บทความปริทัศน์

การบูรณาการนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีสู่ระดับการศึกษา

Integration of Nanoscience and Nanotechnology to Education Level

สายรุ้ง ซาวสุภา

Sairoong Saowsupa

ABSTRACT

This article aims to present, knowledge collection, research, and analysis of nanoscience and nanotechnology including the situation on integrating these fields into education both overseas and Thailand. The emergence of innovation as a result of these knowledge fields has had an immense influence on human lives. This can be found in innovative biotechnologies, means of communication, computers, electronics, and nano materials that have already been produced as commercial products. These would certainly impact on students' daily lives. To gain knowledge and valuable experience from good science teaching will inevitably promote learning and encourage continuous self-learning. This has a significant impact on the study of science in the future. The integration of nanoscience and technology into school science is not explicit in the current school curriculum. Teachers most often set activities that introduce nanoscience and nanotechnology and encourage students to do a science project using scientific knowledge based on nanoscience and nanotechnology conceptions. When considering support resources such as various websites, news articles, books, magazine articles and academic papers, it is not too difficult to access these resources so teachers can easily introduce nanoscience and nanotechnology into teaching and learning activities. However, when considering their integration into content, teachers play a key role in designing activities that are in harmony with learning principles. Thus, preparation to develop strong basic knowledge, skills, and knowledge applications for teachers and also design strategies for effective teaching and student learning are very important. The availability of equipment or tools and support from the government and private organizations are also important for the integration of nanoscience and nanotechnology into schools effectively to promote a maximum positive effect on students.

Keywords: nanoscience, nanotechnology, teaching nanoscience, education level

ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

Department of Curriculum and Instruction, Faculty of Education, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand.

E-mail: sairoong.s@chula.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อนำเสนอการรวบรวมความรู้ งานวิจัยและการวิเคราะห์เกี่ยวกับนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี สถานการณ์ในวงการศึกษาเกี่ยวกับการบูรณาการศาสตร์เหล่านี้สู่ระดับโรงเรียนหรือสถานศึกษาต่างๆ ทั้งต่างประเทศและในประเทศไทย เนื่องจากปัจจุบันเกิดการสร้างสรรค์นวัตกรรมอันเป็นผลจากการใช้ความรู้ด้านนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีเป็นอย่างมาก และสิ่งเหล่านี้มีอิทธิพลต่อชีวิตของมนุษย์ในสังคมโลกอย่างมหาศาล ดังจะพบได้จากนวัตกรรมด้านเทคโนโลยีชีวภาพ การสื่อสาร คอมพิวเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ รวมถึงวัสดุนาโนต่างๆ ที่ได้ถูกผลิตออกมาในเชิงพาณิชย์แล้ว ดังนั้นสิ่งเหล่านี้ย่อมเข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนอย่างแน่นอน การได้รับความรู้และประสบการณ์จากการจัดการเรียนการสอนที่ดีเกี่ยวกับศาสตร์ด้านนี้ย่อมก่อให้เกิดการรู้เท่าทันและส่งเสริมให้เกิดการเรียนรู้และศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองอย่างต่อเนื่องอันจะก่อให้เกิดผลดีต่อวงการศึกษาวิทยาศาสตร์ต่อไปในอนาคตได้

ในปัจจุบันการบูรณาการศาสตร์เหล่านี้สู่ระดับโรงเรียนพบว่า ยังไม่ปรากฏในหลักสูตรสถานศึกษา อย่างชัดเจน ส่วนใหญ่ครูแนะนำและจัดกิจกรรมรู้จักนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีรวมทั้งสนับสนุนให้นักเรียนจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์โดยใช้ฐานความรู้จากศาสตร์เหล่านี้ เมื่อพิจารณาจากแหล่งข้อมูลสนับสนุน อาทิ เว็บไซต์ ข่าว หนังสือ บทความวิชาการและบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ พบว่าไม่ใช่เรื่องยากที่จะเข้าถึงแหล่งข้อมูลเหล่านี้ ดังนั้นครูจึงสามารถนำนาโนเทคโนโลยีเข้าสู่การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในโรงเรียนได้อย่างง่ายดาย แต่เมื่อพิจารณาถึงการบูรณาการเข้าสู่เนื้อหาสาระที่ต้องสอนแล้ว ครูเป็นบุคคลสำคัญที่มีบทบาทในการออกแบบกิจกรรมให้สอดคล้องกับโครงสร้างสาระการเรียนรู้หลัก ดังนั้นการเตรียมความพร้อมให้กับครูผู้สอนไม่ว่าจะเป็นความรู้พื้นฐาน ทักษะการประยุกต์ใช้ความรู้ และกลยุทธ์ในการออกแบบการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างมาก ความพร้อมในเครื่องมือหรืออุปกรณ์การเรียนการสอนการได้รับการสนับสนุนจากองค์กรของรัฐและเอกชนก็มีความสำคัญเช่นกันในการผลักดันให้การบูรณาการนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีสู่ระดับโรงเรียนมีประสิทธิภาพก่อให้เกิดผลดีต่อนักเรียนอย่างสูงสุด

คำสำคัญ: นาโนศาสตร์ นาโนเทคโนโลยี การสอนนาโนศาสตร์ ระดับการศึกษา

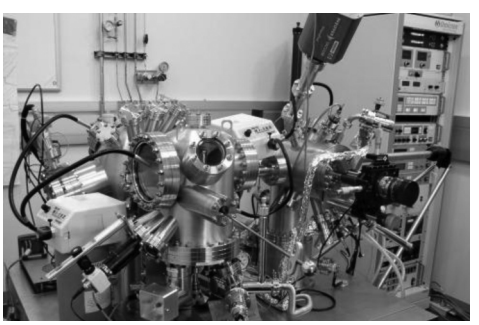
บทนำ

ความก้าวหน้าด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนำมาสู่การเปลี่ยนแปลงในชีวิตมนุษย์เสมอ ดังเช่นศตวรรษที่ผ่านมาเราจะพบว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งในทางที่ดีและ ไม่ดีต่างๆนานา โดยมนุษย์ได้รับความสะดวกสบายในการดำรงชีวิตจากการมีเครื่องอุปโภคบริโภค สิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆที่ใหม่ มากมายและหลากหลาย ในราคาถูก แม้จะเกิดผลกระทบด้านอื่นๆ บ้าง ก็ตาม เมื่อเข้าสู่ศตวรรษใหม่ มนุษย์ได้ศึกษาและค้นพบการเปลี่ยนแปลงที่สำคัญมาก โดยสามารถออกแบบและสร้างวัสดุอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กมากระดับนาโนเมตร คือ ระดับหนึ่งในพันล้านเมตร หรือ 10^{-9} เมตร นั่นคือจะมีขนาดเท่ากับโมเลกุลหรืออะตอมทีเดียว ซึ่งเทคโนโลยีนี้เรียกว่า “นาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology)” นาโนเทคโนโลยีจึงเป็นวิทยาการในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ต่างๆ ที่มีขนาดจิ๋ว ซึ่งพบได้ในท้องตลาด ผลิตภัณฑ์เหล่านั้นมีประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันโดยที่ผู้บริโภคส่วนใหญ่ไม่มี พื้นฐานความรู้เกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี ดังนั้นนาโนเทคโนโลยีจึงไม่ใช่เรื่องที่ไกลตัวอีกต่อไป ด้วยเหตุนี้จึงเริ่มมีการพิจารณาผสมผสานความรู้ด้านนาโนเทคโนโลยีลงในหลักสูตรการเรียนการสอน

วิทยาศาสตร์ระดับโรงเรียนอันจะก่อให้เกิดประโยชน์และสามารถเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียนได้อย่างมากการจัดหลักสูตรดังกล่าวต้องอยู่บนพื้นฐานการปลูกฝังและกระตุ้นความอยากเรียนอยากรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นจากนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี นาโนเทคโนโลยีจัดได้ว่าเป็นสิ่งที่จะกำหนดทิศทางด้านเทคโนโลยีในศตวรรษที่ 21 และน่าจะเป็นเทคโนโลยีที่กำหนดศักยภาพของการปฏิวัติอุตสาหกรรมในอนาคตอีกด้วย

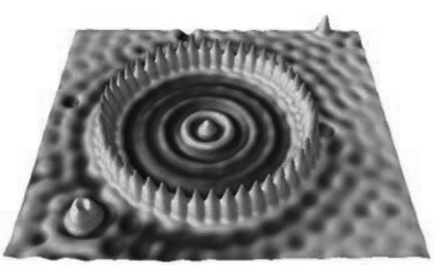
นาโนเทคโนโลยี คืออะไรรากศัพท์ “นาโน (nano)” มีความหมายว่า แคระในภาษากรีกและในทางเคมี มักใช้นาโนเป็นหน่วยการวัดนาโนเมตร ซึ่งมีขนาดเท่ากับ 1 ใน 1 พันล้านส่วนของความยาว 1 เมตร (ยอดหทัย และ ประมวล, 2547) หากจินตนาการภาพของตัวเราอยู่ในขนาดนาโนสเกลเปรียบเหมือนกับขนาดของศีรษะเล็กลงกว่า 4.5 พันล้านเท่าของที่เป็นอยู่ หรือเทียบความห่างระหว่างเส้นขนแต่ละเส้นก็ ดูเหมือนห่างกันราว 450 สนามฟุตบอลเลยทีเดียว (SabryCorp, 2013) ส่วนนาโนศาสตร์ (Nanoscience) หมายถึงการศึกษาปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับนาโนสเกล หรือเล็กลงไปในระดับ 1 ถึง 100 นาโนเมตร และจัดกระทำหรือทดลองจัดเรียงในระดับอะตอมของวัตถุ ดังนั้นนาโนเทคโนโลยีจึงหมายถึง เทคโนโลยีการออกแบบการกำหนดลักษณะ การผลิต และการใช้โครงสร้างเครื่องมือหรือระบบใน การควบคุมรูปร่างหรือขนาดในระดับนาโนสเกล (Ban & Kocijancic, 2011) ผู้ที่ได้ทำนาย นาโนเทคโนโลยีไว้เป็นนักฟิสิกส์แห่งสถาบันเทคโนโลยีแคลิฟอร์เนีย (California Institute of Technology) คือ Prof. Richard Feynman ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ในปี ค.ศ. 1965 และบรรยายเรื่อง There is Plenty of Room at the Bottom ในปี ค.ศ.1959 โดยเนื้อหาบรรยายได้นั้นเป็นการกระตุ้นให้นักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกหันมาสนใจสิ่งที่มีขนาดเล็กซึ่งสามารถใช้ประดิษฐ์สิ่งต่างๆ หรือผลิตสิ่งต่างๆ ได้จากการจัดเรียงอะตอมด้วยความแม่นยำ (ยอดหทัย และ ประมวล, 2547) โดยอาจกล่าวได้ว่าเป็น บิดาแห่งนาโนเทคโนโลยี วิทยาการด้านนาโนเทคโนโลยีเริ่มปรากฏชัดเจนขึ้นเมื่อปี ค.ศ.1981 Gerd Binnig และ Heinrich Rohrer ได้ประดิษฐ์เครื่องมือสำหรับการจับภาพพื้นผิวในระดับของอะตอมเรียกว่า กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดในอุโมงค์ (Scanning Tunneling Microscope) หรือ STM ดังแสดงในภาพที่ 1 และภาพที่ 2 (Richmond, 2013)

จากนั้นในปี ค.ศ. 1985 ได้มีการค้นพบอัญรูปหนึ่งของคาร์บอน นั่นคือ ฟูลเลอรีนซึ่งประกอบด้วยโมเลกุลของธาตุคาร์บอนทั้งหมด มีรูปทรงเป็นทรงกลมกลวงทรงรีหรือท่อฟูลเลอรีนที่มีรูปร่างเป็นทรงกลมบางครั้งเรียกว่า “บักกีบอล” (Buckyballs) ประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอน 60 อะตอม สำหรับฟูลเลอรีนทรงกระบอก เรียกว่า “บักกี้ทิวบ์”



กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราดในอุโมงค์
(Scanning Tunneling Microscope) (STM)

ภาพที่ 1 Scanning Tunneling Microscope (STM)



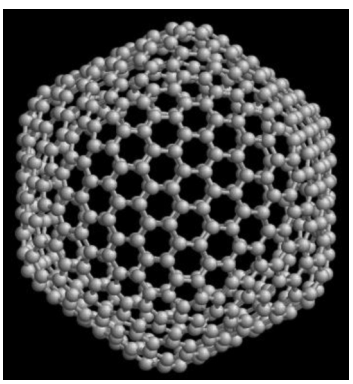
Iron atoms on the surface of Cu(111)

ภาพที่ 2 STM image ของอะตอมของเหล็ก บนพื้นผิวของ Cu(111)

หรือ “คาร์บอนนาโนทิวบ์” ดังแสดงในภาพที่ 3 และภาพที่ 4 (Wikipedia, 2013) ชื่อฟูลเลอรีนนี้ตั้งขึ้นตามชื่อของบักมินสเตอร์ฟูลเลอร์ (Buckminster Fuller)

จากนั้นวิทยาการด้านนาโนเทคโนโลยีก็พัฒนาอย่างรวดเร็วทั้งด้านวัสดุนาโนเทคโนโลยีชีวภาพและทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นหลายประเทศจึงมีโครงการศึกษาวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยีดังกล่าว อาทิ สหรัฐอเมริกา ประเทศในแถบยุโรป ญี่ปุ่น จีน ไต้หวัน เป็นต้น ประเทศเหล่านี้ได้สนับสนุนการค้นคว้าวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านนาโนเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่องด้วยงบประมาณจำนวนมาก ส่วนประเทศไทยนั้นมีหน่วยงานหรือสถาบันที่จัดตั้งขึ้นเพื่อศึกษาวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยี ด้านนาโนเทคโนโลยี อาทิ ศูนย์วิจัยนาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (Nanotech) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติหรือ สวทช. ศูนย์ความเป็นเลิศทางด้านวัสดุศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี เพื่อมุ่งเป้านำผลงานวิจัยสู่เชิงพาณิชย์ เป็นต้น

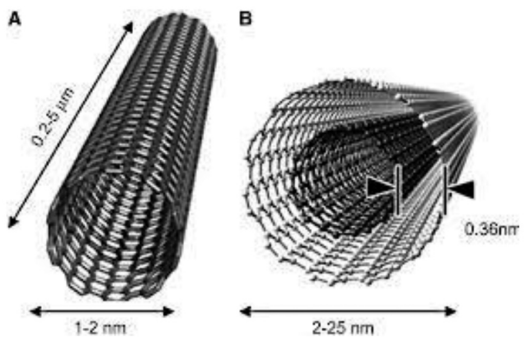
ปัจจุบันนาโนเทคโนโลยีถือได้ว่าเป็นวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์ที่จะเปลี่ยนโฉมหน้าของวงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทั้งหมดก็ว่าได้ โดยมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็วและมีผลิตภัณฑ์ต่างๆ ออกสู่ตลาดในเชิงพาณิชย์มากยิ่งขึ้น อาทิ จมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตได้โดยบริษัทนาโนสเฟียร์ (Nanosphere) สำหรับตรวจหาเชื้อแอนแทรกซ์ที่แม่นยำและรวดเร็วที่สุดในโลก (ธีรเกียรติ์, 2548) เสื้อกีฬานาโนยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์และกลิ่นโดยฝังอนุภาคนาโนเงิน (Silver Nanoparticle) หรือเคลือบด้วยอนุภาคซิงค์ออกไซด์ทำให้สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียและลดกลิ่นอับได้ (ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2556) สายโลหะนาโน (Nanowires) และตัวนำไฟฟ้าในขนาดนาโนสเกล (NanoscaleTransistors) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดยบริษัทเอ็น อี ซี (NEC) ของญี่ปุ่น นอกจากนี้วัสดุนาโนยังใช้เสริมความแข็งแรงให้กับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น สกี แวกซ์ ของนาโนเกต (Nanogate) แจ๊กเก็ตสกีชนิดพิเศษที่ผลิตด้วยเส้นใยนาโน มีคุณสมบัติกันลม กันน้ำ และกันคราบสิ่งสกปรกต่างๆ เป็นต้น (แรตเนอร์ และแรตเนอร์, 2547)



ภาพที่ 3 ฟูลเลอรีนรูปทรงสามเหลี่ยมด้านเท่ายี่สิบหน้า (icosahedron) C_{540}

นาโนเทคโนโลยีกับการศึกษา

ไม่น่าแปลกใจเท่าใดนักที่นาโนศาสตร์ได้บรรจุเป็นวิชาหรือสาขาวิชาหนึ่งในมหาวิทยาลัยหลายๆ แห่งในยุโรปและสหรัฐอเมริกา เช่น University of Toronto ในแคนาดา, College of Nanoscale Science and Engineering ของ State University of New York, Institute of Nanoscience and Engineering ของ University of Arkansas, Fayetteville, University of California San Diego เป็นต้น (Wikipedia, 2014) Ghattas และ Carver ได้กล่าวถึงความท้าทายหลักๆในการบูรณาการ นาโน



ภาพที่ 4 คาร์บอนนาโนทิวบ์

ศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีระดับมัธยมศึกษาคือ ความจำเป็นที่จะต้องให้ครูวิทยาศาสตร์สามารถสอนให้เกิดการคิดหรือทำใหม่ การแก้ปัญหาการขาดความพร้อมด้านวัสดุในการเรียนการสอนที่เหมาะสมขาดความชัดเจนในการเชื่อมต่อกับมาตรฐานทางวิทยาศาสตร์ของหลายๆรัฐควบคู่ไปกับ การขาดประสบการณ์ทางการศึกษาด้านนาโนศาสตร์ของครูวิทยาศาสตร์ ในการนี้หลายๆ มหาวิทยาลัยในยุโรปและสหรัฐอเมริกาได้นำนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีบูรณาการเข้ากับศาสตร์ความรู้อื่นๆ อีกมากมาย อาทิ นาโนเซ็นเซอร์ (Nanosensor) การแพทย์นาโน (Nanomedicine) อนุภาคนาโน (Nanoparticles) เกษตรกรรมยุคนาโน (Nanoagriculture) เป็นต้น (Ghattas & Carver, 2012)

นาโนเซ็นเซอร์เป็นเซ็นเซอร์ขนาดเล็กที่ถูกคิดค้นขึ้นเพื่อตรวจจับและส่งสัญญาณสู่ตัวรับ มีการวิจัยและพัฒนาที่นำนาโนเซ็นเซอร์ไปใช้ในวงการต่างๆ เช่น ในวงการยานยนต์ ระบบอินเตอร์ล็อค (Interlock System) ที่ใช้นวัตกรรมนาโนเซ็นเซอร์เพื่อตรวจจับระดับแอลกอฮอล์ในกระแสเลือดผ่านทางผิวหนัง เพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ขับขี่ที่มีระดับแอลกอฮอล์ในเลือดสูงกว่าเกณฑ์สามารถทำให้เครื่องยนต์สตาร์ทได้ เปรียบเป็นนวัตกรรมส่งเสริมโครงการเมาไม่ขับ ระบบนาโนเซ็นเซอร์นี้เริ่มนำไปติดตั้งในยานยนต์ของ บางบริษัทผู้ผลิตรถแล้ว เช่น บริษัทโตโยต้ามอเตอร์จำกัด และบริษัทนิสสัน มอเตอร์จำกัด เป็นต้น (อลงกรณ์, 2551) นาโนเซ็นเซอร์ยังสามารถนำไปใช้ในการดูแลสิ่งแวดล้อมจากแหล่งน้ำ ตัวอย่าง เช่น จากการวิจัยและพัฒนาระบบเซ็นเซอร์น้ำเสียของทีมนักวิจัยนาโนเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์และ ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ได้พัฒนาระบบตรวจวัดน้ำเสีย และตรวจค่าความเป็นกรด-เบสในน้ำโดยการพัฒนาระบบนาโนเซ็นเซอร์ให้สามารถตรวจคุณภาพของน้ำความเป็นกรดเป็นด่างและคุณลักษณะของสารเคมีชนิดน้ำ เช่น เปรี้ยว หวาน เค็ม ขม ซึ่งมีหลักการคล้ายการรับรสของลิ้น เพื่อแยกไอออนบวกและไอออนลบของของเหลว แล้วบันทึกรายงานผลแบบทันที (Real Time)ในอุปกรณ์สื่อสารหรือคอมพิวเตอร์พกพา นาโนเซ็นเซอร์นี้ยังมีความคงทนและไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพกรดด่างของน้ำ ผลที่บันทึกไว้จะแสดงรวมในฐานข้อมูลแผนที่น้ำกรดด่าง ทำให้การรายงานการเปลี่ยนแปลงสภาพของแหล่งน้ำเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องเป็นประโยชน์ต่อการแก้ไขสภาพแหล่งน้ำอีกด้วย (สิรพัฒน์, 2555) นอกจากนี้ยังมีการจำลองระบบการรับกลิ่นเพื่อเลียนแบบจมูกมนุษย์ อุปกรณ์นี้เรียกว่าจมูกอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Nose)โดยปัจจุบันได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานหลายด้าน เช่น อุตสาหกรรมอาหารใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบ การเสื่อมสภาพของอาหารหรือผลิตภัณฑ์อาหารการปนเปื้อนหรือความเสียหายที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต ด้านสิ่งแวดล้อมใช้ตรวจสอบคุณภาพอากาศและแจ้งเตือนก๊าซมลพิษที่มีการเจือปนในอากาศ เป็นต้น (Pearce, Schiffman, Nagle, & Gardner, 2009)

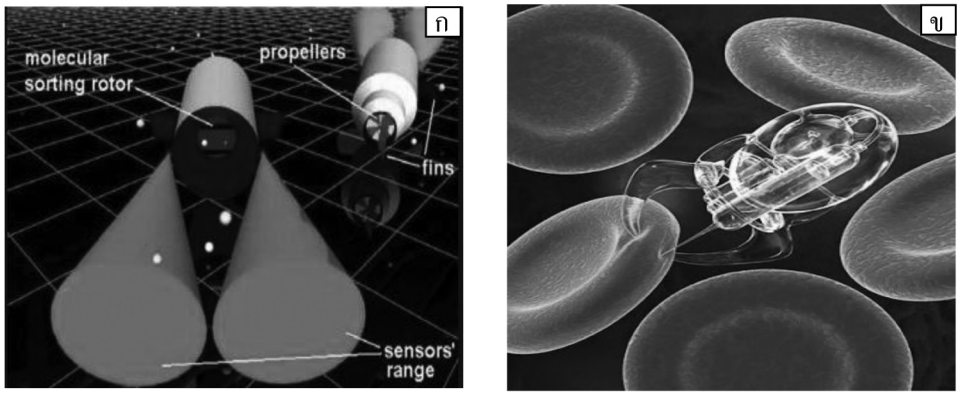
การทำงานของจมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่ขายตามท้องตลาด ดังภาพที่ 5 ยังพบปัญหาเรื่องความชื้นและอุณหภูมิขณะทำการวัดซึ่งส่งผลต่อการตอบสนองของแก๊สเซนเซอร์ที่ใช้ทำจมูกอิเล็กทรอนิกส์ทำให้ผลการวัดเกิดความผิดพลาด นักวิจัยจากศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติร่วมกับมหาวิทยาลัยมหิดลจึงได้พัฒนาจมูกอิเล็กทรอนิกส์แบบพกพาขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 6 ซึ่งจะช่วยลดผลกระทบจากความชื้นและอุณหภูมิ ลดความซับซ้อนของส่วนประกอบของเครื่อง และเพิ่มความแม่นยำในการวิเคราะห์ผลโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบสำคัญ (Principle Component Analysis: PCA) ในการประมวลผลการวิเคราะห์วิธีนี้ช่วยตัดปัจจัยที่มีตัวแปรความชื้นและอุณหภูมิออกไปจากองค์ประกอบที่คำนวณได้ ทำให้

ไม่มีผลกระทบต่อผลการตรวจสอบกลิ่น (ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2557)

การแพทย์นาโนหรือนาโนเทคโนโลยีทางการแพทย์ เป็นหนึ่งในศาสตร์ที่มีการนำนาโนเทคโนโลยีมาบูรณาการเพื่อศึกษาโดยมีเป้าหมายหลักสำคัญ 3 ประการ คือ 1) ใช้นาโนเทคโนโลยีเป็นเครื่องมือ ในการศึกษาสรีรวิทยาของมนุษย์ ตลอดจนใช้ศึกษาความผิดปกติของร่างกายจากโรคภัยที่เป็นที่รู้จัก ในปัจจุบันจากโรคที่ไม่สามารถหาสาเหตุได้ 2) ประยุกต์ใช้ในการวินิจฉัยโรคให้ได้รวดเร็วและแม่นยำมากยิ่งขึ้น และใช้ประโยชน์ในการติดตามผลการรักษาได้ทันท่วงที สามารถหลีกเลี่ยงผลข้างเคียงหรือฤทธิ์ที่ไม่พึงประสงค์จากการรักษาได้ และ 3) ใช้นาโนเทคโนโลยีในการพัฒนาเครื่องมือที่เรียกว่า “หุ่นยนต์นาโน” (Nanorobot) ดังแสดงในภาพที่ 7 เพื่อเข้าไปช่วยป้องกันระบบภูมิคุ้มกันในระดับเซลล์ไม่ให้เกิดอันตรายจากการติดเชื้อโรคหรือสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง เป็นต้น (วรวุฒิ, 2551) นาโนเทคโนโลยีทางการแพทย์จะใช้ความรู้ด้านอนุภาคนาโนเข้ามาประยุกต์ร่วมด้วยทั้งด้านการวินิจฉัย การรักษาและการให้ยา

ภาพที่ 5 จมูกอิเล็กทรอนิกส์ที่ขายตามท้องตลาด (ธีรเกียรติ์, 2548)

ภาพที่ 6 จมูกอิเล็กทรอนิกส์ในอนาคตที่พกพาง่ายและราคาถูก



ภาพที่ 7 หุ่นยนต์นาโนที่ใช้ในการฉีดสารเข้าไปในเซลล์และใช้ตรวจวัดในระดับโมเลกุลได้ (ก) เซนเซอร์หุ่นยนต์นาโน ส่วนที่หมุนในระดับโมเลกุล ครีบ และใบพัด และ (ข) หุ่นยนต์นาโนที่ทำหน้าที่ซ่อมแซมความบกพร่องของเซลล์เม็ดเลือดแดง (Naftchi-Ardebili, 2011 และ วรวุฒิ, 2551)

อนุภาคนาโน คือ อนุภาคขนาดเล็กแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ อนุภาคนาโนที่เป็นอนินทรีย์ (Inorganic Nanoparticles) ได้แก่ ทอง (Gold) เงิน (Silver) ควอนทัมดอท (Quantum Dots) หรือ ผลึกนาโนของธาตุ (Nanocrystal) และอนุภาคนาโนที่เป็นอินทรีย์ (Organic Nanoparticles) เป็นอนุภาคที่ใช้ประโยชน์ในการรักษาซึ่งมีการวิจัยอย่างต่อเนื่อง เพราะพบความสำเร็จในการนำอนุภาคนาโนไปใช้ในการส่งและปล่อยกระจายยาสู่เซลล์เป้าหมาย มีคุณลักษณะที่สามารถละลายในน้ำได้ดี ไม่กระตุ้นให้เกิดภูมิคุ้มกันและเป็นอันตรายต่อเซลล์ และสามารถขับออกได้ตามธรรมชาติ (ชูศักดิ์ และ สมศรี, 2553) ทั้งนี้จึงมีการนำอนุภาคนาโนมาร่วมในการวินิจฉัยและรักษาโรคมะเร็ง การให้ยาป้องกันโรคไข้หวัดใหญ่ในระดับเซลล์หรือการนำอนุภาคนาโนไปใช้กับผลิตภัณฑ์เวชสำอาง เป็นต้น

ในปี 2012 Leclerc และคณะ ทำการทดลองโดยใช้อนุภาคนาโนในการรักษาและให้ยาเพื่อป้องกันการเกิดโรคไข้หวัดใหญ่จากเชื้อนิวโมคอคคัส (Pneumococcus) คณะผู้วิจัยได้ใช้อนุภาคนาโนซึ่งประกอบจากเนื้อเยื่อโปรตีน PapMV และเชื้อไวรัสสารพันธุกรรมชนิดสายเดียว (ssRNA)ในการกระตุ้นภูมิคุ้มกันก่อนให้ยาโดยทดลองในหนู พบว่า สามารถป้องกันเชื้อไวรัสได้ยาว 5 วัน ต้องมีการทำซ้ำเพื่อให้ผลในระยะยาว โดยให้ยาสัปดาห์ละครั้งเป็นเวลา 10 สัปดาห์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าวิธีดังกล่าวสามารถรักษาหนูที่มีเชื้อไวรัสนี้และลดอัตราการติดต่อได้ (Mathieu, Rioux, Dumas, & Leclerc, 2013)

นอกจากการประยุกต์อนุภาคนาโนไปใช้ประโยชน์ในวงการแพทย์แล้ว วงการเกษตรกรรมก็เข้าสู่ยุคนาโนด้วยอย่างที่ได้ทำความเข้าใจในเบื้องต้นแล้วว่านาโนเทคโนโลยี คือ การจัดเรียงคุณลักษณะได้ ในระดับอะตอม นักวิทยาศาสตร์ไทยมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้วิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าวและสามารถเจาะรูบนผิวของเซลล์ข้าวได้ จากนั้นทดลองใส่สารไนโตรเจนลงไปในระดับอะตอม เพื่อเร่งการจัดเรียง สารพันธุกรรมใหม่ ผลการทดลองคือสามารถทำให้ข้าวเปลี่ยนเม็ดสีได้ เช่น สีเขียว สีม่วง เป็นต้น (อดิสร, 2549) จากตัวอย่างทั้งหลายข้างต้นทำให้เข้าใจได้ว่านาโนเทคโนโลยีเข้ามามีส่วนสำคัญในการวิจัยและพัฒนาในวงการต่างๆ ได้ระยะหนึ่งแล้ว และยังมีหน่วยงานที่ให้ความรู้และศึกษาวิจัยทางด้าน นาโนเทคโนโลยีอีกหลายแห่ง เช่น ศูนย์นาโนเทคโนโลยี ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยมหิดล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เป็นต้น แต่ไม่พบนาโนศาสตร์ในการศึกษาระดับโรงเรียนมากเท่าใดนัก ดังนั้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญและจำเป็นต้องมีเพื่อความเข้าใจและรู้เท่าทันวิทยาการด้านนาโนเทคโนโลยี คือ 1) **พื้นฐานทางเคมีและฟิสิกส์** เกี่ยวกับอนุภาคต่างๆ ได้แก่ อิเล็กตรอน อะตอม ไอออน และโมเลกุล รวมทั้งพื้นฐานความรู้เรื่องการนำไฟฟ้า กฎของโอห์ม กลศาสตร์ควอนตัมรวมถึงแนวคิดสำคัญ เช่น ทวิภาพของคลื่นและอนุภาค หลักการวิทยาศาสตร์ของแสง เป็นต้น 2) **ระบบชีวภาพ** ได้แก่ โครงสร้างโมเลกุลชีวภาพ โปรตีน และDNA เป็นต้น 3) **วัสดุศาสตร์** เช่น พันธะและสมบัติของโลหะ เซรามิก โพลิเมอร์ และวัสดุผสม เทคนิคการวิเคราะห์ทดสอบวัสดุ รวมถึงกระบวนการ ที่ใช้ในการผลิตวัสดุต่างๆ (ศูนย์พัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนเม็งรายมหาราชวิทยาคม, 2551)

Ban และ Kocijancic (2011) ได้ศึกษารวบรวมแหล่งข้อมูลเพิ่มเติมให้กับครูที่มีความสนใจศึกษานาโนศาสตร์และนำความรู้ไปพัฒนากิจกรรมเพื่อบูรณาการกับการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการศึกษาพบว่า แหล่งข้อมูลส่วนใหญ่คือเว็บไซต์ของหน่วยงานอิสระที่สร้างขึ้นเพื่อให้ความรู้ความเข้าใจแก่ครูและผู้เรียน แสดงขนาดเปรียบเทียบให้เข้าใจภาพของนาโนสเกลมากยิ่งขึ้นมีโปรแกรมการแลกเปลี่ยนยุววิจัย (Youth Researcher) ทางนาโน

เทคโนโลยีระหว่างโรงเรียน (Cross-sectional School) รวมไปถึงโมดุลการจัดการเรียนการสอน แผนการสอน และสื่อการสอนที่สามารถนำไปใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนได้ เช่น กิจกรรมทรายวิเศษ (Magic Sand) อันเป็นกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนเข้าใจลักษณะพื้นผิวของวัตถุที่มีขนาดเล็กในระดับนาโนได้ การใช้บอร์ดเกมนาโนเวนเชอร์ (Nano Venture) เป็นกิจกรรมที่นักเรียนสามารถทำความรู้จักและทำความเข้าใจเรื่องนาโนเทคโนโลยีได้มากยิ่งขึ้น ครูอาจเลือกใช้กิจกรรมทรายวิเศษ (Magic Sand) และบอร์ดเกมนาโนเวนเชอร์เป็นขั้นนำเข้าสู่บทเรียนหรือกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นสอนได้ตามความเหมาะสม มีกระดานสนทนาที่ตั้งกระทู้ให้ผู้สนใจวิพากษ์และแลกเปลี่ยนความรู้และนวัตกรรมใหม่ๆ ผ่านเครือข่ายนาโน (Nanonetwork) (Ban & Kocijancic, 2011) จะเห็นได้ว่ามีสื่อสนับสนุนการนำความรู้ด้านนาโนเทคโนโลยีไปใช้ในการสอนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นขึ้นไป

การนำนาโนเทคโนโลยีเข้าสู่การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในโรงเรียนอาจไม่ใช่เรื่องยากเมื่อพิจารณาตามแหล่งข้อมูลสนับสนุน แต่เมื่อพิจารณาถึงการบูรณาการเข้าสู่เนื้อหาสาระที่ต้องสอนแล้ว ครูจะออกแบบกิจกรรมอย่างไรให้สอดคล้องกับโครงสร้างสาระการเรียนรู้หลัก Ghattas และ Carver (2012) ได้ศึกษารวบรวมกิจกรรมและเนื้อหาที่ครูสามารถออกแบบการเรียนการสอนได้โดยเน้นให้ผู้เรียนเข้าใจถึงการทำงานในระดับนาโนยกตัวอย่าง เช่น การสอนคุณลักษณะและคุณสมบัติของวัตถุด้านพื้นผิวในระดับ นาโน ครูสามารถใช้กิจกรรมน้ำกลิ้งบนใบบอน (Lotus Effect) เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจลักษณะของพื้นผิววัตถุในระดับนาโนสเกลได้โดยให้นักเรียนทดลองกลิ้งหยดน้ำและศึกษาผลจากการทดลองให้นักเรียนร่วมกันสรุปโดยอธิบายสาเหตุที่น้ำกลิ้งบนใบบอน โดยที่หยดน้ำไม่แตกตัวตามหลักการที่ได้เรียนรู้เรื่องคุณลักษณะด้านพื้นผิว ครูอาจสรุปให้เห็นประโยชน์ของนาโนเทคโนโลยีที่ลงไปจัดกระทำวัตถุในระดับนาโนในเรื่องของพื้นผิวได้ โดยยกตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่เป็นนวัตกรรมซึ่งพบได้ในปัจจุบัน เช่น สุขภัณฑ์ทำความสะอาดตัวเอง (Self-cleaning Toilets) หรืออาจอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นเช่นเดียวกับน้ำกลิ้งบนใบบอนซึ่งพบในกรณีพืชที่ทำความสะอาดตัวเอง ปีกเครื่องบิน และปีกแมลง เป็นต้น (Ghattas & Carver, 2012)

Blonder (2010) ได้วิจัยเชิงทดลองนำโมเดลการสอนเพื่อศึกษาความรู้และความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับความรู้ทั่วไปทางเคมีโดยใช้โมเดลการสอนซึ่งนำกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอมหรือ AFM (Atomic Force Microscopy) มาเป็นเครื่องมือในการสอน เครื่องมือชนิดนี้มีความสามารถในการสแกนและถ่ายภาพวัตถุได้ในระดับนาโนเมตร สามารถสแกนภาพพื้นผิวของวัตถุชิ้นเล็กๆได้ อุปกรณ์ดังกล่าวถูกนำมาใช้ในการสอนมโนทัศน์และหลักการทางฟิสิกส์เบื้องต้น ซึ่งเป็นเนื้อหาที่มีความเหมาะสมต่อการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาหรืออาจใช้เรื่องกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม เป็นการนำเข้าสู่การเรียนวิชาเคมีในระดับดังกล่าวได้ เพราะผู้เรียนจะสามารถทำความรู้จักวัตถุในระดับนาโนสเกล เข้าใจมโนทัศน์เบื้องต้นของนาโนศาสตร์ผ่านกระบวนการในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ได้เพราะฉะนั้นกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอมถือเป็นหนึ่งโมเดลการสอนที่สามารถนำไปบูรณาการกับกิจกรรมการสอนในวิชาฟิสิกส์หรือเคมีที่สามารถสร้างความตื่นตาตื่นใจและประสบการณ์ที่น่าประทับใจแก่ผู้เรียน นอกจากนี้ยังได้ศึกษาผลของการใช้กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอมที่มีต่อความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอมของครู และศึกษาเจตคติของครูต่อการใช้โมเดลการสอนที่มีกล้องจุลทรรศน์แรงอะตอมเป็นเครื่องมือ Blonder ได้ทดลองเก็บข้อมูลกับกลุ่มครูในโรงเรียน 7 โรงเรียนในประเทศอิสราเอลแบ่งกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม โดยคัดเลือกครูผู้มีประสบการณ์สอนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมากกว่า 10 ปี และจบการศึกษาสาขาเคมีในระดับอุดมศึกษา

ครูกลุ่มทดลองได้เข้าฝึกอบรมความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับนาโนศาสตร์รวมทั้งศาสตร์ การสอนเพื่อเสริมหลักการพื้นฐานทางเคมีและส่งเสริมให้ครูใฝ่หาความรู้เกี่ยวกับนาโนศาสตร์แขนงต่างๆ ส่วนครูกลุ่มควบคุมไม่ได้รับการฝึกอบรม จากการศึกษาพบว่า โมเดลการสอนนี้สามารถเพิ่มพูนและพัฒนาความรู้ ความเข้าใจของครูต่อนาโนศาสตร์มากขึ้น อีกทั้งยังสามารถสร้างเจตคติอันดีต่อการใช้โมเดล การสอนในโรงเรียนและการสอนในสาขาวิชานาโนเคมีได้ ถึงแม้ผลจะเป็นที่น่าพอใจแต่ความท้าทายใน การนำโมเดลการสอนนี้ไปใช้อาจเป็นเรื่องของความพร้อมทั้งทางด้านสื่ออุปกรณ์และความพร้อม ด้านความรู้ความสามารถของครู (Blonder, 2010)

แม้จะมีกิจกรรมหลากหลายที่ให้ผู้เรียนรู้จักนาโนเทคโนโลยีได้มากขึ้น แต่ก็ยังมีความท้าทายซึ่งเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึงในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอยู่หลายประการ ได้แก่ 1) ความเป็นไปได้ในการปรับปรุงหลักสูตรให้ทันสมัย ก้าวให้ทันความรู้ด้านนาโนเทคโนโลยี ผู้บริหารหลักสูตรและครูควรร่วมวิพากษ์ปรับปรุงหลักสูตรให้ทันสมัย คัดเลือกข้อความรู้ แนวคิด ประเด็นสำคัญที่ผู้เรียนต้องรู้หรือควรรู้ 2) ความเป็นไปได้ในการสอดแทรกหรือใช้ความรู้นาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีเป็นกิจกรรมการสอน ในบางกิจกรรมอาจต้องใช้สื่อ อุปกรณ์ที่มีราคาแพง อาจทำให้นักเรียนในบางโรงเรียนที่ไม่มีความพร้อมด้านอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ขาดประสบการณ์จากกิจกรรมนั้นๆ 3) ความพร้อมด้านบุคลากร อุปกรณ์ สื่อการสอน ครูควรมีความรู้ความสามารถในการถ่ายทอดให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดสำคัญของนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีได้เพราะอาจกลายเป็นเรื่องไกลตัวและไม่น่าสนใจสำหรับผู้เรียนได้ ครูจึงจำเป็นต้องมีความเข้าใจที่ชัดเจนและแม่นยำด้วย และ 4) การบูรณาการนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีเข้าสู่บทเรียนนักเรียนต้องมีการสร้างมโนทัศน์ใหม่เกี่ยวกับขนาดของวัตถุใหม่ เช่น ทำความเข้าใจขนาดระดับมหภาค (Macrolevel) ระดับกลาง (Mesolevel) ระดับจุลภาค (Microlevel) และระดับย่อยของจุลภาค (Sub-micro) เป็นต้น (Ghattas & Carver, 2012)

สำหรับในบางประเทศเริ่มมีความเคลื่อนไหวเกี่ยวกับการนำเสนอความรู้ที่เกี่ยวข้องกับ นาโนเทคโนโลยีสู่การศึกษาระดับโรงเรียนมากยิ่งขึ้น อาทิ สาธารณรัฐอาหรับอียิปต์ ได้จัดตั้งองค์กรอิสระที่ให้ความรู้และความเข้าใจเบื้องต้นเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีผ่านทางสื่ออิเล็กทรอนิกส์ มีการจัดตั้งชมรมที่เน้นบูรณาการความรู้และผสานความร่วมมือกับโรงเรียนที่มีความสนใจในนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี องค์กรนี้มีชื่อว่าอินทูนาโน (in2nano) (SabryCorp, 2013) เพื่อให้ความรู้ ความเข้าใจกับเด็กและเยาวชน สำหรับประเทศสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่นเป็นอีกกลุ่มประเทศที่มุ่งศึกษาเกี่ยวกับนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง (Ghattas & Carver, 2012) เนื่องจากมีการแข่งขันกันทางการค้าเครื่องมืออุปกรณ์ทางเทคโนโลยีไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์สื่อสาร เครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์การแพทย์ นาโนเทคโนโลยีจึงเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้ประเทศมหาอำนาจหลายๆ ประเทศตื่นตัวจนมีการศึกษาค้นคว้าและวิจัยอย่างต่อเนื่อง ส่วนประเทศไทยพบว่าการจัดการเรียนการสอนโดยนำนาโนศาสตร์ หรือความรู้เกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีมาบูรณาการในการเรียนการสอนระดับโรงเรียนนั้น จำเป็นต้องพิจารณาความพร้อมและความเป็นไปได้ในหลายประเด็น การปรับหรือประยุกต์ให้เข้ากับเนื้อหาที่ระบุว่าเป็นโครงสร้างสำคัญนั้นจำเป็นอย่างยิ่ง หากการบูรณาการความรู้ด้านนี้เข้าสู่สาระการเรียนรู้ที่มีอยู่ได้ซึ่งจะสามารถทำให้ผู้เรียนได้รู้เท่าทันวิทยาการด้านนาโนเทคโนโลยีโดยใช้ความรู้ด้านนาโนศาสตร์เป็นฐานสำคัญนี่อาจเป็นสิ่งที่จุดประกายหรือเป็นแรงบันดาลใจแก่ผู้เรียนในการศึกษาด้านศาสตร์เหล่านี้มากขึ้นซึ่งย่อมจะก่อให้เกิดผลดีต่อวงการการศึกษาวิทยาศาสตร์ต่อไปในอนาคตได้

นาโนเทคโนโลยีกับสถานการณ์การศึกษาไทย

สำหรับประเทศไทยนั้นความรู้ด้านนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีจะปรากฏในการศึกษาระดับอุดมศึกษาเป็นส่วนใหญ่ โดยความรู้เหล่านี้มีบทบาทสำคัญและเป็นทิศทางในการวิจัยและสร้างนวัตกรรม รัฐบาลได้ให้ความสำคัญกับความรู้ด้านนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีจึงได้มีการจัดตั้งศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ หรือ Nanotech ขึ้นโดยเป็นหน่วยงานภายใต้สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) มีหน้าที่ในการกำหนดแนวทาง มาตรการ และแผนดำเนินงาน รวมทั้งแผนพัฒนาศักยภาพของบุคลากรหรือนักวิชาการด้านนาโนเทคโนโลยีของประเทศและการสร้างผลลัพธ์ที่เสริมซึ่งกันและกันโดยการประสานความร่วมมือกับมหาวิทยาลัย กระทรวง ทบวง กรม อย่างใกล้ชิด (ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ, 2557) ปัจจุบันพบว่ามีห้องปฏิบัติการต่างๆ อาทิ ห้องปฏิบัติการเซรามิกสารกึ่งตัวนำ และเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งมีความพร้อมด้านการวิจัยและพัฒนานวัตกรรมด้านนาโนเทคโนโลยีซึ่งตั้งอยู่ในภาคมหาวิทยาลัยและศูนย์วิจัยของรัฐ ในขณะที่กลุ่มนักวิจัยต่างๆ กำลังทำงานเพื่อศึกษา วิจัยและสร้างนวัตกรรมต่างๆ นั้น ก็มีความพยายามในการนำความรู้ด้านนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีลงไปสู่ชั้นเรียนในระดับมัธยมศึกษา โดยปัจจุบันยังไม่พบการบรรจุเป็นหลักสูตรการเรียนการสอนอย่างชัดเจนแต่มิได้หมายความว่าผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาจะไม่สามารถมีประสบการณ์การเรียนรู้เกี่ยวกับนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีเลยเสียทีเดียว มีหน่วยงานที่ส่งเสริมความรู้การวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับ นาโนเทคโนโลยีมากมายที่ให้การสนับสนุนในการศึกษาหาความรู้ และเปิดโอกาสให้โรงเรียน รวมถึงหน่วยงานระดับท้องถิ่นวิจัยและพัฒนานวัตกรรม หรือผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ จากความรู้ด้านนาโนศาสตร์และ นาโนเทคโนโลยี ดังเช่น สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้มีความพยายามใน การถ่ายทอดความรู้ด้านนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีสู่โรงเรียนและชุมชน โดยจัดตั้งเป็น ศูนย์นาโนเทคโนโลยีต่างๆ ประจำท้องถิ่น อาทิ

1. ศูนย์วิจัยนาโนเทคโนโลยีเพื่อการเกษตร อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรีเป็นหนึ่งในหน่วยงาน

ศูนย์วิจัยนาโนเทคโนโลยีเพื่อการเกษตรนี้สังกัดวิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีวัตถุประสงค์คือเพื่อศึกษาวิจัยการนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในชีวิตประจำวันและถ่ายทอดความรู้ด้านนาโนเทคโนโลยีสู่ท้องถิ่นนั่นคือเป็น ศูนย์รวมความรู้ทางวิชาการและฝึกอบรมด้านนาโนเทคโนโลยีเพื่อการเกษตรแก่เกษตรกรแห่งแรกของไทยโดยมุ่งพัฒนาการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจ อาทิ ข้าว มันสำปะหลัง ยางพารา ข้าวโพด และอ้อย เป็นต้นรวมทั้งการแก้ปัญหาโรคระบาดในต้นพืช การลดต้นทุนด้วยการใช้วัสดุนาโน และการเพิ่มผลิตของพืชเศรษฐกิจอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การคิดค้นอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์โดยแนะนำให้เกษตรกรใช้ ฉีดพ่นต้นมะนาวแทนสารเคมีในรูปแบบเดิม ผู้ปลูกมะนาวใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์นี้ในการแก้ปัญหาโรคแคงเกอร์ในมะนาวพร้อมเพิ่มคุณภาพผลมะนาวให้ผลโต ผิวสวย ให้น้ำมาก ขจัดปัญหามะนาวราคาแพงในฤดูร้อนตลอดจนลดความเสี่ยงจากโรคมะเร็งในผู้บริโภคมะนาวจากสารฆ่าแมลงที่ใช้ในปัจจุบัน เป็นต้น

2. หมู่บ้านผักหวานนาโน โรงเรียนร่มเกล้าตำบลตองโขบ อำเภอโคกศรีสุพรรณ จังหวัดสกลนคร

สืบเนื่องมาจากชาวบ้านอำเภอโคกศรีสุพรรณจังหวัดสกลนครที่มีอาชีพเพาะกล้าไม้เพื่อจำหน่ายเป็นการเพิ่มรายได้ให้ครัวเรือน ประสบปัญหาเรื่องกล้าไม้เจริญเติบโตช้า ปัญหารากเน่าและขึ้นรา หมู่บ้านผักหวานนาโน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังจึงได้มีการนำอนุภาค

นาโน ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) มาช่วยเร่งการงอกของเมล็ดการเจริญเติบโตของกล้าผักหวานซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่จำหน่ายได้ราคาดีมากกว่ากล้าไม้ชนิดอื่นๆการเพาะเมล็ดและเร่งการเจริญเติบโตของกล้าผักหวานจะช่วยลดปัญหาในการเพาะปลูกและเป็นการเพิ่มผลผลิตเพิ่มรายได้ให้เกษตรกรในชุมชนเพื่อสนองพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวที่จะให้ราษฎรอยู่ได้ด้วยเศรษฐกิจพอเพียงนั่นเอง

3. หมู่บ้านผ้าไหมภูไทนาโน โรงเรียนหนองแวงวิทยาคม อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหาร

โรงเรียนหนองแวงวิทยาคม อำเภอหนองสูง จังหวัดมุกดาหารได้รับรางวัลชนะเลิศ โครงงานเรื่อง “การเพิ่มคุณค่าเส้นไหมสีย้อมธรรมชาติแบบผงจากนาโนไททาเนียมไดออกไซด์” โดยได้รับโล่พระราชทานจากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาสยามบรมราชกุมารีด้านนวัตกรรมเชิงพาณิชย์และได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเพื่อดำเนินการเปิดโครงการหมู่บ้านนาโนเทคโนโลยีประจำปี 2555 ภายใต้ชื่อ “หมู่บ้านผ้าไหมภูไทนาโน พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง” โดยผลจากโครงงานนี้พบว่าสีย้อมจากผลคนทา (ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Harrisonia perforata* (Blanco) Merr.ชื่อวงศ์ : SIMAROUBACEAE) ที่ผลิตแบบแบบผงผ่านการหมักโคลนและเติม นาโน TiO_2 จะมีความเข้มสีระดับมากที่สุดมีความคงทนของสีต่อแสงและความคงทนต่อการซักมากที่สุด ทำให้ได้องค์ความรู้ที่สามารถเผยแพร่และปรับปรุงการผลิตสีย้อมจากธรรมชาติของชาวบ้านอำเภอหนองสูงในการผลิตผ้าไหมหมักโคลนแบบดั้งเดิม ซึ่งผ้าไหมหมักโคลนของชาวบ้านอำเภอหนองสูงเป็นสินค้าชุมชนที่มีชื่อเสียงและมียอดขายสูงสุดในแต่ละปี ดังนั้นเหล่านี้จึงเป็นตัวอย่างหนึ่งของการนำนาโนเทคโนโลยีสู่ชุมชนซึ่งทำให้เกิดประโยชน์อย่างมากมาย

4. หมู่บ้านยางพารานาโน โรงเรียนกาญจนดิษฐ์ อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี

การจัดตั้งหมู่บ้านยางพารานาโนนี้เป็นการช่วยแก้ปัญหาแผ่นยางพาราดิบที่มีเชื้อราปะปนจะขายได้ราคาต่ำกว่าที่ควรจะเป็น โดยการผสมอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในน้ำยางพาราดิบแล้วนำน้ำยางที่ได้มารีดเป็นแผ่นยางนำไปตากในที่ที่ไม่มีลมพัดผ่าน แผ่นยางพาราที่ได้จะมีลักษณะสีใสสม่ำเสมอ ไม่มีกลิ่นเหม็นและไม่พบเชื้อราบนแผ่นยางพารา ทำให้ช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวให้กับเกษตรกรช่วยเพิ่มมูลค่าให้แก่แผ่นยางพาราและพัฒนาคุณภาพชีวิตให้แก่ชาวบ้านในชุมชนได้เป็นอย่างดี

5. หมู่บ้านผ้าครามนาโน โรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยา อ.เมือง จ.สกลนคร

ผ้าย้อมครามที่ผลิตจากเขตอำเภอเมือง จังหวัดสกลนครมีข้อจำกัดในด้านความคงทนของสีผ้าต่อการซักล้าง ตกสีง่ายให้กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์จากกระบวนการหมักสีนอกจากนี้ผู้ผลิตและผู้บริโภคผ้าย้อมครามยังมีความต้องการให้ผ้าย้อมครามมีสมบัติเพิ่มขึ้น เช่น ป้องกันรังสีที่เป็นอันตรายต่อผิวหนัง ป้องกันการเจริญของเชื้อแบคทีเรียดังนั้นหมู่บ้านผ้าครามนาโน โรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยา อ.เมือง จ.สกลนคร จึงได้ถูก จัดตั้งขึ้นโดยวิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังผลการวิจัยพบว่าผ้าครามผสมวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์และน้ำยางกล้วยมีสมบัติความคงทนของสีต่อการซักล้าง การกรองแสงและการกำจัดกลิ่นได้ดีกว่าผ้าครามที่ไม่มีส่วนผสมของวัสดุนาโนซิงค์ออกไซด์ จากผลงานวิจัยนี้จึงสามารถแก้ปัญหาและสร้างมูลค่าให้กับผ้าครามที่ผลิตได้

6. หมู่บ้านมันสำปะหลังนาโนและหมู่บ้านข้าวนาโน โรงเรียนนาบ่อคำวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร

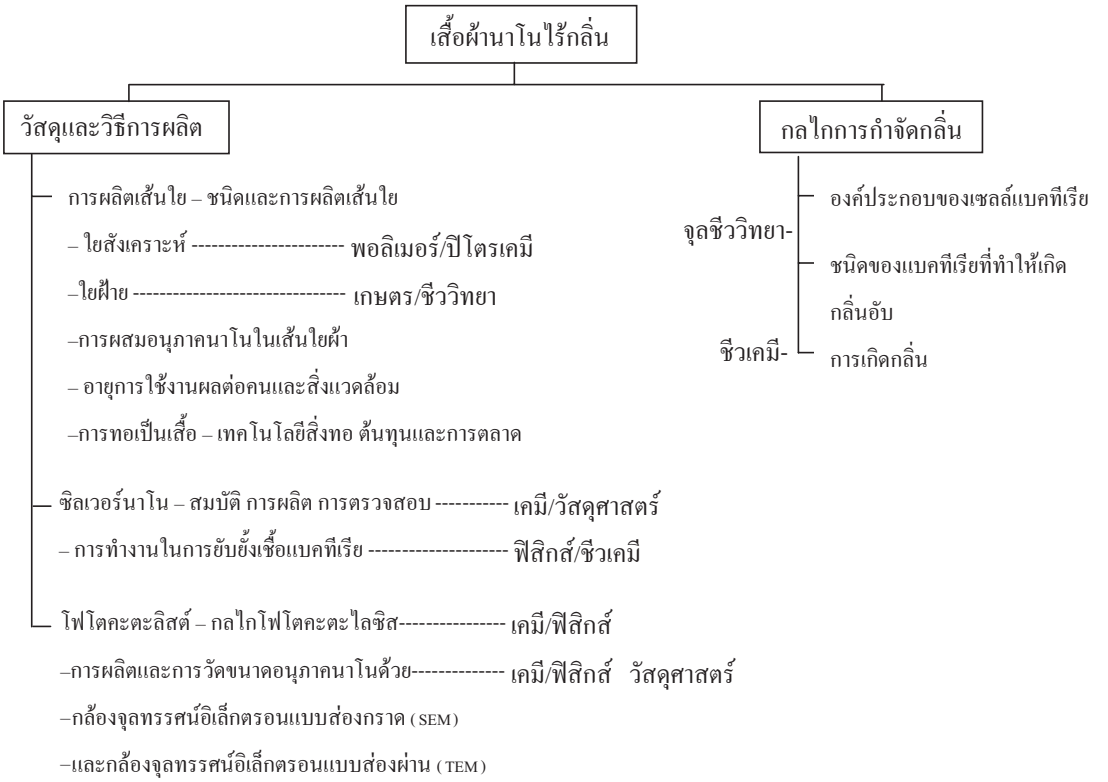
หมู่บ้านทั้งสองนี้ได้ถูกจัดตั้งขึ้นโดยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังโดยมีแนวคิดในการให้ชุมชนสามารถนำวัสดุนาโนไปใช้

ทดแทนสารเคมีจากปุ๋ยและสารกำจัดศัตรูพืชต่างๆ และยังเป็นการเพิ่มผลผลิตในการเพาะปลูกโดยใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เป็นวัสดุเพิ่มผลผลิตให้กับเกษตรกรและช่วยส่งเสริมการผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ศูนย์วิจัยและโครงการตามโรงเรียนดังกล่าวข้างต้น เป็นผลเนื่องมาจากการสนับสนุนการวิจัยและการประกวดนวัตกรรมนาโนเทคโนโลยีของวิทยาลัยนาโนเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่สนับสนุนการจัดประกวดนวัตกรรมนาโนเทคโนโลยีระดับประเทศอย่างต่อเนื่องตั้งแต่ พ.ศ. 2552 จนถึงปัจจุบันมีการประกวดเป็นครั้งที่ 4 ด้วยการพัฒนาอย่างต่อเนื่องทำให้โรงเรียนต่างๆ ข้างต้น กลายเป็นศูนย์วิจัยและพัฒนานวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อชุมชนอย่างต่อเนื่องโดยมีครูวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนช่วยผลักดันให้เกิดการวิจัยและพัฒนานวัตกรรม ผ่านโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียน นอกจากผู้เรียนจะได้รับความรู้ด้านนาโนศาสตร์แล้วยังสามารถใช้ความรู้ด้านนาโนเทคโนโลยีผลิตนวัตกรรมได้ด้วย เช่น ในการประกวดนวัตกรรมนาโนเทคโนโลยีมัธยมศึกษาในระดับประเทศครั้งที่ 4 ประจำปี 2556 นวัตกรรมนาโนเทคโนโลยีเพื่อชุมชน นักเรียนจากโรงเรียนสุราษฎร์พิทยาได้วิจัยและพัฒนาแผ่นเยื่อคอมโพสิตชนิดเส้นใยแบคทีเรียลเซลลูโลสด้วยอนุภาคนาโนซึ่งนวัตกรรมนี้ สามารถใช้แทนผ้าพลาสติกที่เป็นวัสดุที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม มีคุณสมบัติพิเศษคือสามารถช่วยดูดกลิ่นได้ ทำให้ช่วยลดกลิ่นเหงื่อหรือกลิ่น ไม่พึงประสงค์ได้ดีในตอนสวมใส่เนื้อผ้าที่ผลิตจากเส้นใยชนิดนี้ ผลงานนี้ได้รับรางวัลเป็นถ้วยพระราชทานจากสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ประเภทเชิงพาณิชย์ ซึ่งนักเรียนผลิตเสื้อกั๊กที่ทำจากแผ่นเยื่อคอมโพสิตชนิดเส้นใยแบคทีเรียลเซลลูโลสด้วยความรู้เกี่ยวกับอนุภาคนาโนทำให้สิ่งประดิษฐ์ดังกล่าวสามารถนำไปใช้ได้จริง และพัฒนาต่อในเชิงพาณิชย์ได้ภาพที่ 8 แสดงการเชื่อมโยงความรู้ในเรื่องเสื้อผ้านาโนไร้กลิ่นอับ (ศูนย์พัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนเม็งรายมหาราชวิทยาคม, 2551) นาโนเทคโนโลยีเป็นศาสตร์ที่ต้องอาศัยการบูรณาการความรู้หลายๆ ศาสตร์เข้าด้วยกัน เพื่อที่จะสามารถทำให้เกิดเป็นนวัตกรรมที่สร้างสรรค์ต่อไป ดังเช่น การผลิตเสื้อนาโนไร้กลิ่นอับ ต้องทราบถึงชนิดของวัสดุที่จะนำมาผลิต ถ้าเป็นเส้นใยสังเคราะห์ ผู้ศึกษาก็ต้องทราบว่าต้องใช้เส้นใยสังเคราะห์ชนิดใด จะสังเคราะห์หรือผลิตได้อย่างไร ต้องทราบคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของเส้นใยดังกล่าว ซึ่งต้องอาศัยความรู้ด้านเคมี พอลิเมอร์หรือปิโตรเคมี เป็นต้น

อย่างไรก็ตามจากตัวอย่างการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โรงเรียนสุราษฎร์พิทยาแสดงให้เห็นว่าการบูรณาการนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีสู่ระดับชั้นเรียนไม่ใช่เรื่องยากสำหรับครูผู้สอน ดังนั้นการนำศาสตร์นี้มาสู่ห้องเรียนโดยให้เกิดการบูรณาการความรู้เหล่านี้นำไปสู่การทำโครงงานวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจของนักเรียนและสามารถพัฒนาต่อเป็นนวัตกรรมที่มีคุณค่าสู่ชุมชนได้ ครูจะต้องพิจารณาถึงบริบทของนักเรียน โรงเรียนและชุมชนเป็นสำคัญด้วย

ดังนั้นนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีถูกนำเข้ามาในวงการการศึกษาไทยโดยส่วนใหญ่จะปรากฏในการศึกษาระดับอุดมศึกษา ด้านการจัดการเรียนการสอนโดยบรรจุเป็นวิชาเลือก ปัจจุบันสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังจัดตั้งวิทยาลัยนาโนเทคโนโลยี โดยเปิดสอนระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมวัสดุนาโน และระดับบัณฑิตศึกษา ได้แก่ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต และปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชานาโนวิทยาและนาโนเทคโนโลยี ซึ่งมหาวิทยาลัยต่างๆ มีการจัดตั้งกลุ่มวิจัยเพื่อศึกษา และทำวิจัยนำไปสู่ การสร้างนวัตกรรมต่างๆ โดยเป็นการสร้างศักยภาพในการแข่งขันกับประชาคมโลกด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี



ภาพที่ 8 การเชื่อมโยงความรู้ เรื่อง เสื้อผ้านาโนไร้กลิ่นอับ
(ศูนย์พัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนเม็งรายมหาราชวิทยาคม, 2551)

ในการนี้ได้รับการสนับสนุนจากหน่วยงานต่างๆ ของรัฐที่สำคัญคือ ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติหรือนาโนเทค ซึ่งเผยแพร่ความรู้ด้านนาโนเทคโนโลยีให้กับบุคคลทั่วไป รวมทั้งเยาวชนระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาผ่านสื่อต่างๆ เพื่อให้เยาวชนเกิดความสนใจและเตรียมพร้อมสู่การเรียนในระดับอุดมศึกษาต่อไป ฉะนั้นปัจจุบันการนำความรู้ด้านนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีสู่ชั้นเรียนในระดับประถมศึกษาหรือมัธยมศึกษามักจะอยู่ในรูปแบบของการทำโครงงานหรือการศึกษาวิจัยมากกว่าถูกบรรจุอยู่ในหลักสูตรสถานศึกษา ทั้งนี้การบูรณาการความรู้นาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีในชั้นเรียนต้องอาศัยความพร้อมด้านต่างๆ ของผู้บริหาร ครู โรงเรียนและชุมชน เช่น วัสดุอุปกรณ์ งบประมาณ ความรู้ความเข้าใจในศาสตร์ ซึ่งการที่ครูจะสามารถบูรณาการได้มากน้อยเพียงใด สิ่งหนึ่งคือความตระหนักถึงความสำคัญของศาสตร์นี้ของครูผู้สอน อันจะทำให้เกิดวิทยาการที่ก้าวล้ำเฉพาะถิ่น เกิดศูนย์การเรียนรู้ที่เป็นแหล่งอ้างอิงความรู้นาโนเทคโนโลยีที่สามารถเผยแพร่และแก้ปัญหาชุมชนได้ต่อไป ปัจจุบันองค์ความรู้ด้านนี้ไม่ได้ถูกพัฒนาให้เป็นองค์ความรู้รวมทั้งประเทศ คงต้องใช้เวลาในการศึกษาและพัฒนาหลักสูตรต่อไปสักระยะหนึ่งจนกว่าจะมีความพร้อมในการนำความรู้ด้านนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีลงสู่ระดับโรงเรียนอย่างจริงจัง การสนับสนุนจากองค์กรของรัฐหรือภายนอกสามารถช่วยให้เกิดการส่งเสริมและเปิดโอกาสในการสร้างประสบการณ์ที่สามารถเข้าถึงโรงเรียนและท้องถิ่น เกิดประสิทธิผลในการแก้ไขปัญหาในระดับท้องถิ่นด้วยเทคโนโลยีดังกล่าวรวมถึงสร้างการเรียน

รู้ตลอดจนศูนย์การเรียนรู้ไว้แลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์ นวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพสู่ชุมชนอื่นๆ ที่ยั่งยืนต่อไปได้ ทิศทางการนำความรู้ด้านนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีลงสู่ระดับโรงเรียนหรือสถานศึกษาจะเป็นเช่นไร จำเป็นต้องอาศัยผู้ที่เกี่ยวข้องต่างๆ ได้แก่ ครู บุคลากรด้านการศึกษา ผู้บริหารและผู้มีส่วนเกี่ยวข้องอื่นๆ เช่น ผู้นำชุมชน เป็นต้น ในการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษา ควรพิจารณาถึงขอบเขตความรู้นาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีที่จะบูรณาการเข้าสู่เนื้อหาสาระรวมทั้งการจัดประสบการณ์เรียนรู้ให้กับผู้เรียนอย่างครบถ้วนและเกิดประโยชน์อย่างสูงสุดตลอดจนการประเมินผลการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีเป็นสหวิทยาการ ดังนั้นแนวโน้มของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในอนาคตจะเน้นการบูรณาการความรู้จากรายวิชาต่างๆ มากขึ้น เช่น วิชาวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา รวมทั้งสังคมศึกษา เศรษฐศาสตร์ เพราะนาโนเทคโนโลยีกลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิต

สรุปและข้อเสนอแนะ

นาโนศาสตร์ (Nanoscience) เป็นการศึกษาวัสดุที่มีโครงสร้างในระดับนาโนเมตร (1-100 นาโนเมตร) ทำให้ทราบคุณสมบัติที่แตกต่างและน่าสนใจของวัสดุเหล่านั้น โดยอาศัยทฤษฎีทางควอนตัม (Quantum Theory) และเมื่อสร้างหรือประยุกต์วัสดุนาโนนั้นมาใช้ให้เกิดประโยชน์โดยการจัดเรียงตัวของอนุภาคขนาดเล็ก เช่น อะตอมหรือโมเลกุล เข้าด้วยกันด้วยความแม่นยำเรียกว่า นาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology) (Taniguchi, 1974) ซึ่งที่จริงแล้วนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีเป็นสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติอย่างแนบเนียนอยู่แล้ว เช่น พื้นผิวของใบบัวที่มีสารเคลือบผิวคล้ายขี้ผึ้งซึ่งมีขนาดอนุภาคในระดับนาโน ทำให้น้ำที่ตกลงใบบัวไม่สามารถซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ของใบบัวได้หรือการเปลี่ยนสีของปีกผีเสื้อบางชนิดเพื่อดึงดูดเพศตรงข้ามหรือหลบหนีศัตรู โดยบริเวณปีกของผีเสื้อเหล่านี้จะมีรูพรุนที่มีขนาดในระดับนาโนเมตรจัดเรียงกันอย่างเป็นระเบียบเพื่อให้เกิดการหักเหและสะท้อนแสงแดดทำให้เกิดการเปลี่ยนสีของปีกได้นั่นเอง (ยอดหทัย และ ประมวล, 2547) เป็นต้น ทางโลกตะวันตกได้เริ่มมีการศึกษาและบุกเบิกด้านนาโนเทคโนโลยีมาประมาณ 50 ปีแล้ว หลังจากนั้นมีความก้าวหน้าเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว จนในปัจจุบันได้มีนวัตกรรมหรือผลิตภัณฑ์ใหม่ทยอยวางจำหน่ายในท้องตลาด

ดังนั้นโลกกำลังจะเปลี่ยนแปลงไปสู่ยุคนาโนเทคโนโลยี เพื่อศึกษา สร้างหรือผลิตวัสดุใหม่ที่มีคุณสมบัติพิเศษตามที่มนุษย์ต้องการใช้ เช่น เพิ่มความแข็งแรงทนทาน มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น เพิ่มความเร็วให้กับผลิตภัณฑ์นั้นๆ เป็นต้นซึ่งปัจจุบันประเทศแถบยุโรป สหรัฐอเมริกา รวมถึงหลายๆ ประเทศในแถบเอเชีย ไม่ว่าจะเป็นญี่ปุ่น เกาหลีใต้ จีน ไต้หวัน เป็นต้น ต่างมีการสนับสนุนการวิจัยหรือศึกษาเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีกันอย่างมาก ทำให้มีการแข่งขันกันในการผลิตหรือสร้างนวัตกรรมเชิงพาณิชย์สู่ท้องตลาดมากยิ่งขึ้น ส่วนประเทศไทยขณะนี้ยังไม่มีผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีออกมาจำหน่ายในเชิงพาณิชย์อย่างเด่นชัดนัก อย่างไรก็ตามมีความก้าวหน้ามากพอควรในงานวิจัยเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี และมีหน่วยงานของรัฐและเอกชนได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยทางด้านนี้มากขึ้น ทำให้มีงานวิจัยที่กำลังอยู่ในระหว่างการทดลองหลายชิ้น มีแนวโน้มว่าจะสามารถผลิตออกมาจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้ในอนาคตอันใกล้นี้

เนื่องจากนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีเป็นศาสตร์หรือวิทยาการที่มีขอบเขตครอบคลุมเกือบทุกสาขาวิชาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วมากดังได้กล่าวมาข้างต้น ดังนั้นการบูรณาการศาสตร์หรือวิทยาการนี้เข้าสู่ระดับการศึกษาต่างๆ โดยเฉพาะระดับโรงเรียน ครูหรือบุคลากรทางการศึกษาจะต้องตระหนักและเร่ง

พัฒนาตนเองให้มีความรู้ศาสตร์ด้านนี้จึงจะสามารถนำความรู้หรือวิทยาการนี้เข้าสู่หลักสูตรหรือเป็นส่วนหนึ่งในบทเรียนโดยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีที่น่าสนใจและเหมาะสม ในการนี้สิ่งสำคัญที่ครูซึ่งเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญในการสอนหรือจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้มีความรู้ความเข้าใจเรื่องนาโนศาสตร์และ นาโนเทคโนโลยี คือ ความเข้าใจเรื่องขนาดซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับนักเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือทำจริงจะช่วยให้การรับรู้และเรียนรู้เรื่องนาโนได้ดียิ่งขึ้น รวมทั้งการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลด้วยตนเองโดยนำสิ่งที่ค้นคว้าได้ มานำเสนอและอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน ในการนี้มีเว็บไซต์ต่างๆ มากมายที่เกี่ยวข้องกับนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีเพื่อให้ครูและนักเรียนได้ศึกษาหาความรู้ได้ด้วยตนเอง อาทิ http://www.nanoforum.org/ เป็นเว็บไซต์ที่รวบรวมข่าวผลงานวิจัยต่างๆ ด้านนาโนเทคโนโลยี มุมมองเกี่ยวกับผลกระทบของวิทยาการด้านนาโนเทคโนโลยีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งแนวโน้มของวิทยาการด้านนี้ในอนาคต เป็นต้น แหล่งข้อมูลด้านนาโนเทคโนโลยีของยุโรปหรือเว็บไซต์ของประเทศไทย เช่น http://www.nanotec.or.th/nanotec_th/ เป็นเว็บไซต์ของศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (Nanotech) ในสังกัดสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์ เผยแพร่ความรู้ในรูปแบบบทความวิชาการต่างๆ ด้านนาโนเทคโนโลยี รวมทั้งให้ทุนสนับสนุนการศึกษาและวิจัยด้านนาโนเทคโนโลยีแก่สถาบันอุดมศึกษา เป็นต้น (ศูนย์พัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โรงเรียน เม็งรายมหาราชวิทยาคม, 2551) ผู้บริหารและชุมชนต้องมีส่วนให้การสนับสนุน เห็นความสำคัญของ การจัดการเรียนการสอนที่เน้นการบูรณาการนาโนเทคโนโลยีสู่ชั้นเรียนมากขึ้น เทคโนโลยีทุกอย่างมีคุณอนันต์แต่ในทางกลับกันก็มีโทษอย่างมหันต์ถ้ามนุษย์ใช้อย่างไร้จริยธรรม ดังนั้นการบูรณาการ นาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยีสู่ระดับโรงเรียนหรือสถานศึกษา นอกจากจะทำให้นักเรียนหรือนักศึกษารู้จัก เข้าใจและมีความคิดต่อยอดแล้วยังต้องรู้ผลกระทบต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมหากใช้ความรู้หรือวิทยาการดังกล่าวในทางที่ไม่ถูกต้อง

เอกสารอ้างอิง

ชูศักดิ์ เวชแพศย์ และ สมศรี ดาวฉาย. (2553). บทบาทของ Nanoparticles ในการวินิจฉัยและการรักษาโรค. *วารสารสมาคมอุปกรณ์การแพทย์ไทย 9*, 21–24.

ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. (2548). *จมูกอิเล็กทรอนิกส์: การดมกลิ่นเป็นระบบสัมผัสพื้นฐานของมนุษย์และสัตว์ ทั้งหลาย – แต่ต่อไปนี้นาโนเทคโนโลยีกำลังจะทำให้มันกลายเป็นอุปกรณ์ขั้นพื้นฐานในชีวิตประจำวัน*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาฟิสิกส์และหน่วยสร้างเสริมศักยภาพทางนาโนศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ยอดหทัย เทพธรานนท์ และ ประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์. (2547). *นาโนเทคโนโลยี. เทคโนโลยีซูเปอร์จิ๋ว* (พิมพ์ครั้งที่ 3). ปทุมธานี: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

แรตเนอร์, มาร์ก และ แรตเนอร์, แดเนียล. (2547). นาโนเทคโนโลยี นวัตกรรมจิ๋วปฏิวัติโลก: A gentle introduction to the next big idea. *มติชน*.

วรวุฒิ เจริญศิริ. (2551). *นาโนเทคโนโลยีทางการแพทย์. ศูนย์ข้อมูลสุขภาพกรุงเทพ*. สืบค้นจาก http://www.bangkokhealth.com.

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ สวทช. กระทรวงวิทยาศาสตร์. (2556). *เสื้อนาโน*. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ. (2557). *จมูกอิเล็กทรอนิกส์ ตรวจสอบกลิ่นแบบพกพา*

(Portable E-nose). สืบค้นจาก http://www.nanotec.or.th/th/?page id=684

ศูนย์พัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โรงเรียนเม็งรายมหาราชวิทยาคม. (2551). *Teaching nanotechnology in science classes.*สืบค้นจาก http://tc.mengrai.ac.th/labschool/group_2/NanotechMengrai.ppt

สิรพัฒน์ ประโทนเทพ. (2555, พฤษภาคม 15). *การพัฒนาระบบเซ็นเซอร์น้ำเสีย. [ฉบับอิเล็กทรอนิกส์]. แนวหน้า*. สืบค้นจาก http://www.naewna.com.

อดิสร เดือนตรานนท์. (2549). *นาโนเทคโนโลยี จิ๋วแต่แจ๋ว*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์เนชั่นบุ๊คส์.

อลงกรณ์ รัตนชัยดุษฎี. (2551). อุปกรณ์ติดรถยนต์เพื่อป้องกัน “เมาแล้วขับ” (Ignition interlock device). *วารสารสมอสาร*, *402*(34), 10–13.

Ban, K., & Kocijancic, S. (2011). *Introducing topics on nanotechnologies to middle and high school curricula.* Paper presented at World Conference on Technology and Engineering Education, Ljubljana, Slovenia.

Blonder, R. (2010). The influence of a teaching model in nanotechnology on chemistry teachers’ knowledge and their teaching attitudes. *Journal of Nano Education, 1*(2), 67–75.

Ghattas, N. I., & Carver, J. S. (2012). Integrating nanotechnology into school education: a review of the literature. *Research in Science & Technological Education*, *30*(3), 271–284.

Mathieu, C., Rioux, G., Dumas, M., & Leclerc, D. (2013). Induction of innate immunity in lungs with virus-like nanoparticles leads to protection against influenza and *Streptococcus pneumoniae* challenge. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine, 9*, 839–848.

Naftchi-Ardebili, K. (2011). *Nanorobots: Novel technology for cancer therapy*. Retrieved from http://triplehelixblog.com/2011/09/nanorobots-novel-technology-for-cancer-therapy/.

Pearce, T. C., Schiffman, S. S., Nagle, H. T., & Gardner, J. W. (2009). *Handbook of machine olfaction electronic nose technology*. John Wiley & Sons.

Richmond, M. (2013). *The scanning tunneling electron microscope*. Retrieved from http://spiff.rit.edu/classes/phys314/lectures/stm/stm.html.

SabryCorp. (2013). *New technology new generation: in2nano*. Retrieved from http://www.in2nano.sabrycorp.com /conf./in2nano/08/index.cfm.

Taniguchi, N. (1974). On the Basic Concept of Nano-Technology, Proc. Intl. Conf. Prod. Eng. Tokyo, Part II*, Japan Society of Precision Engineering*.

Wikipedia. (2013). *Fullerene*. Retrieved from http://en.wikipedia.org/wiki/Fullerene.

Wikipedia. (2014). *Nanotechnology education*. Retrieved from http://en.wikipedia.org/wiki/Nanotechnology_education#United_States.

TRANSLATED THAI REFERENCES

Charoensiri, V. (2008). *Nanomedicine*. Bangkok Health Information Center. Retrieved from http ://www.bangkokhealth.com. [in Thai]

Kerdcharoen, T. (2005). *Electronic nose: Olfaction is a basic human and animals- but following nanotechnology will make it into the basic devices in everyday life.* Bangkok. Department of Physics and Nanotec Center of Excellence, Faculty of Science, Mahidol University. [in Thai]

Nanotechnology center, *National science and technology development agency. Minister of science and technology. (2013)*. Bangkok, Thailand: Nanoshirt. [in Thai]

Nanotechnology center. (2014). Portable electronic nose. Retrieved from http://www.nanotec.or.th/th/?page_id=684. [in Thai]

Pratontep, S. (2011, May 15th). Development of wastewater sensor system by researchers from Nanotech and National science and technology development agency (NSTDA), Innovative environmental care. *Naewna*. Retrieved from http://www.naewna.com. [in Thai]

Ratner, M., & Ratner, D. (2004). *Nanotechnology: A gentle introduction to the next big idea*. Bangkok, Thailand: Matichon. [in Thai]

Rattanachaidudsadee, A. (2008). Ignition interlock device. *Samor san Journal*, *402*(34), 10–13. [in Thai]

Science education development center, Mengraimaharatwittayakom. (2008). Retrieved from http://tc.mengrai.ac.th/labschool/group_2/NanotechMengrai.ppt. [in Thai]

Thebtaranonth, Y., & Tangboriboonrat, P. (2004). *Nanotechnology: A super tiny technology*. Pratumtanee: National science and technology development agency (NSTDA). [in Thai]

Tuantranon, A. (2006). *Nanotechnology, small but still beautiful*. Bangkok, Thailand: Nation books. [in Thai]

Vejbaesya, C., & Daochai, S.(2010). Role of nanoparticles in medical diagnosties and theropecties. *Journal of Thai association for medical instrumentation*. *9*, 21–24. [in Thai]