

論述	大陸透視	法令天地	工作園地	科技新知	健康生活	生態保育	文與藝	友善校園、快樂學習	其他
----	------	------	------	------	------	------	-----	-----------	----

固、液、氣三態是通常情況下的產物，若同時計及物質的微觀結構與外界的非條件，物質存在的不同狀態，更為多采多姿。

物理奇譚(十二)

「物態（state of matter）—變化多端的造物之形

◎ 吳蜀魏

喜怒哀樂，發乎人情，人情冷暖，乃成世態，故知世態者，無非人生百態也。我人寄身天地間，因靈性而有智慧，以智慧而生感情，情之愛憎所至，遂萌好惡之心，是則又知世態亦即我人之心態。俗云「人心不同，各如其面」，概見世人之心態複雜，類別繁多，「心態」既如斯，「物態」又如何？爰為文一述之。

狀態與物態

按原文解釋，狀態（state）這個字，在英文中兼具名詞、動詞與形容詞三種用法，意義頗多。作為動詞與形容詞的使用姑且不論，光就名詞而言，它同時可代表國家或是（美國的）州，例如Department of state 係指美國的國務院，California State 乃謂加州，而其複數形式The States 則專指美國，另外它還可解釋為身分或地位等；不過其作為名詞的首要意涵，乃泛指狀態或情形，用於物理學中的絕大多數場合，也都屬於此項含義。

至於物態（State of matter）這個詞，照字面直譯，顯然就是「物質的狀態」，物態只是其簡稱，它是指物質存在時的一種形式。在熱力學（Thermodynamics）中，一個熱力系統可經由其「狀態變數（Variables of state）」來描述，例如就氣體來說，這其中主要包括了壓力（pressure）中、體積（volume）V、溫度（temperature）T 與克分子（mole）n等，系統中的相關物理量，乃是這些狀態變數的函數，大家所熟知的「理想氣體方程（ideal gas equation of state）」：

$PV = nRT$ （其中R被稱為普適氣體常數）就是這麼一項函數關係式。

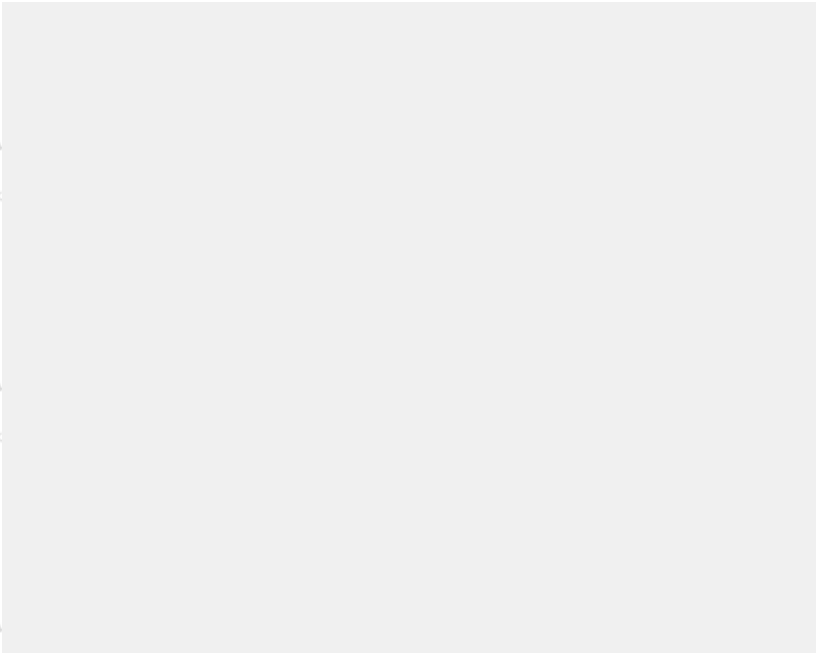
既然物質系統是狀態變數的函數，且顧名思義，這些狀態變數又會受外界條件之影響而有所改變，則物質的存在形式便理所當然地會伴隨有相應之變化，最簡單不過的，就是水在溫度降低至攝氏零度時，會由液態的水轉變成固態的冰，詳細的情形，我們稍後再談。

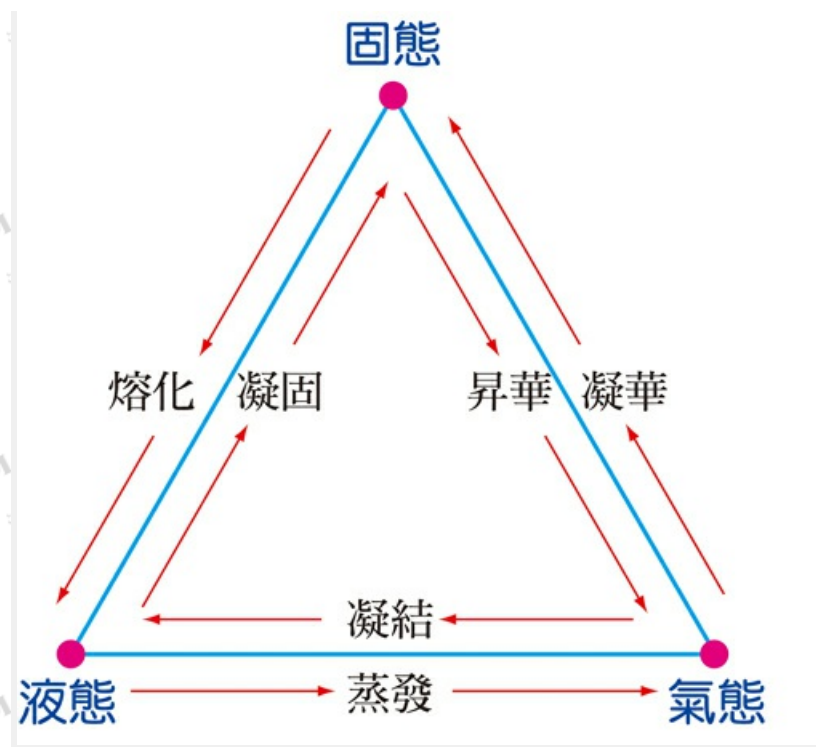
通常狀況下的物態

從兒時求學開始，我們就知道世界上有固體、液體與氣體這三種東西，炎夏中的冰棒與雪糕，尤其是小朋友們的最愛，除了知道它們好吃且能解暑外，其餘的問題就懶得管了。糖水為何在盛暑中能凍結成冰棒，以及那種介乎固體與液體間的食物（如冰淇淋與凍凍果）是如何形成的，全都非孩提時代的我們所能了解，但在物理學中，均有其理論上的解釋。

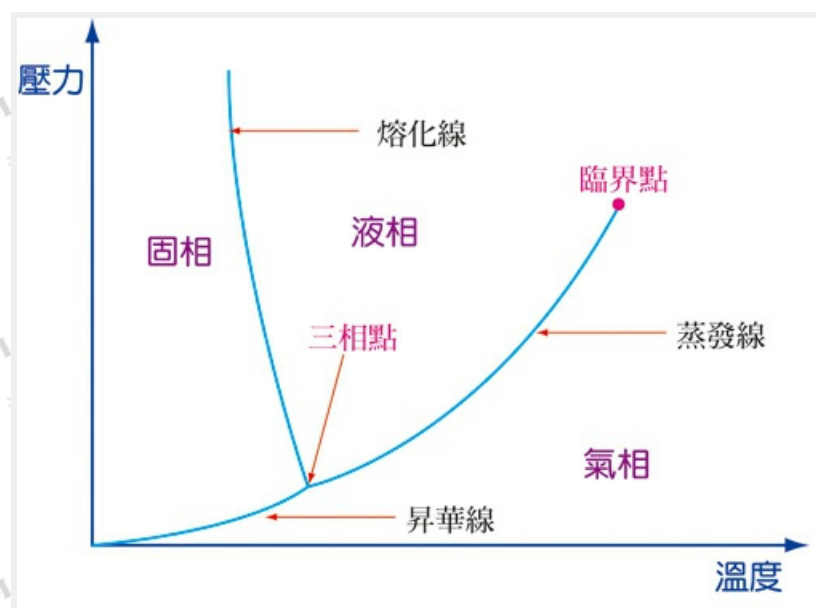
所謂「固體（solid）」，常識上知道那是指具有固定形狀的堅實物體；按定義界說，乃謂其內部任何兩點間的距離均保持不變，亦即指內部沒有相對運動的東西，它的極致表現者被稱為「剛體（rigid body）」，這是力學中的一種理想模型。相對於固體而言，「液體（liquid）」與「氣體（gas）」便沒有固定的形狀，而是隨容器之形狀改變而改變，且其內部有相當明顯的相對運動。

液體加上氣體，二者又合稱「流體（fluid）」，這無疑是在強調它們所共同具有的「流動性（fluidity）」，至於這二者的最大差異處，則在於所謂的「壓縮性（compressibility）」。基本上，液體是不可壓縮的，因而才有「巴斯噶原理（Pascal's Principle）」以及根據此項原理所製作成的水壓機；反之，氣體則可被壓縮，例如汽油發動機內的「奧托循環（Otto cycle）」，其四步衝程（four-stroke）中便包括了壓縮衝程這一步驟。





(附圖一) 物質的三態變化



(附圖二) 水的三相圖

我們小標題中的「通常狀況」，主要是指常溫（如自然界的氣溫）與常壓（如地面處的大氣壓力），由於溫度與壓力是熱力系統中最重要兩項狀態變數，故系統中的溫度與壓力發生變化時，往往就伴隨著物態間的變化或轉換。最足以說明此類關係的物質，那就是對人們極為尋常但卻又特別重要的水，對應著不同的氣溫與氣壓，大自然中的水，竟然可呈現出諸如雲、雨、霧、露、霜、雪、雹、冰等種種不同的面貌，真可說是「氣象」萬千！

在物理學上，我們口中的固體、液體與氣體，常被稱為固態、液態與氣態，同時也可稱做固相、液相與氣相，這三者間因外界條件之改變而產生的「相變（change of phase）」，是學理中的一項重要課題。在附圖一中，我們列示了三態之間兩兩變化時的有關術語：例如由固態經相變而成為液態時，此過程稱為「熔化（或熔解）」，其相反的過程則謂之「凝固」；同理，可得到液態與氣態間的「蒸發（或汽化）」與「凝結」，以及氣態與固態間的「凝華」與「昇華」。

廣義的相變相當複雜，我們稍後會再作說明，但若以水為例來說明其三態間的變化，相對地也就簡明多了。最容易說明此一問題者，莫過於其「三相圖（triple phase diagram）」，如附圖二中所示。三相圖是一張以壓力為縱坐標與溫度為橫坐標的平面曲線圖，由圖中可得知固態的冰、液態的水與氣態的水蒸汽這三者各自存在的區域，以及每兩態（固與液，液與氣，氣與固）平衡共存與相互轉變的條件，還有那個「三相點（triple point，即三態平衡共存處）」的位置。

非常條件下的物態

上面所談到的物質三態說，非但是一種宏觀論述，而且也是通常情況下的產物，因此那只能算是狹義的物態說。指它是宏觀論述，因為它未討論到物質的微觀結構，且固、液、氣這三態，乃屬20世紀之前的傳統分類方式；說它是通常情況下的產物，是未考慮到高溫與高壓，乃至施加外場（如電場與磁場）的特殊效應。因此，若同時計及物質的微觀結構與外界的正常條件，則物質存在的不同狀態，毋寧是多采多姿的。

首先加入新序列排列的，是所謂的「電漿（plasma）」，按電漿這一術語，最初是出現在生物學上，物理學中的採用，那是1928年以後的事了，它是指氣體處於高度電離的狀態。大約是在1925年，美國科學家蘭格姆亞（Langmuir）在研究氣體放電時，發覺輝光放電與弧光放電中的氣體，出現了正、負離子密度大致相等的高度電離情形，而整體上的電離氣體呈電中性，由於正、負離子相等的這項特性，故也有人將其稱為「等離子體」。多年以來，電漿被歸類為「物質的第四態」，它與很多的科技部門都有密切的關係，甚至其本身即為物理學中的一門學科，這被稱為「電漿物理學（plasma physics）」。

若從物質內部的結構而論，則物質的存在形式又有諸如結晶態與液晶態之類者。結晶態指的是「晶體（crystal）」，這類物質中的分子或原子，是以規則的排列呈現，具有相關的對稱性與週期性。所謂「液晶（liquid crystal）」這東西，則指某些有機物質，既存在一種液體所具有的流動特性，又兼具了某些類似於晶體的光學性質，因而介於液態與晶態之間，故此也可稱為介晶態。液晶的應用範圍相當廣泛，舉凡生物、醫學與電子工業等領域都會用到它，我們常說的液晶電視，也越來越普遍地進入每個家庭。

又當物質處於極端條件下，會出現所謂「超（Super）」的狀態，例如當水銀的溫度降低至4.2k以下時，其直流電阻宣告消失，我們說它進入了「超導態（Superconducting state）」；又如液態氦的溫度降至2.17k時，其黏滯性幾乎為零，我們說它進入了「超流態（Superfluid state）」；超導與超流，兩皆超低溫的結果，它們是低溫物理學的研究課題，這在物理奇譚（九）那個單元中曾提到過。除了溫度的改變會影響物態外，改變壓力亦能改變物質的存在形式，例如氫氣在極大壓力下，會轉變成具有金屬特性的固態，這叫做金屬氫態。

所有上面提到過的固態、液態、氣態、電漿態、結晶態、液晶態、超導態、超流態與金屬氫態等，它們不是自然地存在於地球上，就是可在實驗室被製作出來，然而還有一些極為特殊的物態，就非得向宇宙深處找尋不可了。例如天文學中的白矮星，是一種質量大而體積小的恆星，其內部之壓力與溫度非常高，因而使原子中的軌道電子都脫離了原子核，這導致那些裸露的原子核緊密地結合在一起，從而使其密度極大，這被稱為超固態。又例如也是天文學中常談論的中子星，由於其溫度與壓力更遠超過白矮星中的對應值，以至核外的軌道電子全被擠入原子核中而與質子結合成中子，這時的密度尤其大得驚人，此一高密度的物態稱為中子態，中子星之得名便由此而來。

最後，我們再來談談相變的問題。既然溫度與壓力的變化（為節省篇幅，外場如電場與磁場的施加效應就略而不論）會使物質具有如此眾多的面貌，那麼所謂的相變，除了名稱與存在形式外，到底還改變了那些「基本特性」呢？要回答這個問題，我們可將相變區分為兩類：第一類因物質之結構有所變化，故稱結構相變，這伴隨有體積的改變與相變時的「潛熱（latent heat）」發生，所謂潛熱，是指每單位質量之物質，在溫度不變而物態有所改變時所吸收或釋放的熱量，例如將攝氏零度的冰熔化成攝氏零度的水，其體積變小而由固態轉換成液態，且須每公克吸收約80卡的熱量；相對而言，第二類相變則不具有第一類相變時的特徵，取而代之的，是諸如比熱與等溫壓縮係數的物理特性產生了變化，所以這類相變又稱為特性相變，物質由正常態進入超導態，液態氦由一般流體進入超流態，這都是特性相變的例子。不過，倘若組成物質的微觀粒子之本身結構未曾改變，則同一物質無論是以何種物態出現，其化學性質是不變的。

論述	大陸透視	法令天地	工作園地	科技新知	健康生活	生態保育	文與藝	友善校園、快樂學習	其他
----	------	------	------	------	------	------	-----	-----------	----

科學新聞摘要

◎ 林治平

肥胖成流行病 腰圍影響健康

世界肥胖問題日益嚴重，又獲得一項歷來最大規模的研究證實。根據刊登在美國心臟學會期刊的研究報告，全世界人口有50%至66%體重過重或是肥胖，顯示肥胖已成為一種流行病。這項研究也發現，腰圍增加會使罹患心血管疾病和糖尿病的風險大增，男性的腰圍若超過標準五吋半，出現這兩種疾病的風險分別增加36%和59%；女性腰圍若多出六吋，風險更增加40%和83%。

法國國家衛生與醫療研究所於2005年進行這項研究，對象是63個國家近17萬名18至80歲的成人，結果發現有24%男性和27%女性達到肥胖程度，另有40%男性和30%女性體重過重。各地區肥胖人口比率不同，由東亞和東南亞地區的7%以至加拿大的36%，中東和非洲女性肥胖比率更達38%至40%，因此研究人員呼籲政府應更積極推展運動和均衡飲食，以減少肥胖人口比率。

避免體重增加 防癌最佳方法

肥胖不但會增加罹患心血管疾病的風險，根據世界癌症研究基金會提出的報告，罹患某些種類癌症的危險性也會升高，而且只要體重增加，即使仍保持在健康範圍內，也會提高罹癌機率，如乳癌、腸癌和胰臟癌。因此研究人員建議，在健康體重範圍內，越瘦越好，成年之後都要儘量避免體重增加，因為防癌的最佳建議就是避免變胖，而已經過重的人則應該設法減重。

這份報告根據的是對全球7,000項癌症研究所作分析，除了指出肥肉增加與罹患癌症風險有關，並列出各種食物與特定癌症的關係，例如蔬果無明顯致癌危險，但肉類與魚類則會增加這種風險，其中紅肉與加工肉品可能導致結腸直腸癌。肥肉在身體累積的位置也可能會影響罹癌種類，例如腹部的脂肪與罹患腸癌有密切關係，而體脂肪則可能與膽囊癌有關連。

減重再傳妙方 飯前嚼口香糖

如今人人知道發福非福，因此減重方式不斷推陳出新。最近肥胖問題會議在美國紐奧良舉行時，有研究人員提出新的減肥妙方，鼓吹嚼口香糖和保持單身都有助減重。根據英國的研究，在準備膳食前嚼口香糖，進餐時會吃得比較少，攝取的甜點熱量約少掉近50卡，這是因為嚼口香糖能夠抑制飢餓感和食欲。其實在用餐前嚼點食物都能夠增加飽足感，例如啃個蘋果也有類似效果。

美國則有研究顯示，或許保持單身才是減肥良方，因為針對美國8,000名年輕人的5年追蹤研究發現，男女在5年內體重平均分別增加11公斤和7公斤，但已婚男女胖更多，平均分別增加13.5公斤和11公斤。結婚後更容易贅肉上身，因素包括減少運動和有了小孩。但當然不能因此要人不結婚，研究人員建議配偶相互影響，從事正面活動，過健康生活，才能享受婚姻幸福而不變胖。

油產料將劇減 高價恐成常態

國際油價漲個不停，一再逼近每桶100美元關卡，許多分析師都認為遲早會破百。儘管也有不少人不將油價飆漲歸咎於炒作哄抬，但由長期供需關係看來，由於油源日減，高油價恐怕會成為常態。德國科學機構能源觀察組織最近提出報告預測，世界石油產量已於去年達到高峰，今後將逐年減少，每年產量減少幾個百分點，到2020年將大幅減少，2030年更嚴重，供應量恐怕比現在減少逾半。

根據能源觀察組織提供的數據，世界石油產量最高達每天8,100萬桶，但2020年時估計將降至5,800萬桶，2030時更將減至3,900萬桶，這種悲觀看法與國際能源總署的估計迥異。該組織表示，這項報告最令人擔心的就是今後石油供應將呈急劇減少走勢，這勢將造成供應短缺問題，而且無法以增加其他石化燃料、核能或替代能源彌補，能源問題恐怕越來越嚴重。

能源問題緊迫 人類最大威脅

世界能源問題日漸緊迫，頂尖科學家也感憂心，認為這是人類面臨的最大威脅之一，因為所有科學證據都顯示，目前的能源趨勢無法持續，必須轉換到能夠永續發展的未來能源，這是人類本世紀所面臨的重大挑戰。他們呼籲各國為世上尚無電可用的16億人口提供電力，但不要插手造成地球暖化與地緣政治衝突的能源來源，同時強調使用石化燃料可能引發石油戰爭與氣候改變的危險性。

這些科學家是美國、英國、法國、德國、巴西、中國和印度等國家的科學院院士，他們組成的國際科學院委員會提出報告，特別針對中國和其他開發中國家增建傳統燃煤發電廠提出警告，擔憂這將破壞為穩定大氣層中二氧化碳含量的努力。報告中也呼籲各國努力增進能源效率，以降低廢氣排放，同時大力支持回收能源，因為這種能源的潛力尚未開發，而且將為貧窮國家提供無窮機會。

核能需求擴增 將成主要能源

能源需求日增，石油產量有限，替代能源尚未成熟，因此國際原子能總署最近提出報告說，今後數十年，核能仍將是主要能源來源，估計至2030年時，核能產量的增幅最低25%，最高可能達到93%。這些成長大都將來自能源需求大的國家，包括中國、印度、南韓和日本，尤其中、印兩國因人口眾多，經濟蓬勃發展，必須盡力開發能源，而目前核能分別只提供兩國能源需求的2%和3%。

目前全世界興建中的核電廠有31座，開發中國家占了16座，以中國和印度最多，中國就有四座，而且計畫在2020年前擴增五倍，但屆時核能發電仍將只占全部電力的4%。原本大力反核的歐洲也可能改弦更張，英國或將以新核電廠汰換所有老舊核電廠，德國的核電廠也可能繼續運作，如此核能產量到

2030年將擴增20%；至於北美洲的核能產量將溫和擴充，幅度約在15%至50%。

▲[Top](#)