



佛法色空觀的現代物理學之印證

田景華

前言

甚麼是色？甚麼是空？六百卷《大般若經》，從舍利子般若中擇出的《般若波羅密多心經》，佛陀開示說：「舍利子，色不異空，空不異色，色即是空，空即是色，受想行識，亦復如是。」

本文中說的佛法色空觀，就是指的佛在這裏所開示的奧義。《般若波羅密多心經》唯表第一義諦，第一義諦一味平等而無所得，故云：「色不異空，空不異色，色即是空，空即是色，受想行識，亦復如是。」

佛法所謂「色」者：言四大種及四大種所造，皆謂之色。四大種即地（堅性）、水（濕性）、火（暖性）、風（動性），四大種所造色者，言眾生自體色。指五根（眼、耳、鼻、舌、身）與由根所取色境謂五塵（色、聲、香、味、觸），即人們所謂物質是也。佛法總括諸法為十二處，除上述五根、五境（五塵）而外，再加意根（第六意識之根為第七末那識）與法境。攝屬於法處而為意識之所緣者，有五種色：

一、極畧色，分析五根五境，有質之實色至微者。
二、極迴色：分析虛空青黃等無質之顯色而令至極少者，欲見為難。

三、受所引色：即無表色，是依受戒而引發於身中之色。

四、遍計所起色：遍計一切法之意識前所顯現五根、五境之影象是也；如鏡花水月等。

五、定所生自在色：禪定所變現之色、聲、香、味、觸等境，以定力故，變現自在是也。

（本文所探討的內容，大概屬於佛所說的「極畧色」和「極迴色」的範圍。）

佛法所謂「空」者，窺基大師云：「梵云瞬若，此說為空，云瞬若多，此名空性。如（真如）名空性不名為空。故依空門而顯此性，即圓成實是空所顯。此即約表詮顯圓成實。」（《唯識述記》卷五十一）。所以「空」與「空性」不同，「空」言如幻如化的因緣所生法，即三性中之依他起性；「空性」指正智所緣的真如，即三性中之圓成實性，二者不可混淆。

《中論·觀四諦品》云：「諸佛依二諦，為衆生說法。一以世俗諦，二第一義諦。若人不能知，分別於二諦，則於深佛法，不知真實義。若不依俗諦，不得第一義，不得第一義，則不得涅槃。」

所謂色、所謂空者，乃佛為救度衆生依世俗諦，方便言說，假施設有。因為若不依俗諦，即不得第一義，「不得第一義，則不得涅槃，」不能成佛。

第一義諦，即勝義諦，勝義諦中一味平等，色與空皆無所有不可得故。是故宜黃歐陽竟無大師有云：「色不異空者，空無自性，色亦無自性，色空真如無二無別故。」「空不異色者，經言有為無為平等法性，說名勝義，非離有為別有勝義諦。」「色即是空者，煩惱即菩提，生死即涅槃也。空即是色者，經言幻與有情及一切法，乃至涅槃，設過涅槃無二無別，皆不可得不可說故。又言變化與空，此二俱以空空故空，畢竟空中非有空化二事可得。」（《竟無內外學·心經讀》）。《心經》唯表第一義諦，第一義諦一味平等而無所得。色也好，空也好，在勝義諦中；無二無別。《金剛經》所謂「是法平等，無有高下」亦是此意。

但勝義諦是超越一切名言思慮和邏輯範圍的，所謂不可說不可說，不可思議不可思議的境界。唯佛與佛親證的境界。衆生從無始以來，由無明住地（俱生煩惱），迷惑慧眼，不得而知，妄執外境實有，墮五濁惡世之中，起貪瞋痴等根本煩惱和隨煩惱，生死輪迴永無出期，菩薩為拔衆生苦而起大悲心，以離言假立名相（此即俗諦，不依俗諦，不得第一義），應機說法，願衆生普渡慈航，永超三界，脫離苦海。

衆生由於妄執外境實有，是以貪財好色，結黨營私，追名逐利，以強凌弱，以衆暴寡，社會所以不得安寧，戰爭難以平息，

內明

目錄

特稿

佛法色空觀的現代物理學之印證……田景華…… 3

專論

《大圓滿心性休息》及

《三住三善導引菩提妙道》導論……談錫永…… 16

近代中日臨濟宗比較二題……何建明…… 21

從宗教無神論談佛教……王壽雲…… 26

特稿

不落窠臼·獨創新制

——述說梁武帝力促佛教僧制

中國化的具體表現……歐陽鎮…… 33

「四教儀集注」與蒙潤大師……張秉全…… 36

筆譚

優婆塞戒經研習之四十三

談布施的能力與布施所得的果報……智銘…… 38

畫頁

封面：河北正定廣惠寺花塔

面裡：唐窺基法師

底裡：西藏唐卡——羅漢

封底：觀音大士

皆由妄執外境實有之故。我佛悲憫衆生，不得已而立教，不得已而說法。約教相說緣起性空；約觀心說萬法唯識。所謂緣起性空者，《中論·觀四諦品》云：「衆因緣生法，我說即是空。亦爲是假名，亦是中道義。未嘗有一法，不從因緣生。是故一切法，無不是空者。」所謂萬法唯識者：八十《華嚴·十地品》云：

「三界所有唯是一心（心即識）。」六十《華嚴》夜摩天宮菩薩說偈云：「心如工畫師，畫種種五陰（即五蘊）。一切世界中，無法而不造。如心佛亦然，如佛衆生然。心佛及衆生，是三無差別。」《入楞伽經》云：「由自心執著，心似外境轉，彼所見非有，是故說唯心。」（轉引自《成唯識論》卷二）。心如畫師，一切世界中，無法而不造。此言境由心造，境不離心，心外無境；故云「萬法唯識」。不過所謂「無境」及對執外而言，並非遮識內之境，但說境識爲條然，兩物又不合，境是相分，在在不能離見（歐陽竟無大師《唯識講義筆記》卷一）。見分是識的分別作用，相分是識內之境，相分不離見分，故云境不離心，心外無境。境即是色法，心與境都由因緣而生，緣生如幻如化故空，「空無自性，色亦無自性，色空真如無二無別故。」衆生不知色空之理，執外境是實，妄分畛域，煩惱叢生，不得解脫。故佛說色空觀以釋其縛。所謂不得已而立教，不得已而說法也。

根據佛法，色又分爲內色和外色兩類，內色是指人（和一切衆生）的五根（五官中之勝義根，或云神經），即：眼、耳、鼻、舌、身；外色爲五境（五塵）；即：色、聲、香、味、觸；五根和五境是一一對應的，例如眼根可以看到（感知）「色境」（即周圍五光十色的大千世界），而耳根可以聽到（感知）「聲境」（即周圍各種各樣的聲音），鼻子可以嗅、聞到香、臭和其他的各種氣味；舌頭可以品嚐酸、甜、苦、辣、鹹等各種口味，而身體對周圍的環境也會有各種感覺，（如寒、熱、乾燥、濕

潤、軟、硬、粘、滑等等）。

當然人（和衆生）除了上述的五根外，還有第六「意根」（第六意識之根爲第七末那識），亦即是客觀外界事物在人（和衆生）心裏產生的種種思想、心理活動等等。而與「意根」相對應的就是「法塵」。

上述內容便是佛法關於「色空」論述的概要；這是二千五百年前釋迦牟尼佛所講述的；二千五百多年以來，特別是近一兩百年前開始的工業革命以來，人類的科學技術有了幾千年前的人類難以想像的飛躍發展！人類從遠古的「石器時代」，到古代的「青銅時代」而進入了近代的「蒸氣機時代」、「鋼鐵時代」、「原子時代」、「電子時代」和「電腦時代」……

從「空間」上來說，隨着「原子物理」、「核物理」和「高能物理」的深入研究使人類對「微觀」世界的認識從「分子」到「原子」，從「原子」到「核子」，從「核子」又到更極微的「夸克」（層子）；人類認識物質的尺度越來越趨向於極微，已經從分子的 10^{-7} 毫米（一毫米的一千萬分之一）到核子的 10^{-14} 毫米（一毫米的十萬萬分之一）了。而「天文學」和「天體物理學」的發展使人對宏觀世界的認識從古代的天地日月以及金、木、水、火、土五星發展到認識太陽系、銀河系、河外星系、總星系……，借助於各類強大的巨型天文望遠鏡、射電天文望遠鏡，人類已經可以看到幾百億光年外的星體了！（一光年約爲十萬億公里，而幾百億光年相當於幾千萬萬萬萬公里！）

從「時間」上來說，由於「地質學」、「地球物理學」、「考古學」等學科的發展，人類對地球的起源與歷史有了深入的瞭解，並且人類已經知道了地球和整個太陽系的壽命已達四十五億年！而「生物學」和「古生物學」的發展也使人類瞭解了幾億年前的原始生命和人類自身一、兩百多萬年的進化史……

然而，科學技術的驚人進步，人類生活的日益改善，並沒有否定上述佛法「色空」觀的正確性，恰好相反，隨着科技的發展，人類對於時間、空間、物質、能量等問題的認識的漸漸深入，反而進一步證實了佛祖早在二千五百多年前就已經揭示出來的佛法色空觀的正確性。下面就從現代科學的幾個領域來分別討論佛法色空觀的現代科學之證明。

第一節：從物質的「三態」看「色即是空」

根據物理學可知，世界上的萬物，可以分爲三種狀態，那就是「氣態」、「液態」、「固態」。

氣態就是我們通常說的空氣、氧氣、以及各種各樣的其他氣體等，從「分子物理」的觀點來看，氣體是由極多的氣體分子組成的，分子之間有很大的間隔距離，這距離要比分子本身的直徑大十倍，實在是「空」得很，舉個例子來說，如果氣體分子像一個人（身高一·七米），那麼他與周圍其他人的平均距離便爲十七米，就好像一個大廣場上稀稀疏疏地零散分佈着許多人一樣，……由於氣體分子之間「空」得很，在外界壓力的作用下，氣體分子間的距離會被縮短，於是氣體的總體積就縮小了，所以氣體很容易被壓縮。

物質的第二態爲「液態」，我們通常見到的水、油、酒以及各種飲料等等是液態的物質。液體分子間的距離比氣體要小，但不是「至密」的，液體也可以被壓縮，（當然其壓縮性要比氣體小得多），一個實驗可以證明液體分子間有「空隙」：有水和酒精兩種液體，它們各自的體積分別爲A和B，當它們充分混合在一起後，它們的總體積不是A+B，而是比它小，即是說，這兩種液體混合後的總體積要比它們各自原來的體積之和要小；其

原因是它們的分子重新排列，一部分水的分子跑到酒精分子的「間隙」中去了。

物質的第三態爲「固態」，我們日常所見到的各種物體，如鋼、鐵、金屬、玻璃、陶瓷、磚瓦、木材等等，都屬於固態，固體的分子和原子間排列得比較緊密，所以固體不會流動，也不容易變形，但是當固體物質受到很大的外力作用的時候，它會發生變形（例如彎曲、扭轉、甚至會被拉長），在一次實驗中，科學家用二萬個大氣壓的壓力壓縮一個厚壁鋼筒中的油，雖然這鋼筒壁沒有任何裂縫或其他形式的損壞，但是結果卻發現油能夠透過鋼筒壁而滲透出來，這說明像鋼這樣堅固的物質的分子間也存在着可以讓油分子通過的間隙；由此可見：固體的分子之間還是有間隙的；下面從分子世界進一步向原子、核子的微觀世界考察後我們就可以看到分子、原子等都是「空」得很的！

第二節：從大到小看物質（「色」）的空

上一節提到組成物質的三態，三態中物質都是由「分子」組成的（也有少數物質的分子如金屬是由極多的金屬原子組成的），並且無論這些物質是氣態、液態、還是固態；它們的分子之間都是有空隙的。那麼「分子」本身又是由甚麼組成的呢？分子是「實」還是「空」的呢？

根據分子物理和原子物理學可知：分子是由比它更小的「原子」所組成的，有的分子僅由一個原子組成（例如惰性氣體：氦氣、氖氣、氬氣、氪氣、氙氣、氡氣、氫氣的分子），有的由兩個原子組成（如氧氣、氫氣分子），有些無機化合物（如酸、鹼、鹽等的分子）由幾個原子組成，如硫酸（其分子式爲 $\cdot\text{H}_2\text{SO}_4\cdot$ ）的分子就是由兩個氫原子、一個硫原子和四個氧原子組成；也有由幾

十個原子組成的分子，如硫酸鈉（其分子式為： $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ）的分子就是由二個鈉原子、一個硫原子、四個氧原子，加上十個結晶水分子（即二十個氫原子和十個氧原子）組成，共計三十七個原子，……以上這些原子都屬於無生命的「無機」物分子；而對於所謂「有機物」來說，它們的分子中的原子數要多得多；例如，我們吃的糖的分子式就是： $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ，其分子由十二個碳原子，二十二個氫原子和十一個氧原子組成，其中共有四十五個原子。而我們吃的米、麵中的澱粉和蔬菜中的纖維素的分子則由幾百、幾千、甚至幾萬個 $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ 組成，這一個單位中就有二十一個原子，那麼一個分子中的成千上萬個這種單位就有幾十萬個原子了。

那麼組成分子的原子的構造又如何呢？是實實在在的？還是空空如也的呢？在本世紀初以前，科學家們還認為原子就是組成物質的「最小」微粒，「原子」一詞在希臘文中就是「不可再分割」的意思，可是，隨着科技的進步，在本世紀初，科學家終於發現所謂的「原子」並不是組成物質的最小微粒，它還是有着自己的內部構造的；根據現代物理和化學可以知道：自然界中有九十三種不同的原子，科學家把這些不同的原子稱為「元素」，自然界是由不同的元素組成的幾百萬種不同的分子組成的；這些元素的原子的構造都是由中心的一個核（原子核）和周圍若干個分成幾層圍繞「核」高速轉動的電子所組成；通常將最外層電子繞核旋轉的球半徑視為「原子」的半徑，這樣「原子」的半徑約為 10^{-8} 厘米（ 0.00000001 厘米），而原子中心的那個「核」的半徑更小于 10^{-13} 厘米（ 0.000000000001 厘米），是原子半徑的萬分之一，繞「核」旋轉的「電子」的本身的半徑更小，只有 10^{-13} 厘米（ 0.0000000000001 厘米）。下面讓我們舉個形象化的例子來描述一下原子的構造：如果將原子放大幾萬萬萬倍，那麼原

子就變成了一個直徑約一百多米（幾乎相當於南京的金陵飯店那麼高！）的一個大球，而這大「球」實際上絕大部分都是「空」的，連「球」的「外殼」都沒有，只有其中心有一個直徑約一厘米（比一粒大豆稍大一些）的「核」，而離這顆「大豆」極遠的地方（相當於這大樓的頂部和底部）有若干個如「芝麻」一樣小的電子在圍繞這「大豆」高速轉動，人們人為地將這最外層「芝麻」繞「大豆」轉的大半徑定義為「原子半徑」。一座象三十層樓那麼高的大球中只有一個「大豆」和幾十顆「芝麻」存在，而其餘地方都是空的，真是「空空如也」之極！我們還可以從數量上來估算一下原子內部「空」的程度：如果視原子為一個球體，那麼核的體積只佔這個球體積的 10^{-15} ，（一萬萬萬分之一！），也就是說，假定原子核是「實」的，那麼它只佔整個原子「體積」的萬萬萬分之一，而其餘百分之九十九點九九九九九九九九（共十二個九！）的原子空間都是「空」的！可見：原子實在是「空」得很啊！

那麼組成原子的核和核外電子的構造又如何呢？根據現代核物理和高能物理可知：原子核由若干個帶電的「質子」和若干個不帶電的「中子」組成，而核外也有若干個與質子數相等的電子在繞「核」旋轉。所有這些「質子」、「中子」、「電子」等都叫做「基本粒子」；「基本粒子」共有二百多種，那麼所謂「基本粒子」是否就是組成物質的最小微粒呢？是否就是實實在在，不「空」的呢？其實，根據現代高能物理可知，這些所謂的「基本粒子」也是有其內部構造的，這就是所謂「層子」（國外叫作「夸克」）。目前，科學界對於「層子」或「夸克」的研究還不夠深入，不過，隨着高能物理的發展，人們將不但會看到「基本粒子」並不基本，而且其內部也一定是非常「空」的。正如莊子所云：「一尺之棰，日取其半，萬世不竭。」

第二節：從「小」到「大」看物質（「色」）的空

上一節我們從分子到原子再到基本粒子「由大到小」分析了物質各個層次上的「色即是空」；然而，實際上我們的五官（五根）所「直接」感覺到的並不是單個的分子、原子、核子等，而是由若干個核子組成的不同的原子，不同的原子以不同的數量和比例組成的不同的分子，再由億萬個分子組成的呈現出氣、液、固三態的各種物體（如大地、高山、河流、海洋；地面上的房屋，人和各種動物、植物以及飛機、汽車、輪船、電視、冰箱，鐘表等各種工業製成品）等等。所有這些物體用我們的五官去感覺似乎都是「實在」的；例如，刮風的時候，我們會感覺到有空氣迎面拂來，當風很大的時候，我們連迎風呼吸和走路時都會感到困難。我們在水中游泳的時候，會感到水對我們有向上的浮力，並且當我們在水中運動時會感到有很大的阻力，當看見一位美女的時候，人們會生起「雲想衣裳花想容」的幻想。此外，我們還可以觸摸、抓住或者碰到任何種類的固體物質，例如抓起一塊石頭，摸到一個冰涼的鋼鐵製造的機器零件，或者是一塊柔軟的絲織品，舉起一對啞鈴等等。

所有這些生活經驗都使我們有這樣一個觀點：似乎我們周圍的東西都是實實在在的、致密的，……但是如果我們能深入物質極其細微的內部去看看，就不一定會這樣認爲了。

我們的肉眼所能看見的物體，大的如高山、建築物，遼闊的天空，天上的太陽、月亮、星星；小的如綠豆、菜子、頭髮，甚至是灰塵等等。再小的物體肉眼就看不見了，要借助於放大鏡（可以放大幾倍）、光學顯微鏡（可以放大幾百至幾千倍）、電子顯微鏡（可以放大幾萬至幾百萬倍），如果我們設想有一台可以放大幾十億倍的超級電子顯微鏡（目前人類還遠遠製造不出如此高的放大倍數的顯微鏡來）使人們能夠進入原子的內部，看見

一個原子的內部構造；那麼我們能夠看見甚麼呢？假如我們面前有一只金光閃閃的金首飾（這是許多人都喜歡的東西），現在讓我們用這如超級顯微鏡來觀察這金首飾，首先讓我們將這超級顯微鏡的放大倍數調到最大，於是我們將看到一個大球，大球中有幾百個小球，它們緊緊地擠在一起，小球有兩種，一種帶正電的是「質子」，另一種不帶電的是「中子」（當然質子和中子也有着它們自己的內部構造），七十九個這樣的質子小球和一百一十八個中子小球緊緊地結合在一起就組成了金的原子核（這就是我們一開始看見的那個大球），在離這個大球的距離約爲大球直徑的一萬倍的地方有七十九個比質子、中子體積還要小近一千倍「電子」分成許多層在不停地圍繞這核高速旋轉，……所有這些基本粒子就這樣組成了一個金原子——原來它不過由若干個質子、中子、電子結合而成的一個極其空虛的球體而已；如前所述，這球體的百分之九十九點九九九九九九九九（共十二個九！）的空間都是「空」的，當我們把這超級顯微鏡的放大倍數稍微縮小的時候，我們看見在這個金原子的前後上下左右、四面八方都有許多與它的構造完全一樣的同樣也是空空如也的金原子存在，它們在空間依靠原子核所帶的正電和核外電子所帶的負電的互相吸引而在空間以一定的次序排列在一起；當我們把這超級顯微鏡的放大倍數再次縮小的時候，我們看見了更多的金原子，幾千、幾萬、幾億、幾百億個這樣的金原子整齊地排列在一起，……最後，當我們把這超級顯微鏡的放大倍數縮小到零的時候，我們又回到了現實世界——出現在我們面前的還是這個金光閃閃的沉甸甸的金首飾，但是由於我們已經經歷過剛才的那一幕幕的神奇觀察，因此我們對面前這個價值上千元，人見人愛的金首飾有了新的看法——它只不過是若干億萬個質子、中子和電子按一定的數量、比例和空間位置排列而成的極其空虛的組合物

而已。

黃金的構造是如此，那麼比它更加名貴的白金——鉑的內部構造又如何呢？用同上的超級顯微鏡來觀察，我們仍然可以看到：白金的原子核是由七十八個質子和一百一十七個中子緊緊地結合而成的，同樣在離這個核的距離約為核直徑一萬倍的地方有七十八個電子分成許多層在不停地圍繞這核高速旋轉——這就是鉑原子，若干億萬個都是由七十八個質子，一百一十七個中子和一百一十七個電子因電磁力而互相吸引的鉑原子就組成了一塊「白金」，它的極其細微部分仍然是「原子」、「質子」、「中子」、「電子」等「基本粒子」，只不過其「數量」和「排列方式」和黃金中的有所區別而已。

那麼首飾中最名貴的晶瑩透明的鑽石的內部構造又如何呢？其實鑽石的化學成分是碳（和我們日常生活中燒的煤、木炭、炭精等是同一種物質），我們仍然用上述的超級顯微鏡來觀察它，當我們用這顯微鏡將鑽石放大幾十億倍的時候，我們就看見鑽石內部的一個球狀的碳原子核，它是由六個質子小球和六個中子小球組成的，在這核的周圍極遠的地方有六個電子在圍着它旋轉，雖然一個碳原子中的質子、中子、電子的「數量」要比黃金、白金原子中的少得多，但是它們這幾種物質中的質子、中子、電子是完全一樣的，毫無區別；在這碳原子的下方還有三個同樣的碳原子組成了一個正三角形，而這四個碳原子就組成了一個所謂的正四面體（尤如四個正三角形在空間拼成的一個封閉的椎體），若干億萬個這樣的正四面體緊密地結合在一起就組成了一粒鑽石；由於正四面體非常固定，所以鑽石具有自然界中最高的硬度。

名貴的黃金、白金、鑽石的極微構造是如此，那麼其他的物質的極微的構造又如何呢？根據物理和化學的知識可以知道：無

論是金、銀、銅、鐵、錫等金屬，還是木材、水泥、塑料、玻璃等非金屬，或者是河水、海水、石油、酒類等液體，還是泥土、岩石、高山等自然界中的固體，或者是空氣、氧氣等氣體；還是人類、動物、植物等自然界中的生物；無論它們（或他們）之間的各種性質有多麼大的差別，它（他）們的極微部分的組成都是一個個的分子，分子是由一種或多種原子所組成的，而原子最終還是由數量不同的質子、中子、電子所組成；並且原子中仍然是那麼「空空如也」，除此之外，不論是甚麼物質，不論它們是氣態、液態還是固態，也不論它們的顏色、比重、硬度、強度、延展性、光澤等等有多麼大的區別；也不論它們貴重如黃金、鑽石，輕賤如泥土、灰塵等等，組成它們原子的原子核中的質子、中子、電子等都是一模一樣的，毫無高低貴賤之分！

第四節：波粒二象性與「色即是空」

「波粒二象性」是現代物理學中最重要的基本概念之一。那麼這概念與佛法的色空觀又有甚麼聯繫呢？要回答這個問題，首先要了解「波」和「粒」的概念；那麼，甚麼是「波」呢？根據物理學的解釋：波也叫做波動，它是振動的傳播過程，是物質的一種「運動形式」，而不是物質「本身」，例如平靜的水面上吹來了一陣風，就掀起了波浪，這波浪就是「波」，它是水的一種「運動形式」，而不是「水」本身，沒有波浪的時候，這池子中的水平如鏡，並沒有增加或減少，有了波浪後，池中的水也沒有因此而增加或減少。

再來看一個例子：當我們敲鑼打鼓的時候，周圍有很多人都能聽見鑼鼓的聲音，但這聲音是甚麼呢？是不是鑼鼓上面的物質粒子變成了碎片飛到我們每個人的耳朵中去呢？不是，鑼鼓還是 9

鑼鼓，並沒有因為敲打它發聲而使它四處飛散，化爲烏有；那麼人耳是怎樣聽到聲音的呢？根據物理學可知：當人們敲打鑼鼓時鼓面和鑼面因爲彈性而產生了機械振動，振動壓迫周圍的空氣分子，分子隨之產生一疏一密的縱波，這波向四面八方傳播，其中有一部份傳到我們的耳朵中，引起人耳鼓膜的振動，這振動又被耳朵中的神經（耳根）傳到了大腦，於是人耳便聽見了這鑼鼓的聲音了；如上所述：這聲音既非鑼鼓的粒子「飛入」人耳中的結果，也非振動的空氣分子「飛入」人耳中引起，在此過程中，空氣分子既沒有「進入」人耳，也沒有因此而減少，空氣分子僅僅起一種傳遞聲音的「媒介」作用（物理學中叫「介質」）。

以上這兩個例子都證實了「波」（或者叫「波動」）只是物質的一種「運動形式」，而不是物質「本身」。

那麼甚麼是「粒」呢？「粒」就是上一節中提到的各種「粒子」，例如原子核中的質子、中子和繞核旋轉的電子等等，它們都是組成各種物質的「基本材料」。是迄今爲止人類已知的最小的「物質微粒」，宇宙萬物都是由這些基本粒子組成的各種原子，各種原子再組成各種分子，各種分子再組成各種物質，各種物質成就組成了宇宙中森羅萬象的萬物。

長久以來，人們一直認爲「粒子」是「物質」（即是佛法中的「色」），而波只是物質的一種「運動形式」（可算作是「空」）；二者是不能等同、不能混淆的兩個概念；可是，幾個世紀以來，特別是本世紀初物理學界發生的幾件大事卻改變了這一看法：

讓我們先來回顧一下關於「光」的本性問題的爭論；早在十七世紀到十八世紀，關於「光」的本質到底是甚麼就有兩種截然不同的觀點，一種是大科學家牛頓提出的觀點，他認爲光是一種「微粒」（或者叫「粒子」），這觀點幾乎能解釋當時已知的許

多光學現象（如光的反射、折射等現象）。

另一種是惠更斯提出的「波動」學說，他認爲光是一種「波」（而不是粒子），當時有許多實驗都證實了這一點：十八世紀法國的物理學家菲涅爾將兩束完全相同的光線疊加後，發現它們會產生一系列明暗相間的條紋的「干涉」現象；人們又發現光會繞過與它波長差不多的障礙物而不是沿直線傳播，這個現象在物理學上叫做「衍射」；……所有這些事實都一次次地證明了光的這種「波動性」；至此爲止，人們對光的本質似乎已經有了定論：那就是說：光是一種波（後來英國的馬克斯韋爾又證明光是一種波長很短的電磁波），而不是粒子。

可是，二十世紀初發現的光電效應卻向光的「波動」學說提出了新的挑戰——人們發現當光照在金屬表面上的時候會使金屬失去所帶的負電荷，這現象叫光電效應；這效應有以下的規律：

- 一、光照在金屬表面上，金屬表面單位時間內放出的電子數與光的強度成正比。

- 二、從金屬表面放出來的電子的速度，隨着入射光的頻率的增大而增大，而與光的強度沒有關係。

- 三、每一種金屬都有一個最低頻率 ν_0 ，如果入射光的頻率小於這一金屬的最低頻率 ν_0 ，那麼，即使盡量增大入射光的強度也不會使這種金屬產生光電效應。

這效應的發現給光的波動學說提出了嚴峻的挑戰：

因爲，根據光的波動學說，從金屬表面放出的電子的速度和動能，應當跟入射光的強度（振幅）有關，入射光越強，其振幅也越大，光的能量也越強，這些能量被金屬表面的電子所吸收，電子就應該從金屬表面脫出，並且電子脫出金屬表面的速度也應該越快，單位時間內脫出的電子的數量也應該越多，但是嚴峻的事實卻並非如此，只要入射光的頻率低於某一金屬的最低頻率

ν_0 ，那麼無論怎樣增大入射光的光強，也不會發生光電效應，可是只要入射光的頻率稍高於某一金屬的最低頻率 ν_0 ，即使很弱的光也能夠產生光電效應……這一現象是與光的「波動」學說格格不入的。

爲了擺脫這一困境，一九〇五年，大科學家愛因斯坦提出了「光子」的概念，他認爲光是一種帶有一定能量的「光子」微粒，這光子微粒的能量等於： $E = h\nu$ （ h 叫普朗克常數， ν 是光的頻率），對每種金屬來說，要使電子從其表面放出，就要作一定數量的「功」 ϕ （叫作脫出功），只有入射光的光子的能量大於其脫出功（ $h\nu > \phi$ ）時才會有光電效應發生；入射光的頻率越大，光子能量也越大，從金屬表面放出的電子的速度和動能也越大；而入射光的強度大，即說明光子數目多，它只能使放出的電子數目增多，而不影響電子的速度和動能；就這樣，這一光子理論圓滿地解釋了「光電效應」，從而使人類對光的本質的認識又前進了一步。

當然，「光子」的理論並沒有否定光的波動性，因爲光的干涉、衍射等效應仍然是客觀存在的，並且，光量子的理論公式中本身就包括了一個 ν ，它代表光「波動」的頻率，由此可見：愛因斯坦的理論雖然將光視爲「光子」（即「粒子」），但同時也進一步肯定了光的波動性，於是，這公式就將光的波動性和粒子性有機地結合了起來……。

經過這樣幾次的反復，人類對光的認識就完成了一次「循環」：從「粒子」到「波」，再從「波」到「量子」，或者說，人們認識到光既有「非物質」的「波動性」，又具有「物質性」的「粒子性」；這就叫「波粒二象性」。或者說光既非「色」，又非「空」；既是「色」，又是「空」。

原先被認爲只是一種非物質性的「波」（屬於佛法中的

「空」的範疇）的光居然也有物質性的「粒子性」（屬於佛法中的「色」的範疇），那麼原先被認爲組成各種物質的基本材料的各種「基本粒子」是否也會有非物質性的「波動性」呢？一九二三至一九二四年，一個叫德布羅意的德國青年大膽地想到了這個問題；經過德氏潛心研究，終於提出了一種以他的名字命名的「德布羅意波」，可以用公式表達如下： $p = \frac{h}{\lambda}$ ， $E = h\nu$ ， λ 和 ν 有兩種，一種爲 λ ，另一種爲 ν ，式中 p 代表粒子的動量（質量 m 和粒子速度的乘積）， λ 爲粒子的德氏波長， ν 和 ν 叫普朗克常數。這公式的意思是：任何粒子（在運動時）必然同時伴隨着「波動性」，這波的「波長」與運動的「動量」的關係由上式表示。

一九二七至一九二八年，科學家用電子束打在金屬的晶體上，發現了電子束會像光波一樣繞過金屬晶體中的原子（障礙物）而形成衍射花樣。這是個驚人的實驗，它無可辯駁地證實了組成萬物的原子中的基本的物質粒子——電子居然也會有這種非物質性的波動性！這實驗也證實了上述德布羅意的「波粒二象性」的論斷和上述公式的正確性！這實驗也證實了上述德布羅意的「波粒二象性」的論斷和上述公式的正確性！再進一步推而廣之，人們用其他粒子做實驗，同樣發現，所有組成物質的其他粒子（如中子、質子、中性原子等）都有這種類似於光子、電子的衍射現象的波動性！……。

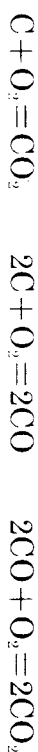
「波粒二象性」是二十世紀物理學中最重要的發現之一，然而迄今爲止，現代科學還不能圓滿地將這現象解釋清楚。不過「粒子」有「波動」性可以說成是「物質」有「非物質」性；「色」有「空」性；同樣，「波」有「粒子」也可以說成是「非物質」有「物質」性，「空」有「色」性；這不正是《般若波羅密多心經》中的著名論斷嗎？

「色不異空，空不異色，色即是空，空即是色。」

第五節：「質能公式」與「色」變為「空」

甚麼是「質能公式」？就是描述物質的「質量」與「能量」之間關係的公式，那麼，甚麼是「質量」呢？根據物理學的定義可知：質量是表示物體中含有物質的多少，例如有一塊純鐵，用天平秤得它的質量為五公斤，那麼就說這塊純鐵的質量是五公斤，同樣如有一塊純金，用天平秤得它的質量為一百克，那麼就說這塊純金的質量為一百克等等；總之，「質量」是直接描述物質（「色」）的數量的多少的，是與「色」（物質）所密切相關的。

人們還發現：在任何物理、化學等變化中，物質的「量」是不會變的，是守恆的，例如一塊鐵被煉成了鋼，這塊鋼又被軋成了鋼材，鋼材又被切削加工成了一個個機器零件；如果將這零件和切削加工出來的碎鐵屑全部收集起來，就會發現它們的質量和原先那塊鋼材的質量是完全相等的，不多也不少；這是一種物理變化；在所謂會產生「新物質」的化學變化中物質的質量仍然是守恆的；例如在通常燃燒煤、木炭、石油製品或液化石油氣、管道煤氣的過程中，普遍存在着如下的化學反應：



這幾個反應都會放出熱量來；而經過燃燒以後，固態的煤、木炭，液態的汽油、柴油或氣態的石油氣等都「化為烏有」，或者只剩下一堆灰燼；似乎是物質消亡了；但是實際上，只要將燃燒生成的 CO_2 （二氧化碳）氣體和灰燼等收集起來，就會發現化學反應前後，參加反應的所有物質（如氧氣、碳等）的總質量是恆定不變的，……人們在研究了自然界的一切物理、化學變化後

終於發現了這一規律：物質不滅定律。即在任何物理、化學變化中，物質的總質量總是恆定不變的。

那麼甚麼是能量呢？根據物理學可知：「能量是物體做功的本領」，……實質上，能量是物質運動的一般量度。（當然，能量不是物質「本身」，而只是物質的一種屬性，因而可以被視為佛法中的「空」的範疇）例如，山上流下來的水或者吹過來的風都可以帶動水車或風車發電，而高山上的水和吹來的風都是物質（一個是液體，一個是氣體），它們能夠帶動發電機發電而「做功」，就說明它們具有這種做勁的本領；或者說它們擁有能量（具體地說是「動能」）；同樣，當我們開着電燈時，電燈就會發出「光能」，照亮我們的房間；而這光能又是從電網中的「電能」轉換來的；當我們一開着電扇時其中的電動機就會轉動而吹出風來，這實際上就是將「電能」轉換為「機械能」，又將「機械能」，轉換為「風能」的過程。

科學家們還發現：在任何物理、化學或者其他的變化中，能量的總量是不變的；例如，一噸煤在鍋爐中燃燒而發出熱量來，這熱量的一部份從煙囪中跑出去，浪費掉了，其餘部份就用來加熱鍋爐中的水，水吸收了熱量以後變成了高溫高壓的蒸汽，蒸汽順着管道（在管道中，蒸汽的熱量也會損失一部份）進入汽輪機而使它轉動，汽輪機又帶動發電機發出強大的電流來，這電流通過變壓器升壓後被輸送到幾百公里以外的電區，（在電流從輸電線輸送到幾百公里外的地方去的過程中也會有能量的損失），用電區的變壓器再將電壓降低後沿電線送入工廠的各種電動機和其他用電器中；並且也同時將電能送入各居民家，點亮電燈，並且使電視、冰箱等家用電器運轉起來，……如果將所有這些工廠的電動機和其他的用電器以及所有的家用電器所消耗的電能（所謂的「有用力」）加上損失在輸電線路和變壓器上的電能，加上發

電機的軸承等處因為摩擦而產生的熱能，加上汽輪機排出的低壓蒸汽所帶走的熱能，加上高壓水蒸汽在管道中損失的能量，再加上鍋爐中燃燒所產生的煙氣所帶走的熱量……總之，加上一切能量的無用的損耗（所謂的「無用功」），我們就會發現：它將嚴格地等於這一噸煤所放出的全部能量。不但煤燃燒時是這樣，其他任何與能量的轉換有關的過程（例如石油製品的燃燒、天然氣的燃燒，太陽能的利用等等）也都是如此，於是科學家們就發現了這一能量守恆定律：「能量不可能產生和消滅，而只能由一種形式轉換成另一種形式。」

物質不滅定律和能量守恆定律是長期以來佔領科學界的兩個根深蒂固的定律，人們也一直認為這兩個定律是完全獨立的彼此沒有直接聯繫的。例如，在上面的幾個例子中，從山上流下來的水或吹過來的風帶動水車或風車做功（發電）以後僅僅是水或風的流速變慢了，而水或風（空氣分子）絲亮沒有減少；同樣，當我們打開電燈開關後，燈就亮了，但這並不是電廠中的煤或柴油的分子順着電線跑到我們的燈裏面來了，而僅僅是這些物質所包含的能量被輸送到電燈裏來了。在化學反應中也是如此：物質甲和物質乙反應生成了物質丙；那麼物質丙的質量必定嚴格地等於甲和乙的質量之和；這就是「質量守恆」，而在這反應過程中可能會放出或吸收熱量（能量的一種形式），從而使反應後的物質的溫度發生變化，但不論怎麼變化，反應前後的總能量值是不變的、守恆的。並且，更重要的是：這兩個定律之間沒有直接的聯繫，物質只是變成新的物質，並且其總量不變；能量也只是從一種形式轉化為另一種形式，其總量也不變；換句話說：物質沒有也不可能轉化為能量，反之，能量也不可能轉化為物質。

然而，本世紀二十年代產生的核反應實驗卻動搖了這兩個根深蒂固的守恆定律：請看這個核反應過程： $\gamma + \gamma \rightarrow \gamma + \gamma$ 式中 γ 代

表重氫（也叫氘；音「刀」）的核， γ 是超重氫（也叫氚，音「川」）的核， p 是質子，即氫的原子核，（如果在這公式的兩端各加兩個電子，就可以把這過程看作是「兩個氘原子相遇變成了一個氦原子和一個氫原子」），注意！氦的核中有一個質子一個中子，而氦核中有一個質子兩個中子，氫核中僅一個質子，上面的公式可以形象化地寫為：

（一個質子 + 一個中子） + （一個質子 + 一個中子）變成（一個質子 + 兩個中子） + 一個質子。

變化前有兩個質子和兩個中子，變化後也是兩個質子和兩個中子，連小學生都能看出這式子兩邊應該是完全相等的。

可是，實際情況並非如此！反應前的兩個氦核的質量為 4.0282044 個原子質量單位，而反應後生成的一個氦核加一個氫核的質量卻只有 4.0283740 原子質量單位，竟然少了 0.004329 個原子質量單位！這叫做「質量虧損」，它的發現在物理學界引起了軒然大波！為甚麼在這樣反應中，物質竟然會變少，變少的這部分物質難道「化為烏有」了嗎？難道被視為自然界和科學界的金科玉律的物質不滅定律和能量守恆定律還會有錯嗎？

爲了擺脫這一困境，大科學家愛因斯坦提出了一個著名的質能關係公式： $E=mc^2$ ，式中 E 代表能量， m 代表物質的質量， c 代表光的速度，約為每秒三十萬公里。這個公式第一次將過去人們一直認為互相獨立的能量與質量聯繫了起來，由於光的速度非常大，而光速的平方就更加巨大，因此極小的一點物質就可以轉變為極大的能量。例如，假定一克的物質（大約有一顆黃豆那麼大）完全變成能量就有 9×10^{16} 焦耳的能量，這能量有多大呢？讓我們來看一個生動的例子：現在全世界共有約五十億人，假定每人平均體重為六十公斤，那麼五十億人的總體重就是 3×10^{11} 公斤（三千億公斤），而一克物質所變成的 9×10^{16} 焦耳的能量竟然

可以將全世界五十億人統統舉高三十米！！（十層樓房那麼高）。

如此小的物質中竟然包含了如此巨大的能量，正如《維摩結經·不可思議品》云：「若菩薩住是解脫者，以須彌之高廣，內芥子中無所增減，須彌山王本相如故」。唯有任解脫者，了知「色即是空，空即是色」的真理，不執宇宙森羅萬象是實（人我執、法我執）才能證知巨細相容，芥子納須彌的妙義，而今卻可以用科學證知；佛法真是偉大啊！

這公式也可以解釋上述的那個核反應：原來兩個氘核變成的一個氦核和一個氫核都以極高的速度飛開，氘核和氫核都帶有極大的動能，這動能就是從原來靜止的兩個氘核的靜止質量的減少而轉變來的。

當然，現有的原子彈、氫彈爆炸和原子能的和平利用也可以從這公式中找到理論根據。

從上述的關於人類對於質量和能量的認識發展史可以看出，原來認為代表物質（「色」）的質量竟然可以變為非物質的能量（「空」），反之，能量（「空」）竟然也和一定的物質的量（「色」）相對應起來了，這不正是（「色即是空，空即是色」嗎？

第六節：原子能級「躍遷」發光與「色空觀」

提到「色」，就要提到「光」，因為人類所接收的外界信息的百分之八十以上來自於「光」，即是說：我們認識周圍世界的信息絕大部分來自於大千世界五光十色的萬物的三維彩色的立體圖像，例如我們看見的遠山近水、天空白雲、城市風光等等，這些景物中的大部份「自己」不會發出聲音，大部份也不會有甚麼

氣味和味道，我們不可能也沒有必要去「聽」遠山近水，更不能去「嗅」出或者「品嚐」天空中的白雲的氣味或味道，也不能去「觸摸」城市裏的每一幢建築……這點不但對於人，對所有的動物（眾生）也是如此。

但是，只有在白天的陽光或者夜晚的燈光、月光、星光等的照耀下我們才能會見萬物，而沒有這些光照耀時，幾乎所有的景物都沉浸在一片黑暗中了；這是為甚麼呢？是因為太陽或燈光等「光源」發出的白光照到了大地的萬物上面，萬物又將這光吸收一部份，反射一部份，這些反射光向四面八方飛去，其中有極小一部份到達我們的眼中，於是我們才能看見萬物，可見要看見東西，必須要有「光源」才行，那麼「光源」是怎樣發光的呢？

如上所述：光是一種具有「波粒二象性」的「光子」，那麼這些「光子」又是從何而來呢？據現代原子物理可知：繞原子核旋轉的電子離開核的距離不是隨意的，而是有一定的「軌道」，這些「軌道」離開核的距離有遠有近；平常，所有的電子都盡可能在離核最近的軌道上運行，這時候原子處在能量最低的所謂「基態」，此時原子也最穩定，當原子受到外界的輻射或高能粒子的碰撞等原因而受到「激發」時，核外電子就會吸收這些外來的能量而「跳」（物理學上叫「躍遷」）到離核較遠的較高的軌道上去，這時整個原子就處於所謂的「激發」態，但是處於激發態的原子是不穩定的，處於高軌道上的電子會「自發」的或在外界某一光子的刺激下向下跳（「躍遷」）到某個較低的軌道上，在這躍遷的同時，會將剛才從外界所吸收的能量「轉變」成一個具有一定頻率的單色（例如紅色、黃色、綠色、藍色等顏色）光的光子並將它釋放出來，由於核外電子有許多不同的軌道，電子在各軌道上時所具有的能量也不同，當電子躍遷前後兩軌道的能量差較小時，躍遷所放出來的光子的能量也較小，這光

子的頻率也較低，於是就變成肉眼所看不見的「紅外光」，當躍遷前後兩軌道的能量差較大時，躍遷所放出來的光子的能量也較大，這光子的頻率也較高，於是就發出肉眼能看見的所謂「可見光」，隨着躍遷前後能量差的增大，發出的可見光的頻率也隨之增大，光的「顏色」也隨之變化，從「紅」色向「橙」、「黃」、「綠」、「青」、「藍」、「紫」等顏色變化過渡……；當躍遷前後兩軌道的能量差更大時，躍遷所放出來的光子的能量也更大，這光子的頻率也更高，於是就發出肉眼看不見的所謂「紫外光」，……當然還有比紫外光能量更高的 \times 射線等等。

總之，是「能量」激發原子而使其發出「光子」，而光子射到萬物上面才使我們能夠看見萬物（「外色」）的，如前所述：「能量」並非「物質」本身，而只是物體的做功的「本領」，屬於「空」的範疇；而正是這「空」的東西使原子發出具有「色」、「空」二性（即「波粒二象性」）的光子來，極多的光子又照耀在萬物（「色」）上面，而使人類和所有的衆生對萬物能夠辨別……總而言之，是「空」使「色」發出了「反射」光，這才使人們看見了「外色」。

最後我再引古代高僧論「色空相即」與我的論點相同的話，以結束本文。《華嚴經傳記》東晉沙門支法領傳載三藏一乘法主佛跋跋陀羅云：「色無自體，聚衆微以成色。析色至微，所以色空」。《高僧傳本傳》云：「衆微成色，色無自性，故唯色常空」。此經所謂色不異空，色即是空也。本傳又云：「夫法不自生，緣會故生，緣一微故有衆微，微無自性，則爲空矣」。此經所謂空不異色，空即是色也。

以上所述，乃個人不揣愚陋，妄以現代物理學的觀點以釋聖言，藉以求教於當代大德，未審有一得之見否？

主要參考資料：

- 《大般若經》
- 《般若波羅密多心經》
- 《唯識述記》
- 《中論·觀四諦品》
- 《竟無內外學·心經讀》
- 《金剛經》
- 八十《華嚴·十地品》
- 六十《華嚴》夜摩天宮菩薩說偈
- 《華嚴經傳記》
- 《高僧傳初集》
- 《楞伽經》
- 歐陽竟無大師《唯識講義筆記》
- 《近代物理》 倪光炯 李洪芳編 上海科學技術出版社1979年出版，書號：13119.772
- 《基礎物理手冊》 蘇和 王文亮編著 內蒙古人民出版社1984年出版，書號：7089.195
- 《原子物理學》 高等學校試用教材 褚聖麟編 人民教育出版社1979年出版書號：13012.0294
- 《物理學的基本定律》 亨德爾著 上海師範學院物理系編譯 上海教育出版社1963年出版 書號：7150.1378
- 《元素周期表與說明》 南京大學化學系無機化學組編 一九七五年十一月
- 數理化自學叢書《物理》 數理化自學叢書編委會編 上海出版社1977年新一版 書號：13171.220