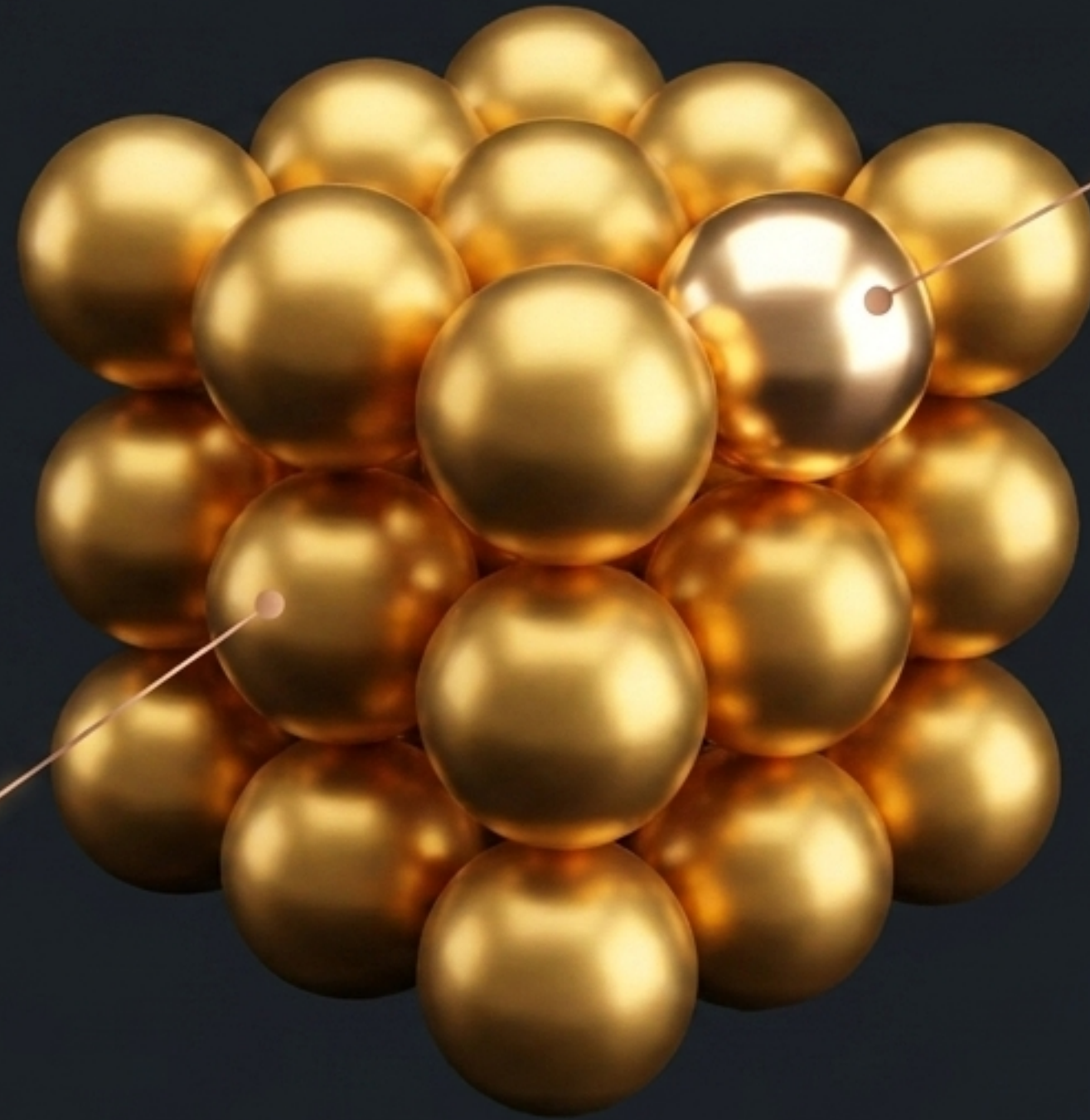


โลกสมจริงในระดับนาโน

สำรวจความลับระดับอะตอมที่เปลี่ยนความเข้าใจ
ด้านฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา

ความหมายของนาโนเทคโนโลยี



จุดเปลี่ยนแห่งสสาร: ในมิตินี้
โครงสร้างและคุณสมบัติทางฟิสิกส์
เคมี และชีววิทยาจะเปลี่ยนแปลงไป
จากขีดจำกัดเดิมโดยสิ้นเชิง

นิยามโดยมูลนิธิวิทยาศาสตร์
แห่งชาติ (NSF): การจัดการ
และสร้างสสารที่มีขนาด 1-
100 นาโนเมตร

ไม้บรรทัดแห่งความจริง: จากโลกที่ตามองเห็น

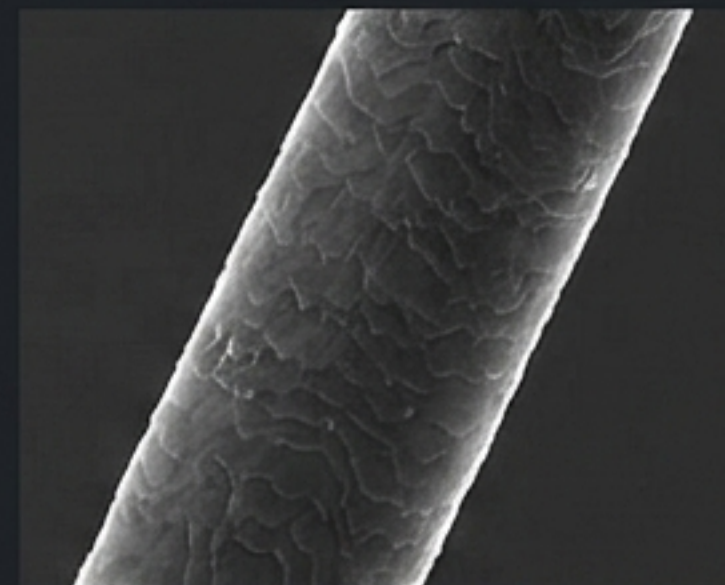
การเดินทางเข้าสู่โลกที่ซ่อนเร้นเริ่มต้นจากการลดสเกลลงทีละสิบเท่า
จากสิ่งมีชีวิตรอบตัวสู่ขอบเขตของเซลล์



10^{-1} m
(100 mm)



10^{-2} m
(10 mm)



10^{-4} m
(100 μ m)

ลำดับสัณฐานที่เล็กที่สุด

เล็กลงไปกว่าเส้นผมถึงหมื่นเท่า
นี่คือจุดที่เครื่องมือแห่งนาโนเทคโนโลยีเริ่มทำงาน



10^{-5} m
(10 μ m)



10^{-7} m
(100 nm)



10^{-8} m
(10 nm)



10^{-10} m
(1 \AA)

ประวัติศาสตร์ผ่านเลนส์กล้องจุลทรรศน์



← 2502 ●

พ.ศ. 2502 (Richard Feynman):
บิดาแห่งนาโนเทคโนโลยี ผู้กล่าวปาฐกถา
“There’s Plenty of Room at the Bottom”
คาดการณ์ถึงการจัดการสารระดับอะตอม



● 2517 →

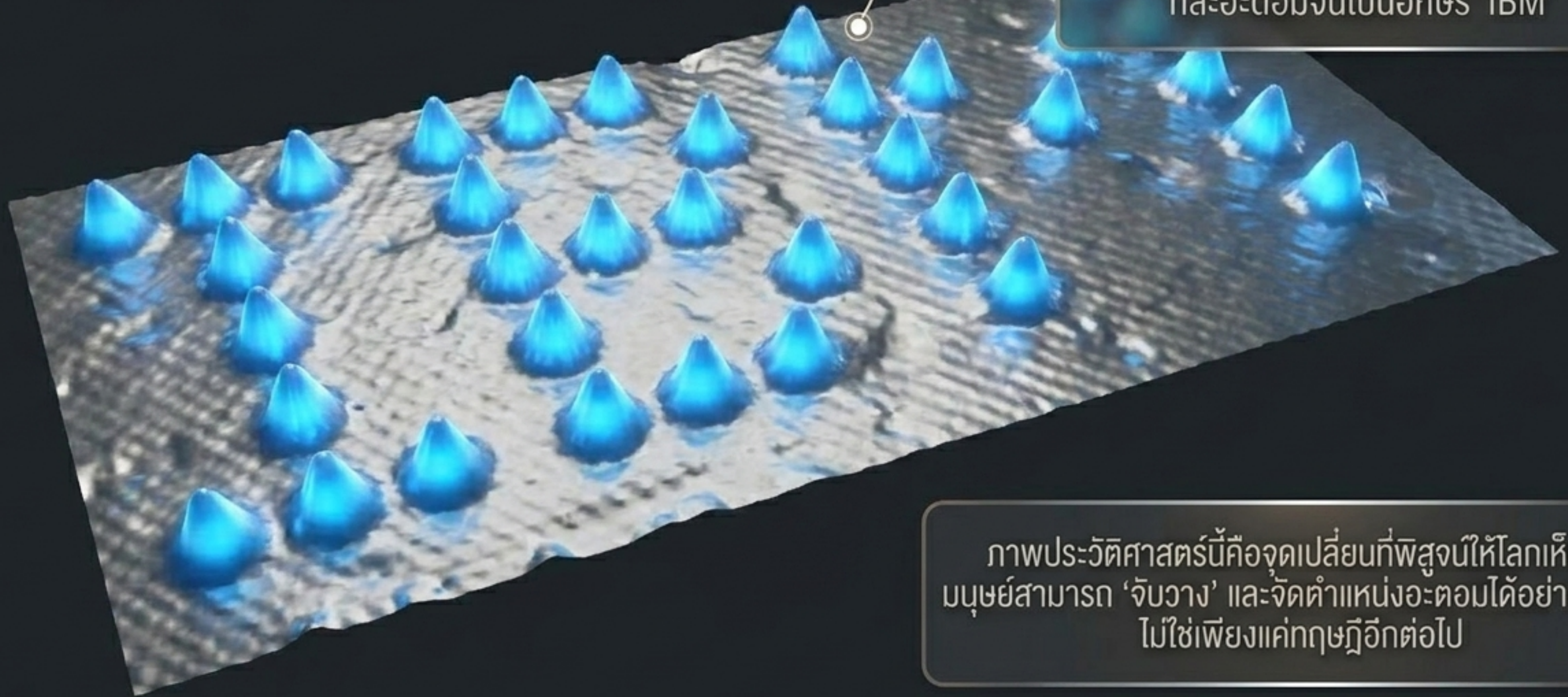
พ.ศ. 2517 (Norio Taniguchi):
ศาสตราจารย์ผู้ให้กำเนิดคำว่า
“นาโนเทคโนโลยี”
(Nanotechnology) เป็นครั้งแรก



→ ● 2524

พ.ศ. 2524 (Gerd Binnig & Heinrich Rohrer):
ประดิษฐ์กล้อง Scanning Tunneling Microscope (STM)
ทำให้มนุษย์มองเห็นอะตอมได้ชัดเจนเป็นครั้งแรก
จนได้รับรางวัลโนเบล

หลักฐานแห่งการควบคุม



พ.ศ. 2532: ดอน ไอเกลอร์ (Don Eigler)
ใช้กล้อง STM จัดเรียงอะตอมของธาตุซีซอน
ทีละอะตอมจนเป็นอักษร 'IBM'

ภาพประวัติศาสตร์นี้คือจุดเปลี่ยนที่พิสูจน์ให้โลกเห็นว่า
มนุษย์สามารถ 'จับวาง' และจัดตำแหน่งอะตอมได้อย่างแท้จริง
ไม่ใช่เพียงแค่ทฤษฎีอีกต่อไป



พิมพ์เขียวแห่งธรรมชาติ

สุดยอดวิศวกรรมที่มนุษย์ต้องลอกเลียนแบบ

ก่อนที่มนุษย์จะรู้จักนาโนเทคโนโลยี สิ่งมีชีวิตในธรรมชาติ
ได้ควบคุมอะตอมและโมเลกุลเพื่อสร้างโครงสร้างที่ซับซ้อนมานานนับพันล้านปี

ปรากฏการณ์ใบบัว (The Lotus Effect)



ปุ่มจิว (10 μm): ผิวใบบัว
ไม่ได้เรียบ แต่เต็มไปด้วยปุ่ม
ขนาดไมโครเมตรกระจายตัวอยู่

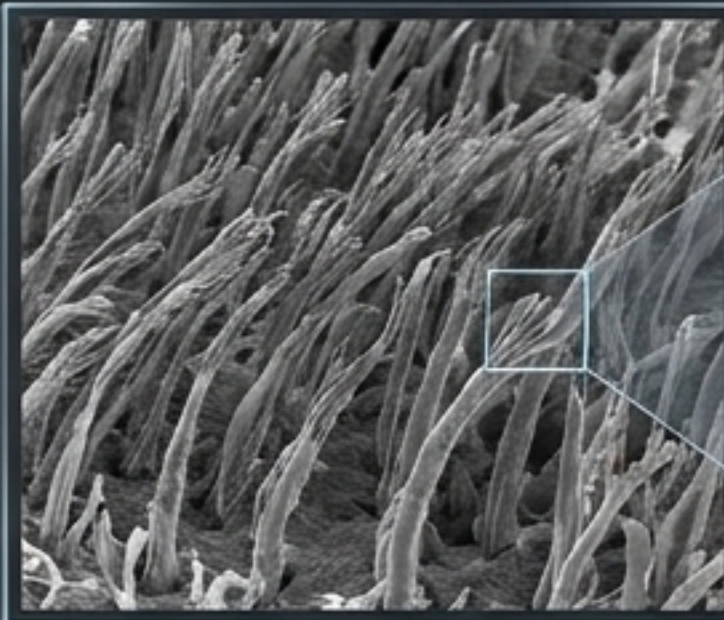
เส้นขนเคลือบไขมัน (1 μm):
บนปุ่มยังมีเส้นขนจิวเคลือบไขมัน
ที่กักเก็บช่องว่างอากาศไว้

น้ำไม่สามารถสัมผัสผิวใบได้โดยตรง
จึงกลิ้งผ่านและพัดพาฝุ่นละอองออกไป (Self-cleaning)

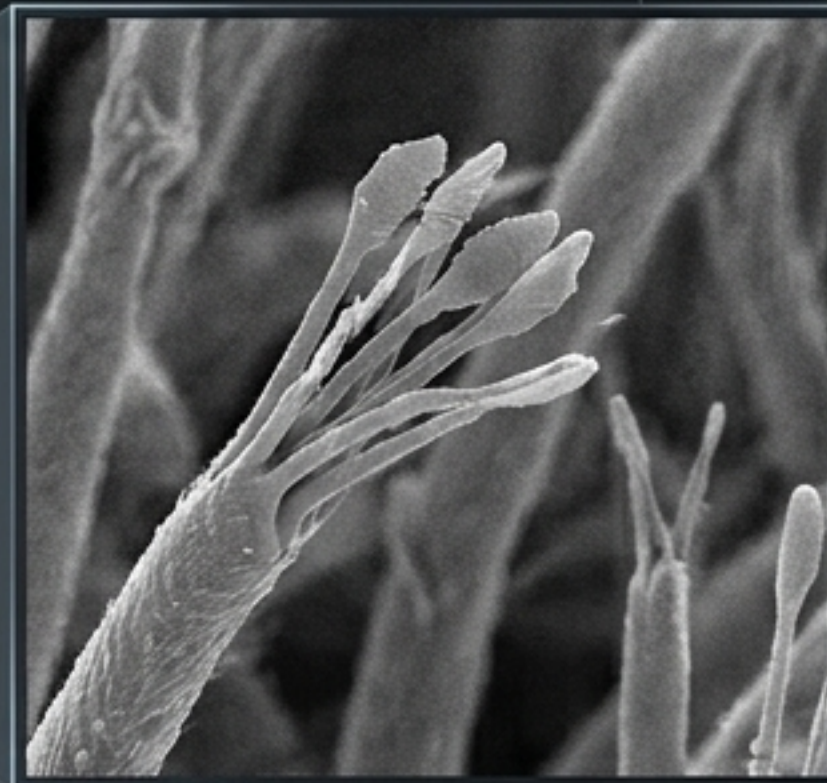
ความลับของการต้านแรงโน้มถ่วง (The Gecko's Secret)



Lamellae (ระดับมิลลิเมตร)



ซูม 10 μm - ซีต (Setae):
ขนเส้นเล็กๆ นับล้านเส้น



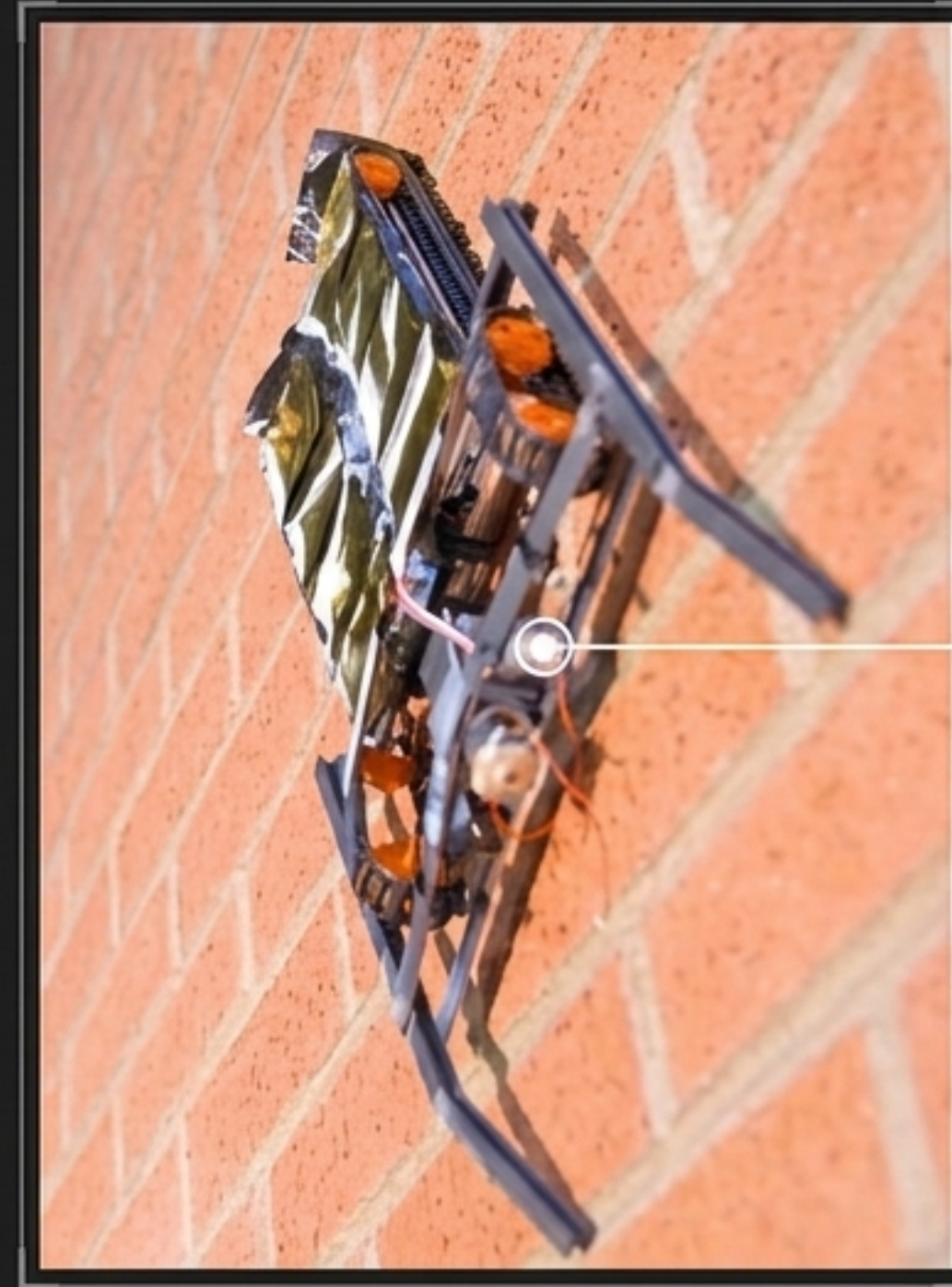
ซูม 200 nm - สปาตุล (Spatulae):
ปลายขนที่แตกแขนงออกไปอีกนับร้อย

เกิด 'แรงแวนเดอร์วาลส์' (Van der Waals forces) อันมหาศาลจากการสัมผัสระดับนาโน
เท้าตุ๊กแก 4 ข้างสามารถรับน้ำหนักได้ถึง 40 กิโลกรัมโดยไม่ต้องใช้กาว

จากธรรมชาติสู่นวัตกรรมมนุษย์ (Gecko-Inspired Innovations)

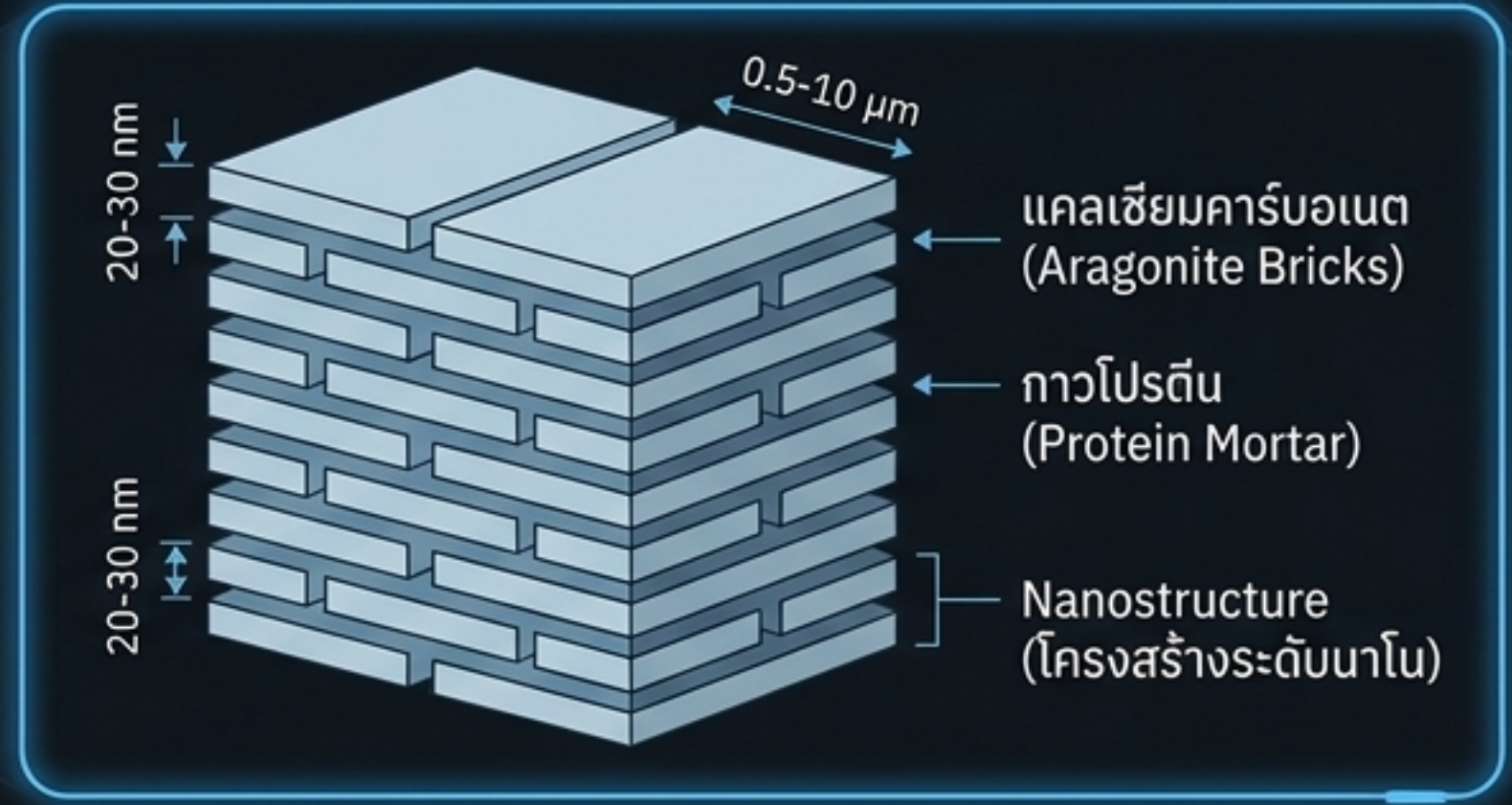


การจำลอง
'ความจริง'
ของธรรมชาติสู่
วัสดุยึดติดไร้กาว
(Synthetic dry
adhesives)



หุ่นยนต์กู้ภัยที่สาม
ารถไต่ผนังหรือ
เคลื่อนที่ขึ้นลงใน
แนวตั้งได้อย่างมั่นคง
เลียนแบบกลไก
เส้นขนจิ๋ว
ระดับนาโน

เกราะแห่งท้องทะเล: หอยเป๋าฮื้อ (Abalone Shells)

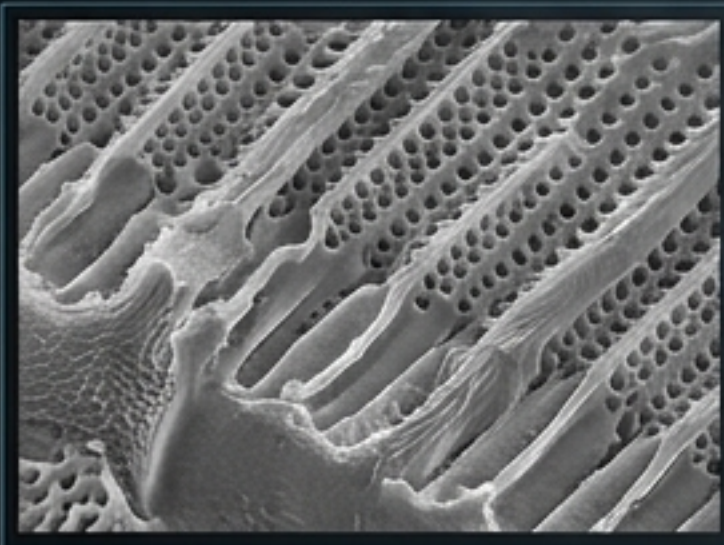


ชอล์คทั่วไป (Common Chalk)	โครงสร้างหอยเป๋าฮื้อ (Abalone Structure)
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) แบบฝุ่นผง แตกหักง่าย 	CaCO_3 ชนิดเดียวกัน แต่เรียงตัวแบบ 'กำแพงอิฐ' แผ่นบาง 0.5-10 μm สลับกับ 'กาวโปรตีน' หนา 20-30 nm 

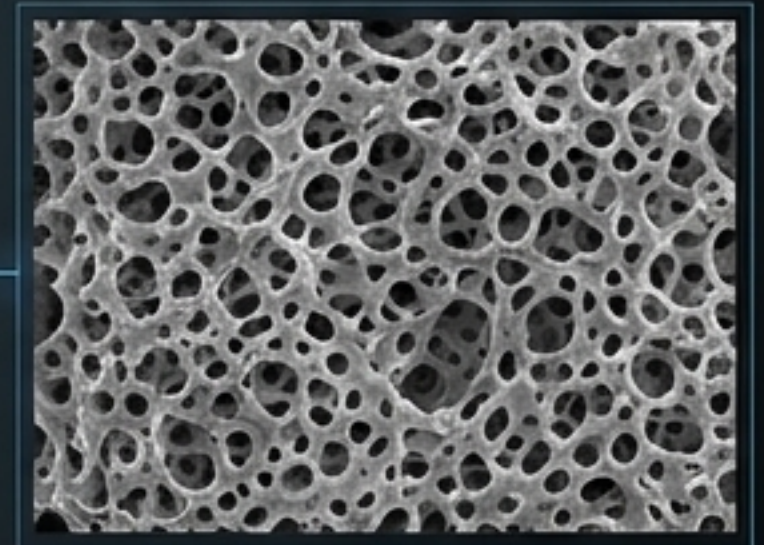
การเรียงตัวระดับนาโนทำให้มีคุณสมบัติดูดซับแรงกระแทก ยืดหยุ่น และทนทานการแตกหักอย่างเหลือเชื่อ

วิศวกรรมแห่งแสงและสี (Engineering Light: Butterfly Wings)

Morpho/Papilio:
โครงสร้างปีกเป็นช่องเล็กๆ
ที่หักเหแสงสะท้อน (Micro-cavities)



Polyommatus: รูพรุนคล้าย
ฟองน้ำที่ควบคุมทิศทางแสง
(Sponge-like pores)

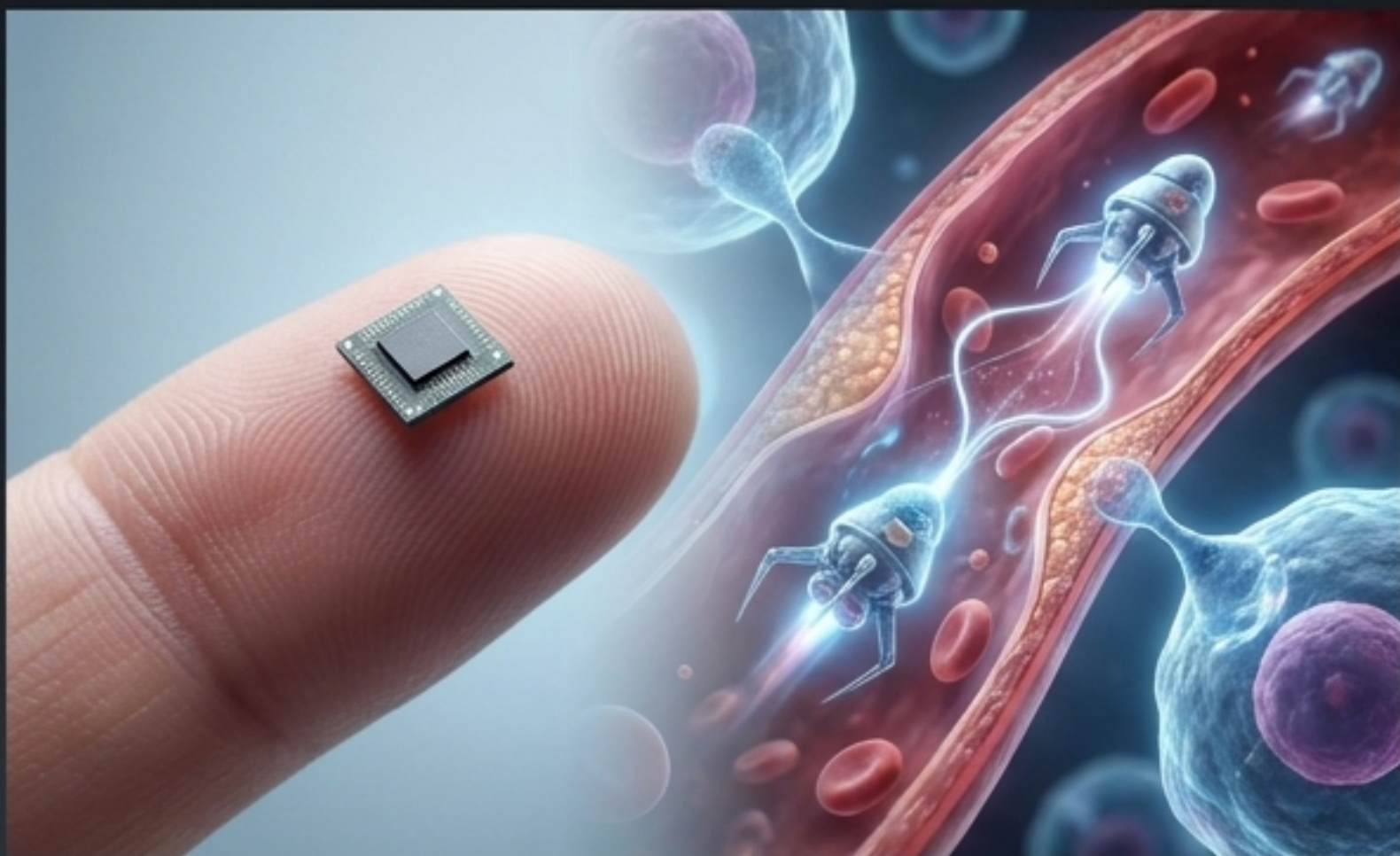


“Structural Color” - สีสีนเจิดจ้าที่ไม่ได้เกิดจากเม็ดสี (Pigment)
แต่เกิดจากรูปทรงเรขาคณิตระดับนาโนที่สะท้อนคลื่นแสงเฉพาะสีออกมา

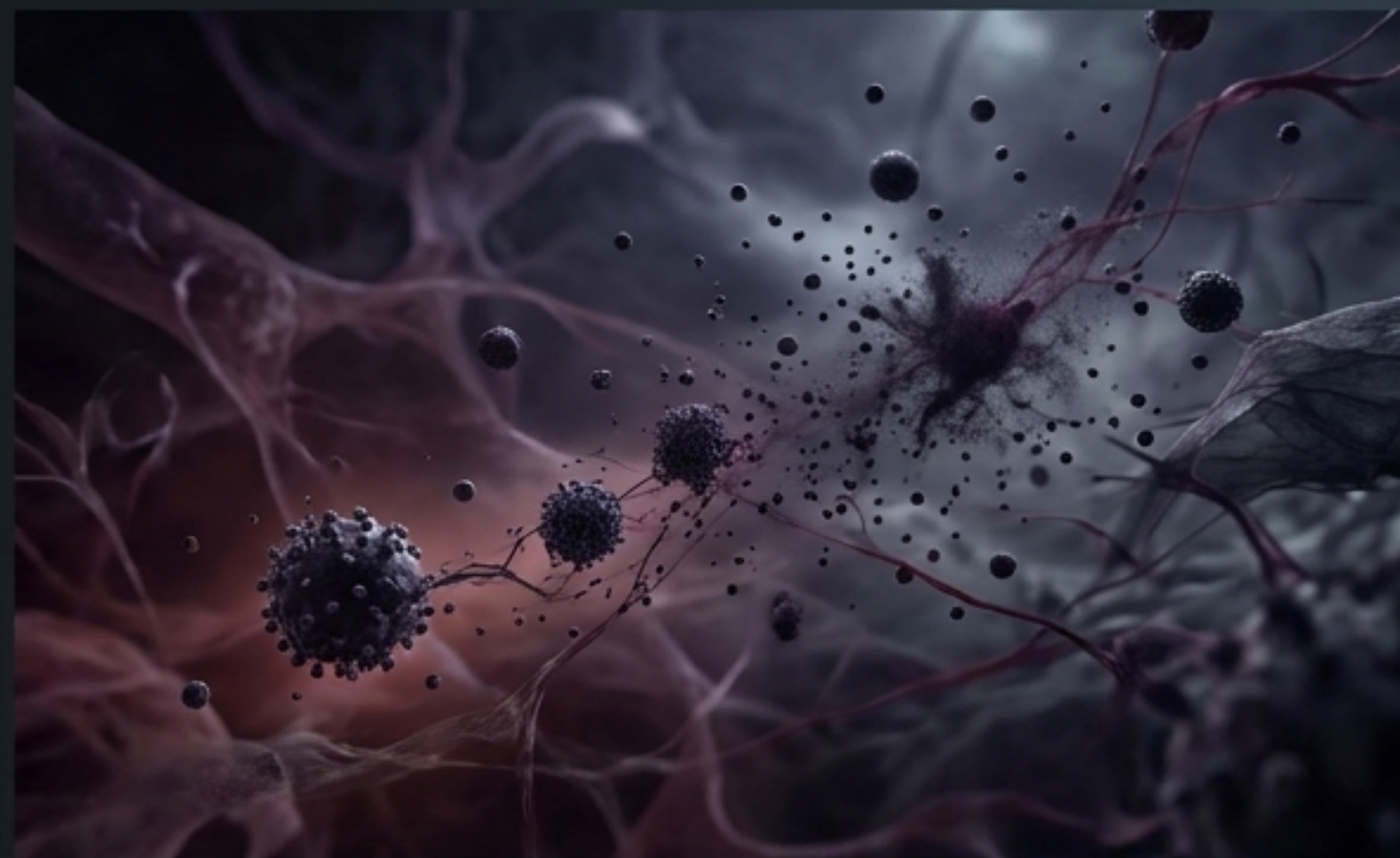
Nature's Masterclass: สรุปตารางประมวลผลความคิด

สิ่งมีชีวิต (Organism)	ภาพระดับนาโน (Nanostructure)	กลไกหลัก (Core Mechanism)	นวัตกรรม (Human Application)
		กักเก็บอากาศ	เสื้อผ้ากันน้ำ/ ทำความสะอาดตัวเอง
		แรงแวนเดอร์วาลส์	หุ่นยนต์ปีนผนัง/เทปไร้กาว
		โครงสร้างกำแพงอิฐ	วัสดุกันกระแทกน้ำหนักเบา
		หักเหแสงคลื่นความถี่เฉพาะ	หน้าจอแสดงผล ประหยัดพลังงาน

อนาคตแห่งความหวัง และข้อควรระวัง



จุดแข็ง (Benefits): การแพทย์แม่นยำ (Targeted drug delivery), อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดจิ๋วที่ทรงพลัง, การจัดการวิกฤตพลังงาน



ข้อระวัง (Cautions): ความเสี่ยงจากอนุภาคขนาดจิ๋วต่อร่างกายและสิ่งแวดล้อมที่ยังต้องศึกษาผลกระทบระยะยาว และเส้นแบ่งทางจริยธรรมในการนำไปสร้างอาวุธระดับนาโน



“เทคโนโลยีที่มองไม่เห็น
แต่มีพลังขับเคลื่อนโลกความเป็นจริงแห่งอนาคต”

(The invisible technology powering the visible future)