

廣達《游於藝》

廣達《游於藝》計畫②⑦-巡迴展覽「見微知美-驚豔新視野」接續台中國立自然科學博物館科學攝影比賽的核心精神，想傳遞「自然科學也可以很美麗」的概念，鼓勵大家透過第三隻眼睛來捕捉隱匿藏身於自然世界、日常生活中的微小主角們，經由觀察與紀錄，領略到美的各種元素樣貌，甚至應用於各個領域中。只要開啟敏銳的觀察力，大自然不僅處處是驚喜，更是人類最珍貴的老師！準備好了嗎？讓我們一起追尋、探索它所蘊藏的奧秘吧！

主辦單位：廣達集團、廣達文教基金會

合辦單位：國立自然科學博物館

協辦單位：國立臺灣科學教育館、廣達《游於藝》計畫學校

圖像授權：Richard Heeks, 李鍾旻、陳柏亨、溫英佐、顏豐鈞、魏辰旭

圖像提供：國立自然科學博物館、國立臺灣科學教育館、Bridgeman, Alamy

顧問團隊：吳杏惠(台北市興雅國小自然科老師)、楊翎(國立自然科學博物館展示組副研究員)

發行人：林百里

總編輯：徐繪珈

文字撰述：楊潔如、廖靜如

研究企劃處：廖靜如、吳亦婕、楊潔如、鄭巧玟

推廣處：吳宛娟、楊欽智、吳佳晏、陳巧儀、陳麒宇、洪麗君

多媒體處：陳紹泰、趙泰銘、李馨宜

行政處：陳志良、吳俊穎、林泰安

國際交流處：鄭蘭花、楊晶晶

美術設計：李洸慧

發行所：財團法人廣達文教基金會

地址：台北市士林區後港街116號9樓

電話：02-28821612

傳真：02-28826349

網址：<http://www.quanta-edu.org>

出版日期：2017年8月

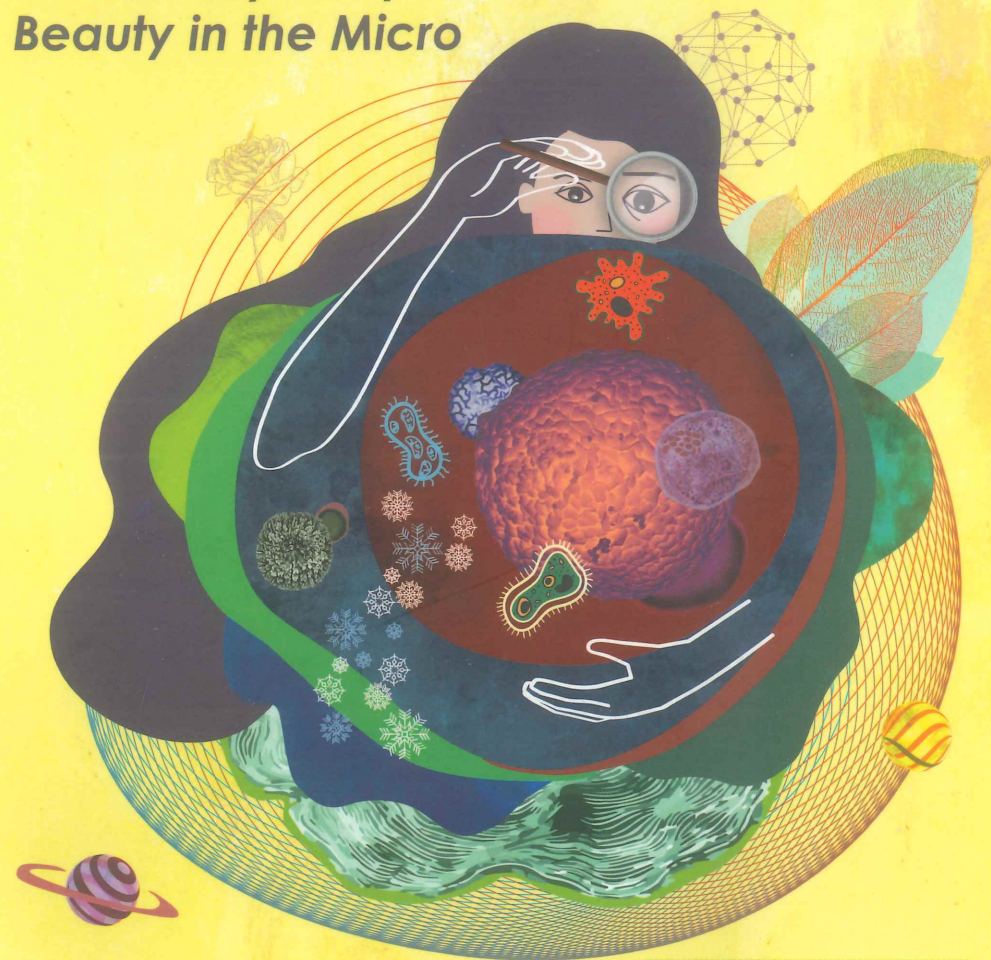
版權所有・翻印必究

廣達《游於藝》計畫②⑦-巡迴展覽

驚 豔 ● 新 視 野

見微知美

A Visionary Perspective:
Beauty in the Micro



Quanta
IMMERSED IN CREATIVITY
廣達游於藝

兒童導覽手冊

Children's Guide Book



廣達文教基金會
Quanta Culture & Education Foundation

Uncle Barry 給大小朋友的話：

嗨，你們好，我是 Uncle Barry，是一位非常熱愛進行大自然觀察的好奇寶寶，我認為大自然是最偉大的藝術家，更是了不起的發明者！每當走出戶外，眼前看到的各種景物、自然現象，如果願意花些時間仔細端詳，其實其中蘊藏著許多美妙的風景喔！觀察各種生物於大自然中的特殊生存法則，也往往能讓我學習到很多科學常識呢！

大自然世界充滿奧秘，而進行自然觀察又是如此地有趣與充滿驚喜，現在邀請大家一同透過廣達《游於藝》計畫 27- 巡迴展覽「見微知美 - 驚豔新視野」來進行一場大自然探索之旅吧！

Hi, I'm Uncle Barry, a curious and avid observer of nature. I believe that Mother Nature is the greatest artist and a remarkable inventor! When outdoors, we are surrounded by a plethora of scenery, objects and natural phenomena; if you are willing to spend time and take a closer look, you will discover an abundance of incredible sights hidden within! You can gain diverse scientific knowledge by observing the different survival instincts of the many organisms in nature!

Nature is full of mysteries, thus observing nature is so interesting and full of surprises. Now, come join us on a journey of exploration in nature brought you by Quanta's "Immersed in Creativity" program no. 27 - "A Visionary Perspective: Beauty in the Micro" touring exhibition!



展覽概述

本展覽由「觀察與美感」、「觀察與發現」、「觀察與創新」的關係出發，規劃出「自然觀察看見蘊藏之美」、「捕捉自然的奧秘」與「自然妙點子」三大展覽主題；期望並鼓勵觀眾從大自然這座天然寶藏裡，透過觀察蘊藏於微小、隱匿之處的生物與其行為、各種現象等，並搭配運用各種紀錄工具與方式，從中領略出如色彩、秩序、比例、結構或質感等美感組成元素；也延伸啟發在科學上的重大發明；並進一步實踐在生活當中各種巧妙應用；藉此鋪陳來引導出「好奇心」與「觀察力」之於人類的重要性。

愛因斯坦說過：「深入觀察自然，你就會理解更多的事物」。你曾想過為什麼鳥類會飛翔？蓮葉上的水珠為什麼不會滲透到葉裡？植物的種子、花粉存在著哪些豐富的多樣性？蜂巢的六角形秩序結構又有什麼功能？這些自然的現象、構造就存在我們每天的生活周遭，因為太習以為常而忘卻在熟悉的景象中還藏有許多你未曾發現的細節，只要你願意打開眼睛、耳朵、鼻子等所有感官，慢下腳步去觀察，你將可以重新開啟新的觀點與視野。如此一來，每個人就都能「見微」進而「知美」，知自然的構造之美、知自然的科學之美，知自然在生活應用中的創新之美！驚豔這個自然世界所帶給你的各種收穫，都將是最美好的經驗。

This exhibition is centered on the relationship between "observation and aesthetics, discovery, and creativity." The three main themes of the exhibition are "Discovery of Hidden Beauty through Nature Observation", "Capturing the Mystery of Nature", and "Ingenious ideas of nature". Visitors get a chance to grasp the profound mystery that is treasure grove of nature through the observation of creatures, behavioral patterns and phenomena hidden within the micro world by combining the use of recording tools and other methods. The exhibition comprises of the main elements constituting aesthetics such as colors, order, proportion, structure and texture as well as their extension into major scientific discoveries, enlightening experiments and various ingenious practical applications in daily life, highlighting "curiosity" and the power of "observation".

目次

一、展覽概述	01
About the Exhibition	

二、自然觀察發現「色彩」蘊藏之美	04
Observing nature to discover the hidden beauty of "color"	

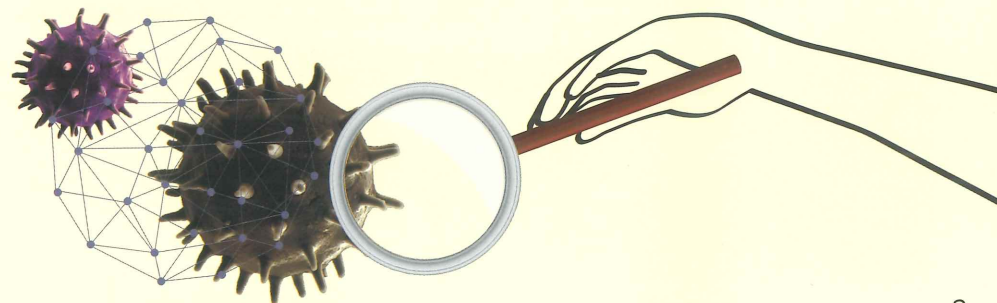
三、自然觀察發現「構成」蘊藏之美	10
Observing nature to discover the hidden beauty of "composition"	

四、自然觀察發現「結構」蘊藏之美	14
Observing nature to discover the hidden beauty of "structure"	

五、自然觀察發現「秩序」蘊藏之美	18
Observing nature to discover the hidden beauty of "order"	

六、第一次自然觀察就上手	26
Let's get the nature observation started!	

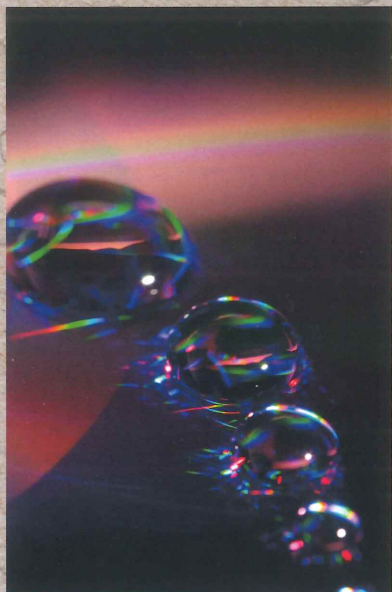
學習單	36
Worksheets	



自然觀察發現 「色彩」蘊藏之美

自然觀察可說是藝術的起源，發明的起點，甚至是所有科學研究的基礎。放眼望之萬物皆能成為我們觀察的對象，大到宇宙天地，小至細菌灰塵；觀察力敏銳的人，往往在好奇心驅使下，透過眼睛、耳朵、嗅覺等感覺器官所獲得的訊息，如實記錄下來，就能從平常人們習以為常的小細節中發現許多潛藏驚奇，甚至洞見特殊的色彩、比例、結構等美感元素！

色彩是我們接觸自然、生活環境、各種事物所建立的第一直覺印象。自然界中存在的各種顏色，其實是來自於眼睛、腦和我們生活經驗對於光線所產生的視覺反應。



絢麗小宇宙 The Bright and Colorful Mini Cosmos
陳柏亨 | 攝影 | 國立自然科學博物館科學攝影特展作品



絢麗小宇宙 The Bright and Colorful Mini Cosmos
陳柏亨 | 攝影 | 國立自然科學博物館科學攝影特展作品

讓我們透過有趣的科學實驗，認識光與色彩之間的關係吧！

《絢麗小宇宙》中將生活常見的CD或DVD片，滴上水珠，CD片表面的「反射式光柵」會產生「分光現象」，透過水珠的反射原理，將光柵分光所產生分離的不同顏色光線，聚集其中，而呈現出彩虹般的奇幻感。試著動手實驗看看！

科學小知識：色彩故事

沒有光線就沒有顏色，自然世界中不同物體各種顏色，其實都來自於光的作用。光照在物體上，一般會發生三種作用：吸收、反射和折射；通過這三者共同作用影響，使得我們能看見物體的顏色。例如綠草，因草吸收了所有顏色後，只反射出綠色光的緣故，進入人的眼睛後，就能看見草是綠色的。

可見光的光譜就是我們熟悉的彩虹七彩顏色。而彩虹的出現也是因光線照射到空氣中水滴發生反射和折射所形成。不同生物能看見的可見光波長不太一樣，因此，可能我們眼中五彩繽紛的世界在某些動物眼中是黯淡無光的呢！



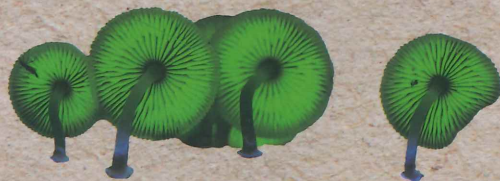
螢光

了解顏色與光的關係後，讓我們透過以下精彩的攝影作品來認識自然界中存在的更多色彩美感元素！

特殊的螢光色彩也常在自然界中出現，其中就屬極光是最為壯觀、神秘夢幻了；「極光」是因太陽風掃出的高能帶電粒子，在地球磁場導引下，在高緯度的天空與地球大氣層中的原子交互碰撞所造成的發光現象。極光多半是綠色，有時則會出現紅、黃、紫或藍，甚至顏色的層疊混和而顯得更加絢麗。



婆娑極光 Whirling Aurora
賴亦德 | 攝影 | 國立自然科學博物館科學攝影特展作品



竹林裏的精靈 (螢光蕈) Spirits of the Bamboo Forest (Bioluminescent Fungi)
陳裕隆 | 攝影 | 國立自然科學博物館科學攝影



深紋 Indentation
秦義雯、張智翔 | 攝影 | 國立自然科學博物館科學攝影特展作品

而有些生物體身上的發光現象我們稱之為「生物螢光」，除了大家熟知的螢火蟲，有些深海的魚類：如鰈魚；無脊椎動物如水母、珊瑚等；甚至一些菌類：如螢光蕈；大自然的神奇，讓這些生物不僅擁有特殊的色彩來照亮黑暗的機會；也是為了求偶、引誘獵物、或是防禦來嚇退敵人，而得以存活下來的一種機制喔！

科學小知識：認識螢光

螢光 (fluorescence)，廣義中，人們通常習慣將生活中各種微弱發光的物質稱為螢光。然而仔細區分其發光原理，實際上的螢光是物質受到光線中不可見光的某種波長 (如紫外線或 X 光) 的照射吸收能量並消耗後，而釋放出另一種波長的光線，即是我們所能見到的螢光。

而自然界中的螢光，可在部分的礦物、高層大氣的極光、以及有些生物的螢光現象見到。

而在螢光的應用上，不僅可在一些特殊的照明裝置上看見；甚至能運用在生化科技與醫藥的研發當中。



生活應用

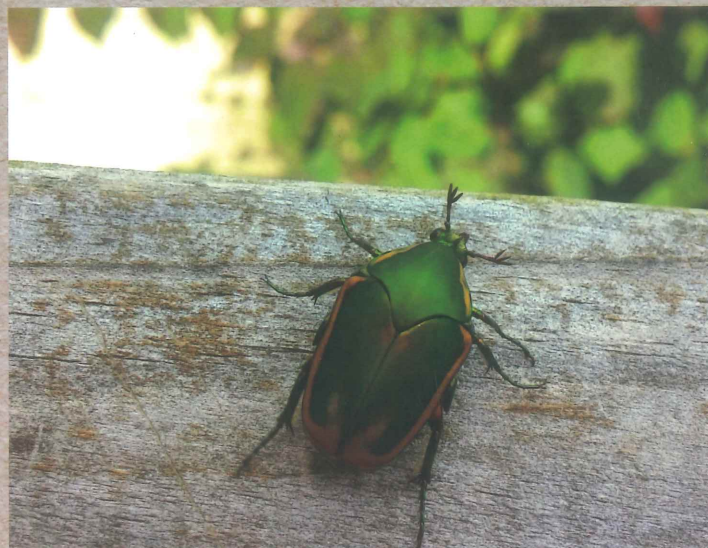
自然界中充滿美麗繽紛的色彩，不僅能讓我們享有視覺愉悅的感受，更可以應用於生活當中，為人類帶來解決問題的科技發明靈感呢！

如果仔細觀察自然界中存在的一些生物，牠們身上閃爍著的絢麗顏色其實深藏著奧秘，圖中展翅的大美藍蝶翅膀，會隨著我們觀看的角度不同而有所改變；如此神奇的美麗衣裳，在科學家透過電子顯微鏡的觀察後，發現是因為蝶翼的鱗片表面有著一種名為「光子晶體」的奈米等級顯微結構，它以特殊樹枝狀並呈現週期性的排列，和光產生交互作用；依據光的反射定律，因這種結構的特性，使其受外來光線照射時，發生不同的折射，反射出部份特殊頻率的光線，而產生不同的色彩。

大美藍蝶 *Morpho Menelaus*
攝影 | Google Keyword



眼前這熟悉的背影，是否見過？這有著綠色金光閃閃外衣的無花果甲蟲或是金龜子大家應該都不陌生，在山區森林、農田、公園草地都很常見，牠們身上的殼也是光子晶體！其實自然界中還有許多生物如：變色龍皮膚、孔雀羽毛中也都蘊藏著這種特殊結構，甚至礦物中經常被用來作為飾品的蛋白石也是天然的光子晶體呢！



無花果甲蟲 *Cotinis mutabilis*
攝影 | Pxhere

科學小知識：光子晶體的應用

人類對於光子晶體的具體研究與指標性文章是從1987年分別由雅布羅諾維奇 (Eli Yablonovitch) 與約翰 (Sajeev John) 兩位科學家所提出。接續著在光電領域的研究中不斷地探討光子晶體的應用層面；由於光子晶體的體積非常小，延伸在新的奈米技術中，成功運用於LED燈泡的開發、通信的光纖傳輸中；未來甚至可能使用於鈔票、信用卡的防偽裝置上，這由自然觀察而來的發現與研究，可謂是未來科技發展的一大明星呢！

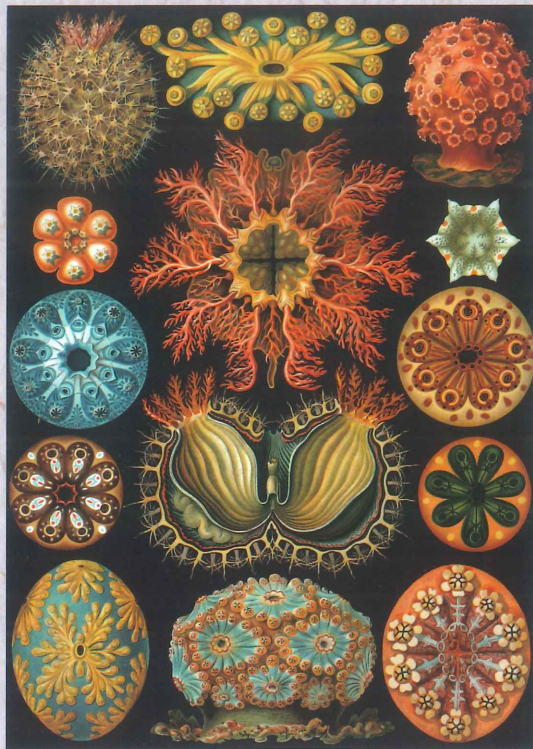
自然觀察發現 「構成」蘊藏之美

對稱美學

美感元素中的「構成」，是有邏輯可依循的。大致可分為對稱、不對稱但平衡的構成、主從關係的構成、格線分割的構成，以及由許多零件組合而成的構成方式。然而在自然界的各式各樣生物中，也蘊藏著各種類別的構成美感，是一種能讓人一眼就覺得舒服且穩定的美。現在就讓我們透過自然觀察者筆下豐富的紀錄、描繪與攝影師的眼睛，一同來領略。

德國生物學家恩斯特·海克爾(Ernst Haeckel, 1834-1919)十分著迷自然觀察，不僅收集了許多動植物標本，更為它們逐一紀錄與細心繪製重現整體樣貌。在他所出版的《自然界的藝術型態》著作中可發現自然界的生物處處可見對稱之美。在他眼中，自然界中存在許多藝術元素，藉由他細膩的生物繪圖，將藝術與科學做了最緊密地完美結合。

梳海鞘 Ascidian
恩斯特·海克爾(Ernst Haeckel) |
素描、水彩 | Alamy



雪花結晶 Snowflake
Aaron Burden | 攝影 | Unsplash

雖然身處於亞熱帶的臺灣，很少能看到漫天飄雪的景象，但透過攝影師 Aaron Burden 的鏡頭，可以窺見雪國天地的片片雪花結晶中蘊藏著對稱、幾何之美。在結晶過程中會因為溫濕度的環境不同，而產生細微的變化，仔細觀察，每個雪花結晶形狀都會是獨一無二的喔！

科學小知識：六角形的秘密

每到聖誕佳節，總是會有許多雪花圖樣的相關產品，以此象徵節慶的到來與濃厚氛圍，更成為歐美流行文化的一部分。但你知道為什麼雪花會呈現出完美對稱的六角形結構？雪花是水的結晶作用所形成，大氣中的水分子冷卻到冰點以下，就會開始凝華（是指一種物質從氣態不經過液態直接轉化為固態的過程）形成冰晶，而冰晶是屬於六方晶系，因此雪花的雛形都會是六角形狀，但因在空中所經過的路徑及局部環境的微變，而導致形成掉落至我們眼前所見各式不同形狀的雪花了。

17 世紀德國科學家約翰尼斯·克卜勒(Johannes Kepler, 1571-1630)出版的《六角雪花》(De Nive Sexangula)是最早出書研究豐富多樣雪花形狀，書中研究了雪花的六角形結構而成為結晶學的先驅。

平衡美學

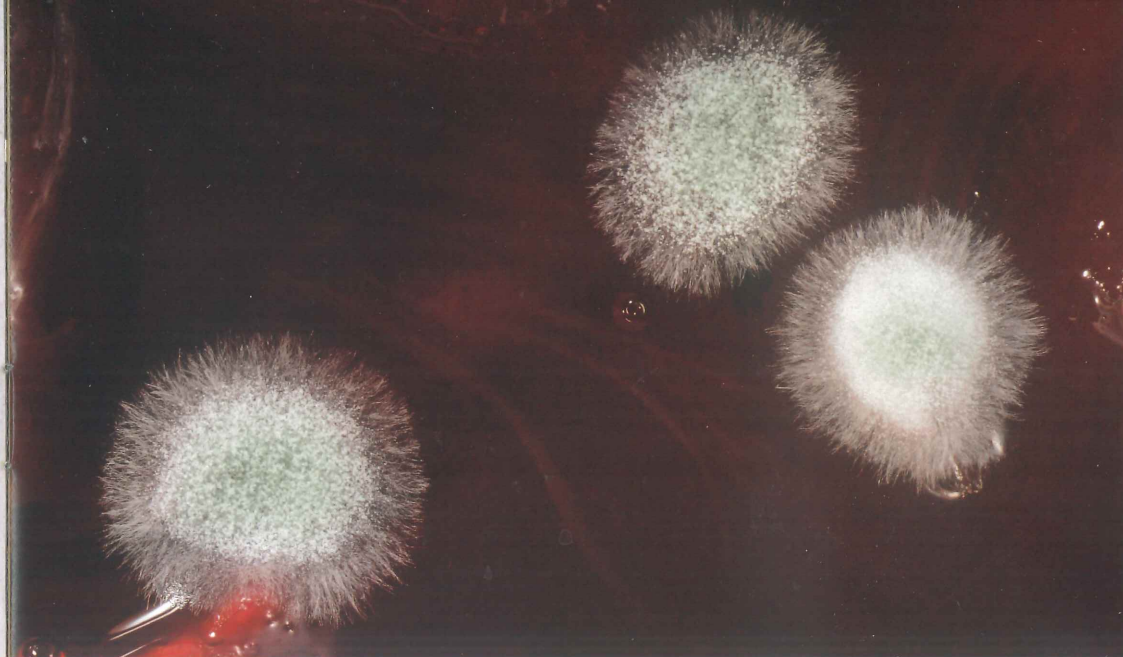
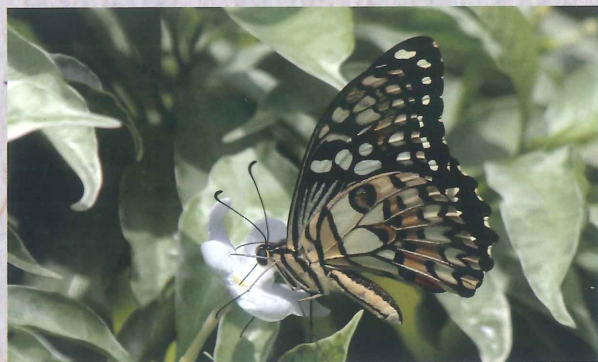
在臺灣，無尾鳳蝶是最接近都市，也是最常出現於我們生活周遭的蝴蝶，也有人稱牠為「花鳳蝶」，幾乎四季都可見，多半有著黑白相間花紋的翅膀，再配上橘或藍紫色的色塊。花鳳蝶的幼蟲總共會歷經 5 次的蛻皮，每階段會蛻除一次頭殼，頭就會長大一點。透過這件《生命中的逗號》，攝影師收集了花鳳蝶幼蟲每一個階段蛻皮時所卸下的頭殼；每次的蛻變，都是花鳳蝶的成長紀錄。而最後一次化蛹，便成為美麗的蝴蝶。

攝影師藉由將這些成長所留下的痕跡，做了巧妙排序，形成一個逗號的圖像，除了象徵花鳳蝶的生命階段，更達到一個不對稱卻平衡且充滿動態的美感構成畫面，是不是相當富有故事與藝術性！



生命中的逗號 The Pause in Life
錢昕 | 攝影 | 國立自然科學博物館科學攝影特展作品

無尾鳳蝶 *Papilio demoleus*
Charlesjsharp | 攝影 |
Wikimedia Commons



微型。菌落 Mold
楊維晟 | 攝影 | 國立自然科學博物館科學攝影特展作品

這件《微型。菌落》是攝影者某天在整理冰箱時發現放置許多未吃的洛神花果醬竟然長出白色黴菌！這一個個圓盤狀的菌絲，像是一團棉花的棉絮；也像是一朵朵白絨絨的蒲公英。每個菌絲獨立地佔據在這片紅通通的畫布上，透過攝影者的微距鏡頭，近距離觀察，也能看見如此有趣的一個組合構成畫面。

科學小知識：黴菌的生成與應用

每天呼吸的空氣中其實充滿各種黴菌孢子，細小到只能用顯微鏡才能看到，隨風飄盪，遇到如果環境中的溫度、濕度、營養等各方面條件都具備時就開始滋長。

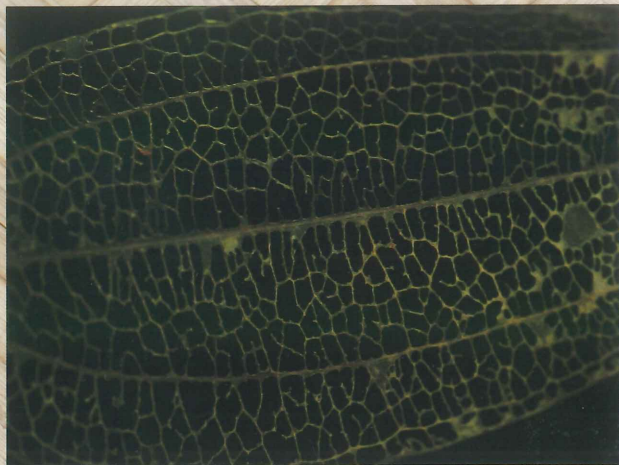
部分的黴菌在生長繁殖過程中會產生毒素，危害人類的身體健康、環境整潔；但並不是所有的黴菌都是敵人，有些則成為人類生活的好朋友，例如刻意培植用來生產食物，例如藍紋起司就是以牛奶、羊奶發酵後再加入青黴菌所製成的；料理常出現的醬油、豆瓣、味噌等調味料也都需要米麴菌來進行發酵；甚至許多殺菌的醫藥用品也都是由黴菌製造出來的呢！

自然觀察發現 「結構」蘊藏之美

師法自然的結構美學

學校的草叢堆中看到小蟲子攀爬在葉子上應該是很稀鬆平常的事吧！
但你有仔細觀察過，他們停留的時間都在做些什麼？不妨透過《手工雕葉》這件作品，一起隨著攝影師的眼睛來探尋這個秘密吧！

這精細的鏤空雕刻原來是來自於一群「長角長頸金花蟲」幼蟲的傑作。這種在台灣低中海拔山區常見的蒺藜植物，葉子呈現橢圓形，葉端微尖，是長角長頸金花蟲幼蟲的主食之一。但牠們只吃掉薄嫩的葉肉，而留下較硬的葉脈，因這樣的天然習性，也創造出如此美麗的天然藝術品。



手工雕葉 Sculpted Leaves
李鍾旻 | 攝影 | 國立自然科學博物館科學攝影特展作品



歡迎光臨我的安全居所庇護港口 Welcome To My Safe Home, To My Sheltered Haven
Juanjo Novella | 鋼雕塑 | 2012 | 6x9x3m | Neale Park, Nelson Gateway, New Zealand |
© 2000-2017 Groundspeak, Inc.

這巨大如葉脈鏤空的優雅公共藝術，出自於西班牙藝術家諾維拉 (Juanjo Novella) 的創作，諾維拉喜愛蒐集植物葉子，並從此延伸作為他主要創作的靈感；這件《歡迎光臨我的安全居所庇護港口》作品是由地長出的一片巨大葉子矗立於紐西蘭一個公園中，放置於草地上，透過葉子彎曲的造型、鏤空的處理，這樣師法自然的完美結構，不僅為空間帶來美感的變化，也創造給觀眾一個特殊的空間體驗，藝術家曾表示他的作品十分歡迎邀請人們能與其互動，因為他希望透過自己的作品，拉近大自然與生活之間更密切的聯接。

科學小知識：植物的血管？

動物和人的全身上下佈滿著大大小小的血管，就像四通八達的高速公路一樣，才能讓血液、養分流通，維持生命。那植物呢？

植物也是具有可循環於全身系統來運輸水分、營養的血管來維持生命，稱為「維管束」，多存在於莖、葉等器官中，而維管束其中又包含韌皮部與木質部，植物會從泥土中吸收水分和礦物鹽，是通過木質部將這些養分由根部向上運送至植物其他的部分；而韌皮部是負責將植物行光合作用的產物 - 葡萄糖運送至植物的其他部位。

運用結構的工藝智慧

你曾在公園散步時，抬頭看著高聳的大樹樹枝，發現野鳥們所築的巢窩嗎？大部分的鳥類只有在繁殖期間才會築巢，而各種不同種類的鳥類所築出的巢形、使用的材料、結構都呈現著不同的美感、選擇的地點也會有所不同。

照片中有著一身黃羽毛的是黑頭織布鳥，又名織巢鳥。繁殖季節會由雄鳥採集植物葉編織鳥巢，辛苦的築巢過程不僅要採集適合的材料外，更要注意不被其他的雄鳥所搶走，而這個辛苦打造出來的房子是為了求偶以做為與雌鳥的新房之用；雌鳥孵蛋期間，雄鳥也會持續進行鳥巢修補以保護鳥太太與孩子們的安全。



成家 Preparing to Start a Family
吳昶甫 | 攝影 | 國立自然科學博物館科學攝影特展作品



北京國家體育館 (Beijing National Stadium)
Jacques Herzog, Pierre de Meuron, 中國建築設計研究院 | 建築 | © JonParry

自然界中的鳥巢形式各異，靠著各種大自然採集而來的材料來創造結構、創造空間。而知名瑞士建築事務所赫爾佐格和德梅隆 (Herzog & de Meuron) 與中國建築設計研究院合作，為大陸北京 2008 年所舉辦的奧運會，所規劃設計建造出的主運動場，正是以鳥巢的結構型態為靈感，將眾多堅硬冰冷的鋼樑，彎曲、疊繞，不規則地編織建造出的外型結構，創造出一種流線藝術感；鋼架的空隙更可以讓陽光照入、通風成為節能、減碳的綠建築。

科學小知識：大自然中的建築師

自然界中生物所住的地方都可以稱為「巢」，不同的物種根據不同的棲息地，而出現各種形式的巢穴，例如松鼠以樹洞為家、潮間帶的修甲蟹會自己挖出泥地洞，鳥類則多以有機物質如枝條、矮草、砂石、羽絨、唾液等做為築巢的材料；魚類、爬行動物、昆蟲、哺乳動物等也多會建造屬於自己的房子。

這些大自然的天然建築師，完全地利用周遭環境、取材自然，建造最適合且能保護自己的安全堡壘，那種渾然天成的建築工藝，讓人嘆為觀止，也非常值得人類學習！

自然觀察發現 「秩序」蘊藏之美

重複單一元素

在自然界中我們也很常看到一種充滿秩序的美感。最容易吸引我們目光的秩序感，單一、重複、整齊劃一的印象帶來清晰明瞭的感受。例如：蜜蜂蜂巢的結構，連續重複的等邊、等角六角形圖案，勻稱規則地排列組成，可謂是大自然最精巧、秩序的完美結構。

蜂巢 Honeycomb
攝影 | Pixaba

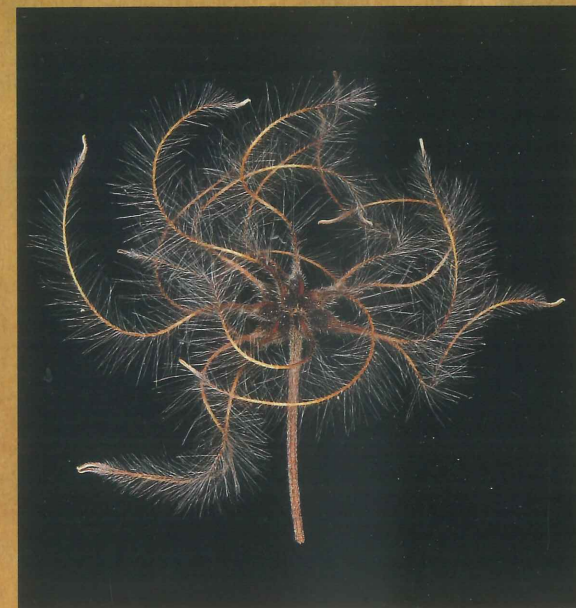


攝影者鏡頭下的這件《印度大田蟹的護卵與孵化》，也讓我們領略到一種生命的秩序之美。印度大田蟹是臺灣早期日間很常見的水生昆蟲，但在農藥肥料大量使用下曾有 10 多年未再現蹤接近滅絕；近年有機栽種的倡導下，又重新發現此種生物。大田蟹卵的照顧與孵化都是由雄蟲負責，這三張連照記錄著新生命到來的過程，這集體的排序、探頭，宛如一串慢慢炸裂開來的煙火！



印度大田蟹的護卵與孵化 The Incubation of *Lethocerus indicus*
李惠永 | 攝影 | 國立自然科學博物館科學攝影特展作品

大自然許多生物也依循著一種法則而生存著。就像樹木由樹幹到樹枝到葉脈，分支生長，越末端越細微；花朵長在花軸上的特定次序、排列狀態，稱之為花序，在結果期，則稱為果序，這些都是自然界中的秩序。串鼻龍這種植物在夏天常見於山區的公路兩旁或山徑上，4-9 月的花期綻放著數量頗多的白色小花，而一旦花謝後，果實長出尾狀長毛，每當秋風吹起，果實隨風揚起，便能將種子散播到更遠的地方去。一團充滿排列整齊的美麗果序就像是可以驅除噩夢帶來好運的捕夢網。



魔力捕夢網 - 串鼻龍果序 Magical Dream Catcher: Infructescence of *Clematis grata*
梁珣碩 林怡均 | 攝影 | 國立自然科學博物館科學攝影特展作品

科學小知識：大自然秩序的建立

宇宙的運行、生物的存活，多樣的面貌，都不禁讓人讚嘆造物者的精奇巧妙。然而這些奧秘由一種秩序支配著，18 世紀瑞典的生物學家卡爾·馮·林奈 (Carl von Linn, 1707-1778)，試圖透過自己所發明的「二分法」，將生物以拉丁文的屬名和種名來命名，屬名就像是我們的姓，而種名就像是名字。這種「生物分類法」由生物的外觀、構造、生活特性、生理機能等特徵將生物分門別類，每個生物都有其獨特之名。這偉大的貢獻，建立起自然界中已發現的千百萬生物，排列成有規律可循的完整秩序系統。

整齊與韻律

大自然的秩序不僅蘊藏著美感，也隱含著數學之奇。

你是否曾在公園的地上撿過松果？這常用於聖誕節裝飾物的松果是松樹的果實，一旦成熟即會呈現褐色木質化，一片片像木板的鱗片所組成的松果；部分品種的松果在每個鱗片內側有種子，也就是對人體十分健康的松子，也是松鼠主要的食物來源喔！

而松果的鱗片蘊藏著數學家費波納奇 (Leonardo Fibonacci, 1170-1250) 所發現的數列秘密：「1、1、2、3、5、8、13、21、34、55……」；鱗片的逆時針生長線數會有 8 列，順時針數則會有 13 列，是不是十分神奇，大家不妨也實際在校園或公園採集松果，一起來數數看吧！



松果 Pinecone
Diana Powell | 攝影 | Pinterest



鳳梨 Pineapple
攝影 | Pixabay



向日葵 Sunflower
Anna Benczur | 攝影 | Wikimedia

自然界中除了松果，還有臺灣很常見的鳳梨，外皮交錯的螺旋生長線鱗片，也是以 8、13、21 列呈現；而向日葵的花心排列，同樣可見一組順時針與逆時針的生長螺線，正恰巧是費氏數列中相鄰的兩項數值：34、55 或 55、89；另外樹枝上的分枝數，許多花種的花瓣數量，如大多數的花多是 5 瓣；金盞花是 13、21 瓣等，也都是費氏數列中的數值。

這麼有趣整齊且充滿韻律的植物生長密碼，都不經讓人讚嘆起大自然的偉大與奧祕，而這些就存在於我們生活周遭常見之處，就等著大家多花點心思去觀察與探索喔！

科學小知識：費氏數列

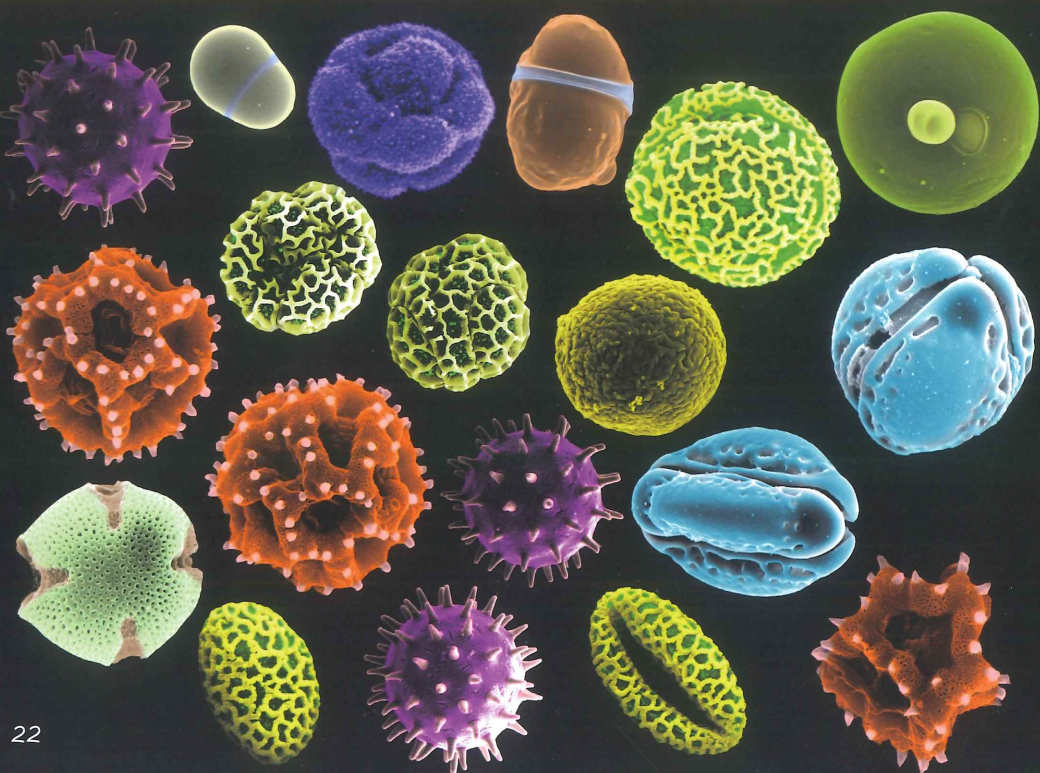
費氏數列 (Fibonacci Series) 是在 13 世紀由義大利數學家費波納奇 (Leonardo Fibonacci, 1170-1250) 所撰寫的《計算之書》中提出。他假定一個有趣的問題：在理想條件符合下，一對兔子在出生 2 個月後可生一對兔子，而後的每隔一個月可再生一對兔子，那麼一年後籠子裡應該有幾對兔子呢？求此解答時他發現所求得各月的兔子總數可形成一個數列變化：1、1、2、3、5、8、13、21、34、55、89、144、233……，前兩數相加總和會得到第三個數的一組規律數列，在 19 世紀初有人更詳加研究後，就將這個數列稱之為「費氏數列」。

相異的元素

花粉具有植物延續生命的重要任務，在經由風、昆蟲、鳥類或是水等媒介的傳播，達到傳宗接代的目的。植物世界的繽紛、多樣，各自演化出獨特的繁衍模式與型態，而這些特異性不外乎都是要促成延續生命的工作；我們更可以透過顯微鏡下所觀察到的花粉世界，來一窺究竟。

《生存：植物的傳播策略》這件作品，攝影師蒐集了許多的花粉進行顯微觀察，它們的結構、樣式、大小具有豐富多樣性，透過各類款式不一的花粉，規則地整齊排列、組合，讓顯微鏡下所看見的畫面，不僅令人驚豔也增加了趣味性，在視覺上帶給人一種活潑的感受。

生存：植物的傳播策略 Communication Strategies of Plants
林柏衡 | 顯微攝影 | 國立自然科學博物館科學攝影特展作品



種子幻境 The Fantasy World of Seeds
牛洋 李鴻漪 | X光造影 | 國立自然科學博物館
科學攝影特展作品

這三幅《種子幻境》就像是五彩斑斕的萬花筒，但畫面中的每一顆彩色顆粒，卻是蘊藏完整生命的植物種子。大多數種子的結構是由種皮、胚乳和胚三部分組成，這就如同動物的身體器官一樣，各種類別不同植物它的種子數量、大小、色澤、質地、形狀都不盡相同，而透過攝影師獨特的觀察工具—X光造影儀，將各類種子排列組合，再透過上色的一點小魔法，不僅可以欣賞到種子內外精巧的結構，更讓人領略到宇宙萬物的多樣與複雜；更像一幅綺麗的畫作。

科學小知識：植物密碼

環顧生活周遭，植物無所不在，與人類的生活甚是緊密相依。植物的呼吸作用，能將空氣中有毒的物質，帶至生活在根部周遭的微生物，由微生物加以分解後轉化成植物的養份；白天的光合作用也能減少環境二氧化碳的累積量；科學研究更顯示栽種植物有助放鬆心情、減少壓力與疲勞感。我們的許多食物、生活、醫療用品等也都大量來自於植物，這沉默卻十分重要的好朋友們，我們更該好好保護！

生活應用

所有的藝術家都是優秀的觀察者，從任何事物中找尋靈感、主題、畫面、媒材等等，讓我們透過文藝復興義大利肖像畫家阿爾欽博托 (Giuseppe Arcimboldo, 1527-1593) 的作品，來瞭解他是如何運用敏銳的觀察力！他由自然觀察與寫生紀錄蒐集了大量的資料，獨特地使用自然圖像來進行肖像組合，會根據每位畫中主角的性格、臉部特徵挑選最適宜的自然物進行創作。《四季之神》繪製的是神聖羅馬帝國國王魯道夫二世的樣貌，藝術家以豐富多樣的產物來象徵國王帶來的繁榮生活；各異的元素，拼湊出一幅非凡的畫作。

仔細觀察，你認得出上面有哪些的花卉蔬果嗎？試著與你的朋友一起來當小偵探，看誰能找到最多的蔬果圖像吧！



四季之神 Vertumnus
朱塞佩·阿爾欽博托
(Giuseppe Arcimboldo)
| 油彩、畫布 | Alamy



草莓小偷 Strawberry Thief
威廉·莫里斯 (William Morris) | 家飾布料 | Alamy

自然觀察所得來的資料，也能運用於生活美學當中。
威廉莫里斯 (William Morris, 1834-1896) 是現代工藝設計的開端，因 19 世紀歐洲正值工業革命，所有產品在標準化、模組化的情況下，顯得冰冷無生命力，因此他開始推動「美術工藝運動」，除了重建手工藝的美術價值外，更提出機械大量製造的產品應注入更多的人性與藝術元素。因童年在英國田園成長的美好經驗，讓許多自然元素成為他的設計靈感，他設計的許多手工藝品如壁紙、地毯等裝飾圖案可看見樹木、花鳥的融合與重複的排列秩序，為 19 世紀開創獨特的生活空間美學。

科學小知識：草莓小偷 - 鶉鳥

《草莓小偷》這件作品中啣著一顆草莓的是一種名為鶉 (音東) 鳥的雜食鳥類，牠們以昆蟲、漿果等為食，常棲息於林區外圍、小鎮和鄉村邊緣。而英國設計師威廉莫里斯正因為在鄉下的田園家中，常看到這種小鳥溜入廚房偷取草莓吃，善於進行自然觀察紀錄的他，把這樣生活場景巧妙地融入應用於自己的作品設計中，成為藝術設計界的一大經典。

第一次觀察就上手

觀察大學問

看過前面這麼多令人驚豔的作品，是不是很好奇是如何紀錄下來的？要透過哪些工具才能看到平時用眼睛看不到的景象呢？

工欲善其事必先利其器，先來好好認識這些能夠幫助你觀察及記錄的工具吧！

首先如果要進行戶外的自然觀察，我們可以先從服裝開始談起，絕對要以方便活動為主，長袖衣褲、以遮住臉的寬帽沿帽子與運動鞋也是必要，可以避免自己走在野外受傷！簡便的雨具、水壺也都別忘記喔！

接著帶上你的筆記本、筆、相機、放大鏡、望遠鏡，一起出門吧！

具有攝影與成相記錄功能的照相機大約是 1839 年由一名法國畫家路易·達蓋爾所發明的。日常中有許多結合和相機功能的儀器，幫助人們擁有更便利的生活，你能說說看有哪些？

筆記本與筆



相機



望遠鏡

第一架實用的望遠鏡是 17 世紀初時在荷蘭使用玻璃鏡片發明。而為了觀測更遠的目標，在時代與科技的進步下有了更多不同種類與更精密的應用，例如天文觀察。在野外自然觀察森林、溪谷，鳥類等，也都可以使用這種工具。

放大鏡



遠方觀測可使用望遠鏡，而放大鏡是用來觀察細小物體最普通、方便的工具。早在千年前人們就會把水晶或寶石磨成半弧形的「透鏡」用來放大影像。常見的放大倍率從 2 ~ 20 倍，用來觀察 1 ~ 2 公厘大小的物品最適合。

然而要觀察更微小的目標，放大鏡已經不夠使用時，這時候就得出動精密的顯微鏡了。顯微鏡的種類非常多，有單眼、雙眼、解剖、偏光、電子顯微鏡等…。而平常最普遍使用的就是單眼顯微鏡了，有一隻鏡筒、倍率約為 50 ~ 400 倍，可以觀察花粉、葉片等構造。

在顯微鏡發明之前，肉眼不可見的世界對我們來說完全是一個謎樣的世界，現在大家耳熟能詳的細胞、細菌..等等十分微小的東西，人們根本不知道他們的存在。這時我們得感謝被譽為「顯微鏡之父」的 17 世紀荷蘭微生物學家雷文霍克 (Antoni van Leeuwenhoek, 1632 - 1723) 了，因在他自製的顯微鏡下發現了許多自然界中肉眼所看不見的微生物，並素描手繪詳實描繪鏡片下所觀察到的生物結構，也因此拓展了人類的眼界。

顯微鏡



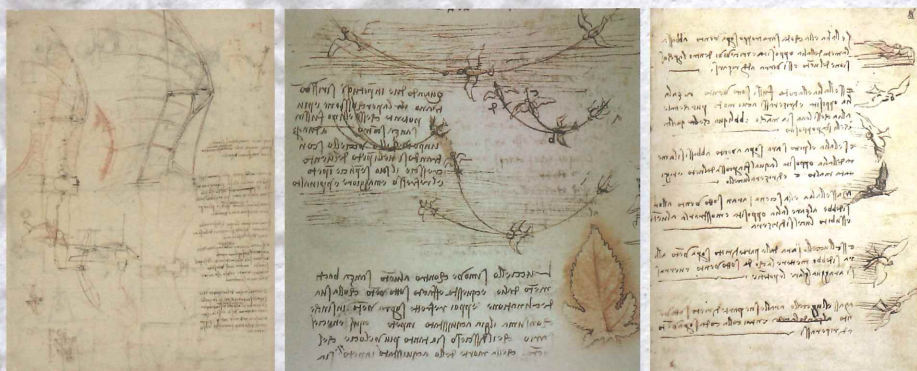
自然觀察最重要的步驟 - 記錄

要能夠好好的觀察自然，最重要的莫過於你那敏銳的雙眼。此外，記得準備好紙及筆，能夠方便記錄下你觀察到的事物。等等！用紙和筆作記錄未免也太慢了吧？！何不用相機咔嚓！咔嚓的！就能把所有眼睛看到的景像記錄下來啦！可是，在 19 世紀相機未發明前，科學家或生物學家們確實得靠紙和筆去記錄所有一切。

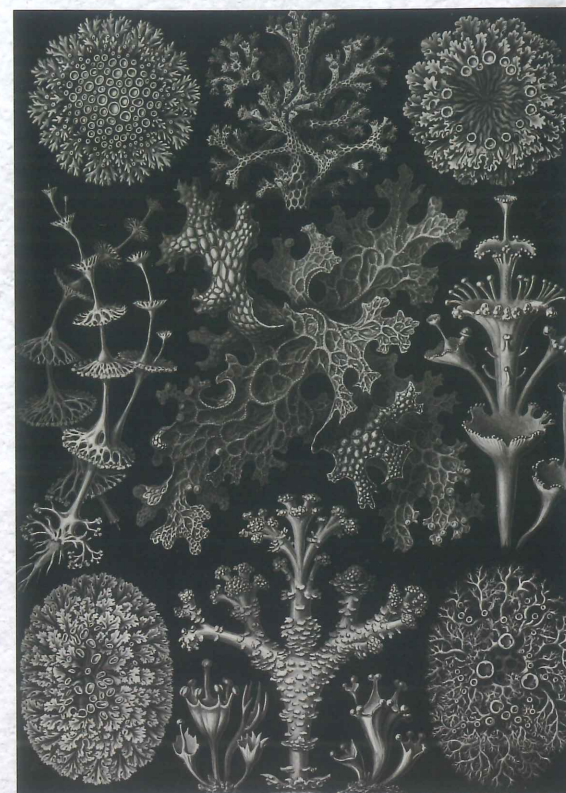


況且用紙筆做觀察記錄，還有一項相機無法取代的功能。仔細的寫下和畫出眼睛所看到的物體，能夠更幫助你仔細的觀察眼前的一切，而且更能加深印象。

就像文藝復興全能巨匠一達文西 (Leonardo da Vinci, 1452-1519)，不僅藝術才能驚人，對科學的發明研究更具有劃時代的意義。他構想出許多的飛行器設計，就是透過長時間觀察鳥類的飛行並詳實描繪紀錄而延伸出來的。



達文西密碼 The Da Vinci Code
達文西 (Leonardo da Vinci) | 素描 | Alamy、Bridgeman



苔地衣 Lichen
恩斯特·海克爾
(Ernst Haeckel)
| 出自：自然的藝術型態
(Kunstformen der Natur)
| 素描、水彩 | Alamy

地衣是一種共生生物，在臺灣有廣大的分布及高達 600 種的多樣性。我們透過海克爾的觀察之眼與他特殊藝術詮釋自然的描繪方式，可看到地衣蘊藏的各種結構之美。

紀錄繪製出這件精美作品的是一位德國十分著名的生物學家一恩斯特·海克爾 (Ernst Haeckel, 1834-1919)，他認為大自然的生物在許多方面與藝術類似。例如自然界中的生物結構許多是對稱。他觀察生物所記錄下來的畫作都十分生動地體現了生物世界的美與多元。他的貢獻不僅在生物學界，他的圖畫甚至對 20 世紀初新藝術運動 (Art Nouveau) 也產生了影響與啟發；如果大家對於「見微知美—驚豔新視野」這個展覽所展出的作品有印象的話，其中也有一件公共建設是法國新藝術運動的經典之一喔！快去找出來看看，有什麼發現？

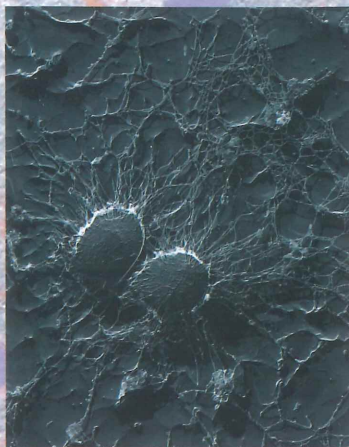
的世界

多能幫助我們觀察的科學工具後，現在，讓我們透過幾
來猜猜看這些影像是利用哪些工具所記錄下來的呢？或
心地觀察周遭，並創造出這樣的作品！



放大後的驚喜 Zoom-in Surprise
林志鴻 | 攝影 | 國立自然科學博物館科學攝影特
展作品

喜》畫面中帶點透明粉紅色像顆糖果的圓球體，其實是
徑大概 0.2-0.3 公分。攝影師在觀察時發現旁邊怎麼還
，結果透過相機的放大鏡頭，才看出來兩旁停的是一隻



碎了一地的玻璃？
Shattered glass?
作者不詳 | 攝影 | Alamy

這像是一片震碎的玻璃紋路，猜猜看這是用什麼樣的觀察工具所觀看
到、記錄下來的畫面？其實這是精密的光學顯微鏡下的金黃色葡萄
球菌，這會帶給人類疾病的細菌，透過顯微鏡的使用觀察，除了更能掌握
病毒的變化，也能看到這樣一幅似曾相識的有趣畫面。

透過畫面我們來看看科學家顯微世界
中的胎鼠大腦皮質神經細胞藏有什麼
密碼？複雜交織的神經細胞，藉由
「突觸」彼此傳遞訊息，形成一個錯
綜網路而帶給人類、動物有感覺、運
動與反射等功能。

錯綜複雜之神經網路
Intricate Neural Network
柳文濱 | 攝影 | 國立自然科學博物館科學攝
影特展作品



■ 超越時間侷限 - 相機

我們透過放大鏡、顯微鏡等工具，可以觀察到十分微小的物體，但是，除了空間、體積的微小景象之外，還有一種我們肉眼也看不見的微小，那就是一時間！

我們的眼睛能感知並且記下影像最微小的時間單位大約是 80 毫秒（相當於 0.08 秒）。而許多自然現象的發生是一瞬間，若要仔細觀察就非得透過工具來協助了。例如泡沫破裂的瞬間、水滴掉落濺起的過程。

透過相機的協助，可以讓我們清楚更細微時間單位所發生的變化。但這些影像，還得透過高速攝影機才能呈現我們眼前，一般攝影機每秒只能紀錄 24 個影像，但高速攝影機每秒至少能紀錄 1000 個影像，也就是能紀錄 0.001 秒的瞬間。

時間單位的換算

時間單位	單位換算	時間單位	單位換算
1 世紀	= 100 年	1 分	= 60 秒
1 年	= 12 月	1 秒	= 1
1 月	= 28-31 天	1 牛秒	= 10^{-1} 秒
1 週	= 7 天	1 毫秒	= 10^{-3} 秒
1 天	= 24 小時	1 微秒	= 10^{-6} 秒
1 小時	= 3600 秒	1 奈秒	= 10^{-9} 秒



星空下的閃電 Lighting Beneath the Starry Skies
蘇俊育 | 攝影 | 國立自然科學博物館科學攝影特展作品

閃電持續的時間一般只有幾十微秒，眼睛能夠看到，但卻無法看清楚。透過相機的記錄，才能夠讓我們見到各種型態的閃電。



10 微秒的相遇 Ten Microsecond Encounter
溫英佐 | 攝影 | 國立自然科學博物館科學攝影特展作品

而當水滴落入水面時會濺起水花，這是一個大家十分熟悉也時常發生的狀況；如果我們透過鏡頭將時間暫停，並紀錄於水花濺起的那一瞬間，沒想到會是如此令人驚豔的一幅畫面！

超越空間侷限 - 望遠鏡

提到自然觀察，就不能忘了天文學的領域，人類自古以來就對在天上運行的太陽、月亮、星星等天體的運行感到好奇而進行長期的觀察與研究。天文望遠鏡的發明讓人類的視線可以擴及到非常遙遠的地方。與廣大無邊的宇宙相比較之下，地球一切的距離、空間與物體的大小，簡直是十分渺小。

天空中有許多的星團，可分為球狀星團與疏散星團，這件《同是星團，長幼有序：M13 vs. NGC2244》透過光學折射式望遠鏡可同時觀察到他們的樣貌，球狀星團（如 M13）多分布於天空中偏離銀河的位置，質量大，甚至比銀河系還要古老；疏散星團（如 NGC2244）則多分布於銀河盤面上，是年輕恆星的主要誕生區之一。透過這樣的觀察工具，觀測天文，更讓我們感覺到自己的渺小與宇宙萬物的奇妙。

同是星團，長幼有序：M13 vs. NGC2244
Filial Piety in the Star Cluster Family
林禹辰 | 攝影 | 國立自然科學博物館科學攝影特展作品

圖一：球狀星團 M13
圖二：疏散星團 NGC2244

圖一



圖二



這件《NGC5139, Omega 星團 塔塔加星軌》與《同是星團，長幼有序：M13 vs. NGC2244》

皆同是在台灣的玉山國家公園塔塔加所觀測到的星象，然而攝影師在面對一個空曠戶外夜空中滿天星斗的美麗景象，也有不同的紀錄方式喔！人們除了可以觀察到星團的型態，攝影師透過相機的快門設定，也能記錄捕捉下天上星星移動的軌跡，就像能記錄下「一段時間」一樣，超越了時間侷限。

星星隨著地球的自轉關係，而出現軌跡移動的現象；透過連續拍攝的照片疊合來記錄下這轉動過程，是不是十分壯觀？

NGC5139, Omega 星團 塔塔加星軌 NGC5139, Omega Star Cluster: The Star Trails of Tataka
顏豐鈞 魏旭辰 | 攝影 | 國立自然科學博物館科學攝影特展作品



自然學習單

時間： 年 月 日

我的名字：

我的觀察工具：

我今天觀察的是：

○ 1 在哪裡？

○ 2 我觀察什麼？

畫下我所觀察到的：

有沒有什麼補充研究呢？

