

真空透支能量 憑空跳出粒子

科學講堂

「真空」這個概念，大家應該起碼在使用「真空吸塵機」時接觸過：一個完全真空的狀態，其氣壓會為零，因此周圍的空氣就會被吸向真空的區域，繼而發揮吸塵的功效。表面上來看，真空的區域之中應該「空無一物」，然而專門處理微觀世界的量子理論卻告訴我們，這個叫作「真空」的狀態其實熱鬧非常！今次就與大家探討一下當中的科學。

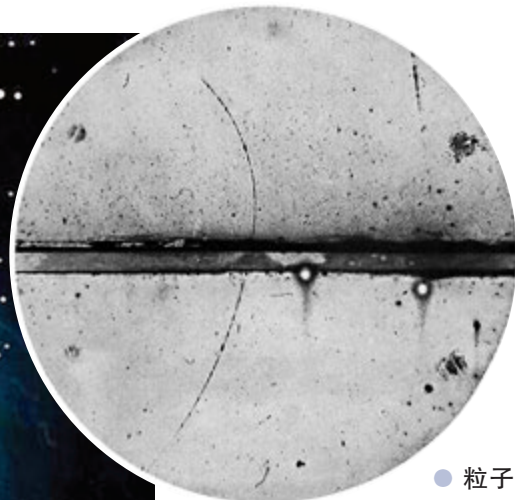
只要總電荷是零 可生出正負電子

「真空」究竟是什麼？我們可以想像這樣製造出一個真空的狀態：將一個空間密閉起來，禁止物料從外界隨意進入，然後再逐個粒子將空間中的物料（比如說空氣）從空間中移除；當最後的粒子也被移除之後，這個空間就變成一個真空的狀態了。從另一個角度來看，真空就是一個能量低得不能再低、沒有足夠能量生成新粒子的狀態。

不過這個「沒有足夠能量生成新粒子」的描述，到了微觀的量子世界，卻與我們熟知的日常規律有點兒不同。量子世界的不確定性原理告訴我們，縱然我們沒有足夠的能量，量子世界其實容許我們暫時「透支」去產生新的粒子。也就是說縱然是真空的狀態，亦可以憑空「跳出」一顆電子跟一顆正電子。正電子是電子的反粒子，除了電荷相反以外，正電子在其他方面（例如質量）與電子沒有分別。真空中「跳出」一顆電子跟一顆正電子，其實是電荷守恆的結果：一顆電子跟一顆正電子



●近代用來製造真空狀態的泵。
網上圖片
的總電荷是零，正好和本來不帶電荷的真空一致。



●粒子撞擊
(左)有機會出現更重的新粒子。右圖為第一張發現正電子的圖片，當中弧形向左的就是正電子的軌跡。
網上圖片

研究能量透支 間接認識新粒子

能夠從真空中跑出來的，其實不只限於一對正電子和電子；理論上來說，跑出來的可以是一個質子與一個反質子，甚至是一顆金原子跟它的反粒子。到了這裏大家或者會覺得不可思議，因為真的好像從來沒有見過黃澄澄的金子（和它的反粒子）從虛空中「無中生有」地掉出來。這是因為不確定性原理的一個很重要的條件還沒有被說出來：如此的「能量透支」雖然可行，但只能維持一段短暫的時間。也就是說真空的確是可以憑空製造出一雙電子和正電子，但這個狀況不可以維持太久，很快這顆正電子就必須和那顆電子組合，重新回復空無一物的狀態。而且要「透支」的能量

愈多，這種「能量透支」可以維持的時間就愈短；也就是說金子與反金子是真的可以從真空中突然出現，但它們出現的時間會比曇花一現更為短暫。這也就是為什麼在平常生活中，我們好像都沒有經歷過這些「能量透支」現象的原因。

不確定性原理導致的這種現象，有一層頗有趣的意義：較重的、平常不常見，甚至我們不知道的粒子，其實並非與我們完全割裂；它們也存在於我們身邊的空間之中，參與各種大自然的活動，只不過它們出現的時間短暫，所造成的影響微小，不容易被我們發現而已。不過，這也為探索新粒子的科學家

提供了另一個研究的方法：經常在報章新聞上聽到的粒子加速器，經由加速粒子來為它們注入高能量，好讓它們在互相碰撞的時候可以有足夠的能量去產生較重的新粒子。這是一個直接製造、研究新粒子的方法。以上提到的「能量透支」現象，卻代表一個間接認識新粒子的方法：縱然我們沒有足夠的能量去製造這些新粒子，但它們微細的影響還在，只要我們細心地累積大量的數據，再仔細研究，也可以從中找出新粒子的各種特徵。在科學家們正為是否能建造更大的粒子加速器而猶豫的時候，這個間接的方法也會是一個很重要的方向呢。

●杜子航 教育工作者

早年學習理工科目，一直致力推動科學教育與科普工作，近年開始關注電腦發展對社會的影響。

面積為整數的三角形

奧數揭秘

以下是一道關於三角形的題目，設了些限制條件，看來就變得複雜。

問題： 求出符合以下條件的三角形的數目。
三邊的長度皆為整數，皆小於15。
面積為整數。
至少一個角為30°、45°或60°。

分析： 初看時覺得符合條件的三角形好像挺多，至少三邊長度少於15的三角形相當多。不過題目後半多了角度和面積的限制，其實已經篩去了許多可能。那就不妨把一些角度和面積的資訊，用算式連起來，看看可以發現到什麼隱藏的資訊。

答案： 考慮面積公式， $A = \frac{1}{2}ab \sin C$ ，當中C為該特殊角，那樣取 $\sin C$ 為主項，得 $\sin C = \frac{2A}{ab}$ ，觀察等式右方，由題目條件得知此分數的分子分母都是整數，是有理數，而當C為45°及60°時，為無理數。故此C只能是30°。
又由餘弦定理，得 $\cos C = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab}$ ，再由等式右方分子分母得知 $\cos C$ 需要是有理數，但 $\cos 30^\circ$ 仍是無理數，因此符合題目條件的三角形不存在，數目為0個。

題解裏大致來說，就是看到特殊角在取 \sin 或 \cos 的時候，剛好全都有無理數值，而在常見的面積定理和餘弦定理之中，會在移項之後發現這些取值都需要是有理數，計算後發現矛盾，就可知沒有三角形可以符合條件。

初時看題目，見到三個條件，第一感覺就是很複雜。單看第一個條件，三邊長度小於15，即使有三角不等式的限制，還是有很多，如果打算數幾個出來，就會花掉很多時間。列舉起來的複雜性，是可預見的。

至於面積的條件怎樣用，那大概都要列幾條面積公式出來，然後看看有哪個管用。反正條件裏有邊有角，邊列公式，邊看看算式裏的數字有什麼特性，大概可以多點頭緒。

若果留意到有三邊為整數的條件，加上一隻角的角度，從而想到用餘弦定理，那樣就會想到 $\cos C$ 是有理數，然後會刪去角度為30°和45°的可能。

大致來說，單獨看三個條件，通常都可以有

以上的思路，至於綜合起來，要用多少時間才想得通，就很難說了。

開始解難時，大致上都是嘗試由題目的條件中得到多點資訊，然後從資訊中找出適合的算式，再把算式連上關係。這些綜合應用的背後，要先把題目做得熟練，才會有效果。

奧數的訓練，多數都是做一些綜合應用，只是做多了，學生就可能覺得只有綜合訓練才是好的，從而忽略了一些操練式的直接應用。事實上，數學有些工具是要操練，像小學有算術加減乘除的操練，初中要練解方程和代數式運算，高中延伸部分要練微積分。各程度都有些重要的工具需要練習，然後基礎才會穩，理解其他工具才有好的根底，做綜合應用時才有多些想法。

在解難中訓練思考是好的，而思考背後，還是多少需要一點知識基礎，有許多平實的功夫要做，許多工具要能熟練使用。巧婦難為無米炊，累積多點知識然後思考，比起憑空思考，必定更有效率。
●張志基



●CUHK-JC iCar是一架內置了六項AI功能的智能車，支援線條追蹤等功能。
作者供圖

算法變圖形 積木學編程

智為未來

中大賽馬會「智」為未來計劃的初中AI課程是由中大團隊與本地中學共同創建的，我們的研究團隊聆聽了很多老師實踐AI教學時的經驗，明白到要深入淺出教授AI，需要軟硬件實驗兼備，所以特別採用編程積木(Blockly)介面支援實驗部分，又自家開發了CUHK-JC iCar支持硬件教學，讓學生動手動腦，提高他們的學習興趣，達到有效地學習AI，同時支援了自主學習的大趨勢。

可是，什麼是編程積木呢？其實學習AI除了可運用電腦軟件進行編程之外，還可以透過硬件來學習。這個

星期，就讓我們用CUHK-JC iCar來一課AI教學。

CUHK-JC iCar是一架內置了六項AI功能的智能車，支援了AI人臉識別、物件追蹤、物件識別、線條追蹤、顏色識別和標籤識別。它的組件很簡單，主要由四個配件組成：一部非常細小簡單的「可編程微型控制器」micro:bit、AI視覺芯片HuskyLens、包含多種傳感器的底板和用3D打印技術打印出來的外殼。

以人臉識別為例，透過HuskyLens的鏡頭，AI以「身份識別」為基礎，分析收集到的影像素材，即人臉的立體特徵如五官大小、距離及深淺等，進行分類(Classification)和標籤(Labeling)，再透過深度學習(Deep Learning)訓練，整理歸納

出軟體識別引擎的特殊演算法，查找影像間的關聯性和相似度，去確認身份，使CUHK-JC iCar懂得跟隨指定身份移動。

類似的演算法，除了可應用在人臉識別外，同樣可對線條、物件、顏色作出分析、分類和標籤，從而做出指定的識別及回應。

而編程的部分，我們運用了中小學常用的micro:bit。micro:bit本來是一台專屬給中小學生學習程式的工具，採用了編程積木作為編程語言，將原來AI編程常見密密麻麻的算法，以一個個類似積木的圖形化編程顯示，大大簡化了界面，令初學者毋須處理複雜的算法，都可以輕易理解訓練AI模型時的步驟，為學生提供入門級的AI體驗。

●中大賽馬會「智」為未來計劃由香港賽馬會慈善信託基金捐助，香港中文大學工程學院及教育學院聯合主辦，旨在為香港中學創建新的AI課程、支援框架及可持續的AI教育模式，以促進相關的AI教育生態發展。嶄新又全面的AI課程希望為學生提供AI倫理意識和知識，裝備他們應對未來工作。



簡介：奧校於1995年成立，為香港首間提供奧數培訓之註冊慈善機構(編號：91/4924)，每年均舉辦「香港小學數學奧林匹克比賽」，旨在發掘在數學方面有潛質的學生。學員有機會選拔成為香港代表隊，獲免費培訓並參加海內外重要大賽。詳情可瀏覽：www.hkmos.org。

