

世界著名的放射蟲學家

第一位描述放射蟲者-艾倫伯格

德國柏林博物學家艾倫伯格Christan Gottfried Ehrenberg (1795-1876)，參加過科學探險隊，到過埃及、利比亞、蘇丹和紅海，由於這支探險隊組織鬆散，因此他成為探險隊唯一的倖存者。而他對原生生物、珊瑚和海洋上層水域中的單細胞浮游生物很有研究，是第一個研究岩石中微體古生物化石的人，也是第一位描述放射蟲的科學家。

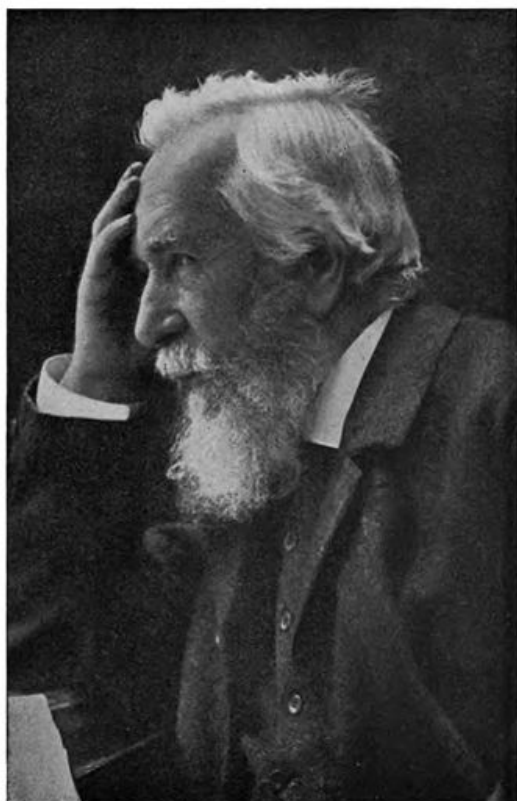
放射蟲（Radiolaria）命名者-繆勒

柏林生理學家約翰尼斯·彼得·繆勒 Johannes Peter Müller (1801-58) 在 1833 年成為柏林大學解剖學與生理學的第一把交椅。他的著作《生理學元素》(Elements of Physiology) 奠定現代生理學思想與應用的基礎，而他的比較形態學則關注於那些可自由泳動的海中微體生物。

在那個海洋研究地位未明的時代，繆勒會帶著學生到法國或義大利的里維耶拉（Riviera）進行實地調查，研究低等微體海洋動物。「放射蟲」這個名詞就是繆勒所創造的，他辨認出放射蟲屬於根足類動物（rhizopods），關係近似阿米巴原蟲。根據繆勒的說法，有些放射蟲缺乏骨骼，而大部分則是呈現球型，但近期研究結果顯示放射蟲的形狀極為多樣，放射蟲的分類是以它們的骨架特徵來作區分。

然而，在 1855 年，有一次繆勒帶著他的學生史密（W. Schmidt）和施奈德（A. Schneider）前往挪威海岸時，在從克里斯蒂安桑（Christiansand）回程途中發生了船難，當時繆勒和施奈德因為會游泳而活下來，但史密卻溺斃了。這次事件帶給繆勒極大的打擊，他無法忘記那夜自己在海浪中掙扎的情景，這樣的恐懼超越了他對海洋的熱誠，因此他不再搭船航行，對放射蟲的研究也就相當有限。

放射蟲自然與藝術的研究者-海克爾



Ernst Haeckel

恩斯特·海因里希·菲利普·奧古斯特·海克爾（Ernst Heinrich Philipp August Haeckel, 1834-1919）在 1834 年 2 月 16 日出生於波茨坦(Potsdam)，然後在梅澤堡（Merseburg）長大。八歲的時候，他開始閱讀醫學與科學的相關書籍。

海克爾的父親退休後，全家搬去柏林，海克爾開始他的大學生涯。1852 年的秋天，海克爾前往維爾茨堡(Würzburg)大學醫學系就讀，特別是跟分析化學家舍雷爾(Johann Joseph von Scherer)、組織論學家 Albert von Koelliker 與病理學家菲爾肖（Rudolf Virchow）學習。海克爾依父親的期望學習醫學，但他本身對研究疾病沒有興趣，而是從人類自然史的角度來看解剖學，學習比較解剖學、人類生理學、組織學和病理解剖學。細胞解剖學讓海克爾為之著迷，但他仍聽從朋友們的建議，在 1854 年回到柏林，跟隨約翰尼斯·繆勒學習解剖學與生理學，而約翰尼斯·繆勒也因此成為他生命中影響深遠的人物。

1854 年，恩斯特·海克爾利用暑假時間，跟著約翰尼斯·繆勒、他兒子，還有一位學生到北海黑爾戈蘭島進行研究，就在這短短三個星期的時間，繆勒讓海克爾對海洋生物研究充滿熱誠。海克爾寫信告訴父母：「我已經下定決心了，以後我要成為一位調查赤道海岸的博物學家與動物學家。」繆勒也教導海克爾他自己所發明的新蒐集技術，像是使用細網紗捕捉浮游生物。在海克爾待在黑爾戈蘭島

的期間，就是使用這樣的方法得以獲得許多新材料。

調查結束後，海克爾仍決定回到維爾茨堡大學，繼續完成三學期的臨床訓練，當時指導他的醫師菲爾肖（Rudolf Virchow）非常欣賞他的才能，在 1856 年，雇用他成為助理，同時間，海克爾逐步完成他的淡水螯蝦組織研究的論文。1857 年 8 月，回到柏林的海克爾，決定要趕上自己這幾年落後的顯微解剖學比較研究，但繆勒卻在 1858 年突然過世，這打亂了海克爾想繼續向其學習微體解剖學比較研究的計畫。

後來，海克爾在維爾茨堡所認識的格根包爾（Carl Gegenbaur，1826-1903）到 Jena 擔任動物學與比較解剖學的副教授，他在 1858 年 3 月邀請海克爾到 Jena，並鼓勵他一起到墨西拿（Messina）考察，但格根包爾臨時有事，海克爾只好隻身前往。

海克爾在 1859 年 1 月出發，途中經過熱內亞（Genoa）、佛羅倫斯（Florence）與羅馬（Rome），而他在佛羅倫斯獲得一個功能相當好的顯微鏡，具有可放大 1000 倍的水浸式放大鏡。到了墨西拿，海克爾花了六個月的時間對墨西拿海峽的浮游生物做系統性的研究。海克爾曾經在 1860 年 2 月 16 日寫信告訴他的未婚妻：「身為科學家，我這一生中最快樂的一天就是 2 月 10 日，當我開始用精細的網子捕撈之時。那天我至少捕獲超過 12 種的放射蟲新種，能夠這麼幸運著實讓我欣喜若狂，我跪在顯微鏡前面，由衷地感謝這片藍色的大海和慷慨的海女神，贈與我這麼美好的禮物，我保證我會盡己之力，將我的一生奉獻於榮耀自然、真理與自由的接收者。」當時，海克爾的發現包含許多未曾被描述過的放射蟲新種，而放射蟲也成為他的研究重點。直到海克爾離開西西里島前，就已經成功鑑定出 120 種的放射蟲新種，並帶回十二箱材料。

1860 年 9 月 17 日，海克爾在哥尼斯堡（Königsberg）第三十五屆德國博物學家與醫師公會代表大會上發表初步的發現。不久後，Jena 大學醫學系同意海克爾成為比較解剖學的獨立講師，到了 1861 年的 3 月 4 日，海克爾便以 16 頁關於「根足類動物界與目」的論文取得資格，而這部分也將成為一年後他所出版《放射蟲專著》（Monograph on Radiolarians）的第四章，而他試講的主題為「無脊椎動物的血管系統」。4 月 24 日，海克爾正式成為動物學的講師，並擁有 9 位學生。休息時間他仍會繼續完成他的專題著作，畢竟要有著作的出版才能夠晉升副教授。1862 年完成著作的海克爾，年僅 28 歲，即成為動物學副教授，這也讓格根包爾鬆了口氣，終於有人可以分擔他的教授工作了。

1862 年，附上 35 個圖版的《放射蟲專著》（Monograph on Radiolarians）正式出版，這本專題著作很快受到普遍的注意。當時具領導地位的博物學家，如洛伊卡特（Leuckart，1822-98）、萊迪希（Franz von Leydig）或達爾文最忠實的英國支持者赫胥黎（Thomas Henry Huxley，1825-95）都對這本著作公開表示讚美與賞識。

《放射蟲專著》（Monograph on Radiolarians）的 35 個圖版：

<http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/~stueber/haeckel/radiolarien/>

1864年，海克爾第一任妻子安娜的死亡，讓他把自己投入在工作當中，短短兩年，他完成了兩冊《有機體普通形態學》(General Morphology of Organisms)，內容包含所有生物以及人類的系統樹。海克爾以放射蟲為他的起點，發展出不同種類的演化藍圖想法，認為放射蟲是逐漸朝向複雜對稱的關係發展。

1867年，海克爾娶胡施克(Agnes Huschke)為妻，1868年出版《自然生物史》(The History of Natural Creation)，內容是關於一般的科普演化理論，特別是達爾文、歌德(Goethe)和拉馬克(Lamarck)的觀點。其實，達爾文劃時代的著作-《物種原始》出版於1859年，到了1860年的夏天，海克爾就已經注意到這份研究。根據達爾文的說法，物種間的差異並不是來自於神的創造，而是演化的結果。海克爾接受達爾文的理論，將其在比較解剖學上所發現的形態差異視為演化的過程，並在著作中大力推崇達爾文。因此大家認為海克爾對於達爾文理論之眾科教育推廣有不少貢獻。

1874年，海克爾出版了鈣質海綿類的專著，內容提到生物發生律(biogenetic law)的概念，他認為「個體發生重演系統發生(ontogeny recapitulates phylogeny)」，也就是在個體成長階段，特別是胚胎發育過程，會反應出生物演化的歷史。兩年後他又出版了《人類發展的起源或歷史》(Anthropogeny or the History of the Development of Mankind)。

隨後，海克爾繼續努力，以便使達爾文理論更加大眾化與普及化。到了1880年後他已有了許多追隨者，像是博許(Wilhelm Bolsche, 1861-1939)、斯特恩(Carus Sterne, 1839-1903)與布賴坦巴克(Wilhelm Breitenbach, 1856-1937)，這些人同樣致力於在各個不同社會階層中傳達達爾文理論。到了1900年，由於普魯士政府禁止各學校教授達爾文主義，因此對達爾文理論有興趣者，一定會讀到海克爾與他同伴們的著作。

海克爾的自然觀點與研究

根據海克爾的說法，自然以它本身的形式在秩序下呈現，而所謂的秩序就是歷史的過程。所有對稱、組織化與分類都是演化的證據，特別是當它們能夠以自然的方式被描述。演化與內部、自然的存在，以及暗示性的自然本身，都是海克爾所描述的自然規律。對海克爾來說，自然是他所能體驗、所能看見的事物，科學家只有在事物能夠重現時，才能夠理解他們之所見，假如他辨認出所見事物的規則性，就能夠將自然提供給他的經驗概念化。

海克爾是一個有深刻感知的自然科學家，他同時也是位藝術家。在海克爾成為德國達爾文主義的主要擁護者之前，他的職業是比較形態學家；他尋找、描繪與描述動物的形態，以圖解與文字描繪海洋資源的內容，並讚揚神的創造力。他曾在維爾茨堡受到頂尖形態學家Kolliker和菲爾肖的教導，但影響海克爾最深的，還是生理學家約翰尼斯·繆勒。

為了紀念約翰尼斯·繆勒，海克爾投入放射蟲的研究。他運用繆勒的方法捕捉到了相當豐富的生物形式，在他的作品中，將放射蟲以骨骼加以分類，因為他認為比起保存不易的軟細胞，放射蟲的骨骼結構反而適合作為分類依據，而他也試

圖以圖示說明放射蟲的相關性。除此之外，海克爾還考慮到放射蟲的有性繁殖、生長、移動與分布的問題，不過海克爾對放射蟲內部構造的解释並不多，因為活體樣本的解剖固定不容易，他曾經描述放射蟲的細胞核與其特徵，但並沒有辨認出那是何種構造，直到 1879 年，他的學生理查·赫德維希 (Richard Hertwig, 1850-1937) 才確認它們屬於原生生物界。

在海克爾的信件和工作中，我們不免受到這位博物學家的感動。海克爾記錄他在有機體中發現的外型品種，描述它們的骨骼、軟組織解剖、棲地和習性，並且經過系統地安排，他的方法如同那些了不起的植物學家海德維格 (Johannes Hedwig, 1730-99) 和義大利的瓦利內里 (Antonio Vallisneri, 1661-1730)，然而，海克爾的圖畫更為精細，他透過顯微鏡發現最小有機體中的豐富形式，因而體驗了新宇宙的細節，也激發了他對自然的崇敬感。

海克爾在 1860 年前的插圖是很珍貴的，對他來說，他在這些形式之間體驗相互關係；它們代表秩序和可見的自然過程。他畫這些微小的自然奇蹟，顯示他正想設法在插圖中顯示他自己最新發現的世界。海克爾認為自然已經被保存記錄在插圖當中，他將這些包含他出版真實訊息的插圖，如證據、第一印象和原始素描，送給他的父母，以感謝他們的支持。

海克爾的書中包含許多圖版，這些圖版經過他細心的安排以扇形來呈現個體的變化。在每個扇形中，自然有趣的形式被提煉為一系列的相似設計。外型的改進反應了系統，而海克爾以這樣的方式，獲得放射蟲的自然系統。這些圖版顯示了發生了什麼樣的變異，以及變異在何處、如何發生，所歸納出的即為結晶構造的規律。

海克爾 1862 年的《放射蟲專著》用圖示讓自然變得顯而易見且容易理解，但這本書不是他作為研究科學家唯一的系統性研究。他不只是一位激進的達爾文主義信奉者和生物哲學家，還是最重要的分類學家及系統學家，更開創了博物學家一系列長期出版的先例。從廣泛的分析來說，他描述了大量海洋動物的各種族群，在 1872 年，發表鈣質海綿類專著；1879 與 1880 年，他出版《水母分類的系統》(System of the Medusa)；在 1887 年，他發表《放射蟲專著》第二部，內容包含這些動物群自然史的輪廓外型；最後，針對「挑戰者號」的調查，海克爾編輯了水母、管水母類與放射蟲的資料，蒐集、鑑定、描述與系統化外型的差異性。

在海克爾一生當中，都在實踐他 1860 年，在墨西拿海峽對海女神所許下的誓言，從他精細的圖版到分類的順序對未來的影響可說是無所不在。今日，海克爾的放射蟲分類架構仍為放射蟲的研究基礎，他的圖版仍是大眾及科學家描述此群動物的重要資源，他的著作《放射蟲專著》更是現今研究此群動物的代表作之一。

海克爾的藝術觀點

在海克爾的觀點看來，生物學是沒有專家的學科。1899 年，他在《世界疑問》(Enigmas of the World) 中提出一個以生物學為基礎的科學「宗教」概念，他認為生物主義 (biologism) 一方面是一種以公式表示的哲學理論，另一方面，則

是以美學為基礎，而這本書也讓他成為二十世紀最出名的德國博物學家之一。在 1899 年到 1904 年間，海克爾出版了《自然界的藝術形式》(Art Forms in Nature)，以普通的設計架構裝飾呈現所有的形式，內容對當時的文化造成重大的影響。

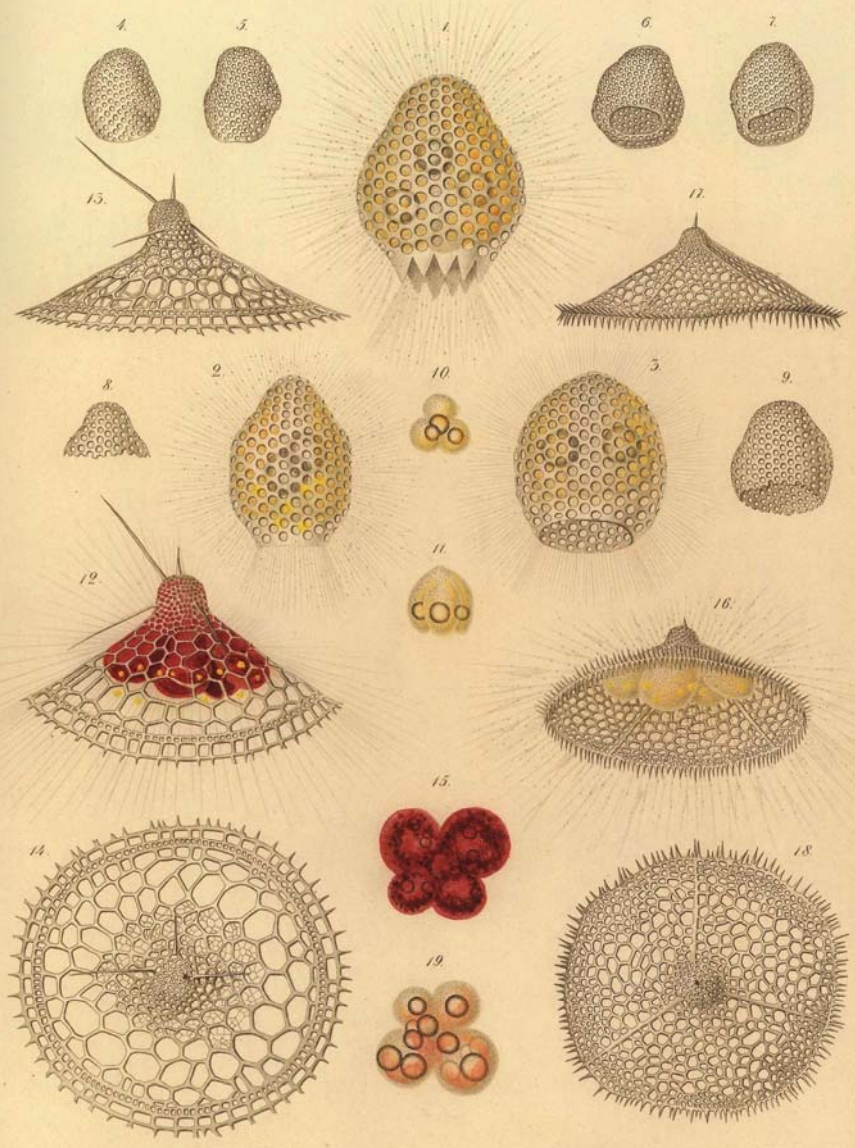
海克爾透過他的雙眼觀察自然，並讓他的「目標」插圖適應當代的感知範例。他本身的感知範例部分已經藉由《德國的裝飾藝術風格》(the Art Deco style in Germany)形成，並立即轉換為正式設計的新形式，而他的深海生物種類，同樣能夠適用於裝飾藝術的形式。像比奈 (Rene Binet, 1806-1911) 這位負責「巴黎世界展」的設計師，就將海克爾的自然形式轉化為藝術形式，他在 1900 年巴黎世界展的入口設計，便以巨大尺寸呈現出海克爾的放射蟲，由此可知，當時的設計便是呈現對自然的感知。

海克爾認為生物學在許多方面與藝術類似，自然界中的對稱，比如單細胞生物中的放射蟲對他的藝術天賦有很大的啟發，尤其著名的是他所畫的浮游生物，這些圖畫生動地體現了生物世界的美。為此，海克爾成為藝術發展理論起源的核心人物，即使在他 1919 年過世後，影響力仍繼續存在。

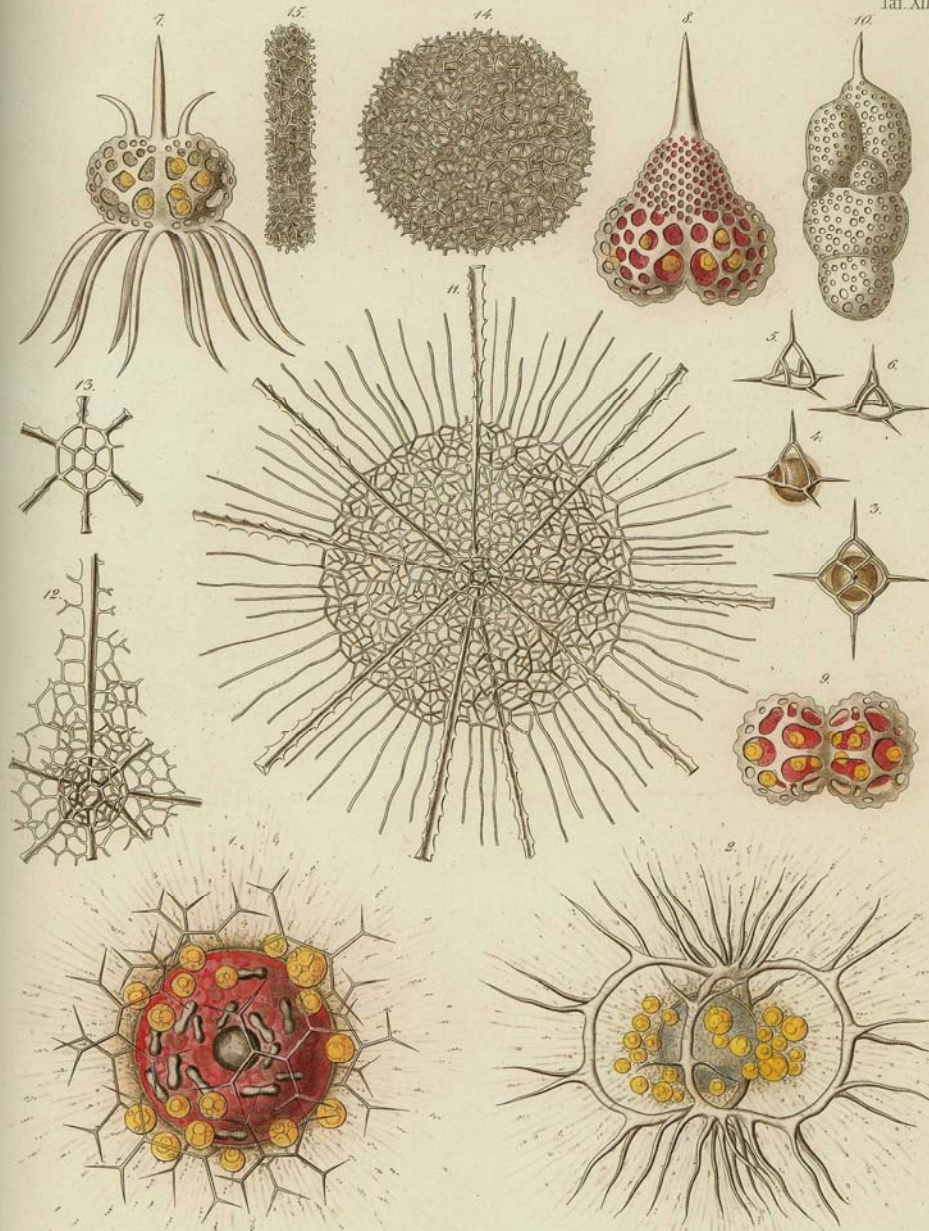
編譯者：吳思涵

資料來源：

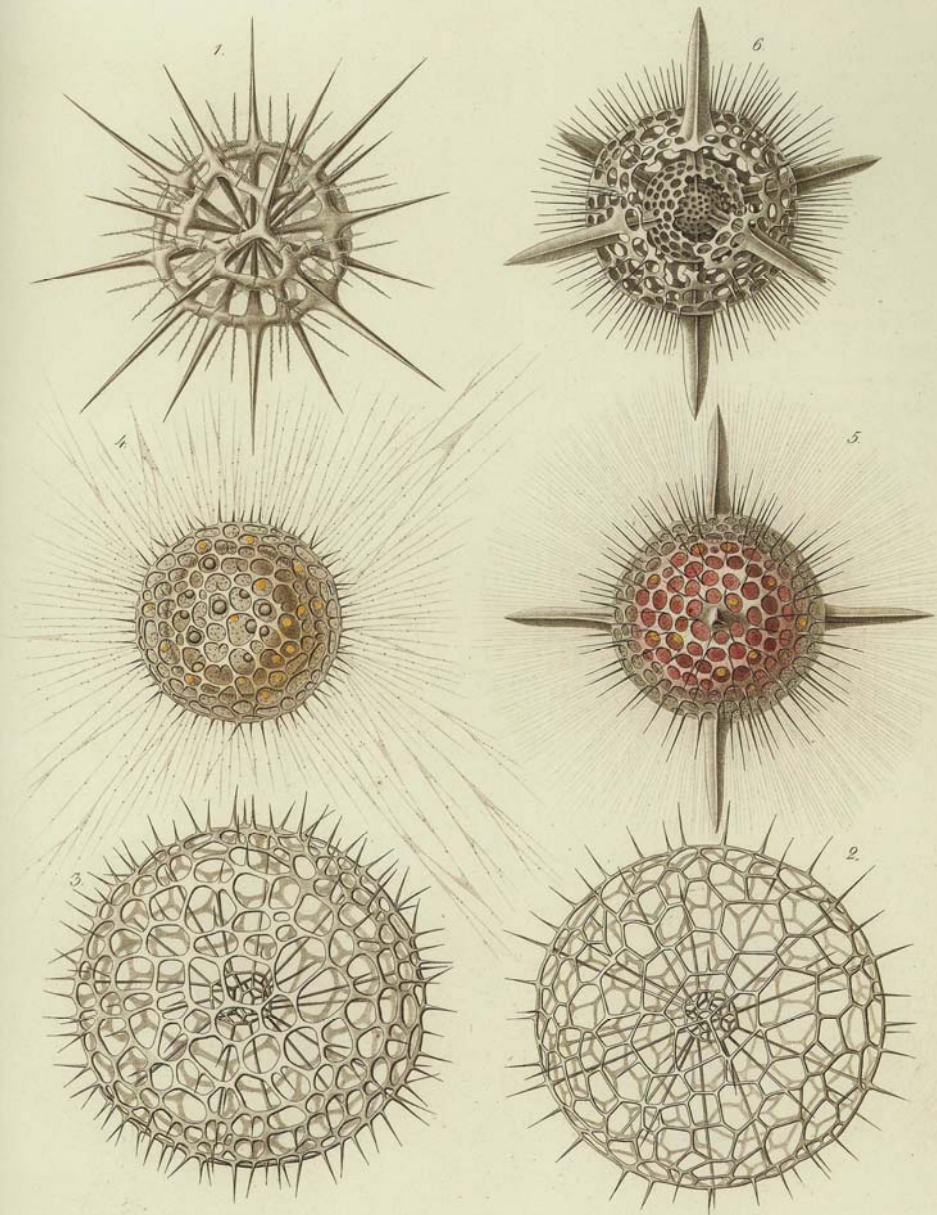
Haeckel, E. (2005). Art Forms from the Ocean: The Radiolarian Atlas of 1862. Munich; London: Prestel Verlag.



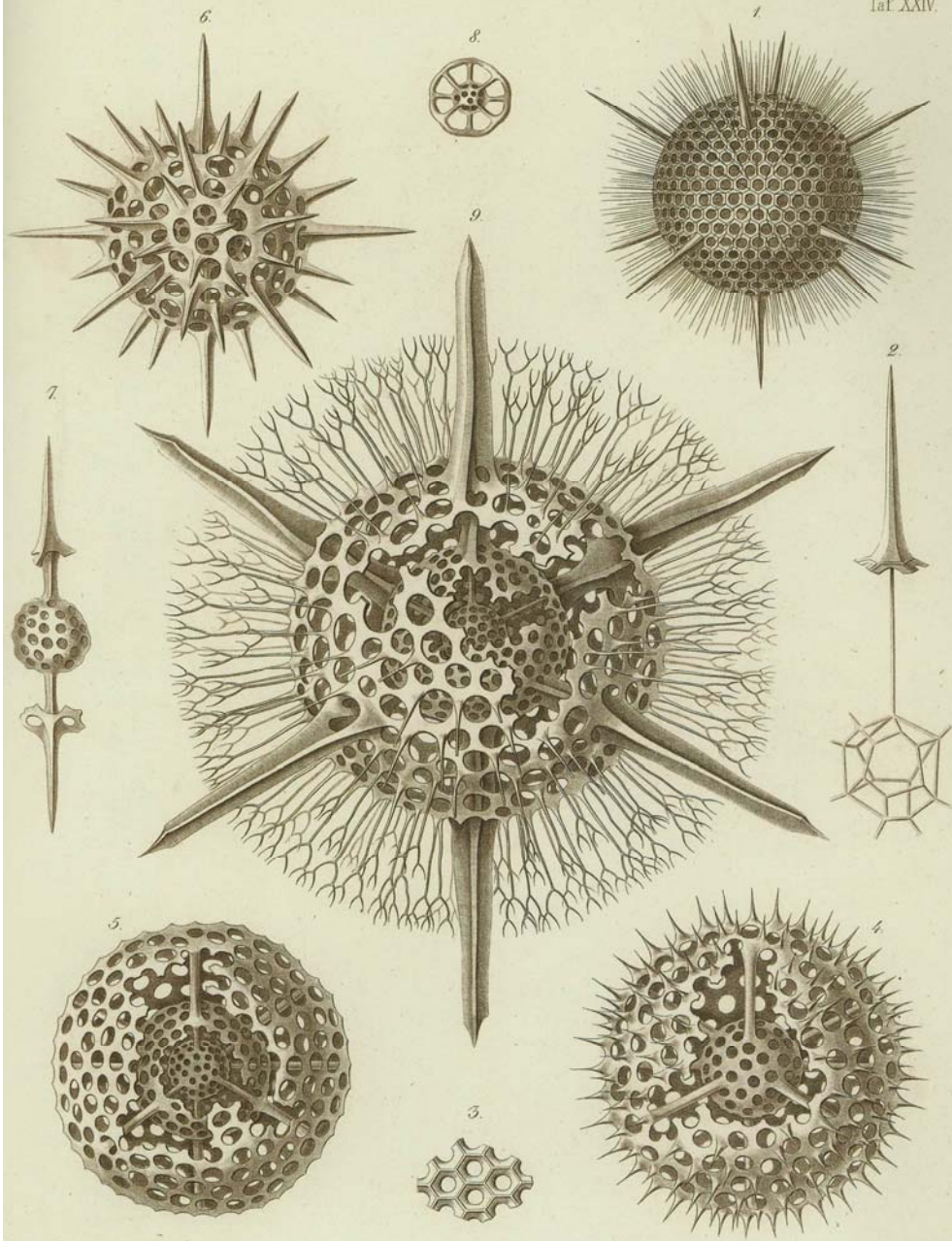
1. Carpocanium Diadema, Hkl. 2-11. Cyrtocalpis. 2. C. Amphora, Hkl. 3-11. C. obliqua, Hkl.
12-19. Eucecyrphalus 12-15. E. Gegenbauri, Hkl. 16-19. E. Schultzei, Hkl.



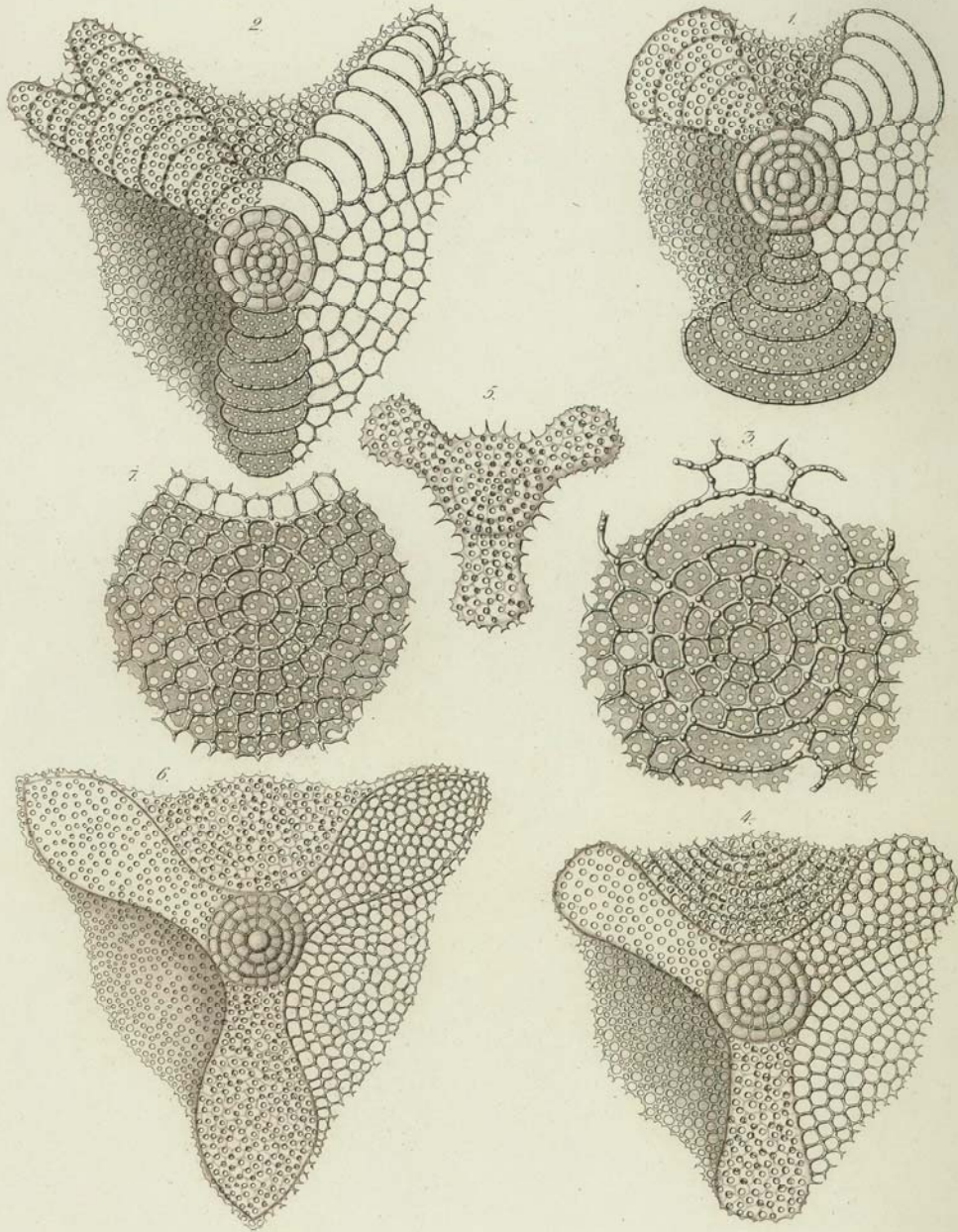
1. *Thalassosphaera bifurca*, Hkd. 2. *Zygostephanus Mülleri*, Hkd. 3-6. *Dictyochoa Messanensis*, Hkd. 7. *Petalospyris arachnoides*, Hkd.
 8. 9. *Spyridobotrys Trinacria*, Hkd. 10. *Botryocampe hexathalamia*, Hkd. 11-13. *Spongosphaera helioides*, Hkd. 14. 15. *Spongodiscus Mediterraneus*, Hkd.
 E. Haeckel del. W. G. Schönerer sc.



1. *Doraspis costata*, Hkl. 2-4. *Haliomma*. 2. *H. capillaceum*, Hkl.
3. 4. *H. Erinaceus*, Hkl. 5. 6. *Actinomma Asteracanthion*, Hkl.



1-4. Haliomma 1-3. H. Echinaster, Hkl. 4. H. Castanea, Hkl. 5-9. Actinomma.
5. A. inerme, Hkl. 6-8. A. Tinacrium, Hkl. 9. A. drymodes, Hkl.



1-7. Euchitonia. 1. E. Beckmanni, Hkl. 2. 3. E. Gegenbauri, Hkl.
4. 5. E. Leydigii, Hkl. 6. 7. E. Köllikeri, Hkl.