

นาโนเทคโนโลยี

“นาโนเทคโนโลยี” หมายถึง เทคโนโลยีที่มีการประยุกต์และเกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้าง การสังเคราะห์วัสดุและอุปกรณ์ การจัดการเครื่องจักรหรือผลิตภัณฑ์ซึ่งมีขนาดเล็กมากในระดับอะตอมหรือโมเลกุล (ประมาณ 1.0-100 นาโนเมตร) รวมถึงการออกแบบหรือการใช้เครื่องมือสร้างวัสดุที่อยู่ในระดับที่เล็กมาก หรือการจัดเรียงอะตอมหรือโมเลกุลในตำแหน่งที่ต้องการได้อย่างแม่นยำและถูกต้อง ทำให้โครงสร้างของวัสดุหรือสารมีคุณสมบัติพิเศษ ไม่ว่าจะทางด้านฟิสิกส์ เคมี หรือชีวภาพ ส่งผลให้มีผลประโยชน์ต่อผู้ใช้สอย จึงเป็นการพยายามที่จะสร้างและพัฒนาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่มีขนาดเล็กมากในระดับนาโนเมตร นั่นคือนาโนเทคโนโลยีจะหมายถึงวิทยาศาสตร์ประยุกต์ซึ่งเกี่ยวข้องกับสิ่งที่มีขนาดเล็กมากในระดับนาโนเมตร ได้แก่

1. การพัฒนาวิจัย และเทคโนโลยีที่ระดับของอะตอม โมเลกุล หรือแมโครโมเลกุล อยู่ในระดับขนาดประมาณ 1-100 นาโนเมตร
2. การสร้างและใช้โครงสร้าง เครื่องมือ และระบบที่มีคุณสมบัติและหน้าที่ใหม่ เนื่องจากมันมีขนาดเล็กมาก
3. ความสามารถในการควบคุมหรือจัดการเปลี่ยนแปลงได้ในระดับของอะตอม

คำว่า “นาโน” มีค่าเท่ากับสิบลบเก้า (10⁻⁹) หรือหนึ่งในพันล้านส่วน (1/1,000,000,000) ผู้เปิดศักราชของนาโนเทคโนโลยี คือ ริชาร์ด ฟายน์แมน (Richard Feynman) ซึ่งได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ในปี ค.ศ.1965 เป็นผู้กล่าวว่า “สักวันหนึ่งเราจะสามารถประกอบสิ่งต่างๆ ผลิตสิ่งต่างๆ ขึ้นมาจากการจัดเรียงอะตอมด้วยความแม่นยำ และเท่าที่ข้าพเจ้ารู้ ไม่มีกฎทางฟิสิกส์ใดๆ แม้แต่หลักแห่งความไม่แน่นอน (Uncertainty Principle) ที่จะมาขัดขวางความเป็นไปได้” และยังเป็นผู้กล่าวอ้างถึงเทคโนโลยีนี้ว่าเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ ดังนั้นนาโนเทคโนโลยีจึงถูกนิยามว่าเป็นเทคโนโลยีการประกอบและผลิตสิ่งต่างๆ ขึ้นมาจากการจัดเรียงในระดับอะตอมหรือโมเลกุล เข้าด้วยกันด้วยความแม่นยำ ถูกต้องในระดับนาโนเมตร (1 ในพันล้านส่วนของ 1 เมตร)

เค.เอริค เดริกซ์เลอร์ (K. Eric Drexler) เป็นผู้เชี่ยวชาญทางนาโนเทคโนโลยีได้กล่าวไว้ว่า เทคโนโลยีมีลักษณะเดียวกับ วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตตามทฤษฎีของชาลส์ ดาร์วิน คือเมื่อมันเกิดขึ้นมา มันก็จะมี การแปรเปลี่ยนให้แตกต่างออกไป (Variation and Mutation) จากนั้นก็จะแข่งขันกันแพร่พันธุ์ เทคโนโลยีที่ขาดความสามารถในการแข่งขันก็จะค่อยๆ ลดจำนวนลงไป จนในที่สุดจะเหลือแต่กลุ่มของเทคโนโลยีที่มีความสามารถรอดพ้นจากการสูญพันธุ์

มิเฮล ซี รอคโค (Mihail C.Roco) ผู้เชี่ยวชาญและหัวหน้าที่รับผิดชอบดูแลด้านนาโนเทคโนโลยีแห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Nanotechnology Initiative) หรือ NNI ได้กำหนดนิยามสั้นๆ ว่า นาโนเทคโนโลยีเป็นเทคโนโลยีที่จัดการกับวัสดุ หรือวัตถุที่อย่างน้อยมีมิติใดๆ ที่มีขนาดตั้งแต่หนึ่งถึงร้อยนาโนเมตร โดยที่สิ่งนี้ต้องถูกออกแบบหรือตั้งใจ และแสดงผลต่อฟิสิกส์และเคมีของโครงสร้างในระดับโมเลกุลของมัน ดังนั้นในสาขานาโนเทคโนโลยีในความหมายนี้ จะครอบคลุมถึงกิจกรรมต่างๆ ตั้งแต่ การสร้างโครงสร้างที่ทำหน้าที่ในระดับนาโน โดยที่เราสามารถกำหนดหรือออกแบบคุณสมบัติของมันได้ ซึ่งจะมีระดับโมเลกุล การประกอบตัวหรือลอกเลียนแบบด้วยตัวเอง การศึกษาผลของควอนตัมฟิสิกส์ การศึกษาสมบัติพื้นผิวของวัสดุ เป็นต้น

ดังนั้นเราสามารถนิยามเทคโนโลยีที่มนุษย์ได้พัฒนาขึ้นเป็น 2 แบบ คือ

1. เทคโนโลยีแบบหยาบ (Bulk Technology) การผลิตสิ่งต่างๆ โดยใช้วิธีการ เช่น การตัด กลึง บีบอัด ต่อ งอ และอื่นๆ หรือใช้วิธีการทางเคมีโดยผสมให้เกิดปฏิกิริยา เทคโนโลยีแบบนี้สามารถใช้สร้างสิ่งเล็กๆ ได้ แต่ก็ยังขาดความแม่นยำและมีความบกพร่องสูง การนำเทคโนโลยีแบบหยาบไปสร้างสิ่งเล็กๆ เช่น ไมโครชิปในการผลิตวงจรที่ระดับ 0.2-0.3 ไมโครเมตร เราเรียกว่าเป็นการใช้เทคโนโลยีแบบบนลงล่าง (Top-Down Technology) ซึ่งมีข้อจำกัดสูง ความจริงก็คือทรานซิสเตอร์ที่ผลิตได้ในระดับนี้ประกอบด้วยอะตอมอยู่ในระดับล้านล้านอะตอม เราจึงยังคงเรียกเทคโนโลยีแบบไฮเทคในปัจจุบันว่าเป็นเทคโนโลยีแบบหยาบ

2. เทคโนโลยีระดับโมเลกุล (Molecular Technology) การจัดการหรือผลิตสิ่งต่างๆ โดยการนำอะตอมหรือโมเลกุลมาจัดเรียง ณ ตำแหน่งที่ต้องการอย่างแม่นยำ สิ่งที่เกิดขึ้นมาอาจเป็นสิ่งเล็กๆ หรือเป็นสิ่งใหญ่ก็ได้ การนำเอาเทคโนโลยีระดับโมเลกุลไปสร้างสิ่งที่ใหญ่ขึ้นมา เหมือนกับพีชที่สร้างผนังเซลล์จากการนำโมเลกุลของน้ำตาลมาต่อกัน ซึ่งจัดเป็นการใช้เทคโนโลยีแบบล่างขึ้นบน (Bottom-Up Technology) เทคโนโลยีระดับโมเลกุลนี้เองที่เป็นที่มาของนาโนเทคโนโลยี

จุดเปลี่ยนจากเทคโนโลยีแบบหยาบไปสู่เทคโนโลยีระดับโมเลกุลเกิดจากการค้นพบอะตอมและศาสตร์ที่อธิบายความเป็นอยู่ของสรรพสิ่งในระดับอะตอม หรือเรียกว่าเป็นกลศาสตร์ควอนตัม การพัฒนาทฤษฎีควอนตัมในระหว่างปี ค.ศ.1900-1950 นับว่าเป็นช่วงเวลาที่สำคัญมากที่สามารถเรียนรู้สมบัติต่างๆ ในระดับอะตอมและโมเลกุลของสาขาวิชาเคมี โดยใช้ความรู้ในเรื่องของอิเล็กตรอน ซึ่งอธิบายได้ด้วยทฤษฎีควอนตัม ในช่วงเวลาดังกล่าวได้มีนักวิทยาศาสตร์ที่สำคัญมากมาย เช่น ไอน์สไตน์ บอร์ บอร์น ออปเพนไฮเมอร์ ชโรดิงเงอร์ โบลท์ซมันน์ แมกซ์เวลล์ แพลงค์ ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ด เพาซี เดอบอยล์ และไฮเซนเบิร์ก บุคคลต่างๆ เหล่านี้ได้ทำการศึกษา ค้นคว้า วิจัย ความเป็นไปของสรรพสิ่งในระดับอะตอม จนกลายมาเป็นทฤษฎี ควอนตัม อันเป็นพื้นฐานของวิทยาศาสตร์สมัยใหม่เกือบทุกสาขา

นาโนเทคโนโลยีกับอุตสาหกรรม

นาโนเทคโนโลยีสามารถนำมาใช้ได้หลากหลายสาขาเกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมในกระบวนการผลิตและปรับปรุงคุณภาพของสินค้า เป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันได้มากขึ้นไม่ว่าจะเป็นด้านไอที ดังเช่น ในการออกแบบและผลิตวัสดุใหม่ เพื่อให้วัสดุ ชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติดีขึ้น เช่น เหล็กที่มีคุณสมบัติด้านความแข็งแรงแต่น้ำหนักเบาขึ้น การผลิตสิ่งทอพิเศษที่ทำจากเส้นใยในระดับนาโนเมตรให้สามารถกักเก็บความร้อนเพื่อทำให้อบอุ่นได้ดีกว่าปกติหรือสามารถย่อยสลายได้ติดทนนาน และสามารถออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อโรคได้ เป็นต้น

นาโนเทคโนโลยีเป็นเทคโนโลยีที่ครอบคลุมศาสตร์พื้นฐานอย่างกว้างขวาง ทั้งการค้นพบวัสดุใหม่ ช่วยยกระดับและเพิ่มมูลค่าสินค้าที่มีอยู่เดิม รวมถึงการริเริ่มอุตสาหกรรมใหม่ซึ่งถือได้ว่าเป็นเทคโนโลยีในการผลิตแห่งอนาคต สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับทุกอุตสาหกรรม การสร้างขีดความสามารถในด้านนาโนเทคโนโลยีแบ่งออกได้เป็น 3 สาขา คือ

1. นาโนเทคโนโลยีชีวภาพ(Nanobiotechnology) มีการนำไปใช้ในด้านวงการการแพทย์และสาธารณสุข โดยประยุกต์ใช้กับวัสดุชีวโมเลกุล การปรับโครงสร้างระดับโมเลกุลของยาเพื่อหวังผลการทำลายชีวโมเลกุลอย่างเฉพาะเจาะจง เช่น การทำลายเซลล์มะเร็ง การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอางโดยเพิ่มคุณสมบัติในการส่งผ่านสารบำรุงเข้าสู่ชั้นใต้ผิวหนังได้ดียิ่งขึ้น การพัฒนาไบโอเซ็นเซอร์หรือหัวตรวจวัดสารชีวภาพ เป็นต้น

2. นาโนอิเล็กทรอนิกส์ (Nanoelectronics) เป็นการนำนาโนเทคโนโลยีไปใช้เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูง เช่น การพัฒนาระบบไฟฟ้าเครื่องกลจุลชีว การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์และเซลล์เชื้อเพลิง การพัฒนา High-density probe storage device เป็นต้น

3. วัสดุนาโน (Nanomaterials) เป็นการปรับปรุงคุณสมบัติของวัสดุให้ดีขึ้นหรือให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรม การพัฒนาฟิล์มพลาสติกนาโนคอมโพสิต ที่มีความสามารถในการสกัดกั้นการผ่านของก๊าซบางชนิดและไอน้ำเพื่อการทำบรรจุภัณฑ์ ช่วยยืดอายุความสดของผัก ผลไม้ และเพิ่มมูลค่าการส่งออก การผลิตผงอนุภาคนาโนมาใช้ในการฆ่าเชื้อโรคแบคทีเรียและไวรัส เป็นต้น

นาโนเทคโนโลยีในธรรมชาติ

ในธรรมชาติรอบๆ ตัวเรามีพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับนาโนเทคโนโลยีและสามารถพบเห็นได้ทั่วไป และมนุษย์สามารถใช้เป็นข้อมูลในการผลิตเป็นชิ้นงานต่างๆ โดยลอกเลียนแบบพื้นฐานที่ได้จากธรรมชาติ และเติมแต่งผลผลิตจากนาโนเทคโนโลยีเข้าไปให้เกิดประโยชน์ เพื่อการใช้งานในภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่ตรงกับความต้องการทางด้านวัตถุประสงค์ของงานชนิดนั้นๆ ตัวอย่างเช่น ดินตึกแก็

ตุ๊กแกและจิ้งจกมีความสามารถในการใช้ตีนยึดเกาะกับข้างฝา เพดานหรือกำแพงที่ราบเรียบและ
ลื่นโดยไม่ตกลงมาได้ ก็เพราะบริเวณใต้ขี้ตื้นมีขนขนาดเล็กที่เรียกว่า ซีตัส (Setae) มีจำนวนนับล้านเส้น
เรียงตัวอัดแน่นอยู่ โดยที่ส่วนปลายของขนซีตัสแต่ละเส้นยังมีเส้นขนที่มีขนาดเล็กกว่าเรียกว่า สปาตุล
(Spatulae) ประกอบอยู่อีกหลายร้อยเส้น ซึ่งสปาตุลแต่ละเส้นจะมีขนาดเล็กมากประมาณ 200 นาโน
เมตร และที่ปลายสปาตุลแต่ละเส้นจะสามารถสร้างแรงดึงดูดทางไฟฟ้าที่เรียกว่า แรงวานเดอร์วาลส์
(Vanderwaals force) ช่วยในการยึดติดกับโมเลกุลของสสารที่เป็นส่วนประกอบของผนังหรือเพดานได้
ถึงแม้ว่าแรงวานเดอร์วาลส์จะเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่อ่อนมากแต่จากการที่จำนวนเส้นขนของสปาตุลเมื่อมีอยู่
หลายล้านเส้น จึงทำให้แรงยึดเหนี่ยวทางไฟฟ้ามีอย่างมหาศาลทำให้สามารถยึดติดกับผนังหรือเพดานได้
จากหลักการนี้จึงทำให้นักวิทยาศาสตร์ได้คิดค้นเทคโนโลยีแถบยึดตีนตุ๊กแก (Gecko Tape) ขึ้นจากวัสดุ
สังเคราะห์ชนิดใหม่ ที่มีลักษณะเป็นขนขนาดนาโน (Nanoscopic Hairs) เลียนแบบขนของสปาตุล เพื่อ
นำไปผลิตแถบยึดที่ปราศการใช้กาวและผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เช่น ถุงมือ ผ้าพันแผล การพัฒนาเป็นล้อของ
หุ่นยนต์ที่สามารถไต่ผนังหรือเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวตั้งได้ เป็นต้น

ใยแมงมุม (เส้นใยนาโน) แมงมุมเป็นสัตว์ที่สามารถสร้างและพันทอเส้นใยได้ โดยที่ใย
แมงมุมเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงและเหนียวมาก ใยแมงมุมสามารถหยุดแมลงที่บินด้วยความเร็วสูงได้
โดยที่ใยแมงมุมไม่ขาด นักวิทยาศาสตร์ค้นพบว่า แมงมุมมีต่อมพิเศษที่สามารถหลั่งโปรตีนที่ละลายในน้ำ
ชนิดหนึ่งชื่อว่า “ไฟโบรอิน” (Fibroin) โดยเมื่อแมงมุมหลั่งโปรตีนชนิดนี้ออกมาจากต่อมดังกล่าว โปรตีนนี้
จะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นของแข็ง หลังจากนั้นแมงมุมก็จะใช้ขาในการถักทอโปรตีนเหล่านี้เป็น
เส้นใยที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งก็คือใยแมงมุนั่นเอง มีบริษัทในต่างประเทศแห่งหนึ่ง สามารถสร้างใยแมงมุม
เลียนแบบใยแมงมุมจริงขึ้นมาได้โดยการตัดต่อยีนที่ควบคุมการสร้างโปรตีนไฟโบรอินจากแมงมุม แล้ว
นำไปใส่ไว้ในโครโมโซมของแพะ เพื่อให้แพะมีโปรตีนใยแมงมุมก่อนที่จะแยกโปรตีนจากนมแพะออก
มาแล้วผ่านกระบวนการพันทอเป็นเส้นใย เพื่อใช้ในการผลิตเสื้อเกราะกันกระสุนที่แข็งแรงแต่น้ำหนักเบา
ขึ้น โดยเส้นใยที่สร้างขึ้นมานี้มีความแข็งแรงมากกว่าเหล็กถึงห้าเท่าเทียบที่น้ำหนักเท่ากัน นอกจากนี้ยัง
สามารถนำใยแมงมุมไปใช้เป็นเส้นใยผ้ารักษาแผลสดได้อีกด้วย

หลายประเทศทั่วโลกมีการลงทุนด้านนาโนเทคโนโลยีโดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศสหรัฐอเมริกา
ญี่ปุ่น และประเทศในยุโรป ได้ทุ่มเทงบประมาณเพื่อการวิจัยด้านนี้เป็นจำนวนมาก และในส่วนของ
ประเทศไทยนั้น ได้มีการจัดตั้งศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติอย่างเป็นทางการตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อ
วันที่ 13 สิงหาคม 2546 อยู่ภายใต้การกำกับดูแลของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
แห่งชาติ (สวทช.) มีหน้าที่เป็นหน่วยงานหลักในการจัดทำแผนแม่บทการพัฒนานาโนเทคโนโลยี เพื่อ
กำหนดแนวทาง มาตรการ และแผนการดำเนินงาน รวมทั้งแผนพัฒนาศักยภาพของบุคลากร นักวิชาการ
ด้านนาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย และการสร้างผลลัพธ์ที่เสริมซึ่งกันและกัน โดยการประสานความ

ร่วมมือกับมหาวิทยาลัย กระทรวง ทบวง กรม ที่เกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิด ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับนาโนเทคโนโลยี เช่น อุปกรณ์นาโนที่สังเคราะห์จากสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor Devices) เช่น จุดควอนตัม (Quantum Dot) เซลล์แสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูงชนิดใหม่ อุปกรณ์นำแสงและออปติก และทรานซิสเตอร์โมเลกุล การสร้างวัสดุนาโนพอลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพ และสามารถใช้เป็นวัสดุในการนำส่งยาและโปรตีน การใช้นาโนเทคโนโลยีทางด้านสิ่งแวดล้อมในการตรวจสอบการปนเปื้อนและบำบัดของเสีย Biosensors และ Tissue engineering ด้านพลังงาน อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องสำอาง เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

1. วารสาร สอท. สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ปีที่ 14 ฉบับที่ 78 พฤศจิกายน-ธันวาคม 2547
2. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว : “นาโนเทคโนโลยีกับการพัฒนาประเทศไทยวารสารเพื่อความก้าวหน้าทางวิศวกรรม” ปีที่ 2 ฉบับที่ 13 วันที่ 13 มกราคม 2547
3. ชีวเกียรติ เกิดเจริญ “นาโนเทคโนโลยีความเป็นไปได้ และ ทิศทางในอนาคต” ออนไลน์วันที่เข้าถึง 20 เมษายน 2549 <http://nanotech.sc.mahidol.ac.th/nano/nanotech1.htm>
4. สิริพัฒน์ ประโชนเทพ “นาโนเทคโนโลยี ... คืออะไรกันแน่?” ออนไลน์ วันที่เข้าถึง 20 เมษายน 2549 <http://www.vcharkarn.com/include/article/showarticle.php?Aid=189>
5. ครรชิต มาลัยวงศ์ “นาโนเทคโนโลยี” ออนไลน์ วันที่เข้าถึง 20 เมษายน 2549 <http://www.drkanchit.com>
6. ปฏิวัติ มุลาลินน์ “นาโนเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์ ขนาดจิ๋ว” ออนไลน์ วันที่เข้าถึง 20 เมษายน 2549 <http://www.chemical.rta.mi.th/magazine/NANOTECH>
7. “นาโนเทคโนโลยี คืออะไร” ออนไลน์ วันที่เข้าถึง 20 เมษายน 2549 <http://www.kunkroo.com/nano.html>
8. “นาโนเทคโนโลยี เทคโนโลยีซูเปอร์จิ๋ว” ออนไลน์ วันที่เข้าถึง 20 เมษายน 2549 <http://www.codetukyang.com/tiplearn/old/pages/nano.htm>