

นาโนเทคโนโลยีคืออะไร

คำว่า นาโน (Nano) แปลว่าคนแคระในภาษากรีก แต่โดยมากจะเป็นคำที่เรียกกันติดปากและย่อมาจากคำว่า นาโนเมตร (Nanometre) ซึ่งหมายถึง สิบกำลังลบเก้าเมตร หรือ 1 ส่วนพันล้านของ 1 เมตร

คำนิยามอย่างคร่าว ๆ ของ นาโนศาสตร์ (Nanoscience) ก็คือการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติของวัตถุที่มีขนาดในช่วงนาโนเมตร (ประมาณ 1-100 นาโนเมตร) ส่วนนาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology) ก็จะหมายถึงการสร้างและประยุกต์วัสดุนาโนนี้มาใช้ให้เป็นประโยชน์

จุดมุ่งหมายสูงสุดของนาโนเทคโนโลยีก็คือความสามารถที่จะสร้างและจัดเรียงอนุภาคต่างๆ ได้ตามความต้องการ เพื่อสร้างสารหรือโครงสร้างของสารในแบบใหม่ๆ ที่ให้คุณสมบัติพิเศษที่อาจจะไม่เคยมีมาก่อน

นิยามของนาโนเทคโนโลยี

นาโนเทคโนโลยี ดูเหมือนจะเป็นคำที่ค่อนข้างใหม่ แต่จริงๆ แล้ว ได้มีผู้มองเห็นความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีตัวนี้ตั้งแต่เมื่อ 40 ปี มาแล้ว โดยศาสตราจารย์ริชาร์ด ฟายน์แมน (Richard Feynman ผู้ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ในปี ค.ศ. 1965) ได้กล่าวไว้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1959 ว่า "สักวันหนึ่ง เราจะสามารถประกอบสิ่งต่างๆ ผลิตสิ่งต่างๆ ขึ้นมาจากการจัดเรียงอะตอมด้วยความแม่นยำ และเท่าที่ข้าพเจ้ารู้ ไม่มีกฎทางฟิสิกส์ใดๆ แม้แต่หลักแห่งความไม่แน่นอน (Uncertainty Principle) ที่จะมาขัดขวางความเป็นไปได้" [1] ท่านยังได้กล่าวถึงถึงเทคโนโลยีตัวนี้ว่าเป็นสิ่งที่หลีกเลี่ยงไม่ได้

นาโนเทคโนโลยี ถูกนิยามว่าเป็นเทคโนโลยีในการประกอบและผลิตสิ่งต่างๆ ขึ้นมาจากการจัดเรียงอะตอม หรือ โมเลกุล เข้าด้วยกันด้วยความแม่นยำ และถูกต้องในระดับนาโนเมตร [2,3] เราอาจจะนิยามเทคโนโลยีที่อารยธรรมของมนุษย์ได้พัฒนาขึ้น เป็น 2 แบบคือ [4]

1. เทคโนโลยีแบบหยาบ (Bulk Technology)

ซึ่งใช้จัดการกับสิ่งต่างๆ หรือ ผลิตสิ่งต่างๆ โดยอาศัยวิธีการ เช่น ตัด กลึง บีบ อัด ต่อ งอ และอื่นๆ หรืออาจใช้วิธีทางเคมีโดยการผสมให้ทำปฏิกิริยา โดยพยายามควบคุมสภาวะต่างๆ ให้เหมาะสม แล้วปล่อยให้สารทำปฏิกิริยากันเอง เทคโนโลยีแบบนี้สามารถใช้สร้างสิ่งเล็กๆ ได้ก็จริง แต่ก็ขาดความแม่นยำ และมีความบกพร่องสูง การนำเทคโนโลยี

แบบขยายไปสร้างสิ่งเล็กๆ เช่น ไมโครชิพ เราเรียกว่าเป็นการใช้เทคโนโลยีแบบบนลงล่าง (Top-Down Technology) ซึ่งมีขีดจำกัดสูง ซึ่งอุตสาหกรรมผลิตไมโครชิพที่กำลังเผชิญปัญหาในการผลิตวงจรที่ระดับ 0.2-0.3 ไมครอนอยู่ แม้ว่าวิศวกรอิเล็กทรอนิกส์ทั้งหลายจะภูมิใจกับความแม่นยำในระดับนี้ แต่ความเป็นจริงก็คือ ทรานซิสเตอร์ที่ผลิตได้ในระดับนี้ก็ยังมีจำนวนอะตอมอยู่ถึงระดับล้านล้านอะตอม เราจึงคงเรียกเทคโนโลยีในปัจจุบันของมนุษย์ แม้กระทั่งเทคโนโลยีที่ใช้ผลิตคอมพิวเตอร์ซึ่งใครๆต่างเข้าใจว่าเป็นเทคโนโลยีไฮเทคนี้ว่า เทคโนโลยีแบบขยาย

2. เทคโนโลยีระดับโมเลกุล (Molecular Technology)

ซึ่งจัดการกับสิ่งต่างๆ หรือผลิตสิ่งต่างๆ โดยการนำอะตอมหรือโมเลกุลมาจัดเรียง ณ ตำแหน่งที่ต้องการอย่างแม่นยำ สิ่งที่เกิดขึ้นมาอาจเป็นสิ่งเล็กๆ หรือ เป็นสิ่งใหญ่ก็ได้ การนำเอาเทคโนโลยีระดับโมเลกุลไปสร้างสิ่งที่ใหญ่ขึ้นมา (เช่น พืชสร้างผนังเซลล์จากการนำเอาโมเลกุลน้ำตาลมาต่อกัน) นี้ว่าการใช้เทคโนโลยีแบบล่างขึ้นบน (Bottom-Up Technology) เทคโนโลยีระดับโมเลกุลนี้เองที่เป็นนาโนเทคโนโลยี

หากเราเหลียวมองรอบๆ ตัวของเรา อุตสาหกรรมทั้งหลายในปัจจุบันล้วนแล้วแต่ใช้เทคโนโลยีแบบขยายทั้งสิ้น ในอดีตบรรพบุรุษของเราใช้การตัด งอ ดึง กลึง หลอม เพื่อสร้างสิ่งต่างๆ ตั้งแต่ยุคหิน มายุคโลหะ แม้กระทั่งปัจจุบัน เรามีเครื่องจักรที่ซับซ้อนขึ้น มีความละเอียดมากขึ้น แต่เราก็ยังคงใช้วิธีการแบบเดิมไม่ต่างกันเลย เพื่อผลิตสิ่งต่างๆ แพทย์เมื่อ 100 ปีก่อนใช้มีดเพื่อผ่าตัด ปัจจุบันเรามีเลเซอร์ใช้ แต่สังเกตดีๆ ว่าเรายังไม่อาจหนีวิธีการเดิมๆคือ การตัดเอาเนื้อเยื่อออก แล้วปล่อยให้แผลรักษาตัวมันเองโดยธรรมชาติ ตลอดอารยธรรม 2 ล้านปีของมนุษย์เรายังคงวนเวียนอยู่กับเทคโนโลยีแบบขยายตลอดเวลา

ความเป็นมาของนาโนเทคโนโลยี

ฟิสิกส์ของอะตอม และ กลศาสตร์ควอนตัม

จุดหักเหของอารยธรรมของมนุษย์ และเป็นจุดที่จะเปลี่ยนเทคโนโลยีจากแบบเดิมคือขยายไปสู่เทคโนโลยีระดับโมเลกุลนั้น เกิดขึ้นจากการค้นพบอะตอมและศาสตร์ที่อธิบายความเป็นอยู่ของสรรพสิ่งในระดับอะตอม หรือ กลศาสตร์ควอนตัมนั่นเอง ช่วงเวลาตลอด 50 ปีแห่งการพัฒนาทฤษฎีควอนตัมระหว่างปี ค.ศ. 1900-1950 เป็นช่วงเวลาที่สำคัญแห่งประวัติศาสตร์มนุษยชาติ เป็นช่วงเวลาที่ยุควิทยาศาสตร์มันสมองอัจฉริยะของโลกไว้มากมาย นับแต่ ไอน์สไตน์ บอร์ บอร์น ออปเพนไฮเมอร์ ดิแรก ชโรดิงเจอร์ โบลท์ซมันน์ แมกซ์เวลล์ แพลงก์ ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ด เพลลี เดอบอยล์ และ ไอเซนเบอร์ก แม้กระทั่งมาถึงคนรุ่นหลังอย่าง ฟายน์แมน และ โคห์น (รางวัลโนเบลสาขาเคมีควอนตัม ค.ศ. 1998 ร่วมกับ โทเฟิล) ก็ถือเป็นผลพวงจากช่วงเวลาดังกล่าว

บุคคลเหล่านี้ได้ทุ่มเทสติปัญญาตลอดช่วงเวลาดังกล่าว เพื่อแสวงหาความเข้าใจความเป็นไปของสรรพสิ่งในระดับของอะตอม พัฒนาการในความเข้าใจในทฤษฎีดังกล่าว มาถึงจุดที่มนุษย์มีความสามารถในการทำนายที่ให้ผลแม่นยำสูง

ความรู้ในทางกลศาสตร์ควอนตัมได้ผลิดอกออกผลไม่เพียงแต่ในสาขาฟิสิกส์เท่านั้น หากมันยังเป็นพื้นฐานทั้งหมดของวิชาเคมีเลยทีเดียว จนสามารถกล่าวได้ว่าหากไม่มีกลศาสตร์ควอนตัมก็ไม่มีเคมี เพราะเราไม่อาจอธิบายสมบัติในระดับอะตอมและโมเลกุล ซึ่งก็คือเนื้อหาของวิชาเคมีได้เลยหากปราศจากความรู้ในเรื่องของอิเล็กตรอน ซึ่งอธิบายได้ด้วยทฤษฎีควอนตัม ด้วยเหตุนี้ในปี ค.ศ. 1998 คณะกรรมการตัดสินรางวัลโนเบลจึงได้มอบรางวัลให้แก่ โคห์น และ โปเพิล ซึ่งได้พัฒนาวิธีการคำนวณทางกลศาสตร์ควอนตัม จนมีความแม่นยำสูงและใช้งานง่าย ทำให้งานวิจัยทางเคมีได้เปลี่ยนรูปแบบไปอย่างมากตลอด 20 ปีหลังนี้ โดยนักเคมีสามารถใช้โปรแกรมคำนวณทางกลศาสตร์ควอนตัมสำเร็จรูป ตัวอย่างเช่น GAUSSIAN [5] เพื่อศึกษาสมบัติในระดับจุลภาค ควบคู่ไปกับการทำการทดลอง นอกจากคุณูปการที่ทฤษฎีควอนตัมมีต่อสาขาเคมีแล้ว มันยังได้ขยายผลไปสู่สาขาชีววิทยา และ ชีววิทยาาระดับโมเลกุลด้วย ทำให้ปัจจุบันเรามีความเข้าใจต่อกลไก ของชีวิตในระดับโมเลกุลได้ดีขึ้น มีผลไปสู่การพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพที่ช่วยทำให้ความเป็นอยู่ของมนุษย์ดีขึ้น

เมื่อเรามีความเข้าใจธรรมชาติในระดับอะตอมและ โมเลกุลที่ดีขึ้น ทำไมเราจะไม่สามารถพัฒนาเทคโนโลยีในระดับอะตอมและ โมเลกุลได้ ด้วยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ซึ่งไม่ได้ปฏิเสธความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีระดับอะตอมหรือนาโนเทคโนโลยีนี้ ทำให้เรายังมีความหวังว่าความรู้ทางวิศวกรรมระดับนาโนเมตรน่าจะสามารถพัฒนาขึ้นมาจนนำไปสู่การเกิดขึ้นของนาโนเทคโนโลยีได้

ปฐมบทของนาโนเทคโนโลยี

นาโนเทคโนโลยี เกิดขึ้นที่ห้องแลปของซีร็อกซ์ ที่ชื่อว่า PARC (Xerox's Palo Alto Research Center) ซึ่งเป็นแหล่งต้นกำเนิด ของเทคโนโลยีที่ก้าวหน้าด้านต่างๆ ของโลกในปัจจุบัน โมเสค (Mosaic) ซึ่งต่อมากลายเป็น เนตสเคป(Netscape) ก็เป็นตัวอย่างหนึ่ง

โดยย้อนกลับไปเมื่อปี 2519 นาย Ralphe Merkle กับบัณฑิตจากสแตนฟอร์ดจำนวนหนึ่ง พัฒนาเทคโนโลยีเข้ารหัสในคอมพิวเตอร์ ที่ต่อมาชื่อ Pretty Good Privacy ขึ้น ขณะเดียวกัน ก็ใช้เวลาว่าง จำลองสิ่งต่างๆในระดับ โมเลกุลขึ้นมา โดยคิดว่า อุตสาหกรรม ควรสร้างสิ่งต่างๆมาจาก ระดับโมเลกุล เพื่อให้ได้สิ่งที่ถูกต้องสมบูรณ์ อาทิ เครื่องมือผ่าตัดในปัจจุบัน มีขนาดใหญ่เกินไป ถ้าเราสามารถสร้างเครื่องมือที่มีขนาดเท่าโมเลกุล(สามารถตัดสินใจเองได้ ด้วยคอมพิวเตอร์ระดับโมเลกุล จะทำให้เราลัดเข้าไปในร่างกาย เพื่อรักษาโรคมะเร็ง ผ่านแบคทีเรีย ไวรัส หรือกำจัด ไขมัน

จุดค้นในเส้นเลือดได้แต่ความจริง ความคิดนี้ได้ถูกเผยแพร่มาตั้งแต่ปี 2502 แล้ว โดยนักวิทยาศาสตร์ที่ชื่อ Richard P. Feynman แต่ใช้คำว่า Minimanufacturing ยิ่งกว่านั้น ในปี 2532 สถาบันโฟร์ไซท์ (Foresight Institute) ได้ตัดสินใจ มุ่งเน้นวิจัยนาโนเทคโนโลยีอย่างจริงจัง ซึ่งสร้างความสนใจ และได้รับคำเยาะเย้ยจากผู้ที่ยังมองภาพไม่ออกพอสมควร

แต่ทันทีที่เปิดสัมมนาขึ้น กลับมีนักวิทยาศาสตร์จากทั่วโลก เข้าร่วมกว่า 300 คน และในปี 2539 มีนักเคมีในสาขาเคมี ได้รับรางวัลโนเบล จากการคิดค้น "nanotubes" ที่มีขนาดเล็กกว่าเส้นผมของมนุษย์ 1/50,000 เท่า เมื่อนำมาประกอบกัน จะแข็งแรงกว่าเหล็ก 100 เท่า ซึ่งคาดว่าจะสามารถนำมาทำอุปกรณ์ต่างๆ ได้ในอนาคตอันใกล้นี้ ทำให้นาโนเทคโนโลยี ได้รับความสนใจจากบุคคลทั่วไป และสื่อต่างๆ มากขึ้น

แล้วทั่วโลกมีความเคลื่อนไหวในเรื่องนี้อย่างไร

รัฐบาลญี่ปุ่น - เห็นความสำคัญของ จักรกลขนาดจิ๋ว ว่าจะเป็นเทคโนโลยีแห่งอนาคต จึงสนับสนุนด้านเงินทุน ผ่านกระทรวงอุตสาหกรรมและการค้าระหว่างประเทศ(MITI) ในการร่วมมือกับ บริษัทในยุโรปพัฒนานาโนเทคโนโลยี

นอกจากนี้ยังมี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีคอล ของเดนมาร์ก และ มหาวิทยาลัยเบอร์มิงตัน ของอังกฤษ ที่จับมือกันวิจัยนาโนเทคโนโลยีอย่างลึกซึ้ง

ยิ่งกว่านั้น ในอเมริกา หน่วยงานของรัฐกว่า 10 แห่ง ที่มีการให้เงินทุนวิจัยด้าน โมเลกุลาร์ นาโนเทคโนโลยี ทั้งหน่วยงานด้าน สาธารณสุข, พลังงาน, ทหาร, นาซ่า รวมถึง มหาวิทยาลัยชั้นนำ เช่น เอ็มไอที, สแตนฟอร์ด, คอร์เนลล์ และ ไรซ์ ต่างก็มีงานวิจัยด้านนี้เช่นกัน

...และเทคโนโลยีสุดท้ายของยุคหน้าก็คือ นาโนเทคโนโลยี ที่สามารถทำสิ่งประดิษฐ์ให้เล็กขนาดเท่าโมเลกุล สามารถสั่งงานได้ตามต้องการ เช่น เรามีหุ่นยนต์จิ๋วขนาดเท่าไวรัส ก็ตั้งโปรแกรมให้ไปทำลายไวรัสตัวนั้น หรือ ไปจับแยกออกจากเม็ดเลือดขาว เพื่อรักษาโรคเอดส์ได้ ด้วยการทานเม็ดแคปซูลที่บรรจุหุ่นยนต์จิ๋วเม็ดละ 1 พันตัว เข้าไปมีอยู่ละ 2 เม็ดเท่านั้น เป็นต้น]

ลองมามองในมุมมืดดูบ้าง ถ้ามีคนสามารถสร้างนาโนเทคโนโลยี

เป็นอาวุธทำลายล้าง แต่ไม่ใช่ระเบิดอย่างที่เห็นมา แต่เป็นการเจาะจงทำลาย เช่น ตั้งโปรแกรมให้ผู้ที่มิถาสีฟ้า ผมสีบรอนซ์ เป็นมะเร็งให้หมด คนที่มีเชื้อสายจีน หัวใจวายทั้งหมด แล้วจะเป็นอย่างไร ร้ายขึ้นไปอีก เมื่อสามารถจำลองเซลล์ ของ อิตเลอร์ สตาลิน ขึ้นมาใหม่ได้ หรือสร้างเครื่องยนต์สังหาร ตามล้างตามล่า เป้าหมายที่สามารถระบุพรรณานี้ได้ อะไรจะเกิดขึ้น

สถานการณ์นาโนศาสตร์ในประเทศไทย

ธันวาคม 2538 - เริ่มดำเนินการวิจัยทางด้าน Computational Nanoscience โดย ดร. ชีรเกียรติ์ ที่ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ณ เวลานั้นคนส่วนใหญ่ในเมืองไทยคิดว่า "นาโนเทคโนโลยี" เป็นเรื่องไร้สาระ

กรกฎาคม 2542 - ก่อตั้งกลุ่มนาโนเทคโนโลยีและอิเล็กทรอนิกส์เชิงโมเลกุล มี ดร. ชนากร และ ดร. ชีรเกียรติ์ เปิดศักราชด้านนาโนเทคโนโลยีเป็นครั้งแรกในประเทศไทย คนส่วนใหญ่ในเมืองไทยก็ยังคิดว่า "นาโนเทคโนโลยี" เป็นเรื่องเพ้อฝัน

กรกฎาคม 2543 - คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล สนับสนุนการปรับปรุงห้องปฏิบัติการทางด้านนาโนศาสตร์ ดร. เต็มศักดิ์ และ ดร. อุดม เข้าร่วมทีม ได้รับการสนับสนุนเพราะอยากให้มีการรวมทีมทำงานวิจัย แต่เรื่อง "นาโนเทคโนโลยี" ยังคงถูกมองว่าไกลความจริง

กรกฎาคม 2544 - สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) อนุมัติให้ดำเนินการวิจัยทางด้านอุปกรณ์โมเลกุล นับเป็นโครงการวิจัยทางด้านนาโนศาสตร์ โครงการแรกของประเทศไทยที่ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานระดับชาติ แม้จะมีคนสนใจพอสมควร แต่ก็มี question mark ในใจว่า มันจะไปรอดหรือ

พฤศจิกายน 2544 - คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล อนุมัติจัดตั้ง หน่วยสร้างเสริมศักยภาพทางนาโนศาสตร์ เป็นศูนย์วิจัยทางนาโนศาสตร์แห่งแรกของประเทศไทย ได้รับการสนับสนุนท่ามกลางความกังขาในเรื่องของประสิทธิภาพการทำวิจัย

ธันวาคม 2544 - สถาบันเทคโนโลยีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย (บวท.) จัดประชุมระดมสมองด้านนาโนเทคโนโลยีเป็นครั้งแรกในเมืองไทย ประสบความสำเร็จในแง่ของจำนวนผู้เข้าร่วมประชุม แต่ทัศนคติโดยมากยังไม่คิดว่าประเทศไทยจะพร้อมทำวิจัยด้านนี้

มีนาคม 2545 - ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จัด Summer School on Nanoscience and Nanotechnology

ตุลาคม 2545 - มีการจัดการประชุม Nanotechnology for the ASEAN Region ขึ้นในประเทศไทย

ธันวาคม 2545 - ท่านนายกรัฐมนตรี ทักษิณ ประกาศสนับสนุนการวิจัยทางนาโนเทคโนโลยี เพื่อให้ประเทศไทยพัฒนาแบบก้าวกระโดด เพื่อนำประเทศในภูมิภาคนี้

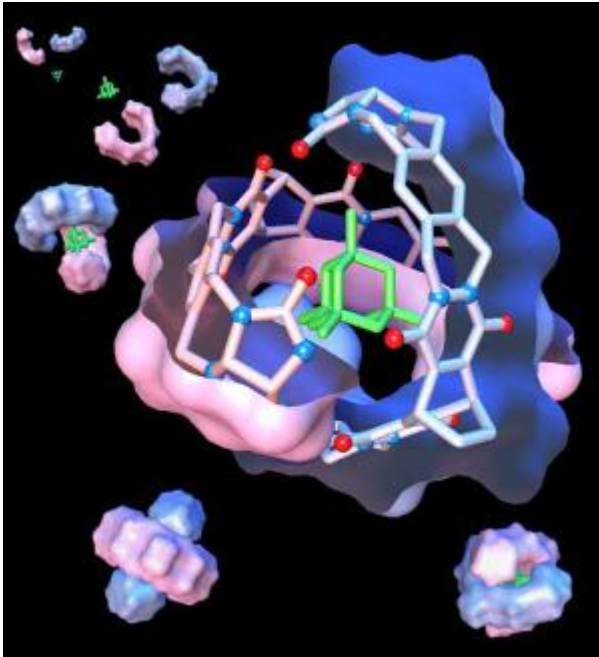
และล่าสุดเมื่อวันที่ 23 ธ.ค.46 พ.ต.ท.ทักษิณ ได้มอบนโยบายให้แก่คณะรัฐมนตรีอีกครั้งในการพัฒนานาโนเทคโนโลยี โดยมุ่งมั่นจะนำมาใช้เพิ่มผลผลิตของประเทศ

พัฒนาการของนาโนเทคโนโลยีในปัจจุบัน

นาโนเทคโนโลยีในปัจจุบันยังอยู่ในขั้นเริ่มต้นเท่านั้น แต่ก็เป็นที่น่าสนใจที่ประเทศพัฒนาแล้วส่วนใหญ่ รวมทั้งประเทศอุตสาหกรรมใหม่อย่างไต้หวัน และเกาหลีใต้ได้ให้ความสำคัญต่อเทคโนโลยีนี้มาก จึงทำให้สาขานี้ได้รับการพัฒนาอย่างรวดเร็ว ความก้าวหน้าของนาโนเทคโนโลยีในปัจจุบันพอจะสรุปออกเป็นสาขาย่อย ได้ดังต่อไปนี้

1. Supramolecular Chemistry และ Self Assembly [22,23]

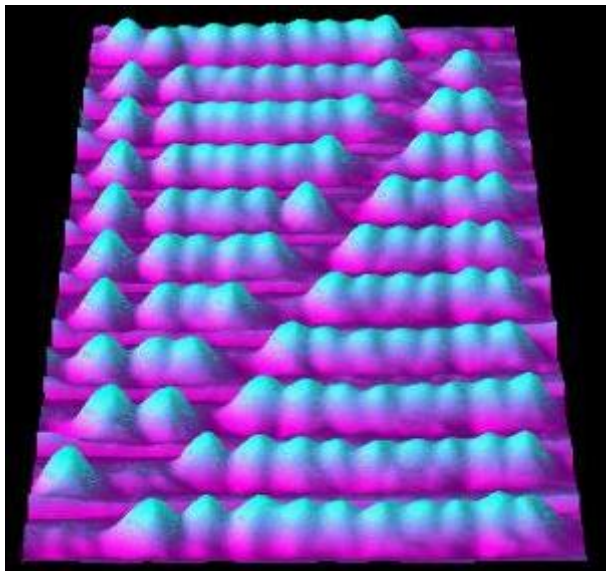
เป็นศาสตร์แห่งการแสวงหาความเข้าใจในปรากฏการณ์ที่โมเลกุลต่างๆ มายึดเกาะกันเกิดเป็นซูพราโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่ รวมทั้งการคิดค้นและพัฒนากระบวนการในการสังเคราะห์ซูพราโมเลกุลอย่างมีประสิทธิภาพ การเกาะกลุ่มกันของโมเลกุลจนเกิดเป็นซูพราโมเลกุลนี้มิได้ใช้พันธะโควาเลนต์ที่แข็งแรง หากแต่เป็นแรงระหว่างโมเลกุล (Intermolecular Interactions) ที่มีปริมาณความแข็งแรงน้อยกว่ามาก ผลของการมายึดเกาะกันด้วยทิศทางและระยะทางที่แน่นอนนี้เอง ทำให้ซูพราโมเลกุลที่ได้ มีความเฉพาะตัว และทำหน้าที่อย่างเฉพาะเจาะจงได้ นักวิทยาศาสตร์ในสาขานี้มีส่วนช่วยในการพัฒนาจักรกลนาโนได้อย่างมาก เพราะความรู้เกี่ยวกับแรงระหว่างโมเลกุลที่เฉพาะเจาะจง จะนำมาสู่ความเข้าใจของกระบวนการประกอบตัวเอง (Self Assembly) นอกจากนั้นแล้วยังจะช่วยให้เข้าใจความเกี่ยวข้องระหว่างโครงสร้างของซูพราโมเลกุลที่มีความเกี่ยวข้องกันหน้าที่การทำงานของมันได้อย่างไร (Structure-Function Relationship) อันจะนำไปสู่การออกแบบจักรกลนาโนที่ทำหน้าที่ได้เฉพาะเจาะจง



รูปที่ 4. ความสามารถในการประกอบตัวเองได้ (Self-Assembly) เป็นสิ่งที่สำคัญสำหรับนาโนเทคโนโลยี ภาพแสดงโมเลกุลที่สามารถมาประกอบกันเองด้วยแรงกระทำระหว่างโมเลกุลที่เหมาะสม ความสามารถในการประกอบตัวเองนี้ เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากโมเลกุลมีความจดจำกันได้ (Molecular Recognition) แม้ว่าเราจะผสมโมเลกุลเหล่านั้นแบบมั่วๆ มันก็จะมาประกอบกันเองได้ภายหลัง (ภาพจาก R. S. Meissner, J. Rebek Jr., and J. de Mendoza, Science 270 (1995) 1485)

- ตัวอย่างความสามารถในปัจจุบันของศาสตร์สาขานี้ที่เกี่ยวข้องกับนาโนเทคโนโลยีก็ได้แก่ความเข้าใจในกระบวนการจดจำตัวเอง (Molecular Recognition) ของโมเลกุลที่มีช่องว่างภายในขนาดใหญ่ (Macrocyclic Molecules) กับไอออนโลหะ หรือ โมเลกุลขนาดเล็กอื่นๆ ตลอดจนการปรับปรุงกระบวนการสังเคราะห์อย่างมีประสิทธิภาพ [24,25] การพัฒนาตัวเร่งปฏิกิริยาแบบซูปราโมเลกุล [26] นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาโมเลกุลที่มีสมบัติในการเป็นอุปกรณ์นาโนอิเล็กทรอนิกส์ เช่น สายไฟระดับโมเลกุล (Molecular Wires) [27,28] เรกติไฟเออร์โมเลกุล (Molecular Rectifiers) [29,30] สวิตช์และเซนเซอร์ [31] เป็นต้น
- เครื่องมือจัดการกับอะตอม เช่น STM (Scanning Tunneling Microscope) AFM (Atomic Force Microscope) SPM (Scanning Probe Microscope) [32,33] นับตั้งแต่มีการสร้าง STM เป็นครั้งแรกเมื่อปี ค. ศ. 1981 ก็ได้มีการผลิตเครื่องมือดังกล่าว และ เครื่องมือที่ใช้เทคนิคคล้ายๆ กันออกขายทั่วโลก ทำให้การพัฒนาเครื่องมือนี้เป็นไปอย่างรวดเร็ว เครื่องมือจัดการกับอะตอมในปัจจุบันนั้นควบคุมและใช้งานง่ายขึ้นมาก อีกทั้งยังทำงานเร็วขึ้นอีกด้วย นอกจากนี้ยังมีการพัฒนาให้สามารถจัดการกับพื้นผิวที่มีความซับซ้อนมากขึ้น เช่น ชีวโมเลกุล จากเดิมที่มีความสามารถเพียงจัดการกับผิวของโลหะ

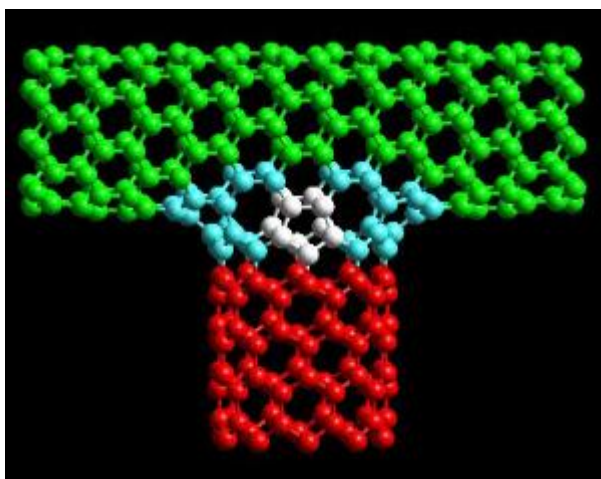
หรือพวกอนินทรีย์เท่านั้น [34] ต่อมาในช่วงหลังๆนี้ได้มีความพยายามที่จะพัฒนาหัวจับ (Tip) ให้มีความสามารถหลากหลายมากขึ้น [35] ทั้งนี้เมื่อไม่นานมานี้ ห้องปฏิบัติการของ IBM ได้สาธิตการสร้างลูกคิดที่มีขนาดเล็กที่สุดในโลก โดยใช้โมเลกุลของคาร์บอน-60 เป็นตัวลูกคิด [36] และใช้ STM ในการขยับตำแหน่งของตัวลูกคิด งานประยุกต์ของ เครื่องมือจัดการอะตอมยังมีอีกมาก เช่น ใช้เป็นเครื่องมือวัดคุณสมบัติระดับจุลภาคของ โมเลกุล เช่นการนำไฟฟ้าของโมเลกุล [37] ใช้เป็นเครื่องมือในการส่งผ่านแรงเข้าไปใน โมเลกุล เพื่อทำให้โมเลกุลมีรูปร่างที่เปลี่ยนไปเป็นผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติการนำ ไฟฟ้าของโมเลกุล [38] งานประยุกต์ที่เป็นที่คาดหวังในอนาคตก็คือ การช่วยในการ สังเคราะห์โมเลกุลที่ต้องการด้วยวิธีกล (Mechanosynthesis) โดยการนำเอาอะตอมมา จัดเรียงกันให้เกิดเป็น โมเลกุลโดยไม่ใช้วิธีทางเคมี [39]



รูปที่ 5.ภาพแสดง Nanoabacus (หรือ ลูกคิดนาโน เป็นลูกคิดที่มีขนาดเล็กที่สุดในโลก ตัวลูกคิดทำจากโมเลกุลคาร์บอน-60) จาก เครื่อง STM

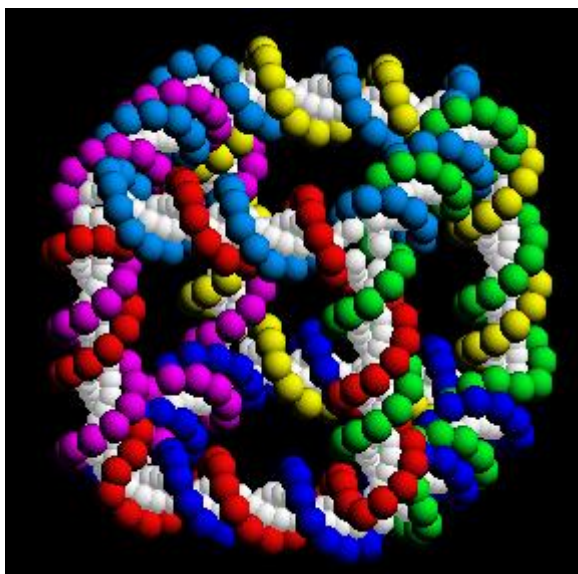
4. Fullerene Nanotechnology [40,41]

นับตั้งแต่มีการค้นพบ Fullerene หรือ คาร์บอน-60 ในปี ค.ศ. 1985 [42] นักวิทยาศาสตร์ก็สามารถสังเคราะห์โมเลกุลที่มีลักษณะทรงกลมที่มีจำนวนของคาร์บอนต่างๆ กันออกมา มากมาย จนกระทั่งปี ค.ศ. 1991 ก็สามารถสังเคราะห์สิ่งที่เรียกว่า ท่อนาโน (Nanotube) คือ โมเลกุลที่ประกอบด้วยคาร์บอนก่อรูปกันขึ้นเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายท่อ [43] อันนำมาซึ่งงานประยุกต์มากมาย เช่น สามารถนำมาทำเป็นสายนำไฟฟ้าหรือสวิตช์ในอุปกรณ์ นาโนอิเล็กทรอนิกส์ [44] หรือ นำมาทำเป็นหัวจับ (Tip) ของเครื่อง STM [45] เป็นต้น งาน ประยุกต์ในอนาคตของท่อนาโนนั้นอาจนำมาทำเป็น ส่วนที่ใช้ยึดโครงสร้างระดับนาโน เข้าด้วยกัน (คล้ายกับเสาและคานสำหรับตึก) [46] เกียร์และมอเตอร์สำหรับเครื่องยนต์ ระดับนาโน [47] ความก้าวหน้าของศาสตร์สาขานี้จึงนับว่ามีความสำคัญต่อนาโน เทคโนโลยีเป็นอย่างมาก



รูปที่ 6.ภาพแสดง Nanotube ที่มาต่อกันเป็นรูปตัว T เพื่อทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์สำหรับวงจรรนาโน อิเล็กทรอนิกส์ สีเขียวแสดงส่วนของ tube ที่มีสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้า สีแดงคือส่วนที่มีสมบัติกึ่งตัวนำ การที่ Nanotube ซึ่งประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนมีสมบัติการนำไฟฟ้าต่างกัน ก็เนื่องมาจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ tube ต่างกันนั่นเอง ทำให้ความยากง่ายในการนำไฟฟ้าต่างกันด้วย (ภาพจาก Drs. Deepak Srivastava, NAS Nanotechnology Group and Madhu Menon, University of Kentucky, Lexington) รายละเอียดใน M. Menon and D. Srivastava, Phys. Rev. Lett. 79 (1997) 4453.

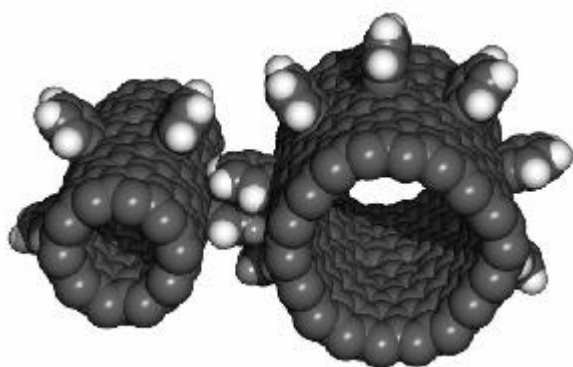
5. วิศวกรรมโปรตีน DNA และการศึกษาจักรกลเชิงโมเลกุลที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ [48] จักรกลนาโนที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติอย่าง โปรตีน และ DNA เป็นตัวอย่างที่ดีที่จะทำให้ นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรนาโนออกแบบจักรกลนาโนฝีมือมนุษย์ต่อไป ดังนั้นหน้าที่ของ ศาสตร์สาขานี้คือ ต้องแสวงหาความเข้าใจในการทำงานของจักรกลนาโนที่มีในธรรมชาติ ให้ได้ จากนั้นก็สามารถนำความรู้ที่ได้ไปออกแบบจักรกลนาโนฝีมือมนุษย์ต่อไป หรือ มิฉะนั้นก็ทำการดัดแปลง โปรตีน หรือ DNA ที่มีอยู่ในธรรมชาติให้สามารถทำงานในสิ่งที่ เราต้องการได้ ได้มีผู้ศึกษาที่จะนำเอา DNA ซึ่งในธรรมชาติจะอยู่เป็นคู่วนรอบกันคล้าย ขันบันได มาต่อกันเป็น โครงสร้างที่ซับซ้อนขึ้นเช่น โครงสร้างแบบกึ่งก้าน [49] โครงสร้าง กล่องลูกบาศก์ [50] หรือแม้แต่รูปแปดหน้า (Truncated Octahedron) [51] โครงสร้าง เหล่านี้สามารถนำไปประยุกต์เพื่อทำเครื่องจักรนาโน หรือ อาจเป็น โครงสร้างพื้นฐานให้ สิ่งก่อสร้างระดับนาโนได้



รูปที่ 7.ภาพแสดงแบบจำลองของ โมเลกุล DNA ที่นำมาต่อกันจน กลายเป็นลูกบาศก์ ทั้งนี้เพื่อแสดงให้เห็นว่า DNA สามารถนำมาทำเป็น building block หรือ โครงสร้าง พื้นฐานของสิ่งก่อสร้างในระดับนาโน เมตรได้ (ภาพจาก <http://www.foresight.org/>)

6. นาโนเทคโนโลยีเชิงคำนวณเพื่อการออกแบบจักรกลนาโน [52]

นาโนเทคโนโลยีเชิงคำนวณมีความสำคัญต่อการพัฒนานาโนเทคโนโลยี ทั้งนี้เพราะ จักรกลนาโนที่มนุษย์สร้างขึ้นต้องสามารถควบคุมได้ การออกแบบจึงต้องกระทำด้วยความ พิถีพิถัน นาโนเทคโนโลยีเชิงคำนวณจะเป็นเครื่องมือในการทำความเข้าใจธรรมชาติระดับ อะตอม เพื่อที่เราจะสามารถจะถ่ายถอดความต้องการของเราไปยังจักรกลนาโนได้ ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์และวิศวกรนาโนจึงถือว่า นาโนเทคโนโลยีเชิงคำนวณเป็นเทคโนโลยีที่ จำเป็นต่อการก่อกำเนิด (Enabling Technology) ของนาโนเทคโนโลยี ถ้าไม่มีนาโน เทคโนโลยีเชิงคำนวณ ก็ไม่สามารถจะพัฒนานาโนเทคโนโลยีแบบเต็มรูปขึ้นมาได้ นาโน เทคโนโลยีเชิงคำนวณจึงเป็นศาสตร์ที่ได้รับความสนใจอย่างมากในขณะนี้ ซึ่งล่าสุดในปี ค.ศ. 1998 โคห์นและโพเพิล ก็ได้กลายเป็นนักนาโนเทคโนโลยีเชิงคำนวณ 2 คนแรกที่ได้รับรางวัลโนเบล เป็นประจักษ์พยานได้อย่างดีว่ากระบวนการในการออกแบบจักรกลเชิง โมเลกุลได้รับการยอมรับถึงความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เรื่องของนาโนเทคโนโลยีเชิงคำนวณ นั้น ผู้เขียนจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในตอนต่อไป



รูปที่ 8. ท่อนาโน (Nanotube) อาจจะถูกดัดแปลงนำมาใช้เป็นเกียร์และแบร่ริง สำหรับส่งกำลังในทางวิศวกรรมเครื่องกลระดับ โมเลกุล

ความเป็นไปได้ของนาโนเทคโนโลยี คำตอบมีอยู่แล้วในธรรมชาติ

หากเราเชื่อศาสตราจารย์ฟายน์แมนดังที่ท่านกล่าวว่า สักวันหนึ่งเราจะสามารถประกอบสิ่งต่างๆ และ ผลิตสิ่งต่างๆ ขึ้นมาจากการจัดเรียงอะตอมด้วยความแม่นยำ เราอาจจะต้องตั้งคำถามสักสองข้อว่า วันนี้เรามีความสามารถอย่างนั้นหรือยัง และ ถ้าหากเรายังไม่ได้มีความสามารถอย่างนั้น เราจะทำอย่างไรเพื่อที่จะไปถึงจุดนั้นให้ได้ คำตอบสำหรับคำถามแรกนั้นดูจะง่ายกว่ามาก กล่าวคือ ณ วันนี้เรายังไม่มีความสามารถอย่างนั้นเลย ถึงแม้ในขณะนี้เราจะมีความสามารถในการจัดวางอะตอมบนพื้นผิวของของแข็งอย่างแม่นยำ โดยการใช้ Atomic Force Microscope (AFM) หรือ Scanning Tunnelling Microscope (STM) ในการจับอะตอมไปวางยังจุดที่ต้องการ [6,7] และดูเหมือนว่าใครก็ตามที่มีเครื่องมือนี้ ก็สามารถที่จะทำงานเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีได้แล้ว แต่ความสามารถดังกล่าวก็ยังจำกัดตัวเองอยู่ในห้องปฏิบัติการชั้นสูงเท่านั้น ยิ่งขาดความสามารถในเชิงพาณิชย์อันจะก่อให้เกิดผลกระทบในวงกว้างที่หวังว่าจะทำให้เกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งใหม่ได้

คำตอบสำหรับคำถามข้อที่สองจึงน่าสนใจกว่า เราจะไปถึงจุดนั้นได้อย่างไร จุดที่อุตสาหกรรมสามารถผลิตสิ่งต่างๆ ได้จากการควบคุมโลกของอะตอมอย่างแท้จริง มีนักวิทยาศาสตร์จำนวนมากที่ลังเลและไม่แน่ใจ บางคนมองว่านาโนเทคโนโลยีอาจเป็นเพียงนิยายวิทยาศาสตร์เท่านั้น บางคนเชื่อว่านาโนเทคโนโลยีเป็นเรื่องของอนาคตที่ค่อนข้างไกล ในขณะที่หลายๆ คนเชื่อในความเป็นไปได้ แต่ไม่แน่ใจว่าเราควรจะพัฒนานาโนเทคโนโลยีขึ้นมาหรือไม่ เพื่อขจัดความลังเลเหล่านั้น พร้อมทั้งสร้างความมั่นใจว่านาโนเทคโนโลยีต้องเกิดขึ้นแน่ ขอให้มองไปรอบๆ ตัว ธรรมชาติได้พัฒนาและใช้งานนาโนเทคโนโลยีเพื่อสร้างสิ่งมีชีวิตต่างๆ ขึ้นมาทั้งสิ้น เมื่อเซลล์สเปิร์มปฏิสนธิกับไข่ในครรภ์มารดา เกิดเป็นเซลล์เดี่ยวที่แบ่งตัวและพัฒนาจนกลายเป็นทารกที่มีวิวัฒนาการซับซ้อน พัฒนาการต่างๆ เหล่านี้เกิดขึ้นโดยมีรูปแบบที่ค่อนข้างแน่นอน มีระบบควบคุมทำให้อะตอมและโมเลกุลต่างๆ จัดเรียงตัว ณ ตำแหน่งที่เหมาะสม นับตั้งแต่โมเลกุล DNA อันเปรียบเสมือนเป็นหน่วยความจำ ROM (Read Only Memory) ของเซลล์ ได้ถ่ายทอดข้อมูลและสารสนเทศไปยัง RNA เพื่อให้ RNA นำคำสั่งเหล่านี้ไปสังเคราะห์โปรตีน ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ทำหน้าที่สร้างสิ่งต่างๆ ในเซลล์ และนอกเซลล์ ดังนั้นจักรกลนาโน (Nanomachines) เหล่านี้มีอยู่แล้วในธรรมชาติ มีความสามารถในการสร้างสิ่งต่างๆ ด้วยความแม่นยำในระดับอะตอม

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบการทำงานของกลไกต่างๆตามหลักวิศวกรรมเครื่องกล กับ จักรกลนาโนที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ

| เทคโนโลยีทางวิศวกรรมเครื่องกล | หน้าที่ของเทคโนโลยี | จักรกลนาโนในธรรมชาติ |
|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| เหล็กหนุน เหล็กค้ำ แผ่นหุ้ม (Case) | รับน้ำหนัก ถ่ายเทแรง รักษาตำแหน่ง | <u>Microtubules</u> เซลลูโลส |
| เดเบิล | ดึง ถ่ายเทแรงดึง | Collagen |
| เครื่องตรึง | ติดส่วนต่างๆเข้าด้วยกัน | แรงระหว่างโมเลกุล |
| <u>ซีลีนอยด์</u> | เคลื่อนส่วนต่างๆ | actin และ myosin |
| มอเตอร์ | ขับเคลื่อนเพลลา | <u>Flagellar motor</u> |
| เพลลา | ถ่ายเท <u>ทอร์ค</u> | Bacterial motor |
| <u>คอนเทนเนอร์</u> | กักเก็บของเหลว | Vesicles |
| ท่อ | ขนส่งของเหลว | Tubules |
| ป้อม | ขับเคลื่อนของเหลว | Flagella และ Membrane proteins |
| สายพาน | ลำเลียงสิ่งของ | RNA |
| ปากกาหนีบ (Clamp) | จับยึดชิ้นงาน | ช่องยึดของเอนไซม์ |
| ส่วนควบคุมงาน | ควบคุมกระบวนการผลิต | ระบบพันธุกรรม |

แม้เราจะเชื่อว่านาโนเทคโนโลยีคือสิ่งที่เป็นไปได้ แต่การตอบคำถามข้อที่สองว่าเราจะไปถึงจุดนั้นได้อย่างไรก็ยังเป็นสิ่งที่ตอบยาก อย่างน้อยก็ไม่ใช่เวลานี้ ทั้งนี้เนื่องจากเราไม่อาจรู้ว่าพัฒนาการของเทคโนโลยีจะเป็นอย่างไร แม้กระทั่งเพียงอีก 10 ปีข้างหน้า ดังคำกล่าวของ K. Eric Drexler ผู้เชี่ยวชาญทางนาโนเทคโนโลยีได้กล่าวไว้ว่า เทคโนโลยีมีลักษณะเดียวกับ วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิตตามทฤษฎีของชาลส์ ดาร์วิน [8] คือ เมื่อมันเกิดขึ้นมา มันก็จะมีการแปรเปลี่ยนให้แตกต่างออกไป (Variation and Mutation) จากนั้นมันจะแข่งขันแพร่พันธุ์ เทคโนโลยีที่ขาดความสามารถในการแข่งขัน จะค่อยๆ ลดจำนวนลงไป จนในที่สุดจะเหลือแต่กลุ่มของเทคโนโลยีที่รอดพ้นจากการสูญพันธุ์ เหตุนี้จึงยากต่อการทำนายว่าทิศทางของนาโนเทคโนโลยีจะเป็นอย่างไรต่อไป รู้แต่เพียงว่าจากความรู้ทางฟิสิกส์ในปัจจุบันนี้ นาโนเทคโนโลยีฝีมือมนุษย์มีความเป็นไปได้ ด้วยเหตุนี้ นักวิทยาศาสตร์และนักนาโนเทคโนโลยีในปัจจุบันจึงแนะนำว่า ทางไปสู่จุดที่นาโนเทคโนโลยีจะสามารถพัฒนาจนเป็นอุตสาหกรรม น่าจะยึดตามแนวทางของธรรมชาติ หรือเลียนแบบนาโนเทคโนโลยีของธรรมชาตินั่นเอง เช่น เราต้องพยายามเข้าใจจักรกลนาโนของธรรมชาติว่ามันทำงานอย่างไร แล้วนำมาพัฒนาหุ่นยนต์โมเลกุล (Molecular Robotics) ฝีมือมนุษย์ในภายหลัง ตารางที่ 1

ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบการทำงานของกลไกต่างๆตามหลักวิศวกรรมเครื่องกล กับ จักรกลนาโนที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติ [9,10] นั้นทำให้ยิ่งมั่นใจว่านาโนเทคโนโลยีฝีมือมนุษย์มีความเป็นไปได้สูง หากเรามีความรู้ความเข้าใจในจักรกลนาโนที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติมากขึ้น

ผลงานจากนาโนเทคโนโลยี

โปรตีน จักรกลนาโนอันน่าทึ่ง

ศาสตร์ในการออกแบบและผลิตจักรกลนาโนหรือหุ่นยนต์โมเลกุลฝีมือมนุษย์นั้น ในขณะนี้ได้รับการรู้จักกันทั่วไปว่า วิศวกรรมเชิงโมเลกุล (Molecular Engineering) เป็นการผสมผสานกันระหว่าง วิศวกรรมเครื่องกลกับวิทยาศาสตร์เชิงโมเลกุลอย่าง ฟิสิกส์ เคมี หรือ ชีววิทยาเชิงโมเลกุล (Molecular Biology) ซึ่งในเวลานี้ยังอยู่ในขั้นเริ่มต้นเท่านั้น นักวิทยาศาสตร์ และวิศวกรนาโนให้ความสนใจในปัญหาเกี่ยวกับโปรตีนเป็นพิเศษ เพราะโปรตีนเป็นโมเลกุลที่มีอยู่ในสิ่งมีชีวิตทุกชนิด ทำหน้าที่หลากหลายตั้งแต่การช่วยสังเคราะห์โปรตีนด้วยตัวเอง ควบคุมให้ปฏิกิริยาต่างๆ เกิดขึ้นได้ เช่นการเผาผลาญอาหาร การกำจัดสิ่งแปลกปลอม เป็นต้น ควบคุมการเข้าออกของสารเคมีต่างๆ ผ่านเซลล์ ไปจนถึงการทำหน้าที่เป็นโครงสร้างให้กับอวัยวะ หรือทำให้สัตว์เคลื่อนไหวได้ โปรตีนเป็นโพลิเมอร์ที่ประกอบขึ้นมาจากกรดอะมิโนเพียง 20 ชนิดเท่านั้น เมื่อกรดอะมิโนแต่ละตัวมาเชื่อมต่อกันแบบหนึ่งต่อหนึ่งแล้ว มันจะปรับเปลี่ยนรูปร่างของโปรตีนไปสู่โครงสร้าง 3 มิติที่มีความซับซ้อน เราเรียกกระบวนการนี้ว่า Protein Folding ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ โปรตีนที่มีโครงสร้าง 3 มิตินี้จะสามารถทำหน้าที่ต่างๆ อย่างเฉพาะเจาะจงได้ อันเนื่องมาจากโครงสร้างและรูปร่างที่เฉพาะเจาะจงของมัน นักวิทยาศาสตร์พยายามทำนายวิถีทางของการปรับเปลี่ยนรูปร่างของโปรตีนไปสู่โครงสร้าง 3 มิติ แต่ก็ยังไม่พบข้อสรุปที่ชัดเจน [11-13] อย่างไรก็ตามแม้เราจะยังไม่สามารถหาหลักการใดๆ มาอธิบาย Protein Folding ในธรรมชาติได้ แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าเราจะไม่สามารถออกแบบโปรตีนที่สามารถปรับเปลี่ยนรูปร่าง ให้เป็นไปตามความต้องการของเราได้ วิศวกรเชิงโมเลกุลไม่ต้องการรู้หลักการที่ใช้อธิบาย Protein Folding ในธรรมชาติอย่างสมบูรณ์ก็อาจสามารถออกแบบโปรตีนได้ โดยใช้ข้อมูลและความรู้ที่อธิบายเพียงแต่ละส่วนของ Protein Folding ก็พอเพียงแล้ว ซึ่งก็มีผู้คิดแบบแผนนี้และนำมาออกแบบและสังเคราะห์โปรตีนด้วยฝีมือมนุษย์ (de novo Design) ได้สำเร็จด้วย [14,15] ศาสตร์แห่งการออกแบบสิ่งต่างๆ ที่จำเป็นต่อนาโนเทคโนโลยีนี้เรียกรวมๆ กันว่า นาโนเทคโนโลยีเชิงคำนวณ (Computational Nanotechnology) ซึ่งจะกล่าวถึงโดยละเอียดในตอนต่อไป

ความน่าทึ่งอีกอย่างหนึ่งของโปรตีนก็คือ มันมีความสามารถในการประกอบตัวเองได้ (Self Assembly) มีผู้ทำการทดลองแยก ribosome ซึ่งเป็นอวัยวะหนึ่งในเซลล์ที่ทำหน้าที่ผลิตโปรตีน

ออกเป็นโมเลกุลย่อยๆ ซึ่งประกอบด้วยโปรตีนถึง 50 ชนิด แล้วลงผสมรวมกันใหม่ในหลอดทดลอง ผลที่ได้คือ โมเลกุลเหล่านั้นรวมตัวกันเองจนกลับมาเป็น ribosome ได้เหมือนเดิม [16] ถ้าหากเราจับไวรัส T4 ซึ่งเป็นไวรัสที่เกาะกินแบคทีเรีย แล้วแยกชิ้นส่วนไวรัสออกเป็นโมเลกุลโปรตีนต่างๆ แยกชนิดกัน จากนั้นนำกลับมารวมกันใหม่ในหลอดทดลอง เขย่าๆ ผลที่ได้ก็คือ โมเลกุลของโปรตีนเหล่านั้นจะกลับมารวมตัวกันเกิดเป็นไวรัส T4 อีกได้ (ความสามารถในการประกอบตัวเองได้นี้เอง น่าจะเป็นมูลเหตุให้การผลิตยาปราบไวรัสทำไม่ค่อยได้ผล เนื่องจากนักวิทยาศาสตร์และแพทย์ยังไม่มีความรู้ในเรื่องนี้อย่างถ่องแท้: ผู้เขียน) ความสามารถในการประกอบตัวเองนี้เป็นสิ่งสำคัญที่นาโนเทคโนโลยีฝีมือมนุษย์จะต้องมี เพราะเป็นพื้นฐานที่ทำให้จักรกลนาโนมีราคาถูกลงในการผลิต



รูปที่ 3. ไวรัส T4 (ภาพจาก Phage et al Ltd.)

นอกจากความสามารถในการประกอบตัวเองแล้ว จักรกลนาโนก็ต้องการความสามารถในการขยายพันธุ์ได้ด้วย (Self Replication) เพื่อที่จะทำให้การผลิตจักรกลนาโนเป็นไปได้ในราคาถูกลง คุณสมบัตินี้เป็นสิ่งที่เป็นไปได้ ได้มีผู้ลองแยกเอา RNA (RNA เป็นโมเลกุลที่จับตัวเป็นคู่ พันรอบกันเหมือนเกลียวเชือก) ออกจากเซลล์มาใส่ในหลอดทดลอง แล้วใส่ตัวตลับที่จำเป็นต่อการสร้าง RNA ลงไป จากนั้นนำเอาเอนไซม์ที่ช่วยในการสร้าง RNA ใส่ลงไปด้วย ผลก็คือ RNA ที่จับคู่กันอยู่เริ่มแยกออกจากกัน และเอนไซม์ที่ใส่ลงไปจะค่อยๆ นำเอาตัวตลับมาสร้างคู่ของ RNA ที่อยู่โดดเดี่ยวขึ้นมาใหม่ เมื่อได้ RNA ที่เป็นคู่กันแล้ว มันจะแยกออกจากกันอีก แล้วเอนไซม์ก็จะนำเอาตัวตลับมาสร้างคู่ของมันอีก วนเวียนเช่นนี้จนกระทั่งไม่มีตัวตลับเหลือในหลอดทดลอง จะเห็นว่า Self Replication สามารถเกิดขึ้นได้นอกเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เป็นกลไกที่มนุษย์สามารถออกแบบให้เกิดขึ้นกับนาโนเทคโนโลยีได้

ในแง่ของนาโนเทคโนโลยี โปรตีนเป็นจักรกลนาโนที่ได้รับคำสั่งให้ทำงานที่ได้รับมอบหมาย โดยโปรตีนถูกควบคุมการทำงานด้วยระบบพันธุกรรมหรือจาก DNA นักนาโนเทคโนโลยีจึงมองว่า หากเราต้องการสร้างจักรกลนาโนฝีมือมนุษย์ขึ้นมา ก็ควรที่จะต้องมียุทธศาสตร์ที่คล้ายๆ กัน DNA จึงได้รับความสนใจมากเช่นกัน [17-19] ระบบสารสนเทศที่นาโนเทคโนโลยีอาจจะสร้างขึ้น

ได้ในภายหน้านี้ รู้จักกันในนามของ นาโนคอมพิวเตอร์ (Nanocomputer) [20,21] โดยตัวนาโนคอมพิวเตอร์นี้จะเป็นส่วนสมองของจักรกลนาโนที่เราสร้างขึ้น คอยควบคุมการทำงานของจักรกลนาโน

การใช้งานและผลกระทบนาโนเทคโนโลยี (nanotechnology)

นาโนเทคโนโลยีกับงานตำรวจ

การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีในด้านต่าง ๆ มีกระทบต่อการทำงานของตำรวจ 2 ด้าน คือ

1. ผลกระทบด้านบวก การใช้นาโนเทคโนโลยีที่เป็นประโยชน์ต่องานตำรวจ ได้แก่

1.1 **เส้นใย** การพัฒนานาโนเทคโนโลยีในอุตสาหกรรมสิ่งทอ ให้สามารถผลิตเส้นใยนาโนไฟเบอร์ (nanofiber) ให้มีความแข็งแรงมาก น้ำหนักเบา มีเส้นใยเล็ก ๆ ที่ทำให้ทนต่อการชำรุดหรือฉีกขาดแข็งแรงจนกระทั่งทนต่อแรงกระสุน จึงอาจนำมาผลิตเป็นเส้นใยที่บางและเบา แต่มีประสิทธิภาพมากสำหรับสวมใส่ได้สะดวก

1.2 **นาโนคอมพิวเตอร์** ซึ่งมีขนาดเล็กและสามารถบรรจุข้อมูลได้มากมาย เจ้าหน้าที่ตำรวจทุกคนสามารถพกกาออกปฏิบัติงาน ใช้ตรวจสอบข้อมูลคนร้าย ทะเบียนต่าง ๆ และใช้เป็นเครื่องมือสื่อสารได้อย่างรวดเร็ว อาจมีเครื่องสอดแนม เช่น เครื่องดักฟัง กล้องถ่ายรูปที่มีขนาดเล็กจนไม่สามารถมองเห็นได้

2. ผลกระทบด้านลบ

2.1 **อุปกรณ์ชีว** นาโนเทคโนโลยีถูกใช้เป็นเครื่องมือหรือช่องทางในการกระทำผิดทางอาญาได้ เช่น อุปกรณ์ชีวทางการแพทย์ อาจถูกใช้เป็นอาวุธในการฆาตกรรม

2.2 **อาวุธ** อาวุธที่มีขนาดเล็ก เรียกว่า nonweapon ซึ่งสามารถซุกซ่อนไปก่ออาชญากรรมได้ทุกพื้นที่

นาโนฯ กับการศึกษา

ศ.ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล ผอ.ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (ในขณะที่ทำต้นฉบับอยู่นี้) มองว่า

“ในโลกนี้ไม่มีอะไรที่มีแต่ข้อดี 100% อย่างจีเอ็มโอ เมื่อมีคนต่อต้าน การจะไปเปลี่ยนความคิดเขาก็ยาก นาโนฯก็เหมือนกัน ตอนนี้ Greenpeace เริ่มรณรงค์ด้านนาโนฯ ขอร้องให้หยุดวิจัยเพราะไม่มั่นใจในความปลอดภัย เราจึงต้องสร้าง Public Awareness ให้ประชาชนมีความรู้ความเข้าใจเห็นประโยชน์ตั้งแต่เริ่มต้น”

ศูนย์นาโนฯ จึงมีงานพัฒนาการศึกษาที่เผยแพร่ความรู้ด้านนาโนเทคโนโลยีให้กับบุคคลทั่วไป รวมทั้งเยาวชนในรูปแบบต่างๆ เช่น จัดสัมมนา การประชุมวิชาการ และการฝึกอบรม โดยมุ่งเน้นการเรียนรู้ด้านนาโนฯ ให้แก่นักเรียนในระดับประถมศึกษา และมัธยมศึกษาผ่านสื่อการเรียนรู้ต่างๆ เพื่อให้เยาวชนเกิดความสนใจ และเป็นการเตรียมพร้อมสู่การเรียนรู้ขั้นสูงต่อไป

“ทรัพยากรบุคคล คือ หัวใจสำคัญ และภายใน 5 ปี เรามีแผนในการพัฒนาบุคลากร โดยได้รับทุนไปศึกษาต่างประเทศ 48 ทุน ขณะนี้อยู่ระหว่างการประกาศรับสมัคร อีกทางหนึ่งก็ได้สนับสนุนสถานบันการศึกษาในประเทศเปิดหลักสูตรเกี่ยวกับนาโนฯ โดยเน้น ป.โท เป็นอันดับแรก ตามด้วย ป.เอก เมื่อประเทศมีความพร้อม และตลาดด้านนาโนฯ ขยายตัวเพียงพอจึงเปิดหลักสูตรป.ตรี โดยตั้งเป้าไว้ว่าจะได้บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญอย่างน้อย 2,500 คนภายใน 5 ปี”

ปัจจุบันไทยยังไม่มีสถาบันไหนเปิดสอนหลักสูตรนาโนฯ โดยตรง มีเพียงการบรรจุเป็นวิชาเลือกในมหาวิทยาลัยบางแห่ง เช่น จุฬาฯ มหิดล และสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

“ในต่างประเทศที่ Finders University ประเทศออสเตรเลีย เป็นแห่งแรกของโลกที่เปิดสอนหลักสูตรป.ตรี ด้านนาโนฯ เปิดมาแล้ว 4 ปี จะมีผู้สำเร็จการศึกษาอีกไม่นานนี้ คาดว่าอีก 20-30 ปี ข้างหน้า คนในวงการนาโนฯ ในหลายประเทศจะจบจากออสเตรเลีย”

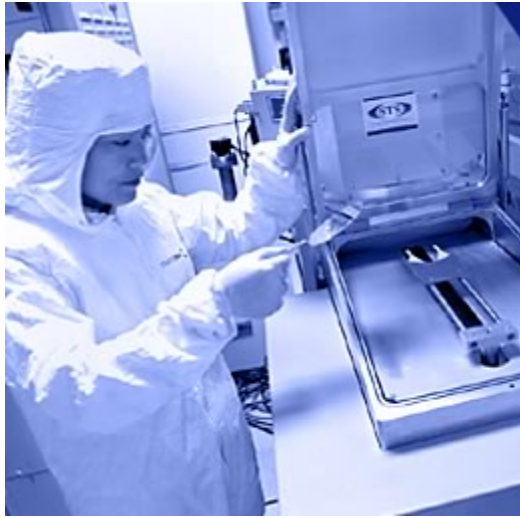
ศ.ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ

“ผมมาจากคณะวิศวฯ กำลังมองว่าศาสตร์ทางวิศวกรรมนี้ต้องเปลี่ยนไป เดิมที่เด็กเข้ามาเรียนวิศวฯ ไม่ได้เรียนชีววิทยา แต่จะเห็นว่าศาสตร์นาโนฯ เป็นศาสตร์ลูกผสม เป็น สหวิทยาการ ตอนนี้คณะวิศวฯ จุฬา กำลังมองการสร้างหลักสูตร Nan engineering และการรับเด็กเข้ามาเรียน อาจจะต้องคัดเลือกจากคณะแพทยฯมา”

จึงเป็นแนวโน้มค่อนข้างชัดว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ต่อไปจะเน้นการประยุกต์จากหลายวิชามากขึ้น นอกจากวิชาพื้นฐานที่หนีไม่พ้นอย่าง คณิต ฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา และยังจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรู้เกี่ยวกับเศรษฐกิจและสังคมด้วย ทั้งนี้เพราะนาโนเทคโนโลยีจะกลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิตมนุษย์ในอนาคต

นอกจากนี้ทางสำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน (กพ.) ยังออกมาย้ำถึงความพร้อมสนับสนุนทุน ตามความต้องการของภาครัฐศึกษาต่อระดับที่สูงกว่าปริญญาตรีว่า แนวโน้มการให้มีทุนการศึกษานาโนเทคโนโลยีมาแรง โดยเฉพาะการแพทย์นาโน

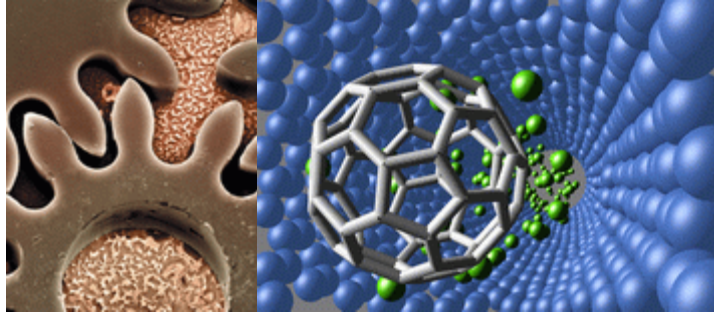
นาโนเทคโนโลยีในสายต่านักนิวเคลียร์



นักวิทยาศาสตร์ทราบกันมานานแล้วว่า ถ่าน ถ่านหิน ใยสังเคราะห์ และเพชร นั้น มีองค์ประกอบอย่าง เดียวกัน คือ คาร์บอน แต่มีความแตกต่างกันที่โครงสร้าง ที่ทำให้เพชรเป็นสสารที่แข็งที่สุด ขณะที่กราไฟต์ หรือ ใยสังเคราะห์ มีความอ่อนแอที่สุด การจัดโครงสร้างของสารที่ไม่เหมือนกัน ทำให้ชิปของคอมพิวเตอร์ (computer chip) แตกต่างจากรายชახาด ทั้งๆที่เป็นซิลิกอนธาตุเดียวกัน และแม้แต่ในธรรมชาติ เซลล์มะเร็งกับเซลล์อวัยวะปกติ ก็มีโครงสร้างของเซลล์เหมือนกัน ต่างกันแต่เฉพาะการจัดเรียงอะตอมบางส่วนเท่านั้น จากฐานความคิดดังกล่าวข้างต้น ทำให้นักวิทยาศาสตร์ หันมา มองโมเลกุล หรืออนุภาคในขนาดใหญ่กว่าธาตุ อาจมองเห็นได้ว่า น้ำมันเบนซิน หรือน้ำมันดีเซล ก็เป็น สารกลุ่ม “ไฮโดรคาร์บอน” เช่นกัน จึงเป็นเหตุให้มีการคิดค้นเพิ่มเติม ทำให้มีการผลิตก๊าซโซฮอล และไบโอดีเซลขึ้นได้

ดีเอ็นเอ (DNA) ที่เป็นรหัสพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต ก็จัดเป็น โมเลกุลขนาดใหญ่ แต่อยู่ในระดับนาโน เป็นตัวบ่งชี้ ถึงความมหัศจรรย์ ของธรรมชาติ เพราะจากเซลล์เล็กๆ ของมนุษย์นั้น มีความแตกต่างกันไปทุกรูปนาม และทำให้เกิดแนวทาง ผลิตสายพันธุ์สิ่งมีชีวิตใหม่ ที่คัดเฉพาะส่วนที่ดีไว้ ที่เรียกว่า การตัดต่อยีน (GMD) นั่นเอง

องค์ความรู้ที่ประมวลมาเป็น “นาโนเทคโนโลยี” มิใช่เกิดมาชั่วข้ามคืน แต่สร้างสม ประสพการณ์ จากวิทยาการเดิม ในสาขาวิชาต่างๆ และนำมาทบทวนเป็นระบบ โดยเน้นเฉพาะ เรื่อง ที่เกี่ยวข้องกับ มิติระดับนาโนเมตร ดังนั้น วิทยาการนาโนเทคโนโลยี จึงเป็นเวทีที่เปิดกว้าง สำหรับนักวิทยาศาสตร์ และผู้ทำงานในแวดวงเทคโนโลยีสาขาต่างๆ สร้างนวัตกรรมใหม่ ในระดับนาโนได้



นาโนเทคโนโลยีที่ประสบความสำเร็จ

เทคโนโลยีรุ่นแรกๆ ที่ถือว่าเป็นผู้นำของนาโนเทคโนโลยี คือ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ ในคอมพิวเตอร์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ กล้องดิจิทัล ระบบไฮดรอลิก อุปกรณ์สมัยใหม่ต่าง ๆ ซึ่งล้วนแล้วแต่เป็นอุปกรณ์ เครื่องมือชนิดจิ๋วแต่แจ๋วทั้งสิ้น เครื่องสำอางประทิ่นผิว และครีมกันแดด บางส่วนได้รับการสร้างสรรค์ ให้มีเนื้อสารเนียน ในระดับนาโน เส้นใยเสื้อผ้าสมัยใหม่ ถูกออกแบบ และถักทอด้วยวิธีนาโนเทคนิค ได้เนื้อผ้าที่นุ่มเนียน ดูซับน้ำและความชื้นได้ดี ทำให้รู้สึกเบาสบาย ทางด้านสุขภาพ ก็มีการใช้ นาโนเทคโนโลยี สกัดสารอาหาร ระดับโมเลกุล ผลิตเป็นอาหารเสริมสุขภาพ และยารักษาโรค ที่ทำให้การดูดซึมสารอาหารดียิ่งขึ้น รวมทั้งความสำเร็จ ในการผลิตเส้นท่อจิ๋วและสายไฟจิ๋ว (nanotubes and nanowires) การผลิตไส้กรองน้ำ และฟูล์วกรองระดับนาโน (nanofilters) สำหรับงานด้านสิ่งแวดล้อม

บางครั้งสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ เหล่านี้ ก็ไม่ใช่เรื่องใหม่เสียทีเดียว ในอดีต การถักทอผ้า ที่มีคุณสมบัติ นุ่มเนียน และแนบเนื้อเนียนสบายก็มี เช่น ผ้าไหมเนื้อละเอียด ผ้าพันคอเนื้อนุ่ม แต่หากใช้วิธีการนาโนเข้าจับ ก็ทำให้เราเข้าใจผลิตภัณฑ์นั้นมากขึ้น และรักษาคุณภาพ ผลิตภัณฑ์ ได้สมบูรณ์

การชงกาแฟ หากมีการคนทีละเอียด ทำให้กาแฟรสชาติอร่อยขึ้น และแม้แต่ขนมเค้ก หากตีแป้งและไข่ให้เนียน มีรสนุ่มและรสชาติ เป็นส่วนหนึ่งของชีวิตประจำวัน ที่นำเอานาโนเทคโนโลยี มาอธิบายได้ว่า เพราะการคนกาแฟ และการตีไข่ในขนมเค้ก ทำให้โมเลกุลขนาดใหญ่ แตกกระจาย มีขนาดเล็กลง สู่ระดับไมโครและนาโนเมตรนั่นเอง

แท้จริงแล้ว การที่จะทำให้กลุ่มของโมเลกุล มีขนาดเล็กลง และเรียงตัวเป็นระเบียบนั้น มิใช่เรื่องง่าย ๆ การชงกาแฟ หรือการตีไข่ มิได้หมายความว่า โมเลกุลของกาแฟ หรือโปรตีนของไข่ จะแยกย่อย เป็นอนุขนาดเดียวกันเสมอไป ดังนั้น การศึกษาเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี จึงต้องพิถีพิถัน และเอาใจใส่อย่างลึกซึ้ง จึงจะประสบความสำเร็จ

รังสีและนาโนเทคโนโลยี

นาโนเทคโนโลยี เป็นเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับอะตอม โมเลกุล และวัสดุ - สารขนาดจิ๋ว ดังนั้น จึงกล่าวได้เช่นกันว่า เทคโนโลยีนิวเคลียร์และรังสี มีบทบาทสำคัญ ในกระบวนการ สร้างผลิตภัณฑ์นาโน มาตั้งแต่ต้น มีการศึกษา วิจัยและพัฒนา มากมายที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องลำแสงอิเล็กตรอน (electron beam) เครื่องลำแสงอนุภาคไอออน (ion beam) เครื่องเอกซเรย์ และเครื่องฉายรังสีแกมมา และมีผลสำเร็จ ในหลายกรณีเช่น การผลิตอนุภาคระดับนาโนเมตร เป็นองค์ประกอบชิ้นส่วนวัสดุต่างๆ เช่น อนุภาค ทองแดง เงิน โลหะผสม เป็นสารเคลือบผิว บนวัสดุพื้นของอุปกรณ์ต่างๆ การนำรังสี เหนี่ยวนำให้เกิดการแตกหัก ของพันธะ (bond) ของโมเลกุล เช่น กลุ่มสาร โพลีแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) และ โปรตีน ทำให้สามารถ สร้างผลิตภัณฑ์ที่เป็นเจล (jell) จากสารธรรมชาติได้ ซึ่งจะมีผลนำไปใช้ เป็นเวชภัณฑ์การแพทย์ ครีมกันแดด และครีมบำรุงผิว ต่างๆ นอกเหนือจากนั้นแล้ว รังสียังมีผลทำให้ พันธะของสารรังสีเกิดเชื่อมข้ามโมเลกุล เกิดเป็นสารโพลิเมอร์ ที่เหนียวแน่นคงทนกว่าเดิมได้

นาโนฯ ผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม

ดร.ธีระชัย พรสินศิริรักษ์ ผู้ช่วย ผอ.ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ กล่าวว่า

" นาโนฯ ไม่ใช่มีแต่ข้อดีในเรื่องประสิทธิภาพ แต่อย่าลืมว่าผลิตภัณฑ์นาโนฯ บางชนิดต้องใช้สารเคมีในกระบวนการผลิต ซึ่งบางคนอาจมองว่าเป็นข้อเสีย แต่กรรมวิธีการผลิตนั้นจะต้องมีการควบคุมป้องกันสารเคมีตกค้างเข้าสู่ร่างกาย ในต่างประเทศมีการทำวิจัยเรื่องนี้แล้ว แต่ยังไม่มียุทธศาสตร์ชัดเจนว่า อุตสาหกรรมนาโนฯ มีผลกระทบต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อมอย่างไรหรือไม่"

นอกจากนี้หากมองในด้านมืด ถ้ามีคนสามารถสร้างนาโนฯ เป็นอาวุธทำลายล้าง ที่ไม่ใช่ระเบิด แต่เป็นการเจาะจงทำลายหรือสร้างหุ่นยนต์สังหาร ตามล่าเป้าหมายที่สามารถระบุ รูปพรรณ สันฐานได้ จะเกิดอะไรขึ้น

อีกอย่างที่น่าคิดคือ นาโนฯ ในระดับอุตสาหกรรม บางทีการที่มันเล็กมากก็มีโอกาสปนเปื้อนไปกับน้ำเข้าตัวคนได้ ร่างกายอาจไม่รู้วิธีกำจัดมันเพราะมันเล็กมาก... จึงจำเป็นที่จะต้องศึกษาเรียนรู้เรื่องนี้ เพื่อจะได้คิดหาวิธีควบคุมและป้องกันผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นได้ต่อไป

นวัตกรรมแห่งอนาคต

นาโนเทคโนโลยี ทำให้ค้นพบวัสดุใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อน ช่วยยกระดับ เพิ่มมูลค่าให้ผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่เดิมหรือเกิดผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ มี 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

ชีวภาพนาโน

ในด้านการแพทย์และสาธารณสุข เช่น การพัฒนาไบโอเซ็นเซอร์ หรือหัวตรวจวัดสารชีวภาพและสารวินิจฉัยโรค โดยใช้วัสดุชีวโมเลกุล การปรับโครงสร้างโมเลกุลของยาที่สามารถหวังผลการมุ่งทำลายชีวโมเลกุลที่เป็นเป้าหมายเฉพาะเจาะจง เช่น เซลล์มะเร็ง การประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง ในการส่งผ่านสารบำรุงเข้าชั้นได้ผิวหนังได้ดียิ่งขึ้น เป็นต้น

นาโนอิเล็กทรอนิกส์

ในด้านอุตสาหกรรมไฮเทค เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและทำงานด้วยประสิทธิภาพสูง เช่น การพัฒนาระบบไฟฟ้า เครื่องกลจุลชีววิทยา การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ และเซลล์เชื้อเพลิง เป็นต้น

วัสดุนาโน

ในด้านอุตสาหกรรมยานยนต์และสิ่งทอ เช่น การเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรม การพัฒนาฟิล์มพลาสติก นาโนคอมโพสิตที่มีความสามารถในการสกัดกั้นการผ่านของก๊าซบางชนิด และไอน้ำเพื่อใช้ทำบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุความสดของผักและผลไม้ และเพิ่มมูลค่าการส่งออก การผลิตผงนาโนฯ มาใช้ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรียและไวรัส หรือทำให้ไม่เปียกน้ำ เป็นต้น

นาโนฯ ความท้าทายของประเทศไทย

ปัจจุบันมีหลายประเทศให้ความสนใจเปิดศูนย์พัฒนานาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีอย่างเป็นทางการแล้ว ไม่ว่าจะเป็นสหรัฐฯ ญี่ปุ่น จีน ไต้หวัน อิสราเอล สหราชอาณาจักร เยอรมนี สวีเดน กลุ่มสแกนดิเนเวีย และเกาหลี

สำหรับประเทศไทย นาโนเทคโนโลยีถูกกำหนดให้เป็นเทคโนโลยีหลักแขนงหนึ่งที่จะมาช่วยเพิ่มผลผลิตของชาติ นำประเทศไทยให้สามารถแข่งขันในเวทีโลกได้ จึงมีการตั้งศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ อยู่ภายในรั้วเดียวกับ สวทช.

มีการจัดงานและอภิปรายครั้งใหญ่ หัวข้อ นาโนเทคโนโลยีความท้าทายของประเทศไทย ณ อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ เมื่อเดือนกรกฎาคมที่ผ่านมา เพื่อนำเสนอนาโนเทคโนโลยีต่อสาธารณะ และทิศทางของการพัฒนานาโนเทคโนโลยีในประเทศไทย

มีมุมมองนำคิดตอนหนึ่งในการบรรยาย **Nanotechnology in Our Daily Life** ของ

Dr. Terry Turney ที่ว่า

" นาโนฯ เป็นโอกาสที่จะทำให้ชีวิตและสิ่งแวดล้อมดีขึ้นกว่าเดิม แต่ก็ยังมีประเด็นให้คิดพิจารณาอีกมาก ว่าชีวิตแบบไหนล่ะที่เราต้องการ และเป็นที่น่าพอใจว่าไลฟ์สไตล์ของคนรุ่นต่อไปจะต้องเปลี่ยนไป อีกทั้งเรื่องนาโนฯ จะถูกบรรจุไว้ในการศึกษาขั้นพื้นฐานด้วยในอนาคต"

...ก็ต้องติดตามกันต่อไป เพราะอย่างที่ ศ.ดร.วิวัฒน์ บอกว่า ในโลกนี้ไม่มีอะไรมีแต่ข้อดี 100% เราจึงต้องติดตามเพื่อเท่าทันเทคโนโลยีและใช้เทคโนโลยีให้เป็นค่ะ

นาโนเทคโนโลยีสำคัญต่อประเทศไทยอย่างไร?

หลักการพื้นฐานทางฟิสิกส์แสดงให้เห็นว่า การผลิตระดับโมเลกุลจะเป็นกระบวนการที่มีผลผลิตสูงมาก เช่น ถ้าสามารถลดขนาดของชิ้นส่วนที่เราจะต้องนำมาประกอบเข้าด้วยกันในกระบวนการผลิตลงในอัตราส่วน จะเพิ่มความถี่หรือความบ่อยของแต่ละขั้นตอนผลิต(นั่นหมายถึงการเพิ่มผลผลิตต่อมวล) ขึ้นอีกล้านเท่าเช่นกัน การผลิตด้วยความแม่นยำระดับอะตอมจะขยายขอบเขตชนิดและความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ออกไป และ(หากออกแบบและควบคุมให้ดี) ลดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมไปได้มาก

ผลที่ได้นี้มีความสำคัญถึงขนาดที่มีผู้กล่าวว่า ในโลกของการแข่งขันนี้ หากประเทศไหนไม่พัฒนาความสามารถในด้านนาโนเทคโนโลยีก็เท่ากับยอมยกธงขาวและปลดอาวุธตัวเองไปตั้งแต่ยกแรก

ประเทศไทยมีห้องปฏิบัติการสารกึ่งตัวนำ เซรามิก และเทคโนโลยีชีวภาพที่เข้มแข็งอยู่แล้วในภาคมหาวิทยาลัยและศูนย์วิจัยของรัฐ มีโครงการวิจัยพร้อมทั้งนักวิจัยด้านนาโนเทคโนโลยีอีกหลายสิบคนกระจายอยู่ในมหาวิทยาลัยของรัฐหลายแห่ง แน่นนอนประเทศไทยต้องการนักเคมีที่เชี่ยวชาญ ต้องการนักชีววิทยาที่รอบรู้ ต้องการนักฟิสิกส์ที่แม่นยำอีกจำนวนมาก แต่เป้าหมายของนาโนเทคโนโลยีมีมากที่เป็นเรื่องของการทำ "วิศวกรรมระบบ" ซึ่งเราจะไม่สามารถบรรลุเป้าหมายของประเทศได้ด้วยการมีชุดโครงการวิจัยทางวิทยาศาสตร์หลายๆ ชุดที่ไม่เชื่อมโยงกัน เราต้องการความสามารถเชิงบริหารจัดการ การประกาศจัดตั้งศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติขึ้นโดยได้รับอนุมัติจากคณะรัฐมนตรีแล้วนั้นถือว่าเป็นเพียงก้าวแรกของประเทศไทยที่จะต้องสร้างความเชื่อมโยงของทรัพยากรที่มีอยู่และเร่งตั้งเป้าหมายเพื่อให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่เป็นจริงได้โดยเร็วที่สุด โดยในเบื้องต้นน่าจะมียุทธศาสตร์ในการขยายผลไปใน ด้านเกษตร อาหาร และการแพทย์ เช่น เซ็นเซอร์ที่ตรวจวัดสารได้ละเอียดระดับหนึ่งในล้านล้าน หรือบรรจุภัณฑ์ใส่เนื้อสัตว์ที่เปลี่ยนสีได้หากมีจุลินทรีย์ก่อโรค

เท่านั้นยังไม่พอ เราควรต้องมีผู้ที่พร้อมที่จะตั้งคำถามในเชิงตรวจสอบ พร้อมทั้งช่วย "อัปเดต" ความรู้และมุมมองต่างๆ ที่อาจแตกต่างกันของคนในสังคมให้แก่รัฐบาลเพื่อเสนอแนวทางที่เหมาะสมและลงตัวภายใต้สถานการณ์ที่เป็นจริงของประเทศไทย เบื้องต้นคงต้องสร้างคนหรือองค์กรที่มีความสามารถประสานการเก็บรวบรวมข้อมูลจริงเพื่อมาช่วยกันทำความเข้าใจทุกแง่มุมของเทคโนโลยีนี้อย่างรอบคอบ

หลายปีก่อน นิโคลัส เนโกรพอนเต ผู้อำนวยการมีเดียเล็บบของสถาบันเอ็มไอทีแห่งสหรัฐฯ ซึ่งได้รับการยกย่องเป็นเจ้าพ่อแห่งวงการวิชาการด้านไอทีเคยพยากรณ์ไว้อย่างมั่นใจว่า โลกอนาคตจะ

เปลี่ยนมาให้ความสำคัญกับอุตสาหกรรมข้อมูลข่าวสาร(ไอที) หรือ "บิต" จนอุตสาหกรรมการผลิตของที่มีอยู่จริงหรือ "อะตอม" หมคความหมายไปในที่สุด

ก็น่าสนใจอยู่ที่มาถึงวันนี้เริ่มมองเห็นเค้าว่า โลกของอะตอมยังมี "บวมทองหลงสำรวจ" อยู่อีกมากมายที่จะหวนกลับมา "พลิก" โฉมหน้าของโลก แม้แต่อุตสาหกรรมไอทีเอง

หันมาดูระดับประเทศกันบ้าง ประเทศที่มีขนาดเศรษฐกิจโตกว่าหรือเท่ากับประเทศไทย ไม่มีประเทศไหนที่ไม่สนใจลงทุนวิจัยด้านนาโนเทคโนโลยี

ญี่ปุ่น - เป็นผู้นำด้านนาโนเทคโนโลยีมาแต่เดิมเพราะมีงานวิจัยและอุตสาหกรรมการผลิตที่เข้มแข็งรองรับอยู่แล้ว ผวนกกับการผลักดันจากรัฐบาลผ่านคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติภายใต้ พ.ร.บ. พื้นฐานด้านวิทยาศาสตร์ฯ เป้าหมายของญี่ปุ่นคือ สร้างอุตสาหกรรมไฮเทคเพื่อสนับสนุนและรักษาความสามารถการผลิตเอาไว้ในประเทศ หลังจากที่ขยายฐานการผลิตเกือบทั้งหมดออกไปนอกประเทศจนเกิดสภาพ "กลวงใน" ที่น่าเป็นห่วง

สหรัฐอเมริกา - เริ่มไล่ตามญี่ปุ่นด้วยการแผนยุทธศาสตร์การลงทุนระดับชาติที่ชื่อว่า National Nanotechnology Initiative (NNI) เมื่อปี ค.ศ.2000 เป้าหมายการพัฒนาเทคโนโลยีของสหรัฐค่อนข้างชัดเจนว่า มุ่งพัฒนาคอมพิวเตอร์ที่เหมือนมนุษย์(Human Equivalent Computer - HEC) โดยใน ขณะนี้มีหลายกลุ่มที่แข่งขันการสร้างเทคโนโลยีใหม่เพื่อให้เป็นมาตรฐานในยุคหลังจากที่คาดว่าไมโครชิปที่ใช้ในคอมพิวเตอร์จะผ่านพ้น ไป(Post-Micro Processor Unit) เข้าสู่ยุคของชิปโมเลกุลที่ประกอบตัวขึ้นเอง หรือดีเอ็นเอคอมพิวเตอร์

สหภาพยุโรป - ความสามารถในการด้านสารกึ่งตัวนำของยุโรปมีไม่มากนัก แนวทางการพัฒนานาโนเทคโนโลยีจึงเป็นไปในทิศทางเพื่อมุ่งพัฒนาพลังงานที่ไม่สูญเปล่า ประหยัดทรัพยากรและพิทักษ์สิ่งแวดล้อม การสนับสนุนการวิจัยของยุโรปมีทั้ง โปรแกรมระดับชาติที่แต่ละประเทศกำหนดกันเอง และ "เฟรมเวิร์ก โปรแกรม" ที่มีหลายประเทศมาร่วมกันทำ โดยตามแผนฉบับล่าสุดจะลงทุนวิจัย 1,300 ล้านดอลลาร์ ระหว่างปี ค.ศ.2002-2006

เกาหลีใต้ - ลงทุนในแผนแห่งชาติด้านนาโนเทคโนโลยีเป็นเงิน 1,300 ล้านดอลลาร์ในเวลา 10 ปี (เฉพาะปี 2002 ก็เพิ่มจากปี 2001 ถึง 93%) ขณะนี้เกาหลีใต้อยู่ในกลุ่มผู้นำของโลกแล้วในด้านจอแสดงผลที่ใช้นาโนทิวป์

สิงคโปร์ - ระหว่างปี 1997 - 2002 รัฐบาลสิงคโปร์ได้ใช้งบประมาณราว 40 ล้านดอลลาร์สหรัฐเพื่อพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยี และในปี 2002 มหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์ได้ตั้งโครงการ

พัฒนากำลังคนและงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับนาโน (NUSNNI) นอกจากนี้ยังได้ก่อตั้งสถาบันวิศวกรรมชีวภาพร่วมกับบริษัทเซอร์โรเมคเพื่อร่วมวิจัยด้านชีวนาโน

จีน - เมื่อปี ค.ศ. 2000 ได้จัดตั้งคณะกรรมการแห่งชาติขึ้นพร้อมกับสร้างสถาบันวิจัยขึ้นประมาณ 40 แห่งทั่วประเทศ แต่ส่วนใหญ่จะกระจุกตัวอยู่รอบๆ นครเซี่ยงไฮ้ จีนอาศัยความได้เปรียบจากการเข้ามาลงทุนของบริษัทต่างชาติจำนวนมากที่มุ่งประโยชน์จากต้นทุนการผลิตที่ต่ำของจีน

ไต้หวัน - ได้ประกาศแผนลงทุนจนถึงปี ค.ศ.2007 รวมเกือบ 700 ล้านดอลลาร์ เพื่อส่งเสริมนาโนเทคโนโลยี

สถาบันทางด้านนาโนเทคโนโลยีในประเทศ

1. [ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ](#) (NANOTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
 2. [Nanotechnology](#) สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (ภาษาอังกฤษ)
 3. [Center of Nanoscience and Nanotechnology](#) มหาวิทยาลัยมหิดล
 4. สำนักงาน พัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
- สถาบันทางด้านนาโนเทคโนโลยีต่างประเทศ

1. [Asia Pacific Nanotechnology Forum](#) เอเชียแปซิฟิก
2. [Institute of Nanotechnology](#) ยุโรป
3. [National Nanotechnology Initiative](#) สหรัฐอเมริกา
4. [Scientific American: Nanotechnology](#) (นิตยสาร)
5. [Nanotechnology Now](#)

1. ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

ความเป็นมาของศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ได้จัดตั้งขึ้นอย่างเป็นทางการตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 13 สิงหาคม 2546 เป็นหน่วยงานภายใต้สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) มีหน้าที่ในการเป็นหน่วยงานหลักในการจัดทำแผนแม่บทการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อกำหนดแนวทาง มาตรการ และแผนการดำเนินงาน รวมทั้งแผนพัฒนาศักยภาพของบุคลากร/นักวิชาการด้านนาโนเทคโนโลยีของประเทศไทยและการสร้างผลลัพธ์ที่เสริมซึ่งกันและกัน (synergism) โดยการประสานความร่วมมือกับมหาวิทยาลัย กระทรวง ทบวง กรม ที่เกี่ยวข้องอย่างใกล้ชิด

วิสัยทัศน์องค์กร

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติจะเป็นองค์กรที่หมั่นเรียนรู้ มุ่งเสริมสร้างความสามารถทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยมุ่งเน้นในสาขานาโนเทคโนโลยีเพื่อประโยชน์ในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศ

พันธกิจของศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

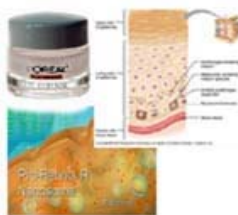
ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติมีพันธกิจหลักคือการมุ่งเน้นผลักดันให้เกิดการพัฒนา

1. พันธกิจในการกำหนดทิศทางของการพัฒนาเทคโนโลยียุทธศาสตร์ในด้านนาโนเทคโนโลยีโดยอาศัยการวิจัยเชิงนโยบาย
2. พันธกิจในการพิจารณาและนำเสนองบประมาณและมาตรการเพื่อผลักดันและอุดหนุนโครงการวิจัยและพัฒนาในสาขานาโนเทคโนโลยี
3. พันธกิจในการสนับสนุนการพัฒนาทรัพยากรบุคคล โดยเฉพาะบุคลากรวิจัยด้านนาโนเทคโนโลยี
4. พันธกิจในการสร้างความเข้าใจ และความตระหนักในด้านนาโนเทคโนโลยีอย่างทั่วถึง



ผลิตภัณฑ์

เมื่อปลายปีที่แล้ว นิตยสารธุรกิจชั้นนำของโลก Forbes ได้ประกาศ 10 สุดยอดผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีประจำปี ค.ศ. 2003 ซึ่งมีส่วนช่วยผลักดันให้เกิดความก้าวหน้าทางด้านนาโนเทคโนโลยีเชิงพาณิชย์เป็นอย่างมาก สินค้านาโนเทคโนโลยีทั้ง 10 ประเภทประกอบไปด้วย



ผลิตภัณฑ์ สกีแว็กซ์ (Ski Wax) ชื่อ Cerax Nanowax ของบริษัท Nanogate ประเทศเยอรมันนี้ ที่ใช้ก้าวหน้าของนาโนเทคโนโลยีด้านเคมีเพื่อสังเคราะห์แว็กซ์ที่ใช้เคลือบพื้นผิวของอุปกรณ์สกีให้มีความลื่นไหล และแข็งแรง ทำให้นักกีฬาสกีสามารถเร่งความเร็วได้สูงสุดบนพื้นหิมะหลังออกตัวได้ไม่ก็้อยฟูต



ครีมกันแดด Nucelle SunSense SPF 30 ของบริษัท Nucelle Inc. ที่ตั้งอยู่ในวอชิงตัน สหรัฐฯ ที่มีส่วนประกอบเป็นผลึกขนาดนาโนของสารประกอบ

ออกไซด์ของสังกะสี (ZnO₂) ที่เรียกว่า Z-COTE ซึ่งสามารถป้องกันได้ทั้งรังสี UVA และ UVB ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และไม่เกิดอาการแพ้



กล้องดิจิทัลของโกดัก รุ่น EasyShare LS633 ที่มีจอภาพเป็นสารอินทรีย์เปล่งแสงหรือ OLED (organic light-emitting diodes) ที่มีภาพสีคมชัด มีมุมมองที่กว้างขึ้น และมีขนาดจอภาพที่ใหญ่กว่ากล้องดิจิทัลทั่วไปในขณะนี้



แว่นตากันแดด ของบริษัท Nanofilm ของสหรัฐฯ ที่ได้นำพอลิเมอร์ชนิดบางมากที่สังเคราะห์ขึ้น โดยนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในการเคลือบผิวหน้าของเลนส์ของแว่นตากันแดด ซึ่งสามารถป้องกันการสะท้อนแสง ลดรอยขีดข่วนและคราบสกปรกของแว่นตาและเลนส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

แร่กึ่งเจตนา นิส VS Nanotube Power ของบริษัท Babolat ประเทศฝรั่งเศสที่ผลิตจากกราฟไฟต์ ผสมกับท่อนาโนของคาร์บอน (carbon nanotubes) ทำให้แร่กึ่งเจตนา มีความทนทานสูงมากในขณะที่มีน้ำหนักเบา สามารถลดอาการกล้ามเนื้อเกร็งของนักกีฬาเทนนิสได้เป็นอย่างดี

ลูกเทนนิส Air D-Fense ของบริษัท Inmat ในนิวเจอร์ซีย์ สหรัฐฯ ที่มีการเคลือบแกนในของลูกเทนนิสด้วยพอลิเมอร์นาโนคอมพอสิตที่มีความบางเพียง 1 นาโนเมตร สามารถป้องกันการรั่วซึมของอากาศภายในลูกเทนนิสได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในขณะที่ไม่มีผลต่อน้ำหนักลูก และสามารถเก็บได้นานกว่าลูกเทนนิสธรรมดาหลายเท่าตัว ปัจจุบันลูกนำมาใช้ในการแข่งขันเทนนิส เดวิส คัพ อันโด่งดัง

ภาพยนตร์และหนังสือที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี เนื่องจากนาโนเทคโนโลยีเป็นศาสตร์ใหม่และมีขอบเขตเกินกว่าจินตนาการของมนุษย์ในยุคปัจจุบัน ทำให้สามารถนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้เพิ่มความน่าสนใจและเป็นจุดขายอย่างดีให้กับบทภาพยนตร์และหนังสือเรียนหรือนวนิยายเชิงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การบริหารการจัดการ ศิลปวัฒนธรรม และการลงทุนทางธุรกิจ เป็นต้นสำหรับในประเทศไทย ถึงแม้ว่าผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีฝีมือคนไทยยังไม่วางจำหน่ายก็ตาม แต่มีการคาดการณ์กันว่าอีกไม่กี่ปีข้างหน้าจะมีสินค้านาโนเทคโนโลยีของคนไทยออกวางตลาดและทำรายได้เป็นกอบเป็นกำให้กับประเทศ ซึ่งมีการประเมินอย่างคร่าวๆ ว่าจะทำรายได้สูงถึงร้อยละ 1 ของผลผลิตมวลรวมของประเทศหรือประมาณ 120,000 ล้านบาท ขณะนี้

งานวิจัยทางด้านนาโนเทคโนโลยีหลายสาขา กำลังอยู่ในช่วงของการทดลองในห้องปฏิบัติการตามมหาวิทยาลัยชั้นนำและ สวทช. โดยงานวิจัยเหล่านี้ครอบคลุมทั้งทางด้าน นาโนอิเล็กทรอนิกส์ วัสดุ นาโน และนาโนเทคโนโลยีทางชีวภาพ

งานวิจัยเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีในประเทศไทย

เนื่องจากนาโนเทคโนโลยีเป็นเรื่องที่ค่อนข้างใหม่สำหรับประเทศไทย ทำให้ในขณะนี้ ประเทศไทยยังไม่มีผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีออกมาจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ แต่อย่างไรก็ตาม งานวิจัยเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีในประเทศไทยก็มีความก้าวหน้ามากพอสมควรและมีแนวโน้มว่า งานวิจัยที่กำลังอยู่ในระหว่างการทดลองหลายชิ้นสามารถผลิตออกมาจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคตอันใกล้

ตัวอย่างงานวิจัยด้านนาโนเทคโนโลยีที่กำลังดำเนินการอยู่ในประเทศไทย

อุปกรณ์นาโนที่สังเคราะห์จากสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor devices) : เช่น จุดควอนตัม (quantum dot) เซลล์แสงอาทิตย์ประสิทธิภาพสูงชนิดใหม่ อุปกรณ์นาโนแสงและออปติก และทรานซิสเตอร์ โมเลกุล ซึ่งดำเนินการอยู่ที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย การสังเคราะห์ท่อนาโนคาร์บอน (carbon nanotubes) และจอสสารอินทรีย์เรืองแสง (Organic light emitting diode) และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดนาโนอีกหลายชนิด ซึ่งดำเนินการอยู่ที่ภาควิชา ฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล การสังเคราะห์สารตัวเร่ง (catalysts) ชนิดใหม่เพื่อใช้ในทางอุตสาหกรรมปิโตรเลียม การสังเคราะห์และการประยุกต์ใช้ท่อนาโนคาร์บอน ซึ่งดำเนินการอยู่ที่วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารประกอบแตงนาโน (Nanocomposites) โดยใช้พอลิเมอร์ผสมกับแร่เคลย์ โดยมีจุดประสงค์ในการนำไปผลิตพลาสติกแบบใหม่ที่ใช้ทำบรรจุภัณฑ์อาหาร ดำเนินการอยู่ที่ศูนย์เทคโนโลยีวัสดุและ โลหะแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

ไบโอเซ็นเซอร์ (biosensor) และห้องปฏิบัติการบนแผ่นชิพ (lab on a chip) ที่เน้นการประยุกต์ใช้ในด้านการแพทย์และสาธารณสุข ดำเนินการอยู่ ณ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ แห่งชาติ (NECTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) การเพิ่มคุณค่ายารักษาโรคเขตร้อน และโรคอื่นๆ โดยใช้นาโนเทคโนโลยี รวมทั้งการผลิตถุงมือยางเคลือบอนุภาคนาโนสำหรับแพทย์และพยาบาล ซึ่งส่วนใหญ่ดำเนินการอยู่ที่คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

อื่นๆ เช่นงานวิจัยของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยสุรนารี สถาบันเทคโนโลยี ลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีธนบุรี ศูนย์ชินโครตรอนแห่งชาติ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งงานวิจัยส่วนใหญ่จะคล้ายคลึงกับงานวิจัยที่ได้กล่าวมาแล้ว

งานวิจัยนาโนเทคโนโลยีของมหาวิทยาลัยขอนแก่น

งานวิจัยนาโนเทคโนโลยีของมหาวิทยาลัยขอนแก่น เริ่มต้นขึ้นจากวิทยาศาสตร์พื้นฐานที่คณะวิทยาศาสตร์ โดยกลุ่มคนจำนวนหนึ่งที่จบปริญญาเอกจากต่างประเทศและเคยทำงานวิจัยด้านนาโนเทคโนโลยี

งานวิจัยนาโนเทคโนโลยีแรกเริ่ม โดยการสนับสนุนของมหาวิทยาลัยขอนแก่น คือ การสร้างวัสดุนาโนพอลิเมอร์ที่ย่อยสลายได้ทางชีวภาพและสามารถใช้เป็นวัสดุในการนำส่งยาและโปรตีน การใช้นาโนเทคโนโลยีทางด้านสิ่งแวดล้อม ในการตรวจสอบการปนเปื้อนและบำบัดของเสียโดยเฉพาะสารอันตรายหรือสารพิษ ต่อมา มีการจัด Nanotechnology ระดับมหาวิทยาลัยทำให้ขยายแนวคิดไปสู่การประยุกต์ด้าน Biosensors การเกษตร การตรวจ รักษาโรค รวมทั้ง Tissue engineering, Scaffolding พลังงาน อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องสำอาง เป็นต้น

ในระหว่างที่ผ่านมา มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้มีการเตรียมความพร้อม ทั้งด้านการพัฒนาบุคลากรและทรัพยากร ทำให้มหาวิทยาลัยขอนแก่นมีศักยภาพขั้นพื้นฐานเพียงพอสำหรับการวิจัยนาโนเทคโนโลยี รวมทั้ง ได้มีการประสานเพื่อสร้างความร่วมมือระหว่างภาครัฐ สถาบันการศึกษาภาคเอกชน ทั้งในประเทศและต่างประเทศทำให้เกิดบทบาทและความรับผิดชอบเชิงวิชาการสมัยใหม่อย่างชัดเจน

การที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นมีความพร้อมในการให้ความช่วยเหลือแก่ท้องถิ่น เช่น การร่วมงานช่วยจัดทำยุทธศาสตร์กลุ่มจังหวัดและภูมิภาค ทำให้เล็งเห็นประโยชน์ในการบริการวิชาการเพื่อการถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับวิทยาการนาโนเทคโนโลยีในระดับกว้างได้อีกด้วย

กล่าวได้ว่าการจัดตั้งฐานงานวิจัยนาโนเทคโนโลยีที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นจะก้าวแรกและเป็นโอกาสในการจัดตั้งศูนย์นาโนเทคโนโลยีในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อเป็นศูนย์กลางของการศึกษา การวิจัย และให้ความรู้ โดยการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ที่ทันสมัยและมีแนวทางในการทำวิจัยที่เหมาะสมแก่นักวิจัยและบุคลากรที่สนใจ จะทำให้เกิดการนำไปประยุกต์เพื่อพัฒนาศักยภาพการแข่งขันของประเทศในด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี ตลอดจนการพัฒนาทุนทางสังคม ซึ่งจะเพิ่มจำนวนนักวิทยาศาสตร์ นักวิจัย และผลงานวิจัยซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

มหาวิทยาลัยขอนแก่นได้เสนอโครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยสาขานาโนเทคโนโลยี ต่อสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา หรือ สกอ. โดยเน้นหลักสูตรแบบบูรณา

การระดับสูง เพื่อผลิตบัณฑิตปริญญาโทและเอก มีลักษณะเชิงบูรณาการที่เน้นการวิจัยเป็นหลัก มีการจัดแบ่งและดำเนินการกลุ่มพันธกิจการวิจัย และกลุ่มวิจัยลักษณะต่าง ๆ ที่ตอบสนองความต้องการของประเทศ มุ่งที่จะก้าวสู่เวทีโลกภายใต้ศักยภาพของมหาวิทยาลัยที่มีความพร้อมสูง ด้วยแรงสนับสนุนจากประสบการณ์และกลไกของการสร้างพันธมิตรเครือข่ายสถาบันการศึกษาและวิจัยในประเทศและต่างประเทศ ซึ่ง หากได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษาแล้ว ก็จะกล่าวได้ว่าเป็นศูนย์กลางความเป็นเลิศทางการวิชาการแห่งแรกของมหาวิทยาลัยขอนแก่น และเป็นศูนย์กลางของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ .

คลังความรู้สาขานาโนเทคโนโลยี

1. ชื่อเรื่อง - [Roadmap of Thailand's HRD in Nanotechnology](#)

คำอธิบาย -

เจ้าของข้อมูล - ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช.

URL - http://www.nstda.or.th/nanotec/present/NanoHRD_Roadmap_Tawatchai_15-01-04.pdf

2. ชื่อเรื่อง - [Recent Developments in Nanotechnology in Thailand](#)

คำอธิบาย -

เจ้าของข้อมูล - ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช.

URL - http://www.nstda.or.th/nanotec/present/NANOTECH_Wiwut_15-01-04.pdf

3. ชื่อเรื่อง - [Nanotech Road-map](#)

คำอธิบาย -

เจ้าของข้อมูล - ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช.

URL - http://www.nstda.or.th/nanotec/present/HRD_Dutta_15-01-04.pdf

4. ชื่อเรื่อง - [Nanotechnology Global Activities & Impact](#)

คำอธิบาย -

เจ้าของข้อมูล - ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช.

URL -

http://www.nstda.or.th/nanotec/present/470130/morning/6NanoImpactAndGlobalActivities_Nick.pdf

5. ชื่อเรื่อง - [Nanotechnology and Applications to Fuel Cell](#)

คำอธิบาย -

เจ้าของข้อมูล - ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช.

URL - http://www.nstda.or.th/nanotec/present/Nano_and_App_to_Fuel_Cell_Fukui_14-01-04.pdf

6. ชื่อเรื่อง - [Fule Cell Research Status in Thailand](#)

คำอธิบาย -

เจ้าของข้อมูล - ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช.

URL - http://www.nstda.or.th/nanotec/present/FC_Research_Status_Thailand_PA_14-01-04.pdf

7. ชื่อเรื่อง - [Grid computing harnessed for pharmaceutical research](#)

คำอธิบาย - Kasetsart University has found that the implementation of grid computing enables its labs to conduct scientific research on drug design in a much shorter time. Grid computing reduces investment costs as the technology allows researchers to use existing computing resources for high-performance computing tasks

เจ้าของข้อมูล - มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

URL - http://www.myscientists.com/thai_technology/index.php?id=6

8. ชื่อเรื่อง - [Introduction of NEDO Project between Thailand and Japan in Environmental Technology](#)

คำอธิบาย -

เจ้าของข้อมูล - ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช.

URL - http://www.nstda.or.th/nanotec/present/NEDO_Project_Naito_14-01-04.pdf

9. ชื่อเรื่อง - [Nanoelectronics แนวคิดและแนวทางการวิจัยพัฒนาของประเทศไทย](#)

คำอธิบาย -

เจ้าของข้อมูล - ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช.

URL - http://www.nstda.or.th/nanotec/present/470130/morning/3NanoElectronics_Itti.pdf

10. ชื่อเรื่อง - [Nano Science and Technology in Chemical and Polymer Industry](#)

คำอธิบาย -

เจ้าของข้อมูล - ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช.

URL http://www.nstda.or.th/nanotec/present/470130/morning/7NanoApplicationInChemicalAndPolymer_Ma.pdf

11. ชื่อเรื่อง - [Roadmap การวิจัยและพัฒนาด้านนาโนอิเล็กทรอนิกส์ประเทศไทย](#)

คำอธิบาย -

เจ้าของข้อมูล - ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช.

URL - http://www.nstda.or.th/nanotec/present/Nanoelectronics_Itti_15-01-04.pdf

12. ชื่อเรื่อง - [Synthesis of Carbon Nanoparticles \(CNPs\)](#)

คำอธิบาย -

เจ้าของข้อมูล - ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช.

URL - http://www.nstda.or.th/nanotec/present/CNPs_Synthesis_TC_14-01-04.pdf

13. ชื่อเรื่อง - [Synthesis of Nanoparticles and Application to Pharmaceuticals](#)

คำอธิบาย -

เจ้าของข้อมูล - ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช.

URL - http://www.nstda.or.th/nanotec/present/NPsynthesis_in_Pharmaceutics_Fukumori_15-01-04_2.pdf

14. ชื่อเรื่อง - [การเตรียมนาโนซัสเพนชันของยาไดไฮโดรอาร์เทมิซินินสำหรับรักษาโรคมalaria](#)

คำอธิบาย -

เจ้าของข้อมูล - ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช.

URL - http://www.nstda.or.th/nanotec/present/470130/afternoon/NanoBio_Satit.pdf

15. ชื่อเรื่อง - [การวิจัยและพัฒนาด้านนาโนเทคโนโลยี](#)

คำอธิบาย -

เจ้าของข้อมูล - ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช.

URL - http://www.nstda.or.th/nanotec/present/470130/afternoon/NanoResearch_Vittaya-kku.pชื่อ

16. เรื่อง - [การศึกษาเทคโนโลยี](#)

คำอธิบาย -

เจ้าของข้อมูล - สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช.

URL - http://www.apectf.nstda.or.th/apectf/html/body_nano_education.html

17. ชื่อเรื่อง - [ข้อมูลพื้นฐาน นาโนเทคโนโลยี](#)

คำอธิบาย -

เจ้าของข้อมูล - ศูนย์บริการสารสนเทศทางเทคโนโลยี สวทช.

URL - http://203.185.135.14/e_newsletter/September2003/article/Article.html

18. ชื่อเรื่อง - [งานวิจัยและพัฒนานาโนอิเล็กทรอนิกส์และเครื่องกลจุลภาคในเนคเทค](#)

คำอธิบาย -

เจ้าของข้อมูล - ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช.

URL http://www.nstda.or.th/nanotec/present/470130/afternoon/Nectec_NE&MEMS_Thailand_Adisorn.pdf

19. ชื่อเรื่อง - [นักวิจัยเอ็มเทคคิดค้นแผ่น 'ฟิล์มนาโน' กันแสงยูวี](#)

คำอธิบาย - นักวิจัยเอ็มเทค พัฒนาแผ่นฟิล์มพลาสติก มีคุณสมบัติการกันรังสียูวี และความร้อน เพื่อใช้ในการเกษตร ผสมสารเติมแต่งระดับนาโน สามารถกันความร้อนสูง เหมาะกับสภาพภูมิอากาศร้อนจัด ลดการนำเข้า แผ่นฟิล์มราคาแพง จากต่างประเทศ พลาสติกที่ใช้ผลิตฟิล์มชนิดนี้ คือ โพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ มีลักษณะใส ยืดหยุ่นสูงสามารถโค้งงอได้โดยไม่แตกหัก และมี

สมบัติในการลดการส่องผ่านของรังสีอัลตราไวโอเลต ได้ร้อยละ 99 ทั้งยังง่ายต่อการขึ้นรูป และที่สำคัญคือราคาถูก โดยใช้ไทเทเนียมไดออกไซด์เป็นสารเติมแต่ง ซึ่งมีความสามารถในการลดการผ่านของรังสีอัลตราไวโอเลต และโลหะออกไซด์ ที่ช่วยในการลดการผ่านของรังสีอินฟราเรดเหลือเพียง 30 เปอร์เซ็นต์

เจ้าของข้อมูล - ดร.จิตติพร เครือเนตร

URL - http://www.myscientists.com/thai_technology/index.php?id=5

20. ชื่อเรื่อง - เทคนิคใหม่ที่ทำให้วัสดุนาโนขึ้นรูปได้ด้วยตัวเอง

คำอธิบาย - เจ้าของข้อมูล - ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ MTEC สวทช.

URL - http://www.mtec.or.th/th/news/new_st/news_st02.html

บรรณานุกรม

<http://www.aksorn.com/society/Tips.asp?id=25>

http://www.elib-online.com/doctors47/general_nanotech001.html

<http://www.office.police.go.th/wanchai/kn31.html>

<http://www.most.go.th/news/newspaper/default.asp?GID=632>

<http://www.nanotec.or.th/>

<http://www.nanotec.or.th/organize.php>

http://www.oaep.go.th/secretary_mesg/

<http://www.stkc.go.th/stportalContent.php?id=242>

http://www.xaap.com/thai/resource/article/main_list_article.asp?catid=774&rid=11402

| หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ | |
|--------------------------|-------------------------------|
| ฟิสิกส์ 1(ภาคกลศาสตร์(| ฟิสิกส์ 1 (ความร้อน) |
| ฟิสิกส์ 2 | กลศาสตร์เวกเตอร์ |
| โลหะวิทยาฟิสิกส์ | เอกสารคำสอนฟิสิกส์ 1 |
| ฟิสิกส์ 2 (บรรยาย(| แก้ปัญหาฟิสิกส์ด้วยภาษา C |
| ฟิสิกส์พิศวง | สอนฟิสิกส์ผ่านทางอินเทอร์เน็ต |
| ทดสอบออนไลน์ | วิดีโอการเรียนการสอน |
| หน้าแรกในอดีต | แผ่นใสการเรียนการสอน |
| เอกสารการสอน PDF | กิจกรรมการทดลองทางวิทยาศาสตร์ |
| แบบฝึกหัดออนไลน์ | สุดยอดสิ่งประดิษฐ์ |
| การทดลองเสมือน | |
| บทความพิเศษ | ตารางธาตุ(ไทย1) 2 (Eng) |
| พจนานุกรมฟิสิกส์ | ลับสมองกับปัญหาฟิสิกส์ |
| ธรรมชาติมหัศจรรย์ | สูตรพื้นฐานฟิสิกส์ |
| การทดลองมหัศจรรย์ | ดาราศาสตร์ราชมงคล |
| แบบฝึกหัดกลาง | |
| แบบฝึกหัดโลหะวิทยา | แบบทดสอบ |
| ความรู้รอบตัวทั่วไป | อะไรเอ่ย ? |
| ทดสอบ)เกมเศรษฐี(| คติปริศนา |
| ข้อสอบเอนทรานซ์ | เฉลยกลศาสตร์เวกเตอร์ |
| คำศัพท์ประจำสัปดาห์ | |
| ความรู้รอบตัว | |
| การประดิษฐ์ของโลก | ผู้ได้รับโนเบลสาขาฟิสิกส์ |
| นักวิทยาศาสตร์เทศ | นักวิทยาศาสตร์ไทย |
| ดาราศาสตร์พิศวง | การทำงานของอุปกรณ์ทางฟิสิกส์ |
| การทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ | |

|  การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 1 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต  | |
|---|---|
| 1. การวัด | 2. เวกเตอร์ |
| 3. การเคลื่อนที่แบบหนึ่งมิติ | 4. การเคลื่อนที่บนระนาบ |
| 5. กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน | 6. การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน |
| 7. งานและพลังงาน | 8. การดลและโมเมนตัม |
| 9. การหมุน | 10. สมดุลของวัตถุแข็งเกร็ง |
| 11. การเคลื่อนที่แบบคาบ | 12. ความยืดหยุ่น |
| 13. กลศาสตร์ของไหล | 14. ปริมาณความร้อน และ กลไกการถ่ายโอนความร้อน |
| 15. กฎข้อที่หนึ่งและสองของเทอร์โมไดนามิก | 16. คุณสมบัติเชิงโมเลกุลของสสาร |
| 17. คลื่น | 18. การสั่น และคลื่นเสียง |
|  การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ 2 ผ่านทางอินเทอร์เน็ต  | |
| 1. ไฟฟ้าสถิต | 2. สนามไฟฟ้า |
| 3. ความกว้างของสายฟ้า | 4. ตัวเก็บประจุและการต่อตัวต้านทาน |
| 5. ศักย์ไฟฟ้า | 6. กระแสไฟฟ้า |
| 7. สนามแม่เหล็ก | 8. การเหนี่ยวนำ |
| 9. ไฟฟ้ากระแสสลับ | 10. ทรานซิสเตอร์ |
| 11. สนามแม่เหล็กไฟฟ้าและเสาอากาศ | 12. แสงและการมองเห็น |
| 13. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ | 14. กลศาสตร์ควอนตัม |
| 15. โครงสร้างของอะตอม | 16. นิวเคลียร์ |
|  การเรียนรู้การสอนฟิสิกส์ทั่วไป ผ่านทางอินเทอร์เน็ต  | |
| 1. จลศาสตร์ (kinematic) | 2. จลพลศาสตร์ (kinetics) |
| 3. งานและโมเมนตัม | 4. ซิมเปิลฮาร์โมนิก คลื่น และเสียง |
| 5. ของไหลกับความร้อน | 6. ไฟฟ้าสถิตกับกระแสไฟฟ้า |
| 7. แม่เหล็กไฟฟ้า | 8. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับแสง |
| 9. ทฤษฎีสัมพัทธภาพ อะตอม และนิวเคลียร์ | |

