我們也發覺這種方法，對其它穩定重子的預測，也是相當可信的。

這種至為基本的夸克假說，要能實際成功，必須看這些粒子究竟是否存在且要能被人發現才行。假使它們真的存在的話，則我們現有的物質觀念可能要被放棄，而夸克即成為一切物質的構成基體，存在於夸克之間的相互作用力也就成了最基本的力了！因此許多科學家們千方百計地去尋找這種粒子，甚至牡蠣和灰塵也被送進質譜儀去分析（夸克可能來自宇宙綫）然而迄今它們仍然是芳跡杳然！

自然力的合併——

在我們現已知道的自然力有四種：重力、電磁力、弱相互作用力，與強相互作用力。最近在粒子物理理論方面，有一個很具革命性的建議，認為自然界祇有二種基本力，試圖將現有的四種相互作用力加以合併，因此在探討弱相互作用和電磁相互作用之間關係的工作成為理論粒子物理相當熱門的一環，果真能達到合併的目的，這將成為人類瞭解宇宙過程中，一個新的里程碑。如今各國物理學家們都在努力著，希望能找到所謂最基本的母系力 (parents force)

自然界的對稱性——

這是我們物理觀念中最基本的東西。一條關於對稱性的基本定理 (CPT定理) 說：如果同時把

電荷變成負質，時間反轉，並把整個世界反映至鏡中去（宇稱性的作用），則我們對物理定律的描述將不變。

但是很不幸在中性 K 介子衰變中發現了微小的違反 CP 不變性，在承認 CPT 不變性的條件下，迫使 T 的對稱性無法成立（即 $C \times P$ 為負，而 $C \times P \times T$ 為正，必使 T 為負）然而在弱相互作用中直接找尋違反 T 不變性的事實，至今尚未有結果。這個問題似乎暗示我們在非常小的距離下，如今現有的時空觀念將會瓦解或是存在著一種比弱相互作用力還弱且時間流向上截然不同的超微相互作用力（注意這是對 T 不變性違背的要求下所使然）。這些問題在未來的歲月裡，將要付出相當大的努力或許能得到解決。

應用——在大加速器的建造與實驗的改進中，往往把技術推向更前端，而這些技術在其它方面有許多應用。譬如製造靶及探測器的超薄膜，技術幫助發展了人工腎臟。

原子核物理

精確度——新探測器、加速器與數據處理的發展，使得原子核方面的數據比以前準確了數十倍。

原子核的範圍——自然存在及製造出的穩定核已達一千六百，但這只是所有已知中的一小部份，今後可能人工作出數千個其它的同位置。

在新元素方面，質子數多達 105 及 107 的也分別在美國及蘇聯被製造出來，而理論預測 114、126 及 164 者可能是穩定核，它們將成為比鈾或鈾更佳的新能源，這不僅是物理的研究，它也逐漸成為一種國際性的競爭。

原子核模型——目前研究大體上對核的模型有了比較統一的想法，較低能量狀態的理論計算也比較成功。

希望用核子間作用力完全計算出原子核現象的努力，雖然有些小成就，但只能說它仍處於嬰兒期，這也是物理理論中一項重要的工作。

核分裂——

核分裂是個古老，重要，而又瞭解很少的一個核子反應現象。在原子核一旦被誘發分裂（如中子捕獲），含在數秒內完成分裂程序，如今利用殼層模型，似乎可以對它作通盤性的瞭解，而核分裂也早已成為尋找新能源的對象了。

重離子物理——

有了能量高的新加速器後，使我們可以把重於鈾的核子物種當成射束而進行所謂重離子碰撞的實驗，因此開闢了以重核子離子碰撞為主題的新核子動力學的門戶，而以它來研究所謂團簇型 (cluster)

和分子型、核子的新結構，並且重離子碰撞是製造超重鈾元素的唯一途徑，目前我們已經可以賦予重離子很大的角動量，使它可以自旋的比往昔要快十倍以上，如此可以研究它們在強大離心力與柯里歐里力的作用下的行為。並且研究重離子碰撞，可以提供新的試驗去驗證量子電動力學的基礎觀念，而這些研究者隨在萌芽階段，因此屬於重離子物理的領域是多麼地引人入勝啊！

高能核子物理——

在過去研究核子物理時，大都祇注意到核子的外圍，最近已使用到高能質子束，來對核子內部的核心，作探測與研究。然而在使用高能量的 π 介子束和 K 介子束來作研究工作的發展，尚在初期的階段。由不兼容原理看來，經高能加速器得來的 heavier baryons (重子) 是可以進占核子殼層軌道的，但不能完全占滿。如此可製出所謂超原子核 (hypernuclei)。

應用同位素——同位素的應用早以為人所知，但僅限於若干易製造者，近年由於技術的進步，在生物、醫學上已漸可隨器官的不同而選擇特殊的同位素。修改同位素 (Tailored isotopes) 的時代已經來臨。

原子、分子與電子物理

這原只是一門已過去的物理潮流，但由於雷射及原子分子束加速器的發展，近年來顯然又復活了起來。

原子及分子碰撞——能量在數個至數萬電子伏特的散射中，有複合構造的尖銳共振效應產生，這方面的研究將會利用到核子物理方面的技術。

實驗方面的進展配合高效率電子計算機的使用，已能研究單原子對單原子的碰撞及單分子對單分子的化學反應中詳細的過程。這是原子物理逐漸生長的方向。

離子束—薄膜光譜學——利用撞擊薄膜的方法可以去掉原子幾乎所有的電子而量到其離子態的轉移，這是最風行的題目之一，它在電漿物理方面應

用很大。

超精確研究——原子物理中的精確性早負盛名 (如原子鐘是時間的標準)，但最近已有人考慮以同一個分子中的轉移來定義長度與時間的標準，它的完成是指日可待。其它如電子顯微鏡的改進，在生物及材料方面影響甚大。

雷射——可謂雷射與X光雷射已有人製造。由非線性雷射技術作出的脈衝雷射光有甚大的功率及電場。一些較低能量的雷射在反應研究、全像術 (holograph)、散射、距離測量、環境及氣象研究……等方面都找到了應用，其它可能的發展與應用似乎仍未見止盡。

雷射已經在 spectroscopy 科學上作了革命性的進展，而且為我們打開了一個所謂 "nonlinear Optics" 的門戶，使得古老的光學面目為之一新。

雷射本來的成因非常簡單，且具有很好的特性，發展它的目的，在使它成為所有科學與技術上有效的工具。關於雷射方面的專文很多，在此不加贅述。所以提出來的目的，僅在提示各位，雷射是相當具有衝擊性與活躍性的一門課題，何況雷射的發展與應用正是如日中天呢？

電漿物理

電漿物理是研究尚未電中和而溫度極高的一種離子化氣體，既不屬於固態、液態也不屬於氣態一般叫做物質的第四態，過去二十年來推動電漿物理發展的主要目標，就是用其無盡藏廉價的燃料來產生巨大的核融合能，當反應核物種的密度與反應核互相接觸的時間的乘積到達 10^{14} 次方時，經由核溶和反應才能產生巨大的能量來維持電漿的存在，對於推動這個目標，目前正朝兩方面努力，一是低密度的電漿而其接觸的時間很長 (Magnetism Confinement) 二是高密度的電漿而很短時間的接觸。上述二種 case 其範圍為溫度由 40-100 萬 °K，壓力由 100-10 萬 lb Magnetic Confinement 最近幾年在實驗與理論上都有相當的成就，另一種方法是 inertial confinement。Confinement 此法必須依靠局能的雷射 (或高能的電子束) 此種局能雷射裝置被聚焦在一個固態重氫燃料冷凍圓球上，溫度在如此極短的時間被控制升到熱核狀況以致於在熱核反應發生前慣性阻止反應物的擴散。

Magnetic 和 inertial Confinement 目前希望無

窮，且一些實驗已經聲明可在 5-10 年內完成，在 Magnetic Confinement 的情形，電漿的不穩定性繼續限制了 lifetime（雖然大多數的不穩定性已經被克服了）在 inertial Confinement 的情形，目前的限制就是可利用的雷射或電子來的能量不夠，在兩種情況密度和時間的乘積和 10^{14} 的數量級差不多。

凝態物質物理

Condensed matter physics 是考慮物質在力、電磁、光、熱和交互作用的各種特性，這種物質範圍非常廣，從完美晶體，非晶固體，至流體。溫度和壓力的極限顯示這些物質的正常狀態有令人驚訝的不同的形式。

超導與超流性——

超導與超流性——在 1911 年超導體首先在極低溫度的隔絕實驗室中發現，1957 了解其中原理。如今已被發現為在能量傳遞通訊及其他工業科學上的一個最具潛力的巨人。超流動性則在把液體冷卻至極低溫度，此時液體的黏滯力為零，由於超導體的巨大潛在力，而其裝置費用很大，目前主要在研究，在較高溫下仍具有超導性的物質，目前最高溫度已經升高到 20°K 。另外利用超導性作出的 Josephson Junction 在超靈敏度量與快速資料儲存上都極有用。

固態元件——積體技術的成就，將使電晶體價格更為降低，這方面已無庸置言。

材料科學——利用加速離子在晶體中的墜道效應，可以了解固體中原子結合力情形，進而了解其強度、硬度等性質。而中子束的散射也是近年來研究固體振動模式與自從波傳播的主要方法。

材料製造——我們對固態的知識已達到了可以去製造所需性質的材料。譬如上述的離子束方法，可用來深植離子而製造新合金及更複雜的積體線路，它的優點是比化學方法精確，可見的未來，它將是工業上重大的更新。

資料儲存與處理——在一種鐵氧化物晶體薄膜中的磁泡 (magnetic bubbles) 可以達到體積小、高效率、低能量的要求，是作為記憶單位的理想物質。

積體光學的進展更可以成為資料傳遞與處理完全更新的技術，未來幾年內我們將可目睹固態與光學結合的成果。

光學

現代光學的範圍大體上是偏重光與物質的作用，包括全像術、直接光子計數、視覺生理、光導與光射及雷射現象。甚至一些古典光學的元件如積鏡、顯微鏡等也由於計算機、離子束等技術的應用而提高了製作的品質。他如光譜儀器減低雜光的技術也大為增進。

薄膜光學是發展快而重要性日增的一門學問，各種高效能濾光器已甚為平常，它可應用在太陽能的收集上（防止吸收太陽光物質的再輻射），但仍許多問題待解決。

聲學

這也是一門有劇烈轉變的古典物理。它的一個新領域是表面波的研究與使用，主要應用在資料儲存與訊號過濾，未來高性能的通訊上必不可缺。目前研究是尋找與製造低損失的物質。

聲學全像術是雷射全像術的姊妹品，它可用在地質及礦產的探測以及醫學上代替有害的 X 光檢查。非線性聲學（震波）的研究剛剛起步（近五年），許多複雜的問題都未了解，它在技術上也有重大應用。

極低頻率的音外波 (infrasonic) 對海洋、大氣及地球本身的研究幫助很大，這也是最近的發展。

流體物理

層流部份已完全了解，渦流 (turbulent) 則因其介於有序流動與可用統計處理的混亂流動之間，至今仍不甚明朗。這個現象與心臟中的血液、噴氣機的引擎、大氣流動、天氣預測、乃至星雲的形成理論都有關係。

相對論天文物理

最近十年，物理學最令人興奮的發現是 pulsar，中子星與黑洞，這帶給我們量子力學帶來最大的挑戰。

白矮星——在星球的生活環 (eife cycee) 內，H、He，燃料燒光後，當核輻射與重力的平衡破壞時，這時星球慢慢縮聚，到密度為每立方厘米一噸時，電子便猛烈的爆離原子進入太空，形成密度極高的電漿，當密度到達每立方厘米一千噸時，這個壓縮就達到最大值，對質量小於 1.4 個太陽的星球，這個過程就到此為止，此星叫做白矮星。

中子星——如果星球的質量更重，大約數倍於太陽的質量，則壓縮過程繼續進行，此時星球內部因承受不了此種壓縮，就在其內部形成一個龐大的量子系統。能量最大的電子足夠反行正常中子的蛻變過程：即電子與質子結合成中子。重力一直壓縮中子直到密度為每立方厘米 10^9 噸，這就叫做中子星。

中子星的結構值得一提：外層是熾熱的氣態流體，其下是目前所知最純最硬的材料熔點奇高，再下去一層是超導性的質子殼，其磁場強度為 10^{12} 高斯。這些質子，由於星球的快速旋轉，就產生介於兩極與赤道間高達 10^{12} V/cm 的強大電場，這些電場與磁場使得整個星球旋轉，而星球內部的中子處於超流體狀態，受旋轉的影響產生 $10^5/\text{cm}^2$ 個旋渦。

黑洞——如果星球質量，超過數倍個太陽的話，壓縮過程繼續進行，結果中子與中子結合形成重子，此時密度為 10^{12} / ton per cubic (目前的理論預測這樣的過程會繼續進行，直到密度為 ∞)，由於重力場極大以致沒有任何之訊號，能夠離開這個星球，因此，成爲一個“黑洞”。由雙子星系在重力瓦解放出的 X 耳線流光，顯示這個黑洞確實存在。重力波的探測——

目前，世界各地重力波的觀測站，已偵察到重力子，而今人困惑的是在每兩天就收到至少一次來百銀河中心，動輻射的 measurements 基於合理的預測，這些 measurements 暗示每年放射出的重力能量

約相當於 1000 個太陽質量，這是極不可能的，因爲如果銀河中心的質量是以此種速率來改變的話，整個銀河早就因失去重力束縛，而分散到太空去了，未來，對於重力輻射的領域，如果用更好的儀器也不能解釋此一現象的話，過去我們對重力與時空現象的看法，就可能要遭到修正的命運了。

(本文改寫自 (American Scientist, May-June, 1974, 本文原者 Allan Bromley 是國際純粹與應用物理協會美國委員會主席)

Traceor Northern
NORTHERN SCIENTIFIC INC.

Our name's been changed...

our high quality products haven't

• Signal Averagers
575, 570, 560

• Pulse Height Analyzers
700, 900-I, 900-IA, 633

• X-ray Fluorescence
880, 750

• Accessories Tailored to Your Application

Write or call for more information on any of our instruments.

Tomorrow's Electronic Instrumentation Today

洽泰企業有限公司

台北總公司：台北市松江路六十七號
(松江商業大樓九樓)
電話：五八一五—五八一九·五二—一四五—
台北郵政信箱一七四二
高雄辦事處：高雄市五福四路一二八號
(五福大樓七樓B室)
電話：五五九〇八二