

非厄米的光學原子鏡

臺大物理系研究所碩士班學生王奕誠，與臺師大物理系助理教授游至仕，以及中研院原子分子科學研究所助研究員任祥華，透過研究單層原子陣列構成的超材料，討論在二維系統與長程交互作用下的非厄米物理，此研究成果已於 2022 年 8 月 6 日發表於國際頂尖期刊 *Nature Communications* : <https://www.nature.com/articles/s41467-022-32372-3>

透過冷原子構造二維超材料在近年被實驗證實可形成世界上最輕的反射鏡，其對光的反射可藉由調控頻率控制，在光子等級下有望應用於量子資訊。這些應用源自於光與物質的交互作用，自然令原子陣列形成非厄米量子系統。研究其非厄米物理有助於探索此系統的新應用，例如可對抗非厄米缺陷的拓樸保護邊界態。

近年來對非厄米物理的研究集中於兩大現象—例外點(exceptional point)以及非厄米趨膚效應(non-Hermitian skin effect)。前者為一能量簡併點，在其上對應的特徵態也重合，並且其存在並不仰賴於對稱性。而後者代表系統的特徵態會大量地集中於系統的開放邊界上，已廣泛討論於一維系統中。這代表了傳統能帶理論的失效，亦即邊界條件會改變非厄米系統的行為。然而在高維系統中的非厄米趨膚效應尚欠缺完整理論，且鮮少有研究討論長程交互作用的角色。

本研究關注在各種邊界條件下的二維原子陣列，討論例外點與非厄米趨膚效應的出現條件與對稱性以及能量頻譜拓樸(energy spectra topology)的關聯，發現非厄米趨膚效應取決於開放邊界的方向以及原子的晶格排列。其中原子間的長程交互作用，可使得集中在邊界的特徵態表現出無標度(scale-free)行為，這揭示了現有理論的侷限並指引未來的研究方向。

本研究由臺大物理系研究所碩士班學生王奕誠完成，並由游至仕助理教授與任祥華助研究員共同指導。此研究由科技部（現為國家科學與技術委員會）計畫補助，也感謝國家理論中心物理組的協助。

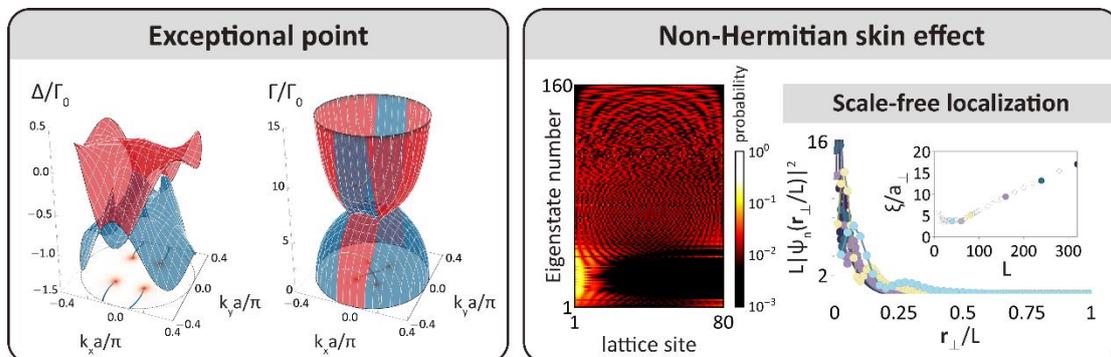


Fig 1. Schematics of exceptional point, non-Hermitian skin effect, and scale-free localization.