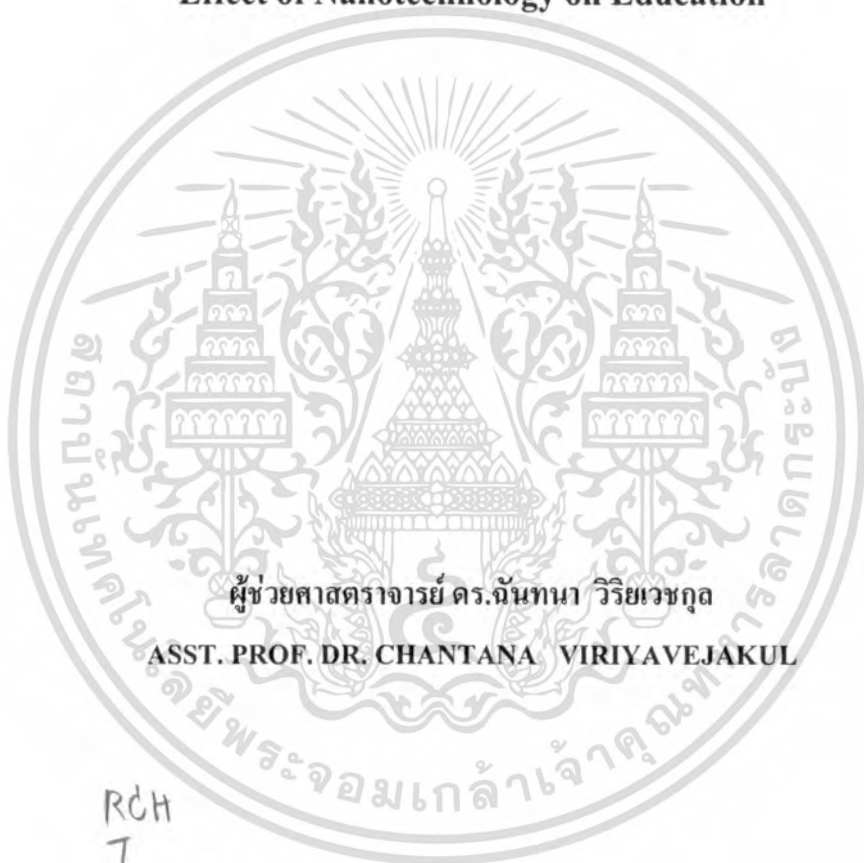


สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ผลกระทบของนาโนเทคโนโลยีต่อการศึกษา

Effect of Nanotechnology on Education



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉันทนา วิริยเวชกุล

ASST. PROF. DR. CHANTANA VIRIYAVEJAKUL

RCH  
T  
174.7  
ค 254พ

เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน..... 79698  
วัน,เดือน,ปี 10 ส.ย. 2551

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11890412

## **Effect of Nanotechnology on Education**



**ASST. PROF. DR. CHANTANA VIRIYAVEJAKUL**

**SCHOOL OF GRADUATE STUDIES**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

**2007**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานวิจัยเรื่อง ผลกระทบของนาโนเทคโนโลยีต่อการศึกษา  
พ.ศ. 2550  
ผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉันทนา วิริยเวชกุล  
ที่ทำงาน อาจารย์ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520  
โทรศัพท์ 0-2737-3000 ต่อ 6061 โทรสาร 0-2326-4511  
อีเมล : kmchanta@kmitl.ac.th

### บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสถานภาพและความพร้อมในการปรับตัวทางด้านการศึกษาของประเทศไทยต่อนานาเทคโนโลยี และ 2) เพื่อเสนอรูปแบบ ยุทธศาสตร์และแนวทางการปฏิรูปการศึกษาเพื่อเตรียมรับกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากนาโนเทคโนโลยี

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการโดย 4 วิธีการคือ การศึกษาเอกสาร การสังเกต การสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ และการสนทนากลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า

1. การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แนวความคิดของ William Wresch (1997) เพื่อศึกษาสถานภาพและความพร้อมในการปรับตัวทางด้านการศึกษาของประเทศไทยต่อนานาเทคโนโลยี ดังนี้

- 1) วิธีการสืบค้นหรือเชื่อมต่อข้อมูลเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี (Getting Connected) สามารถสืบค้นได้จากห้องสมุด เว็บไซต์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ชื่อนิตยสารหรือการสนทนากับผู้รู้
- 2) การบูรณาการหลักสูตร : นาโนเทคโนโลยี (Curriculum integration) ต้องใช้วิศวกรรมหลากหลายสาขามาสนับสนุน เช่น วิศวกรรมอุตสาหกรรม วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมเคมี วิศวกรรมไฟฟ้าหรือวิศวกรรมเครื่องกล
- 3) แหล่งข้อมูลหรือทรัพยากรสำหรับนักการศึกษา (Resources for Educators) ควรมีการเผยแพร่ความรู้เรื่องนาโนเทคโนโลยีในสถานศึกษาให้มากกว่านี้ ทั้งทางด้านเอกสาร หนังสือหรือสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ รวมทั้งการเผยแพร่ทางอินเทอร์เน็ต
- 4) การให้การศึกษาศึกษาและฝึกอบรมทางด้านนาโนเทคโนโลยีสำหรับครู (Training and Professional Resources for Teachers) ควรมีการอบรมเกี่ยวกับเรื่องนาโนเทคโนโลยี โดยเชิญนักวิชาการ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านนาโนเทคโนโลยีและ นักวิจัยจากศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ มาให้ความรู้เกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีเพื่อให้ผู้เข้าร่วมอบรมมีความรู้ ความเข้าใจ และเกิดความตระหนักทางด้านนาโนเทคโนโลยีที่ถูกต้องเพิ่มมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขึ้นและ สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการประกอบธุรกิจของตนเองต่อไปใน  
อนาคต

2. รูปแบบ ยุทธศาสตร์และแนวทางการปฏิรูปการศึกษาเพื่อเตรียมรับกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจาก  
นาโนเทคโนโลยีนั้นผู้วิจัยวิเคราะห์จากภาพรวมของสถานการณ์นาโนเทคโนโลยีที่มีต่อการศึกษา  
จากประเทศต่าง ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อสังคมไทยโดยศึกษาจากแผนแม่บทการพัฒนานาโน  
เทคโนโลยีแห่งชาติ ซึ่งตั้งเป้าหมายให้ประเทศไทยพัฒนานาโนเทคโนโลยีให้เป็นรูปธรรมใน 10 ปี  
(พ.ศ.2547-2556) แผนแม่บทการพัฒนานาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ แบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ วัสดุนา  
โน นาโนอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีนาโนชีวภาพ และการศึกษาพัฒนานุเคราะห์ ซึ่งข้อมูลเพื่อ  
การศึกษาพัฒนานุเคราะห์นั้นควรให้มีความรู้ความสามารถให้ทันต่อเทคโนโลยี สามารถใช้  
ทรัพยากรที่มีอยู่ในประเทศในการประยุกต์ สร้างผลงานทางด้านนาโนเทคโนโลยี ได้แก่  
1) หัตถกรรม ของตกแต่ง ของขวัญ 2) สินค้าเกษตร และอาหาร 3) เครื่องดื่มต่าง ๆ สุราแช่ ไวน์ ซา  
กาแฟ 4) ผลิตภัณฑ์สุขภาพ และ 5) สิ่งทอ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต่ออ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Research Title** Effect of Nanotechnology on Education  
**Year** 2007  
**Researcher** Asst. Prof. Dr. Chantana Viriyavejakul  
**Office** Department of Industrial Education  
Faculty of Industrial Education  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Chalongkrung Rd., Ladkrabang, Bangkok 10520  
Phone : 0-2737-3000 Ext 6061 Fax 0-2326-4511  
Email : kmchanta@kmitl.ac.th

## ABSTRACT

The research objective was to study 1) the situation and readiness of the Thai educational for the integration of nanotechnology. and 2) to propose the plan, the strategy and guidelines for educational reform to adapt nanotechnology into the system.

Data collection was done by 4 methods 1) documentary study 2) observation 3) informal interview and 4) group discussion. The findings revealed that:

1. This research used William Wresch's Theory (1997) for the study of the situation and readiness of the Thai educational for the integration of nanotechnology.

- 1) Getting Connected to Nanotechnology by search engine websites, library, magazines, books and expert discussion.
- 2) Curriculum integration : nanotechnology coordinates with many branches of engineering departments. Such as Industrial Engineering, Computer Engineering, Civil Engineering, Chemical Engineering, Electrical Engineering, or Mechanical Engineering.
- 3) Resources for Educators : nanotechnology Knowledge should be spread in academic by publishing books and internet websites.
- 4) Training and Professional Resources for Teachers : Teachers should be trained by experts in nanotechnology and researchers in The national nanotechnology center. This will help trainees get knowledge, comprehension and awareness in the correct manner to apply it for their professions and business in the future.

2. The plan, the strategy and guidelines for educational reform to adapt nanotechnology into the present system, the researcher analyzed from the world nanotechnology situation that might have

effect on Thai society. Study was done from the National Thai Nanotechnology plan. The goal of this plan is to develop Nanotechnology for a national strategy to be realized within 10 years(the year 2004-2013) and have it integrated into the Thai system. The nanotechnology plan has 4 parts 1) nanomaterials 2) nanoelectronic 3) nanobiotechnology and 4) Human Development Resources. Data for human development should work with present technology and apply the countries resources to produce many products for nanotechnology. Such as 1) Handicrafts, decorations and gifts 2) Agricultural products and food 3) Beverages such as alcoholic and non- alcoholic and 5) Textiles.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และตี IV ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีความประสงค์เพื่อศึกษาสถานภาพและความพร้อมในการปรับตัวทางด้านการศึกษาของประเทศไทยต่อนานาเทคโนโลยีและเพื่อเสนอรูปแบบ ยุทธศาสตร์และแนวทางการปฏิรูปการศึกษาเพื่อเตรียมรับกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากนานาเทคโนโลยี

การวิจัยอาศัยข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการ รายงานการวิจัย ข้อเขียน บทความและข้อมูลเอกสารจากหน่วยงาน องค์กรส่วนราชการทั้งในและต่างประเทศ เพื่อทำความเข้าใจสภาพของนานาเทคโนโลยีที่มีต่อการศึกษา รวมทั้งผลกระทบที่มีผลต่อการปรับตัวทางด้านการศึกษา โดยนำข้อมูลที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ มาวิเคราะห์และสังเคราะห์ผ่านกรอบความรู้ในเชิงสหวิทยาการ (Interdisciplinary) เพื่อให้ได้รูปแบบ ยุทธศาสตร์และแนวทางการปฏิรูปการศึกษาที่เหมาะสมสำหรับสังคมไทย

งานวิจัยเรื่องนี้ได้เผยแพร่ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติเรื่อง “International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology” ในระหว่างวันที่ 16-18 ธันวาคม พ.ศ. 2550 ณ เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี ในการนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ยูพาพิณ อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่กรุณาเสนอแนะแนวทางต่าง ๆ ที่ไปนำเสนอผลงานด้วยความซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง

อนึ่งผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานการวิจัยฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจไม่มากนักน้อย คุณค่าที่เป็นผลจากการวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ฉันทนา วิริยเวชกุล

ผู้วิจัย

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	III
กิตติกรรมประกาศ.....	V
สารบัญ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี.....	4
2.2 นาโนเทคโนโลยีกับการพัฒนาประเทศชาติ.....	7
2.3 แผนแม่บทกับการพัฒนาเทคโนโลยีแห่งชาติ.....	26
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	28
3.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	28
3.2 วิธีดำเนินการวิจัยเชิงคุณภาพ.....	28
3.3 วิธีดำเนินการวิจัยเอกสาร.....	30
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	31
4.1 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	31
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	58
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	58
5.2 วิธีดำเนินการวิจัย.....	58
5.3 วิธีดำเนินการวิจัยเอกสาร.....	60
5.4 การดำเนินการวิจัยเชิงคุณภาพ.....	60
5.5 สรุปผลการวิจัย.....	61
บรรณานุกรม.....	77
ภาคผนวก.....	79

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 .....	50
ตารางที่ 4.2 .....	50
ตารางที่ 4.2 (ต่อ).....	51
ตารางที่ 4.3 .....	52
ตารางที่ 4.4 .....	53
ตารางที่ 4.4 (ต่อ) .....	54
ตารางที่ 4.5 .....	55
ตารางที่ 4.6 .....	56
ตารางที่ 4.6 (ต่อ) .....	57



# สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 4.1	32
รูปที่ 4.2	33
รูปที่ 4.3	33
รูปที่ 4.4	34
รูปที่ 4.5	35
รูปที่ 4.6	35
รูปที่ 4.7	37
รูปที่ 4.8	37
รูปที่ 4.9	38
รูปที่ 4.10	39
รูปที่ 4.11	39



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้ VIII ึ่งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เศรษฐกิจและสังคมโลกมีการพัฒนาก้าวไปอย่างรวดเร็ว การปรับตัวให้เข้ากับกระแสความเคลื่อนไหวเป็นสิ่งจำเป็น โดยเฉพาะพัฒนาการด้านเทคโนโลยีเพื่อเพิ่มพูนความสามารถในการแข่งขัน ซึ่งรวมถึงการเตรียมรับการเปลี่ยนแปลงอันเนื่องมาจากเทคโนโลยีอันทันสมัยที่เรียกกันว่า นานาเทคโนโลยี โดยประเด็นที่เกี่ยวกับเรื่องนี้ได้มีการพัฒนากันอย่างกว้างขวางในประเทศอุตสาหกรรมชั้นนำ และได้ก้าวเข้ามาสู่ความสนใจของวงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในประเทศไทย โดยมีการสนับสนุนการวิเคราะห์วิจัยและศึกษาเกี่ยวกับนานาเทคโนโลยี เพื่อให้ประเทศสามารถใช้ประโยชน์ของนานาเทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสมพร้อมไปกับการเตรียมตัวเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีให้ก้าวหน้ารัฐบาลจึงได้มีมติเห็นชอบกำหนดให้นานาเทคโนโลยีเป็น 1 ใน 4 เทคโนโลยีหลักที่จะนำประเทศไทยให้สามารถแข่งได้ในเวทีโลก

นานาเทคโนโลยี นับเป็นศาสตร์ที่สามารถเปลี่ยนวัสดุ เครื่องมือ โครงสร้างทางชีวภาพ และวัสดุอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ให้มีคุณสมบัติใหม่ที่แตกต่างจากคุณสมบัติเดิมที่มีอยู่ตามธรรมชาติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังสามารถใช้ประโยชน์ในลักษณะที่ก่อให้เกิดคุณค่าในเชิงพาณิชย์อย่างไม่จำกัด โดยเฉพาะทางด้านอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น อุตสาหกรรมสิ่งทอ อุตสาหกรรมรถยนต์ เครื่องสำอางและการดูแลสุขภาพ อุตสาหกรรมอาหารและยา อุตสาหกรรมเครื่องใช้ภายในครัวเรือน หรือแม้กระทั่งอุตสาหกรรมทางด้านคอมพิวเตอร์ เป็นต้น

ประเทศไทยได้เล็งเห็นถึงความสำคัญของนานาเทคโนโลยีจึงมีการตั้งศูนย์นานาเทคโนโลยีแห่งชาติเมื่อวันที่ 13 สิงหาคม พ.ศ.2546 ภายใต้การดูแลของสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ(สวทช.) กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทางด้านนานาเทคโนโลยี ดังนี้เช่น ศูนย์เทคโนโลยีโลหะวัสดุแห่งชาติ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ และศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ นอกจากนี้ยังมีการทำงานในหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี อาทิ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย หน่วยวิจัยนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล สถาบันวิจัยพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ศูนย์วิจัยเทคโนโลยีเซรามิกส์ หน่วยวิจัยแก้วและผลิตภัณฑ์แก้ว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ศูนย์วิจัยอิเล็กทรอนิกส์และสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ

เอกสารนี้ที่หารลาดกระบัง เป็นต้นับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม้พัฒนาการของประเทศไทยจะอยู่ในระยะเริ่มแรก และไม่ส่งผลอย่างกว้างขวางในระยะอันใกล้นี้ แต่ในอนาคตผลการพัฒนาเทคโนโลยีจะนำความก้าวหน้ามาสู่สังคมโดยรวมอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องให้ความสนใจ เพราะจะมีผลต่อแนวทางพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศไทยในระยะต่อจากนี้และการศึกษาเรื่องผลกระทบของนาโนเทคโนโลยีต่อการศึกษาจึงเป็นเรื่องเกี่ยวข้องที่ต้องให้ความสำคัญอย่างเร็วที่สุดเพื่อที่จะให้ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาทุกฝ่ายได้เตรียมรับผลของนาโนเทคโนโลยีที่จะมีต่อการเรียนการสอนและการดำเนินชีวิตประจำวัน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาสถานภาพและความพร้อมในการปรับตัวทางด้านการศึกษาของประเทศไทยต่อนานาเทคโนโลยี

1.2.2 เพื่อเสนอรูปแบบ ยุทธศาสตร์และแนวทางการปฏิรูปการศึกษาเพื่อเตรียมรับกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากนาโนเทคโนโลยี

## 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยอาศัยข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการ รายงานการวิจัย ข้อเขียน บทความและข้อมูลเอกสารจากหน่วยงาน องค์กรส่วนราชการทั้งในและต่างประเทศ เพื่อทำความเข้าใจสภาพของนาโนเทคโนโลยีที่มีต่อการศึกษา รวมทั้งผลกระทบที่มีผลต่อการปรับตัวทางด้านการศึกษา โดยนำข้อมูลที่ได้จากแหล่งต่าง ๆ มาวิเคราะห์และสังเคราะห์ผ่านกรอบความรู้ในเชิงสหวิทยาการ (Interdisciplinary) เพื่อให้ได้รูปแบบ ยุทธศาสตร์และแนวทางการปฏิรูปการศึกษาที่เหมาะสมสำหรับสังคมไทย

## 1.4 การทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัย (Research Methodology) ตามแนวของ สุภางค์ จันทวานิช (2548) มีลักษณะดังนี้

1.4.1 การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research)

1.4.2 การวิจัยเอกสาร (Documentary Research)

การวิเคราะห์ทางเอกสาร (Documentary Research) และการศึกษาเชิงคุณภาพ (Documentary Analysis) มุ่งศึกษาวิเคราะห์โดยเอกสารและข้อมูลในรูปแบบบันทึกต่าง ๆ ที่เป็นมาตรฐานเป็นหลัก มุ่งศึกษาวิเคราะห์เอกสาร งานวิจัย เอกสารแนวนโยบาย และเอกสารซึ่งสรุปผลจากแนวนโยบายของรัฐทางการศึกษา นอกจากนี้ยังศึกษารูปแบบรูปแบบ ยุทธศาสตร์และแนว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางการปฏิรูปการศึกษาเพื่อเตรียมรับกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากนาโนเทคโนโลยีเพื่อเตรียมรับกับความเปลี่ยนแปลงและความต้องการของสังคมโลก

## 1.5 ทฤษฎีหรือกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

1.5.1 การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แนวคิดของ William Wresch (1997) เพื่อศึกษาสถานภาพและความพร้อมในการปรับตัวทางด้านการศึกษาของประเทศไทยต่อนานาเทคโนโลยี ดังนี้

1. วิธีการสืบค้นหรือเชื่อมต่อข้อมูลเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี (Getting Connected)
2. การบูรณาการหลักสูตร : นาโนเทคโนโลยี (Curriculum integration)
3. แหล่งข้อมูลหรือทรัพยากรสำหรับนักการศึกษา (Resources for Educators)
4. การให้การศึกษาและฝึกอบรมทางด้านนาโนเทคโนโลยีสำหรับครู (Training and Professional Resources for Teachers)

1.5.2 รูปแบบ ยุทธศาสตร์และแนวทางการปฏิรูปการศึกษาเพื่อเตรียมรับกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากนาโนเทคโนโลยีนั้นผู้วิจัยผู้วิจัยจะวิเคราะห์จากภาพรวมของสถานการณ์นาโนเทคโนโลยีที่มีต่อการศึกษาจากประเทศต่าง ๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อสังคมไทยผู้วิจัยศึกษาจากแผนแม่บทการพัฒนานาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ซึ่งตั้งเป้าหมายให้ประเทศไทยพัฒนานาโนเทคโนโลยีให้เป็นรูปธรรมใน 10 ปี (พ.ศ.2547-2556) แผนแม่บทการพัฒนานาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ แบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนคือ วัสดุนาโน นาโนอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีชีวภาพ และการศึกษาพัฒนาบุคลากร การวิจัยครั้งนี้เน้นเรื่องสุดท้ายคือเรื่องการศึกษาพัฒนาบุคลากรเป็นสำคัญ

## บทที่ 2

# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยตามลำดับดังนี้

- 2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี
- 2.2 นาโนเทคโนโลยีกับการพัฒนาประเทศชาติ
- 2.3 แผนแม่บทกับการพัฒนาเทคโนโลยีแห่งชาติ

### 2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนำความเปลี่ยนแปลงมาสู่โลกมาสู่ชีวิตของเราอยู่เสมอ ทุกวันนี้เราต้องอยู่ในโลกที่คนรุ่นปู่ตาอายุไม่คุ้นเคย แม้แต่คนรุ่นพ่อแม่ก็ไม่ชิน โทรศัพท์มือถือ อินเทอร์เน็ต ยาไวอากร้า โคลนนิ่ง เหล่านี้เป็นสิ่งที่สังคมไม่เคยรู้จัก จนเมื่อเร็วๆ นี้ ในศตวรรษที่ผ่านมา เราได้เห็นอิทธิพลของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทั้งในทางที่ดีและร้ายอันเป็นผลสืบเนื่องมาจากความก้าวหน้าทางวิชาการที่สำคัญ การล่วงรู้ความลับของโครงสร้างอะตอม นำไปสู่ความสามารถในการนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ประโยชน์ แต่ก็นำมาใช้ประหารกันได้ด้วยความรู้เรื่องสารเคมีได้นำไปสู่อุตสาหกรรมเคมีและโพลิเมอร์ ทำให้คนทั่วไปได้มีเครื่องอุปโภคใหม่ๆ ในราคาไม่แพง แม้จะก่อปัญหาเรื่องมลพิษของสารเคมีตกค้างจากการเกษตรและอุตสาหกรรมในขณะเดียวกันด้วย ความรู้ในเรื่องของอิเล็กทรอนิกส์ได้นำมาสู่การประยุกต์ใช้ในเทคโนโลยี สารสนเทศอย่างกว้างขวาง ความรู้เรื่องพันธุกรรมนำมาสู่การพัฒนายาและพันธุ์พืชพันธุ์สัตว์ใหม่ๆ แม้จะมีความเป็นห่วงกันอยู่ในด้านผลลบของเทคโนโลยีใหม่ๆ เหล่านี้อยู่บ้างก็ตาม ท่ามกลางความเปลี่ยนแปลงที่มาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเหล่านี้ มีความเปลี่ยนแปลงที่สำคัญที่กำลังเกิดขึ้นและมีที่ท่าว่าจะเป็นความเปลี่ยนแปลงที่สำคัญมากของศตวรรษใหม่ ซึ่งอาจจะสำคัญยิ่งกว่าความเปลี่ยนแปลงที่แล้วๆ มาที่ก็จัดว่ายิ่งใหญ่มากอยู่แล้ว ความเปลี่ยนแปลงใหม่นี้เกิดจากการที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความก้าวหน้ามาถึงจุดที่จะสามารถออกแบบและสร้างวัสดุและเครื่องมือเครื่องใช้ที่มีขนาดจิ๋วมาก จี๋วจนวัดขนาดไม่ใช่ระดับมิลลิเมตร (หนึ่งในพันเมตร) ไม่ใช่ระดับไมโครเมตร (หนึ่งในล้านเมตร) แต่เป็นระดับนาโนเมตร (หนึ่งในพันล้านเมตร) ระดับนาโนเมตรเป็นระดับขนาดของโมเลกุลและอะตอม ดังนั้น วัสดุเครื่องมือเครื่องใช้ดังกล่าว จะมีขนาดเท่ากับ โมเลกุลหรืออะตอมเท่านั้น เทคโนโลยีใหม่นี้เรียกว่า นาโนเทคโนโลยี (nanotechnology) เป็นเทคโนโลยีของการทำวัสดุ เครื่องมือและเครื่องใช้ขนาดจิ๋ว คำถามคือ จี๋วดีอย่างไร คำตอบคือ ดีตรงที่สามารถทำงานได้ในระดับละเอียดสุดยอด ดีตรงที่ใช้เนื้อที่น้อย ดีตรงที่

เอกสารนี้สามารถทำงานที่เดิมไม่เคยคาดฝันว่าจะทำได้ เคมีจิ๋ว วัสดุจิ๋ว อิเล็กทรอนิกส์ระดับจิ๋ว โฟตอนิกส์  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับจีว (คล้ายอิเล็กทรอนิกส์ แต่ใช้อิเล็กตรอน) ทั้งหมดล้วนเป็นเรื่องจีวที่ "ยิ่งใหญ่" ทั้งสิ้น  
 ธรรมชาติได้พัฒนา และใช้งานนาโนเทคโนโลยี เพื่อสร้างสิ่งมีชีวิตต่างๆ ขึ้นมาทั้งสิ้น เมื่อเซลล์  
 สเปิร์มปฏิสนธิกับไข่ในครรภ์มารดา เกิดเป็นเซลล์เดี่ยวที่แบ่งตัว และพัฒนาจนกลายเป็นทารกที่มี  
 อวัยวะอันซับซ้อน พัฒนาการต่างๆ เหล่านั้น เกิดขึ้นโดยมีรูปแบบที่ค่อนข้างแน่นอน มีระบบ  
 ควบคุม ทำให้อะตอม และโมเลกุลต่างๆ จัดเรียงตัว ณ ตำแหน่งที่เหมาะสม นับตั้งแต่โมเลกุล DNA  
 อันเปรียบเสมือนเป็นหน่วยความจำ ROM (Read Only Memory) ของเซลล์ ได้ถ่ายทอดข้อมูลและ  
 สารสนเทศไปยัง RNA เพื่อให้ RNA นำคำสั่งเหล่านี้ไปสังเคราะห์โปรตีน ซึ่งเป็นเครื่องจักรที่ทำ  
 หน้าที่สร้างสิ่งต่างๆ ในเซลล์ และนอกเซลล์ ดังนั้น จักรกลนาโน (Nanomachines) เหล่านี้ มีอยู่แล้ว  
 ในธรรมชาติ มีความสามารถในการสร้างสิ่งต่างๆ ด้วยความแม่นยำ ในระดับอะตอม นาโน  
 เทคโนโลยีอาจดูเหมือนเรื่องไกลตัว และสามารถพบเห็นได้เพียงแต่ในภาพยนตร์ สอติวุตเท่านั้น  
 แต่ถ้าเราลองย้อนกลับมามองสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวเพียง 10 ปีที่ผ่านมา ก็จะพบว่าสิ่งที่เราไม่เคย  
 นึกเคยฝันมาก่อนได้เกิดขึ้นมากมายไม่ว่าจะเป็นเทคโนโลยีสารสนเทศ (Information technology)  
 ซึ่งทำให้เราสามารถย่อโลกมาไว้ในมือ สื่อสารกันได้อย่างไรพรมแดน อีกทั้งยังมี ยีนเทคโนโลยี  
 และเทคโนโลยีชีวสารสนเทศ (Bioinformatics) ที่ช่วยทำให้เราเข้าใจองค์ประกอบของชีวิตมากขึ้น  
 โดยการถอดรหัสพันธุกรรมซึ่งเปรียบเสมือน “พิมพ์เขียว” ของสิ่งมีชีวิต ความรู้ที่ได้สามารถ  
 นำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ และทางการเกษตรได้อย่างกว้างขวาง ดังนั้น นาโนเทคโนโลยี  
 และ เทคโนโลยี DNA chip จึงไม่ใช่สิ่งที่ไกลตัวอีกต่อไป อย่างไรก็ตามเราควรพึงระลึกอยู่เสมอว่า  
 ไม่ว่าความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะก้าวไกลเพียงไร ต่างก็เป็นเพียงสิ่งประดิษฐ์ที่  
 มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อที่จะเลียนแบบระบบในธรรมชาติเท่านั้น เทคโนโลยีเหล่านี้คงจะเป็นบันทึกอีก  
 หน้าหนึ่งในประวัติศาสตร์ของมนุษยชาติที่เราต้องเผชิญในอนาคตอันใกล้ คำว่า “นาโน” มีราก  
 ศัพท์มาจากภาษากรีก แปลว่า “คนแคระ” หมายถึง หนึ่งในพันล้านหน่วย หรือหนึ่งในพันล้านส่วน  
 แต่ที่นิยมเรียกกันจนติดปาก คือ นาโนเมตร (Nanometre) ซึ่งหมายถึงสิบกำลังลบเก้าเมตรหรือ 1  
 ส่วนพันล้านของ 1 เมตรหรือเรียกในอีกชื่อหนึ่งว่า แองสตรอม ยูนิท (Angstrom Unit) ดังนั้น  
 “นาโนเทคโนโลยี” คือ วิทยาการประยุกต์แขนงใหม่ที่ว่าด้วยเรื่องของเทคโนโลยีในการประกอบ  
 และผลิตสิ่งต่างๆ ขึ้นมาจากการจัดเรียงอะตอม หรือ โมเลกุลเข้าด้วยกันด้วยความแม่นยำและถูกต้อง  
 ในระดับนาโนเมตรหรือขนาด 1 ในพันล้านส่วนของ 1 เมตร โดยเป็นการผสมผสานของ  
 วิทยาศาสตร์หลายแขนง เช่น ชีววิทยา ฟิสิกส์ ชีวเคมี วิศวกรรมศาสตร์สาขา หุ่นยนต์ และ  
 เครื่องจักรกล นาโนศาสตร์ (Nanoscience) หมายถึง การศึกษาหลักการพื้นฐานของโมเลกุลและ  
 โครงสร้างขนาด 1 ถึง 100 นาโนเมตร (อักษรย่อ น.ม.nm) โครงสร้างเหล่านี้เรียกโดยรวมว่า  
 “โครงสร้างนาโน (Nanostructures)” โครงสร้างนาโนไม่เพียงเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กกว่าสิ่งใดๆ  
 ที่มนุษย์เคยประดิษฐ์ขึ้นมาก่อนหน้านี้ แต่ยังเป็นสิ่งที่เล็กจิ๋วที่สุดที่เราสามารถสร้างขึ้นมาได้ ถ้า

เอกสารนี้ อธิบายว่า 1 น.ม. จีวขนาดไหน ก็ลองเปรียบเทียบกับผมของคนเราดูจะพบว่า 1 น.ม. มีขนาด  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 1/50,000 ส่วนของเส้นผมของคนเรา หรือเส้นผมมีขนาดประมาณ 50,000 น.ม. หรือเท่ากับอะตอมของไฮโดรเจน 10 ตัวรวมกัน ซึ่งสิ่งเล็กจิ๋วที่สุดที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้โดยไม่ต้องมีเครื่องช่วยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 10,000 น. ในอาณาจักรนาโน คุณสมบัติต่างๆ ของสารที่เราเคยรู้จักคุ้นเคยในชีวิตประจำวัน เช่น ความสามารถในการเป็นสื่อนำไฟฟ้า ความแข็งหรือจุดหลอมเหลว ถูกสั่นคลอนด้วยคุณสมบัติอันแปลกประหลาดในอาณาจักรของอะตอมและโมเลกุล อาทิ ภาวะทวิภาคของคลื่นกับอนุภาค และหลักความไม่แน่นอนทางควอนตัม สิ่งสำคัญที่สุด คือ ในระดับนาโน คุณสมบัติพื้นฐานของวัตถุและกลไกต่างๆ แตกต่างไปจากที่เราพบเห็นในระดับใหญ่ขึ้นมา ตัวอย่างเช่น สายหรือวงจรในระดับนาโนไม่จำเป็นต้องเป็นไปตามกฎของโอห์ม (Ohm's law) สมการที่เป็นรากฐานสำคัญของ วงการอิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่ กฎของโอห์มเกี่ยวข้องกับกระแสไฟฟ้า แรงเคลื่อนไฟฟ้าของ ต้นกำเนิดไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้า แต่หัวใจสำคัญของกฎของโอห์ม มีพื้นฐานมาจากแนวคิดที่ว่า อิเล็กตรอนไหลผ่านไปตามสายเหมือนกระแสน้ำในแม่น้ำ แต่ในอาณาจักรนาโน อิเล็กตรอนจะไหลเช่นนั้นไม่ได้ ถ้าหากสายมีความกว้างเพียง 1 อะตอม และอิเล็กตรอนจะต้องไหลจากอะตอมหนึ่งไปยังอีกอะตอมหนึ่ง คุณสมบัติพื้นฐานที่สุดของสารทั้งทางเคมี ไฟฟ้า และฟิสิกส์ เป็นหัวใจสำคัญของศาสตร์แห่งนาโนทุกสาขา ดังนั้นในปี ค.ศ. 2001 มูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Foundation) ได้ให้คำจำกัดความที่สั้นและกระชับเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติพิเศษในระดับนาโนว่า ศาสตร์และวิศวกรรมในระดับนาโน หมายถึง ความเข้าใจพื้นฐานและความก้าวหน้าด้านเทคโนโลยีที่เป็นผลมาจากการใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติใหม่ๆ ทางฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยาของระบบที่อยู่กึ่งกลางระหว่างอะตอม โมเลกุล กับ วัตถุขนาดใหญ่ โดยสามารถควบคุมคุณสมบัติเหล่านั้นได้ ศาสตราจารย์ริชาร์ด ฟายน์แมน (Richard Feynman ผู้ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ ในปี ค.ศ. 1965) ผู้เปิดศักราชของนาโนเทคโนโลยี ได้กล่าวไว้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1959 ในการบรรยายเรื่อง There is Plenty of Room at the Bottom ว่า "สักวันหนึ่ง เราจะสามารถประกอบสิ่งต่างๆ ผลิต สิ่งต่างๆ ขึ้นมาจากการจัดเรียงอะตอมด้วยความแม่นยำ และเท่าที่ข้าพเจ้ารู้ ไม่มีกฎทางฟิสิกส์ใดๆ แม้แต่หลักแห่งความไม่แน่นอน (Uncertainty Principle) ที่จะมาขัดขวางความเป็นไปได้" ซึ่งในช่วงที่เขาบรรยายในปีนั้น วิวัฒนาการของไมโครชิพ ไมโครทรานซิสเตอร์ ยังอยู่ในระยะเริ่มแรกและ โลกก็ยังไม่รู้จัก ไมโครคอมพิวเตอร์ด้วยซ้ำไป "นาโนเทคโนโลยี" กำลังกลายมาเป็น โครงการศึกษา และวิจัยในระดับชาติของหลายประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ให้การสนับสนุนการค้นคว้าวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านนาโนเทคโนโลยีมาหลายปีแล้ว โดยมีงบประมาณถึง 116 ล้านดอลลาร์ในปี ค.ศ. 1997 และเพิ่มเป็น 260 ล้านดอลลาร์ในปี ค.ศ. 1999 แต่การตื่นตัวในเรื่องนี้เพิ่งเห็นได้ชัดเจนอย่างยิ่งเมื่อต้นปี ค.ศ. 2000 ที่ประธานาธิบดีบิล คลินตัน ได้ออกมากล่าวถึงความสำคัญของนาโนเทคโนโลยีด้วยตนเอง และระบுவารัฐบาลทุ่มทุนให้การสนับสนุนวิจัยและพัฒนาในเรื่องดังกล่าวถึง 422 ล้านดอลลาร์ (18.5

เอกสารนี้ พันล้านบาท) และจะเพิ่มอีกเป็น 519 ล้านดอลลาร์ (กว่า 20,000 ล้านบาท) ในปี ค.ศ. 2001

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในไต้หวัน สถาบัน The Industrial Technology Research Institute (ITRI) ก็ได้จัดตั้งศูนย์วิจัยนาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology Research Center) เมื่อวันที่ 16 มกราคม ค.ศ. 2002 โดยจัดสรรเงินเพิ่มเติมสำหรับการวิจัยในเวลา 6 ปี เป็นจำนวน 300 ล้านดอลลาร์ แนวนับดังกล่าวเกิดขึ้นในทำนองเดียวกันกันในวงการวิจัยของประเทศญี่ปุ่น จีน และประเทศในทวีปยุโรป โดยสหภาพยุโรปได้ทุ่มเงินกว่า 1 หมื่น 3 พันล้านยูโรในการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านนาโนเทคโนโลยี ประมาณกันว่าทั่วโลกมีการใช้เงินไปในโครงการวิจัย นาโนเทคโนโลยีไปแล้วกว่า 4 พันล้านดอลลาร์ ในส่วนของรัฐบาลไทย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติหรือ สวทช. ได้เสนอกรอบยุทธศาสตร์การพัฒนานาโนเทคโนโลยี 10 ปี (พ.ศ. 2547-2556) เข้าสู่วาระแห่งชาติให้กับคณะกรรมการพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ หรือ กวทช. เพื่อพิจารณาในปลายเดือนพฤษภาคม 2547 เพื่อเสนอให้กับคณะรัฐมนตรีพิจารณาต่อไป และขณะเดียวกันมีการตั้งคณะกรรมการนโยบายนาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ โดยมี พ.ต.ท.ทักษิณ ชินวัตร นายกรัฐมนตรี เป็นประธาน

## 2.2 นาโนเทคโนโลยีกับการพัฒนาประเทศชาติ

พศ.ดร.ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ (2550 : 105-107) กล่าวว่านาโนเทคโนโลยีได้กลายมาเป็นที่รู้จักในสังคมโลก เมื่อประเทศสหรัฐอเมริกาได้ริเริ่มโครงการเมกะโปรเจกต์ ที่มีชื่อว่า “โครงการริเริ่มนาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ” ขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2543 โดยคำสั่งของประธานาธิบดี บิล คลินตัน ซึ่งหลังจากนั้นเป็นต้นมา รัฐบาลต่าง ๆ ทั่วโลกได้ให้ความสนใจและทำตามอย่างอเมริกากันอย่างขนานใหญ่ ทั้งยุโรป ญี่ปุ่น ไต้หวัน เกาหลี จีน ออสเตรเลีย นิวซีแลนด์ แอฟริกาใต้ ละตินอเมริกา ไทย มาเลเซีย สิงคโปร์ เวียดนาม อินเดีย อิสราเอล รัสเซีย หรือ แม้แต่ประเทศที่มีปัญหาเรื่องอาวุธนิวเคลียร์อยู่ในขณะนี้ อย่าง อิหร่าน ก็ยังมีโครงการแห่งชาติทางด้านนาโนเทคโนโลยี ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ให้ความสำคัญต่อนาโนเทคโนโลยีเป็นอย่างมาก ถึงขนาดที่ว่า ประธานาธิบดี จอร์จ ดับเบิลยู บุช ได้ยอมสานงานต่อจากคลินตัน โดยได้เพิ่มการอัดฉีดงบประมาณ และผ่านพระราชบัญญัติวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีแห่งศตวรรษที่ 21 ใน พ.ศ. 2546 ซึ่งมีมูลค่ากว่า 150,000 ล้านบาท ในเวลา 4 ปี นาโนเทคโนโลยีจึงนับเป็นโครงการเพียงไม่กี่โครงการของประธานาธิบดีบุช ที่มีการสานงานต่อจากรัฐบาลก่อนหน้า

ตลอดระยะเวลา 5 ปีที่ผ่านมา นั้น ได้มีการอัดฉีดงบประมาณเข้าไปในรดคว่นขบวนนาโน ขบวนนี้อย่างมากมายแบบที่ไม่เคยปรากฏมาก่อนในสังคมโลก จนเกิดคำถามว่าเม็ดเงินที่ทุ่มลงไปนั้น มันคุ้มไหม แล้วตอนนี้ครบรอบ 5 ปีแล้วเราได้อะไรกลับมาบ้าง พ.ศ. 2550 นี้ถือว่าเป็นปีสำคัญสำหรับนาโนเทคโนโลยี เพราะสิ่งที่ได้ลงทุนลงแรงไป เริ่มจะผลิดอกออกผลให้เก็บเกี่ยวออกมาใช้บ้างแล้ว โดยเฉพาะในแง่ของธุรกิจนั้น ยิ่งช่วยให้กระแสของนาโนเทคโนโลยี ซึ่งวิ่งแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นี้ ที่ผ่านมานั้นเม็ดเงินการลงทุน ทางด้านนาโนเทคโนโลยีที่ว่ามีมากแล้ว จะน้อยไปถนัดตาหากเทียบกับการลงทุนในปีนี้ และปีถัดไปรัฐบาลชาติที่เคยล้งเลในการอัดเม็ดเงินเข้าไปในวงกรนาโนปีนี้ก็จะเริ่มท่นไม่ไหว และต้องขยับตัวตามวิ่งตามกระแสชาติต่างๆ ออกนำไปก่อนหน้าแล้ว รวมทั้งกลุ่มประเทศในแถวหน้าอยู่แล้ว ก็ยังไม่วายคิดหวาดระแวงกลัวจะแพ้ชาติที่ตามมาจึงของเพิ่มงบประมาณกันยกใหญ่ในปีนี้ เริ่มจากยุโรปปีนี้จะเป็ปีแรกที่ อภิหมาเมกะ โปรเจกต์ที่มีชื่อว่า Framework Program 7 เริ่มดำเนินการด้วยเม็ดเงินกว่า 7,500 ล้านเหรียญสหรัฐฯ โดยมีนาโนเทคโนโลยีเป็นเรือธงสหรัฐอเมริกาในปีนี้ และปีต่อไปก็จะทุ่มงบประมาณเป็นการเฉพาะสำหรับนาโนเทคโนโลยีเป็นจำนวนถึง 3,700 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ญี่ปุ่นตั้งเป้าจะใช้เงิน 3,000 ล้านเหรียญสหรัฐฯ ในช่วงสองปีนี้ นอกจากนั้นยังมีข่าวการเพิ่มการลงทุนทางด้านงบประมาณเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีทั้งในจีน อินเดีย อาร์เจนตินา บราซิล ชิลี และ เม็กซิโก ข่าวล่าสุดมาจากศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติของประเทศไทยเอง ก็ได้รับงบประมาณเพิ่มเติมจากรัฐบาลสำหรับการทำงานในปีนี้นั่นกัน สรุปแนวโน้มปี 2550 นี้ โลกกำลังเข้าสู่ยุคแห่งการแข่งขันอย่างรุนแรงทางด้านนาโนเทคโนโลยี ถ้ามว่าทำไมประเทศกำลังพัฒนาแม้แต่ประเทศในแอฟริกาจึงสนใจที่จะลงทุนทางด้านนาโนเทคโนโลยี คำตอบก็คือนี่เป็นวิธีเดียวที่จะตามชาติที่พัฒนาแล้วให้ทัน เพราะหากไปลงทุนทำในสาขาที่คนอื่นทำอยู่ก่อนแล้ว ก็ไม่มีวันชนะ จึงต้องหันมาทำอะไรที่ก้าวกระโดด หรือทำเรื่องที่กำลังทำกันอยู่ทั่วโลก นี่จึงไม่น่าแปลกใจเลยที่จีน ได้กลายมาเป็นชาติที่จ่ายเงินทำวิจัยเป็นอันดับสามของโลกแล้ว อินเดียและบราซิลก็ใช้เงินสำหรับการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์แขนงใหม่ ด้วยตัวเลข 1.2 และ 1.1 เปอร์เซนต์ของ GDP ตามลำดับ

เปิดมิติใหม่ทางการค้า ก่อกระแสนาโนธุรกิจ ในแวดวงของนักนาโนเทคโนโลยีแล้ว อาจกล่าวได้ว่าช่วงห้าปีแรก (พ.ศ.2544-2548) ของการลงทุนทางด้านนี้ ถือเป็นเฟสที่ 1 ซึ่งเป็นเรื่องของการวางโครงสร้างพื้นฐาน การกำหนดทิศทาง และการพัฒนาเทคโนโลยีพื้นฐานที่จำเป็น เช่น เครื่องมือ เทคนิคในการวิเคราะห์ เป็นต้น จึงเป็นเงินลงทุนจากภาครัฐเสียเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นรัฐบาลชาติใดมีวิสัยทัศน์ลงทุนทำก่อน ภาคธุรกิจในประเทศนั้นก็จะมีควมได้เปรียบ เพราะอีกห้าปีจากนี้ไปจะเป็นเรื่องของการผลิตเพื่อนำไปสู่การค้า ดังนั้นแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นในปีนี้นั้นก็คือ เรา กำลังจะเริ่มเห็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้คำว่านาโน ออกวางจำหน่ายมากขึ้นอย่างไม่เคยปรากฏมาก่อน เช่น ผ้านาโน สีนาโน ซีเมนต์นาโน สมุนไพรนาโน เจลนาโน และสารพัดสาระเพนาโนออกมาให้เห็น โดยจะมีการเล่นคำว่า “นาโน” กันอย่างเอกรีก ปีนี้ก็จะเป็ปีทองของธุรกิจในการวางโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ เช่น เครื่องมือวิทยาศาสตร์สำหรับทำงานทางด้านนาโนเทคโนโลยี โดยเฉพาะในประเทศไทยเรายังมีมหาวิทยาลัยหลายแห่งในต่างจังหวัดที่ยังไม่ได้ลงทุนทางด้านนี้มาก่อน ก็จะเริ่มสนใจใส่เม็ดเงินเข้าไปทางด้านนี้มากขึ้น น่าสังเกตว่าช่วงนี้บริษัทนายหน้าค้าเครื่องมือไฮเทค วิ่งเข้าวิ่งออกสนามบินสุวรรณภูมิกันอย่างคึกคักเป็นพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปีหมูทองของอุตสาหกรรมใหม่ด้านอิเล็กทรอนิกส์ ปีนี้จะเป็นปีหมูทองสำหรับอิเล็กทรอนิกส์ชนิดใหม่ นั่นคือ อินทรีย์อิเล็กทรอนิกส์ หรือ พลาสติกอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะสหภาพยุโรปได้ยกให้พลาสติกอิเล็กทรอนิกส์เป็นอุตสาหกรรมที่ต้องสนับสนุนในอภิมหามะกะโปรเจกต์ Framework Program 7 พลาสติกอิเล็กทรอนิกส์ เป็นวิธีการสร้างผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์แบบใหม่ที่สามารถเอาชนะข้อจำกัดเดิม ๆ ในอุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เช่น อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบเก่าจะ โคน้ำไม่ได้ ไม่สามารถกันแรงกระแทก หรือมีองค์ประกอบของโลหะบางชนิดที่เป็นพิษแต่ พลาสติกอิเล็กทรอนิกส์จะทำจากสารอินทรีย์ ที่สามารถทำให้โค้งงอได้ รวมไปถึงความสามารถในการย่อยสลายในธรรมชาติได้เมื่อเลิกใช้งาน ในปีนี้เราจะได้เห็นเสื้อผ้าที่มีฟังก์ชันอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งสามารถซักได้ เซลล์สุริยะทำจากพลาสติก แบตเตอรี่แบบบางแบบใช้แล้วทิ้ง บรรลุภัณฑ์ที่มีความสามารถในการจดจำเส้นทาง การส่งและจำหน่าย จอแสดงผลที่มีชื่อว่า OLED (Organic Light Emitting Device) และอื่น ๆ ททยอกันออกมา และ เพื่อให้ประเทศไทยไม่ตกกระแสด ทางศูนย์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค) โดยการริเริ่มของผู้อำนวยการเนคเทค ได้จัดให้มีการศึกษาความเป็นไปได้ ตลอดจนศักยภาพและโอกาสของประเทศไทยในการเกิดอุตสาหกรรมด้านนี้ เพื่อว่าหากอุตสาหกรรมนี้เกิดขึ้นจริง ๆ ประเทศไทยก็อาจชักชวนนักลงทุนต่างประเทศให้เข้ามาลงทุนทางด้านนี้

ท่อนาโนคาร์บอนสู่การค้าขาย ปี 2550 จะเป็นปีทองแห่งการเริ่มต้นการนำท่อนาโนคาร์บอนไปใช้ในเชิงการค้าเนื่องจากสิทธิบัตรสำคัญที่เกี่ยวกับการผลิตท่อนาโนคาร์บอนเรื่องหนึ่งจะหมดอายุลง ทำให้จะเกิดการลงทุนผลิตท่อนาโนคาร์บอนออกมาในจำนวนมากอย่างกว้างขวาง รวมไปถึงข้อจำกัดในการคิดค้นเทคนิคอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องก็จะหมดไป เราจึงจะ ได้เห็นผู้ผลิตสัญชาติเกาหลีตีตลาดโลก

ในปีนี้ ซึ่งจะทำให้ท่อนาโนคาร์บอนเข้าไปเป็นวัสดุเสริมแรงในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ยางรถยนต์ กันชน รวมทั้งผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ ความจริงประเทศไทยก็มีผู้ผลิตท่อนาโนคาร์บอนได้ปริมาณมาก ๆ ที่ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (ผศ.ดร.พิศิษฐ์ สิงห์ใจ) ซึ่งก็มีศักยภาพในการทำธุรกิจได้เช่นกัน

เซ็นเซอร์อัจฉริยะ (รวมไปถึงเทคโนโลยี MEMS) รู้จักกันดีในนามของ ฝุ่นอัจฉริยะ (Smart Dust) ซึ่งได้รับการพัฒนามาสักระยะแล้ว คุณสมบัติสำคัญของเซ็นเซอร์อัจฉริยะก็คือความสามารถในการสื่อสารหรือคุยกันได้ แบบเดียวกับที่เครื่องคอมพิวเตอร์ในอินเทอร์เน็ตคุยกัน ทำให้แนวโน้มในอนาคต อินเทอร์เน็ตจะไม่เพียงเป็นการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างมนุษย์กับมนุษย์เท่านั้น อีกหน่อยจะเป็นการแลกเปลี่ยนระหว่างจักรกล และจักรกลกับมนุษย์ ทำให้มนุษย์มีหูดาทิพย์ในทุกที่

ซึ่งเครือข่ายเซ็นเซอร์อัจฉริยะเหล่านี้ก็เริ่มเข้าไปเชื่อมโยงกับ Google Earth บ้างแล้ว ปีนี้สิ่งเอกสารนี้ ที่น่าจับตามองก็คือ การรวมตัวกันในภาคอุตสาหกรรมซึ่งประกอบด้วยบริษัท 200 กว่าแห่งในนามไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ Zigbee Consortium จะทำให้เกิดมาตรฐานร่วม และมีศักยภาพพอในการลือบบีภาคีรัฐและเอกชนให้มีการนำเทคโนโลยีไปใช้แก้ปัญหาลใหญ่ ๆ เช่น การก่อการร้าย ปัญหาเรื่องน้ำ ปัญหาลิ่งแวดล้อม ซึ่งเมื่อเครือข่ายเซ็นเซอร์เหล่านี้มีราคาถูกลง ก็จะทำให้มันแรกซึมเข้าไปสู่ประชากร เช่นเดียวกับเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือ ในที่สุด ธุรกิจที่จะได้รับประโยชน์ในเมืองไทยน่าจะเป็น การนำเซ็นเซอร์ไปใช้ประโยชน์ เช่น การวางระบบอนุรักษ์พลังงาน ระบบรักษาความปลอดภัย ระบบอากาศสะอาด ในอาคารใหญ่ๆ ระบบอัตโนมัติชันในโรงงาน การวางระบบเกษตรกรรมความแม่นยำสูง เป็นต้น

เปิดศักราชใหม่ของนาโนโยธา สาขาที่น่าจับตามองในปีนี้ ในอดีตที่ผ่านมา นั้น นาโนเทคโนโลยี เป็นที่รับรู้กัน ในแวดวงก่อสร้างน้อยมาก ทั้งๆ ที่ศักยภาพในเชิงการค้าของนาโนเทคโนโลยีในแวดวงวัสดุก่อสร้างมีเหลือคณานับ เช่นซีเมนต์ชนิดใหม่ด้านการกัดกร่อน เหล็กผสมอนุภาคนาโน สีทนตะไคร่ ปูนฉาบสวยใส กระจกทำความสะอาดตัวเองได้ รวมไปถึงการเพิ่มคุณสมบัติใหม่ ๆ เข้าไปในพลาสติก เพื่อให้พลาสติกเข้ามาเป็นวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างได้ เช่น พลาสติกทนรอยขีดขูด พลาสติกใสแบบกระจก พลาสติกทนไฟ เป็นต้น นอกจากนั้นเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลือบผิวจะเข้ามาแทนที่เทคโนโลยีเก่า เช่น การเคลือบผิวกระจก การเคลือบผิวรถยนต์ให้กันรอยขีดข่วน วัสดุทำพื้นแบบใหม่ เป็นต้น

เกस्थ्यานาโน จับตาให้ตีในปีหมูทองนี้ จะมีทั้งข่าวดี และข่าวร้ายสำหรับนักนาโนเทคโนโลยี ในสาขาที่เกี่ยวข้องกับสุขภาพ ข่าวร้ายคือ ปีนี้จะเป็นปีที่มีการตื่นตัวอย่างจริงจังถึงพิษภัยของอนุภาคนาโนต่อสุขภาพ ผู้บริโภคจะสนใจถามมมากขึ้นว่าเลือนาโนที่ผลิตออกมามีผลเสียต่อสุขภาพหรือไม่ คริมกันแดดที่ผสมอนุภาคนาโนก่อผลร้ายต่อสุขภาพอย่างไรบ้าง เหล่านี้เป็นสิ่งที่หน่วยงานต่าง ๆ เริ่มให้ความสนใจจริงจัง ปีนี้เราจึงจะได้เห็นการร่างข้อกำหนดต่าง ๆ หรือการควบคุมการใช้งานอนุภาคนาโนในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับสาธารณสุข และ เกस्थ्यสำอาง แต่ข่าวดีก็คือ ปีนี้ผลิตภัณฑ์ทางด้านสุขภาพที่ใช้นาโนเทคโนโลยีจะออกมาเป็นพิเศษ ทำให้สาธารณสุขรู้จักนาโนเทคโนโลยีมากขึ้น เกิดการตื่นตัวและรับรู้ในความพิเศษของนาโนเทคโนโลยี แม้แต่ธุรกิจเสริมความงามและสุขภาพอย่าง สปา ก็เริ่มมีการตื่นตัวแล้ว โดยจะมีการเล่นศัลยกรรมวีรด์ต่างๆ เพื่อสร้างจุดขาย เช่น การรักษาจากภายใน เป็ปไทด์ทริตเม้นต์ แอนตี้-เอจจิงด้วยนาโน เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ทางด้านเกस्थ्यานาโนจะกลายมาเป็นช่องทางใหม่ของวัสดุศาสตร์ ดังเช่น ความสำเร็จของบริษัท VCURES ของประเทศสหรัฐอเมริกาในการทดลองใช้เลือดเทียมที่ทำจากอนุภาคนาโน มีชื่อทางการค้าว่า Oxycyte มีความสามารถในการเก็บกักออกซิเจนได้มากกว่าเม็ดเลือดแดงถึง 50 เท่า และ คาดว่าอีกไม่นานก็จะได้รับการอนุมัติจาก FDA ให้ใช้ในเชิงพาณิชย์ได้

นาโนเทคโนโลยีกับพลังงาน ตลอดปี 2549 ที่ผ่านมา นั้น สังคมโลกเรียนรู้ว่าการพึ่งพาพลังงานจากฟอสซิลซึ่งนับวันมีแต่จะหมดไปนั้น เจ็บปวดเพียงไร เริ่มศักราช 2550 แม้ราคาน้ำมันเอกสารนี้จะอยู่ในภาวะทรงตัว แต่เกस्थ्यทั้งหลายก็ยังชี้ทางว่าหมดยุคที่จะใช้ชีวิตอยู่กับน้ำมันแล้ว ดังนั้นปี 2550 นี้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานทางเลือก จะกลายเป็นเรื่องร้อน ๆ ตลอดปี โดยนาโนเทคโนโลยีจะเล่นบทพระเอก ไม่ว่าจะ เป็น เซลล์สุริยะแบบอนุภาคนาโน หรือ ฟิล์มบางนาโน เซลล์เชื้อเพลิงที่ใช้ฟิล์มบางนาโน การผลิต เอทานอลจากแบคทีเรียที่ทำวิศวกรรมนาโน แบตเตอรี่นาโน แต่ถึงอย่างไร ปีนี้จะไม่ใช่ปีแห่งการ ทำมาค้าขายผลิตภัณฑ์เหล่านี้หรอก เนื่องจากตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา การพัฒนาทางด้านนี้ยังไม่ ถึงไหน ดังนั้นคงจะต้องรอไปอีกสักพักหนึ่ง ถึงแม้บริษัท เซฟโรเลต จะออกมาประกาศว่าปีนี้จะ ทำตลาดรถที่ใช้เซลล์เชื้อเพลิงไฮโดรเจนก็ตามที่

เรื่องโดดเด่นที่เป็นเทรนด์เรื่องสุดท้ายที่จะเล่าสู่กันฟังนี้ก็คือ ผู้ประกอบการนาโน (Nano-entrepreneur) ปี พ.ศ. 2550 จะเป็นปีที่สวยสดงดงามสำหรับผู้ประกอบการหน้าใหม่ที่อยากจะ เปลี่ยนแปลงชีวิตตัวเองจากนักเทคโนโลยีมาเป็นนักธุรกิจ เหมือนเช่นที่เคยเกิดกับยุคตื่น อินเทอร์เน็ตมาแล้ว ธุรกิจใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นในช่วงของการบูมอินเทอร์เน็ตในปี 2538 ได้สร้างเศรษฐกิจ หน้าใหม่ขึ้นมามากมาย ปี 2550 นี้ก็เช่นกันธุรกิจใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องกับนาโนเทคโนโลยีจะเกิดขึ้น ทำให้มีผู้ประกอบการหน้าใหม่ ๆ เกิดขึ้น พวกเขาเหล่านั้นล้วนอยู่ในวัยหนุ่มสาว ที่มีความสนใจใฝ่ รู้ในเรื่องของนาโนเทคโนโลยี ผู้พร้อมจะสร้างตำนาน Nano Business ให้เกิดขึ้นในประเทศไทย

ศส. ดร. ชีรเกียรติ์ เกิดเจริญ (2550 : 91-93) ได้กล่าวถึง นาโนนาศตร (Nano Forestry) ว่าเป็นศาสตร์ในการนำเอาเทคโนโลยีชีวมาช่วยในการพัฒนาอุตสาหกรรมป่าไม้ ให้กลายเป็น อุตสาหกรรมไฮเทค ซึ่งผู้เขียนขอยกตัวอย่างงานวิจัยและพัฒนาที่กำลังเกิดขึ้นทั่วโลก ดังต่อไปนี้

**ไม้ต้านทานปลวก/เชื้อรา**

อนุภาคนาโนอาจใช้ในการป้องกันเชื้อราหรือปลวกกัดกิน ไม้ บริษัท Nanophase Technologies พัฒนาเทคนิคในการอัดอนุภาคนาโนของซิงค์ออกไซด์ และ โลหะต่าง ๆ เข้าไปใน เนื้อไม้ ซึ่งนอกจากจะฆ่าเชื้อโรคแล้ว ยังป้องกันแสง UV ด้วย มหาวิทยาลัยมิชิแกน ไปจดสิทธิบัตร ในการบรรจุยาฆ่าปลวกและเชื้อราเข้าไปในแคปซูลจิ๋วที่ทำจากพอลิเมอร์โดยสามารถควบคุมการ ปลดปล่อยได้ รวมไปถึงกระบวนการอัดอนุภาคนาโนเหล่านั้นเข้าไปในเนื้อไม้

**ไม้ต้านทานยูวี/การผุกร่อน**

นาโนเทคโนโลยีสามารถนำมาช่วยเคลือบผิวหรือจัดการเนื้อไม้ให้มีคุณสมบัติต้านทาน แสงยูวี รวมไปถึงความชื้น อันเป็นสาเหตุแห่งการผุกร่อนของไม้ บริษัท BASF ของเยอรมันพัฒนา ผลิตภัณฑ์ที่ประกอบด้วยอนุภาคนาโนที่สามารถพ่นแบบสเปรย์ลง ไปบนพื้นผิวไม้ โดยมันจะ เคลือบผิวและสร้างสภาพไม่ชอบน้ำขึ้นมา มหาวิทยาลัยวิสคอนซินพัฒนาเทคนิคในการเคลือบผิว ไม้ด้วยอนุภาคนาโนและวัสดุอินทรีย์ที่สามารถดูดซับพลังงานจากแสงยูวี บริษัทในเยอรมันพัฒนา ผลิตภัณฑ์ที่มีอนุภาคนาโน ไทเทเนียม ไดออกไซด์เป็นองค์ประกอบ เพื่อใช้เคลือบผิวไม้ที่มีสีอ่อน ให้ดูสดใสและไม่ดำงดำ

## อนุภาคนาโนเคลย์

(Nanoclays) หรือคินนาโน กำลังได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในการนำมาทำวัสดุผสมคอมโพสิต (Nanocomposite) กับวัสดุอื่น ๆ เช่น ผสม กับ ไม้ผสมกับพลาสติกก็ได้ ซึ่งนับเป็นก้าวใหม่ของวัสดุผสมที่เราสามารถทำการวิศวกรรมวัสดุไปถึงระดับนาโนเมตรมหาวิทยาลัยป่าไม้แห่งปักกิ่งและวิทยาลัยป่าไม้แห่งคุนหมิงกำลังจะมักเข้มข้นวิจัยและพัฒนาวัสดุผสมระหว่างไม้กับอนุภาคคิน มหาวิทยาลัยเซี่ยงไฮ้กำลังทำการพัฒนานาโนเซรามิกที่ทำจากไม้ที่เป็นของเหลือทิ้งมหาวิทยาลัยป่าไม้แห่งฮาบิน ศึกษาวัสดุเคลือบไม้ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เช่น บริษัท Polyone Asia ซึ่งเป็นผู้จัดหาผลิตภัณฑ์ทางด้านพลาสติกรายใหญ่ให้แก่อุตสาหกรรม ได้เปิดตัวผลิตภัณฑ์เม็ดพลาสติกที่เป็นวัสดุผสมระหว่างอนุภาคคินกับพลาสติกชื่อว่า Maxxam LST ที่มีน้ำหนักเบา เหนียว และทนทานต่อแรงอัด จากการตรวจสอบเอกสารอ้างอิงของผู้เขียน ทำให้พบว่า ในเวลานี้ ประเทศจีนมีงานวิจัยทางด้านวัสดุผสมระหว่างไม้กับพลาสติกนำหน้าประเทศอื่นๆ ทั้งหมด เป็นไปได้ไหมว่าประเทศจีนกำลังคิดจะปฏิวัติอุตสาหกรรมพลาสติก ด้วยการเปลี่ยนจากต้นน้ำที่เป็นอุตสาหกรรมปิโตรเคมี มาเป็นอุตสาหกรรมป่าไม้

## ไม้ทนไฟ

น่าจะช่วยกระตุ้นตลาดในการใช้ไม้ให้โตขึ้นไปอีก เนื่องจากสมบัติที่ติดไฟง่ายทำให้มันมีขีดจำกัดในการใช้งานหลาย ๆ ด้าน ปัจจุบันการทำให้ไม้ทนไฟมักทำโดยการอัดหรือเคลือบสารเคมี ด้านทานการติดไฟเข้าไป ซึ่งจะ ไปช่วยลดการเกิดปฏิกิริยาเคมีในเนื้อไม้เมื่อเกิดความร้อนสูงแต่นักวิจัยกำลังศึกษาการใส่ส่วนผสมของอนุภาคนาโนเคลย์ลงไปเพื่อด้านทานการติดไฟ โดยอาจทำได้โดยการเคลือบผิว หรือการอัดเข้าไปในรูพรุนจิวซึ่งมักจะมียูในเนื้อไม้ อุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ และกระดาษ

ปัจจุบันการผลิตกระดาษจะใช้วัตถุดิบจากไม้เป็นหลัก การใช้เยื่อไม้มากขึ้นเท่าไร ก็ยังเป็นการลดการปลดปล่อยคาร์บอนมากขึ้นเท่านั้น และนาโนเทคโนโลยีสามารถเข้ามาช่วยในการปรับปรุงกระบวนการนำกลับมาใช้ใหม่เหล่านั้น รวมไปถึงการเพิ่มคุณสมบัติพิเศษแก่เยื่อไม้บรรจุภัณฑ์

ในระยะสองสามปีมานี้ได้เกิดปรากฏการณ์ใหม่ในวงการบรรจุภัณฑ์ เพราะเกิดความ ต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เรียกว่า “บรรจุภัณฑ์ฉลาด” (Smart Packaging) กรรมวิธีในการเคลือบระดับนาโนก็สามารถนำมาใช้พัฒนาบรรจุภัณฑ์ให้มีคุณสมบัติพิเศษเพิ่มขึ้น เช่น การเคลือบนาโนเคลย์บนผิวโยกระดาษเพื่อให้ความสามารถในการกันอากาศและความชื้นเข้า-ออกจากหีบห่อ หรือทำให้หีบห่อมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น การเคลือบด้วยนาโนไทเทเนียมเพื่อให้หีบห่อมีความทนทานต่อการสีกร่อนจากแสงยูวี

## อุตสาหกรรมเคมีจากไม้

เคมีภัณฑ์ พลาสติก และสารเคมีต่าง ๆ เป็นผลผลิตที่เกิดจากอุตสาหกรรมต้นน้ำของ ปิโตรเคมีในการนำก๊าซธรรมชาติขึ้นมาใช้งาน ผลิตภัณฑ์เหล่านั้นเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นกลับมาใช้ใหม่ได้ ในขณะที่เคมีภัณฑ์จากกระบวนการแปรรูปไม้เป็นผลผลิตที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก เทคโนโลยีผนังเซลล์ (Cell Wall Technology) ผนังเซลล์ลูโลส โปรตีน และลิกนิน โดยมีการพัฒนาโครงสร้างขึ้นมาอย่างซับซ้อน

คณะวิจัยแห่งเคลิฟอร์เนีย วิทยาเขตริเวอร์ไซด์ ได้ออกแบบโมเลกุลที่เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงบนระนาบเรียบได้ และยังให้กำเนิดโมเลกุลที่สามารถขนส่งโมเลกุลอื่นไปพร้อมกันได้ด้วย หัวหน้านักวิจัยลัดวิก บาร์เทิลด์ กล่าวว่า การทดลองแสดงให้เห็นว่า การขนส่งด้วยโมเลกุลนั้นสามารถทำได้ และให้ผลเป็นที่น่าเชื่อถือ และถือว่ามีค่าสำคัญต่อเทคโนโลยีจักรกลระดับโมเลกุลในอนาคต โมเลกุลที่ค้นพบใหม่นี้ชื่อว่า แอนทราควิโนน

โดยปกติแล้วพฤติกรรมของ โมเลกุลเพียงตัวเดียวจะกระโดดขึ้นลง และเคลื่อนที่ในทุกทิศทางแต่ใน พ.ศ. 2548 คณะวิจัยชุดนี้ได้ประดิษฐ์โมเลกุลที่เคลื่อนที่เป็นเส้นตรงได้เป็นผลสำเร็จ และในครั้งนี้ยังสามารถ บรรทุกสารอื่น ๆ ไปได้ด้วย การวิจัยนี้เป็นเพียงการเริ่มต้นเท่านั้น ในขั้นตอนต่อไป คณะวิจัยจะสร้างให้โมเลกุลเลี้ยวไปตามมุมต่าง ๆ ได้ด้วย สามารถหมุนสิ่งของที่บรรทุกได้ และปล่อยอนุภาคของแสง (โฟตอน) ออกมา เพื่อบอกให้รู้ถึงตำแหน่งที่อยู่นานาโนเทคโนโลยีกับการก่อสร้าง (Nano Construction)

เทคโนโลยีนาโนนั้นได้เข้ามามีบทบาทในทุกวงการ อาทิ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา เกษตรกรรม การแพทย์ การเกษตร วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมเคมี ไปจนถึงสาขาสังคมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ แต่วงการก่อสร้างนั้นเพิ่งจะเริ่มตื่นตัว การนำวัสดุที่ใช้ในการก่อสร้างมาผสมผสานกับเทคโนโลยีน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ที่จะเข้ามามีบทบาทอย่างสูงในอนาคต เราจะนำเทคโนโลยีนาโนมาใช้กับการก่อสร้างได้ดังนี้ เช่น

คอนกรีต เราจะเพิ่มความแข็งแรงให้คอนกรีตได้โดยการเติมนาโนซิลิกาเข้าไปในซีเมนต์ ซึ่งจะช่วยให้การเชื่อมสภาพของตัวยึดเกาะเกิดได้ช้าลง ช่วยลดการสูญเสียน้ำ แคลเซียมในคอนกรีต ทำให้คอนกรีตมีอายุการใช้งานนานขึ้น นอกจากนี้ยังมีการศึกษาการเติมอนุภาคนาโนที่เรียกว่า Hematite ลงไปในคอนกรีตเพื่อเพิ่มความแข็งแรง โดยมีผลพลอยได้ประการหนึ่งคือ คอนกรีตสามารถถูกตรวจสอบได้โดยอาศัยคุณสมบัติทางแม่เหล็ก ไฟฟ้าของสารชนิดนี้ อีกแนวคิดหนึ่งที่กำลังได้รับความนิยม ก็คือ การนำท่อนาโนคาร์บอน (Carbon Nano Tube) มาผสมกับคอนกรีตซึ่งพบว่าสามารถเพิ่มกำลังอัดของคอนกรีตได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากท่อนาโนคาร์บอนยังมีราคาสูงอยู่ การนำไปใช้งานจริงจริงยังไม่เกิด ณ ขณะนี้ แต่ในอนาคตคาดว่าราคาจะต่ำลง

เหล็ก ปัญหาสำคัญของการใช้เหล็กกล้าในการก่อสร้าง ก็คือความล้าในเนื้อโลหะที่เกิดจากเอกสารนี้ การรับน้ำหนักซ้ำ ๆ ทำให้โครงสร้างมีสิทธิ์พังลงก่อนเวลาอันควร แม้น้ำหนักที่ได้รับจะน้อยกว่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักสูงสุดที่สามารถรับได้ก็ตาม มีงานวิจัยที่พบว่า การเติมอนุภาคนาโนทองแดงเข้าไปในเหล็กกล้าจะช่วยลดความไม่สม่ำเสมอระหว่างผิวของเกรนในเนื้อเหล็ก นอกจากนี้มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับการทำให้เนื้อวัสดุของเหล็กมีเกรนเป็นนาโน ซึ่งจะช่วยให้สามารถผลิตสายเคเบิลที่มีความแข็งแรงสูงขึ้น แบบเดียวกับเส้นใยเหล็กกล้าที่ใช้ในยางรถยนต์ โดยเส้นใยแบบนี้จะถูกนำมาใช้ในงานก่อสร้างขนาดใหญ่ ในอนาคต เช่น สะพานแขวน ซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างได้

ไม้ การนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้งานอุตสาหกรรมไม้กำลังได้รับความสนใจสูงมาก โดยประเทศอเมริกาได้จัดทำแผนที่นำทางที่เรียกว่า “Nanotechnology for the forest Products Industry : Vision and Technology Roadmap” เพื่อส่งเสริมให้มีการนำนาโนเทคโนโลยีมาเพิ่มมูลค่าของสินค้าที่ทำจากไม้ให้ไปสู่ความเป็นไฮเทค

สหภาพยุโรป หรือ EU ก็กำลังเขียนแผนที่นำทางหรือ Roadmap ที่เรียกว่า Framework7 (FW7) ซึ่งเป็นมหาเมกะโปรเจกต์ทางการวิจัยเช่นกัน ส่วนที่ประเทศรัสเซียได้นำเอาเส้นใยนาโนเซลลูโลส (Nano-lulose) ที่สกัดจากใบไม้ใบหญ้ามาทำเป็นแผงไม้อัดที่คงความแข็งแรงและทนทานต่อการติดไฟ ส่วนที่ประเทศไทยที่มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ก็กำลังทำการวิจัยในลักษณะเช่นนี้อยู่เหมือนกัน ซึ่งประเทศไทยได้เปรียบตรงที่มีวัชพืชที่มีเส้นใยที่มีลายเหนียวขึ้นอยู่มากมาย และมีหลากหลายพันธุ์อีกด้วย

กระจก ถือเป็นวัสดุก่อสร้างที่มีการนำเอานาโนเทคโนโลยีมาช่วยในการพัฒนามากที่สุดที่ชัดเจนมากและทำกันหลายกลุ่มในประเทศไทย คือ การทำความสะอาดตัวเองได้ โดยการนำเอาอนุภาคนาโนไททานเนียมไดออกไซด์ หรือ ไททานเนียมไปเคลือบผิว ซึ่งอนุภาคนาโนดังกล่าวเมื่อต้องแสง UV ก็จะสร้างอิเล็กตรอนอิสระซึ่งจะไปทำให้สิ่งสกปรกหรือฝุ่นที่มาเกาะเกิดการแตกตัวเนื่องจากไททานเนียมเป็นวัสดุที่ชอบน้ำ ดังนั้นเมื่อฝนตกลงมา มันจะช่วยทำให้น้ำที่เกาะที่ผิวหน้าเกิดเป็นฟิล์มบางและชะล้างเอาสิ่งสกปรกที่สลายตัวแล้วออกไปจากผิวกระจกได้ อีกรางานวิจัยหนึ่งที่น่าสนใจคือการทำกระจกต้านไฟ โดยการนำเอาอนุภาคนาโนซิลิกามาสอดไส้ตรงกลางระหว่างกระจกสองบาน อนุภาคนาโนดังกล่าวจะมีความใส แต่โครงสร้างจะเปลี่ยนไปเมื่อได้รับความร้อนแล้วกลายมาเป็นขุ่น ซึ่งสามารถกันไฟได้ อีกเรื่องที่ทำกันมากคือ กระจกเปลี่ยนสีหรือเปลี่ยนความใสได้ เช่น เมื่อไม่ค่อยมีแสงก็จะใส แต่เมื่อมีแสงมากก็สามารถเปลี่ยนมาเป็นทึบแสง เพื่อบดบังแสงแดดได้

พลาสติก ในประเทศไทยมีบริษัทที่นำเอาพลาสติกกรีไซเคิลมาแปรรูปให้เหมือนไม้ และนำไปใช้งานแทนไม้ ซึ่งหากนำพลาสติกมาผสมกับอนุภาคนาโนเคลย์ (Nano Clays) ก็จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงขึ้นมา และอาจใช้งานแทนคอนกรีตในงานประยุกต์บางอย่างได้ นอกจากนี้ พลาสติกที่มีความใสสูงและใช้นาโนเทคโนโลยีช่วยในการเคลือบผิวให้กันการขูดขีด (Anti-Scratch) ก็สามารถนำไปใช้งานแทนกระจกได้

การเคลือบผิว ที่นำมาใช้ในการก่อสร้าง เช่น ปูนฉาบที่ผสมอนุภาคนาโนไททาเนียม ซึ่งทำให้มีผิวขาวเนียน สามารถทำความสะอาดตัวเองได้ และตะไคร่ไม่เกาะ ในเมื่อมีลานได้มีการทดลองนำอนุภาคดังกล่าวไปเคลือบพื้นผิวถนน ซึ่งให้ผลในการลดมลพิษของก๊าซไนตรัสออกไซด์ได้

ทั้งหมดที่กล่าวมาเป็นการนำเอานาโนเทคโนโลยีมาช่วยในการพัฒนาวัสดุก่อสร้างให้มีคุณสมบัติดีขึ้น แต่นาโนเทคโนโลยีสามารถเข้าไปเกี่ยวข้องได้มากกว่านั้น เช่น การออกแบบหรือสร้างอาคารที่มีความสามารถในการตอบสนองต่อผู้ใช้เช่น เซอร์จอร์จริยะ ไร้สายที่ใช้เทคโนโลยี MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) สามารถนำไปติดตามจุดต่างๆ ในอาคารหรือแม้กระทั่งโรยผสมไปในคอนกรีต แล้วอาศัยพลังงานที่สะสมจากการสั่นหรือจากคลื่นวิทยุจากเครื่องส่ง (แบบเดียวกับ RFID) ในการเก็บข้อมูลและรายงานผลมาที่ศูนย์ควบคุม ซึ่งใช้สั่งการเปิด-ปิดแอร์ การระบายอากาศ พลังอาคารอาจทำจากแผ่นเปล้าแสงอาทิตย์ (Organic Light-emitting Panel) ซึ่งสร้างสภาพแสงธรรมชาติในอาคารหากเทคโนโลยีเหล่านี้ถูกนำมาใช้ผสมผสานกับวัสดุก่อสร้าง ก็จะทำให้สิ่งก่อสร้างหรืองานโยธามีความทันสมัยมากยิ่งขึ้น

ทางหลวงนาโน Nano Highway

เชื่อม โยงกับทางหลวงได้อย่างไร/เอามาใช้ทำอะไร/ใครเอามา นาโนเกี่ยวกับทางหลวงได้อย่างไร

1. นาโนเชื่อม โยงกับทางหลวงได้อย่างไร
2. เอานาโนมาใช้ทำอะไร
3. นาโนเกี่ยวกับทางหลวงได้อย่างไร
4. ใครเป็นคนเอามา

นาโนเทคโนโลยีกับการสร้างทางหลวง

อเมริกาเป็นประเทศที่ได้ตื่นตัวในการนำเทคโนโลยีนาโนมาใช้เกี่ยวกับการสร้างถนน เนื่องจากถนนในอเมริกามีความยาวรวมกันถึง 3.6 ล้านกิโลเมตร เฉพาะงบประมาณที่ใช้ซ่อมแซมถนนก็เกือบสองล้านล้านบาทต่อปี ดังนั้นอเมริกาจึงได้เริ่มโครงการวิจัยขนาดใหญ่เพื่อพัฒนาทางหลวงให้มีความทันสมัยมากยิ่งขึ้นและล้ำยุคที่สุดในศตวรรษที่ 21

งานวิจัยที่กรมทางหลวงสหรัฐให้การสนับสนุน เช่น

- การศึกษาโครงสร้างระดับนาโนในคอนกรีต (เพื่อทำความเข้าใจในเรื่องของการฟุกร่อนของโครงสร้างลงไปถึงระดับนาโน)
- การพัฒนาคอนกรีตที่ใช้วัสดุทางเลือกอื่นๆ เถ้าลอย จีโอโพลิเมอร์ (Geopolymer) เป็นต้น
- การพัฒนาวัสดุผสมเพื่อเสริมโครงสร้างให้แข็งแรงมากยิ่งขึ้น
- การพัฒนาเหล็กกล้าที่มีโครงสร้างนาโนสำหรับทำโครงสร้างสะพานแอสฟัลต์ (Asphalt) ชนิดใหม่ที่ใช้วัสดุทางเลือก เช่น ยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่กระทรวงมหาดไทยจัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ในการนำเอกสารนี้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วัสดุที่ใช้สร้างถนนนั้นจะต้องเป็นวัสดุที่สามารถรักษา-ซ่อมแซม-ทำความสะอาดตัวเองได้ (Self-Healing/Self-repair/Self-Cleaning)

- เครื่องช่วยเซ็นเซอร์ไร้สายที่สามารถติดตามสภาพการใช้งานตลอดจนสามารถรายงานข้อมูลไปที่ศูนย์ข้อมูลได้ ในอนาคตจะมีการพัฒนาเซ็นเซอร์ไร้สายให้มีลักษณะเล็กลงให้มีขนาดเท่าฝุ่น หรือที่เรียกว่าผงอัจฉริยะ (Smart dust หรือ Smart aggregate) ซึ่งสามารถโรยลงไปบนคอนกรีต ขณะที่ทำการก่อสร้างถนน หรือสะพานได้เลย โดยทางหลวงทั้งหมดจะมีลักษณะเหมือนระบบประสาท ที่มีความสามารถในการรับรู้เก็บข้อมูล รายงานผล รับคำสั่งการ ตอบสนองต่อสิ่งเร้า หรืออันตรายต่างๆ ซึ่งประโยชน์ที่จะได้รับคือ ทางหลวงที่มีเซ็นเซอร์แบบนี้สามารถที่จะเตือนภัยผู้ขับขี่ล่วงหน้า ในเรื่องของหมอกควัน ลม ฝน รวมไปถึงการสั่งการให้โครงสร้างพื้นฐานอื่น ๆ ทำงาน เพื่อตอบสนองกับสิ่งเร้า เช่น สัญญาณจราจร สัญญาณฉุกเฉิน ไฟส่องสว่าง ทางหลวงที่สามารถเปิดระบบทำความร้อนได้เองเพื่อละลายหิมะ สะพานที่สามารถปรับรูปร่างเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหวขณะเกิดพายุรุนแรง

แนวคิดทั้งหมดจะเกิดขึ้น ได้ก็อยู่ที่การพัฒนาระบบนาโนเทคโนโลยีในอนาคตให้สอดคล้องกัน และสามารถนำมาใช้ผสมผสานกันได้อย่างลงตัว

#### นาโนเทคโนโลยีในธรรมชาติ

เมื่อพูดถึงนาโนเทคโนโลยี คนทั่วไปได้ยินแล้วอาจจะนึกภาพไม่ออกและดูเหมือนจะไม่ได้สัมผัสกับมัน แต่จริงๆ แล้ว นาโนเทคโนโลยีนั้นมีอยู่แล้วในธรรมชาติ อยู่ในสิ่งต่าง ๆ รอบตัวเรา เพียงแต่บางคนอาจจะไม่ได้สังเกตหรือไม่ได้ให้ความสนใจ ตัวอย่างนาโนเทคโนโลยีที่มีอยู่ในธรรมชาติ ยกตัวอย่างเช่น

1. ตีนตุ๊กแก สัตว์เลื้อยคลานอย่างตุ๊กแกและจิ้งจกสามารถปีนกำแพงหรือเกาะติดผนังที่ราบเรียบและลื่นได้อย่างมั่นคง และในบางครั้งก็สามารถห้อยตัวติดเพดานอยู่ด้วยนิ้วตีนเพียงนิ้วเดียว ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะบริเวณใต้อุ้งตีนของตุ๊กแกจะมีขนขนาดเล็กที่เรียกว่าซีต (Setae) จำนวนนับล้านเส้นเรียงตัวอัดแน่นอยู่ โดยที่ส่วนปลายของขนซีตแต่ละเส้นนี้ก็ยังมีเส้นขนที่มีขนาดเล็กกว่าที่เรียกว่าสปาตุเล่ (Spatulae) ประกอบอยู่อีกหลายร้อยเส้น โดยที่สปาตุเล่แต่ละเส้นจะมีขนาดเล็กประมาณ 200 นาโนเมตรและที่ปลายของสปาตุเล่แต่ละเส้นจะสามารถสร้างแรงดึงดูดทางไฟฟ้าที่เรียกว่าแรงแวนเดอวาลส์ (Van Der Waals Force) เพื่อให้ในการยึดติดกับโมเลกุลของสสารที่เป็นส่วนประกอบของผนังหรือเพดานได้ ถึงแม้ว่าแรงแวนเดอวาลส์จะเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่อ่อนแอมาก แต่การที่ตีนตุ๊กแกมีเส้นขนสปาตุเล่อยู่หลายล้านเส้นจึงทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวทางไฟฟ้าขึ้นอย่างมหาศาลจนสามารถทำให้ตีนตุ๊กแกยึดติดกับผนังได้อย่างเหนียวแน่น ด้วยหลักการนี้เองจึงทำให้นักวิทยาศาสตร์ได้คิดค้นเทคโนโลยีแถบยึดตุ๊กแก (gecko tape) ขึ้นมาจากวัสดุสังเคราะห์ชนิดใหม่ที่มีลักษณะเป็นขนขนาดนาโน (Nanosopic Hairs) เลียนแบบขนสปาตุเล่ที่อยู่บนตีนตุ๊กแกในธรรมชาติ เพื่อนำไปผลิตแถบยึดที่ปราศจากการใช้กาว และผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ อย่าง ถุงมือ ผ้าพันแผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้เห็นใจเรื่องลิขสิทธิ์ของเอกสารนี้  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลอดจนสามารถพัฒนาไปเป็นล้อของหุ่นยนต์ที่สามารถไต่ผนังหรือเคลื่อนที่ขึ้นลงในแนวดิ่งได้อีกด้วย

2. ไบบัว (สารเคลือบนาโน) การที่ไบบัวมีคุณสมบัติที่เกลียดน้ำก็เพราะว่าพื้นผิวของไบบัวมีลักษณะคล้ายกับหามขนาดเล็กจำนวนมากเรียงตัวกระจายอยู่อย่างเป็นระเบียบโดยที่หามขนาดเล็กเหล่านี้ก็ยังมีปุ่มเล็กๆ ที่มีขนาดในช่วงระดับนาโนเมตรและเป็นสารที่มีคุณสมบัติคล้ายจีฟังก์ซึ่งเกลียดน้ำเคลือบอยู่ภายนอกอีกด้วย จึงทำให้น้ำที่ตกลงมาบนไบบัวมีพื้นที่สัมผัสน้อยมากและไม่สามารถซึมผ่านหรือกระจายตัวแผ่ขยายออกในแนวกว้างบนไบบัวได้ ดังนั้นน้ำจึงต้องม้วนตัวเป็นหยดน้ำขนาดเล็กกลิ้งไปรวมกันอยู่ที่บริเวณที่ต่ำที่สุดบนไบบัว นอกจากนี้สิ่งสกปรกทั้งหลายไม่ว่าจะเป็นผงฝุ่น เชื้อแบคทีเรีย และเชื้อรา ก็ไม่สามารถเกาะติดแน่นอยู่กับไบบัวได้เช่นเดียวกันเพราะว่ามีพื้นที่สัมผัสกับไบบัวได้แค่เพียงบริเวณปลายยอดของหามเล็กๆ แต่ละอันเท่านั้น ดังนั้นเมื่อเวลาที่มีน้ำตกลงมาสิ่งสกปรกที่เกาะอยู่บนไบบัวก็จะหลุดติดไปกับหยดน้ำอย่างง่ายดายจึงทำให้ไบบัวสะอาดอยู่ตลอดเวลา นักวิทยาศาสตร์จึงได้นำหลักการของน้ำกลิ้งบนไบบัว (lotus effect) มาใช้ในการสังเคราะห์วัสดุชนิดใหม่เลียนแบบคุณลักษณะของไบบัว หรือการนำไปประยุกต์ใช้เป็นสีทาบ้านที่สามารถไม่เปียกน้ำและสามารถทำความสะอาดตัวเองได้ รวมไปถึงการพัฒนาเป็นเสื้อผ้ากันน้ำไว้รอยคราบสกปรก

3. เปลือกหอยเป่าฮือ (นาโนเซรามิกส์) สารเคมีที่เป็นองค์ประกอบหลักของเปลือกหอยเป่าฮือคือ แคลเซียมคาร์บอเนต ( $CaCO_3$ ) ซึ่งเป็นสารชนิดเดียวกันกับชอล์กเขียนกระดาน อย่างไรก็ตาม ลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของเปลือกหอยและชอล์กมีความแตกต่างกันอย่างสิ้นเชิง โดยที่ชอล์กจะเปราะ หักง่าย เป็นผงฝุ่นสีขาว แต่เปลือกหอยจะมีลักษณะเป็นมันวาวและมีความแข็งแรงสูงมาก ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะการจัดเรียงตัวในระดับโมเลกุลของแคลเซียมคาร์บอเนตที่พบในชอล์กและเปลือกหอยมีความแตกต่างกันมาก โดยเมื่อใช้กล้องขยายกำลังสูงส่องดูโครงสร้างระดับโมเลกุลของเปลือกหอยเป่าฮือพบว่าการจัดเรียงตัวของโมเลกุลแคลเซียมคาร์บอเนตมีลักษณะคล้ายเป็นกำแพงอิฐก่อที่เรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ โดยที่ก้อนอิฐขนาดนาโนแต่ละก้อนนี้จะเชื่อมติดกันด้วยกาที่เป็นโปรตีนและพอลิแซคคาไรด์ จากโครงสร้างที่จัดเรียงกันอย่างเป็นระเบียบนี้จึงทำให้เปลือกหอยเป่าฮือทนทานต่อแรงกระแทกมาก ยกตัวอย่างเช่น ใ้ก้อนหุบไม่แตก เปลือกหอยเป่าฮือ เป็นตัวอย่างที่ดีในการอธิบายคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของวัสดุต่างๆ ที่มีองค์ประกอบเป็นสารเคมีชนิดเดียวกันทุกประการแต่มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไปตามการจัดเรียงตัวของโครงสร้างในช่วงนาโน เช่น อะตอมและ โมเลกุล ดังนั้นนักนาโนเทคโนโลยีจึงสามารถใช้ความรู้นี้ในการสร้างวัสดุใหม่ๆ ให้มีคุณสมบัติต่างไปจากเดิมได้

4. ผีเสื้อบางชนิด (Polyommatus sp.) สามารถดึงดูดเพศตรงข้ามหรือหลบหนีศัตรูได้โดยการเปลี่ยนสีปีก เช่นจากสีน้ำเงินไปเป็นสีน้ำตาล ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสีปีกนี้ไม่ได้อาศัยสารมีสีชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้เห็นประโยชน์ด้านการศึกษา

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาเอกสารนี้ส่งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บนปีก โดยถ้ามุมที่แสงตกกระทบมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย สีที่ปรากฏบนปีกผีเสื้อก็จะแตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น ถ้าแสงแดดมาตกกระทบกับโครงสร้างที่อยู่ในปีกผีเสื้อในมุมใดมุมหนึ่ง จะสะท้อนแสงสีน้ำเงินออกมา แต่ในขณะที่เดียวกันก็ดูดซับแสงสีอื่นๆ ไว้ทั้งหมด ทำให้เราเห็นผีเสื้อมีปีกสีน้ำเงิน เมื่อนักวิทยาศาสตร์ใช้กล้องขยายกำลังสูงส่องดูปีกผีเสื้อชนิดที่สามารถเปลี่ยนสีที่พบรุปรุนที่มีขนาดในช่วงนาโนจำนวนมหาศาลเรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบซึ่งทำหน้าที่เป็นเสมือนผลึกโฟโตนิกส์ในธรรมชาติ นอกจากนี้นักวิทยาศาสตร์ยังได้ตั้งสมมุติฐานว่าการเปลี่ยนสีของปีกผีเสื้อชนิดนี้ยังเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิได้อีกด้วย ซึ่งจากการค้นพบนี้ทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างผลึกโฟโตนิกส์สังเคราะห์ที่ยืดหยุ่นได้ดีและเปลี่ยนคุณสมบัติไปตามอุณหภูมิที่เปลี่ยนไป ซึ่งสามารถนำไปใช้ผลิตเสื้อผ้าป้องกันความร้อนที่ใช้ในทะเลทรายหรือห้วงอวกาศ

5. ไยแมงมุม (เส้นใยนาโน)แมงมุมเป็นสัตว์เพียงชนิดเดียวที่สามารถสร้างและปั่นทอเส้นใยได้ โดยที่ใยแมงมุมเป็นเส้นใยที่มีความแข็งแรงและเหนียวมาก ไยแมงมุมสามารถหยุดแมลงที่บินด้วยความเร็วสูงสุดได้โดยที่ใยแมงมุมไม่ขาด นักวิทยาศาสตร์พบว่าแมงมุมมีต่อมพิเศษที่สามารถหลั่งโปรตีนที่ละลายในน้ำได้ชนิดหนึ่งชื่อว่า ไฟโบรอิน (Fibroin) โดยเมื่อแมงมุมหลั่งโปรตีนชนิดนี้ออกมาจากต่อม ดังกล่าวโปรตีนดังกล่าวจะเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นของแข็ง หลังจากนั้นแมงมุมก็จะใช้ขาในการถักทอโปรตีนเหล่านี้เป็นเส้นใยที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งก็คือใยแมงมุมนั่นเอง บริษัทใน ต่างประเทศแห่งหนึ่งสามารถสร้างใยแมงมุมเลียนแบบแมงมุมได้ โดยการตัดต่อยีนที่ควบคุมการสร้างโปรตีนไฟโบรอินจากแมงมุมแล้วนำไปใส่ไว้ในโครโมโซมของแพะ เพื่อให้แพะมีโปรตีนใยแมงมุม ก่อนที่จะแยกโปรตีนออกมาแล้วปั่นทอเป็นเส้นใยเพื่อใช้ในการผลิตเสื้อผ้ากระดานกระสุนที่แข็งแรงแต่มิมีน้ำหนักเบา โดยเส้นใยที่สร้างขึ้นนี้มีความแข็งแรงมากกว่าเหล็กถึงห้าเท่าเมื่อมีน้ำหนักเท่ากัน นอกจากนี้ยังสามารถนำใยแมงมุมไปใช้เป็นเส้นใยผ้ารักษาแผลสดได้นอกจากตัวอย่างที่กล่าวข้างต้นแล้ว อีกตัวอย่างหนึ่งของนาโนวิศวกรรมในธรรมชาติ คือ ถ่าน กราไฟต์ และเพชร ซึ่งก็ล้วนประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอน แต่มีการจัดเรียงโครงสร้างให้มีระเบียบต่างกัน จึงทำให้คุณสมบัติต่างกันอย่างชัดเจน หรือเอนไซม์ต่างๆ ที่จำเป็นต่อกระบวนการทำงานในร่างกายซึ่งเป็นโปรตีนอันประกอบด้วยหน่วยย่อยของแต่ละโมเลกุลของกรดอะมิโนต่อกันก็จัดเป็นเครื่องจักรระดับโมเลกุลที่มีประสิทธิภาพสูงเช่นกัน ประสิทธิภาพของของเล็กๆ ในธรรมชาตินี้ย่อมแสดงให้เห็นความสำคัญอย่างใหญ่หลวงของนาโนเทคโนโลยี และเมื่อธรรมชาติสร้างได้ ทำไมมนุษย์จะสร้างของเล็กๆ ที่มีประสิทธิภาพสูงพวกนี้บ้างไม่ได้

**พัฒนาการของนาโนเทคโนโลยี**

เทคโนโลยีที่อารยธรรมของมนุษย์ได้พัฒนาขึ้นมา มี 2 แบบ คือ

1. เทคโนโลยีแบบหยาบ (Bulk Technology) คือเทคโนโลยีที่ใช้จัดการกับสิ่งต่างๆ หรือ

ผลิตสิ่งต่างๆ โดยอาศัยวิธีการ เช่น ตัด กลึง บิน อัด ต่อ งอและอื่นๆ หรืออาจใช้วิธีทางเคมีโดยการ  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่ในวงกว้างขึ้นเพื่อการรณรงค์เท่านั้น มิใช่มุ่งให้เห็นประโยชน์เชิงพาณิชย์แต่ประการใด  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผสมให้ทำปฏิกิริยา โดยพยายามควบคุมสภาวะต่างๆ ให้เหมาะสม แล้วปล่อยให้สสารทำปฏิกิริยา  
กันเอง เทคโนโลยีแบบนี้สามารถใช้สร้างสิ่งเล็กๆ ได้ก็จริง แต่ขาดความแม่นยำและมีความ  
บกพร่องสูง การนำเทคโนโลยีแบบหยาบไปสร้างสิ่งเล็กๆ เช่น ไมโครชิพ เราเรียกว่าเป็นการใช้  
เทคโนโลยีแบบบนลงล่าง (Top-Down Technology) ซึ่งมีขีดจำกัดสูง ซึ่งอุตสาหกรรมผลิตไมโครชิพ  
ที่กำลังเผชิญปัญหาในการผลิตวงจรที่ระดับ 0.2 - 0.3 ไมครอนอยู่ แม้ว่าวิศวกรอิเล็กทรอนิกส์  
ทั้งหลายจะภูมิใจกับความแม่นยำในระดับนี้ แต่ความเป็นจริงก็คือ ทรานซิสเตอร์ที่ผลิตได้ในระดับ  
นี้ก็ยังมีจำนวนอะตอมอยู่ระดับล้านล้านอะตอม เรากจึงเรียกเทคโนโลยีในปัจจุบันของมนุษย์  
แม้กระทั่งเทคโนโลยีที่ใช้ผลิตคอมพิวเตอร์ซึ่งใครๆ ต่างเข้าใจว่า เป็นเทคโนโลยีไฮเทคนี้ว่า  
เทคโนโลยีแบบหยาบ

2. เทคโนโลยีระดับโมเลกุล (Molecular Technology) คือเทคโนโลยีที่ใช้จัดการกับ สิ่ง  
ต่างๆ หรือผลิตสิ่งต่างๆ โดยการนำอะตอมหรือโมเลกุลมาจัดเรียง ณ ตำแหน่งที่ต้องการอย่าง  
แม่นยำ สิ่งที่เกิดขึ้นมาอาจเป็นสิ่งเล็กๆ หรือเป็นสิ่งใหญ่ก็ได้ การนำเอาเทคโนโลยีระดับโมเลกุล  
ไปสร้างสิ่งที่ใหญ่ขึ้นมา (เช่น พืชสร้างผนังเซลล์จากการนำเอาโมเลกุลน้ำตาลมาต่อกัน) นี้จะใช้  
เทคโนโลยีแบบล่างขึ้นบน (Bottom-Up Technology) เทคโนโลยีระดับโมเลกุลนี้เองที่เป็นนาโน  
เทคโนโลยี

นาโนเทคโนโลยีไม่ใช่ของใหม่ แต่มีกำเนิดมาในโลกนี้แล้วเมื่อประมาณ 3,500 ล้านปี  
โดยสิ่งมีชีวิตเซลล์แรกได้ถือกำเนิดขึ้น เซลล์ดังกล่าวถือได้ว่าเป็นจักรกลชีวภาพ (Biomachines) ที่มี  
ขนาดอยู่ในช่วงของนาโน โดยสามารถเพิ่มจำนวนตนเองและหาแหล่งพลังงานเพื่อใช้ในการ  
ดำรงชีวิตของตนเองได้ หลังจากที่ อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein) ได้ตีพิมพ์ผลงานวิจัยที่  
ค้นพบว่าโมเลกุลของน้ำตาลมีขนาดประมาณ 1 นาโนเมตร ในปี ค.ศ. 1905 คำว่า “นาโน” ก็เป็นที่  
รู้จักกันในวงการวิทยาศาสตร์ แต่ผู้เป็นบิดาแห่งนาโนเทคโนโลยีตัวจริง คือ ริชาร์ด ฟายน์แมน ที่ได้  
กล่าวถึงการศึกษาทางด้านนาโนเทคโนโลยีเป็นครั้งแรกในการปาฐกถาเรื่อง There is Plenty of  
Room at the Bottom ที่กล่าวว่าข้างล่างยังมีที่ว่างอีกเยอะ ในปี ค.ศ. 1959 ซึ่งนำไปสู่การศึกษา  
เกี่ยวกับการจัดการในระดับของอะตอมและโมเลกุลของสสารในเวลาต่อมา ถึงแม้ว่าในสมัยนั้นนา  
โนเทคโนโลยีในทัศนะของฟายน์แมนคือ การสร้างเครื่องมือที่มีขนาดใหญ่เพื่อนำไปสร้างเครื่องมือ  
ที่มีขนาดเล็กลงไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้เครื่องมือที่เล็กมากจนสามารถใช้สร้างสิ่งที่มีขนาดในระดับ  
นาโน (Nanostructure) แต่นาโนเทคโนโลยีในความหมายของนักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันคือ การ  
สร้างโดยเริ่มจากสิ่งทีเล็กที่สุด ระดับอะตอมหรือโมเลกุลขึ้นไป มาจัดเรียงกันทีละอะตอมหรือทีละ  
โมเลกุล แล้วทำให้ได้สิ่งที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและมีโครงสร้างเป็นระเบียบตามที่ต้องการ ฟิสิกส์ของ  
อะตอม และ กลศาสตร์ควอนตัมเป็นจุดเปลี่ยนเทคโนโลยีแบบหยาบ ไปสู่เทคโนโลยีระดับโมเลกุล  
ระหว่างปี ค.ศ. 1900-1950 เป็น 50 ปีแห่งการพัฒนาทฤษฎีควอนตัม กลศาสตร์ควอนตัมไม่จำกัดอยู่

เฉพาะสาขาวิชาฟิสิกส์เท่านั้น แต่ยังเป็นพื้นฐานของวิชาเคมีด้วย กล่าวได้ว่าหากไม่มีกลศาสตร์ควอนตัม  
เอกสารนี้จะไม่เกิดขึ้นหรือสิ่งอื่นใดหรือการเชิงอื่นเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นาเบเซบระเขยชนดานการคา  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วอนต์ก็ไม่มีเคมี เพราะเราไม่อาจอธิบายสมบัติในระดับอะตอมและ โมเลกุล และได้ขยายผลไปสู่ สาขาชีววิทยา และ ชีววิทยาระดับ โมเลกุลด้วย ทำให้ปัจจุบันเรามีความเข้าใจต่อกลไก มีผลไปสู่การ พัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ ทำให้ความเป็นอยู่ของมนุษย์ดีขึ้น

### กลศาสตร์ควอนตัมและแนวคิดควอนตัม

ก่อนหน้าศตวรรษที่ 20 หลักการทางฟิสิกส์เกี่ยวกับสสารและวัตถุยึดถือตามแนวคิดและ สูตรของนิวตัน ซึ่งเป็นพื้นฐานของทฤษฎีกลศาสตร์คลาสสิก กฎเหล่านี้สามารถอธิบายการเคลื่อนที่ ของวัตถุได้อย่างแม่นยำ ไม่ว่าจะเป็นการเคลื่อนที่ของรถยนต์ วิถีของลูกฟุตบอลหรือผลจากแรง ไน้ม่วงที่มีต่อดวงดาว แต่เมื่อนักฟิสิกส์ศึกษาโครงสร้างในระดับที่เล็กลงในระดับนาโนหรือเล็ก กว่า ทฤษฎีกลศาสตร์ไม่สามารถอธิบายได้ อะตอมไม่ได้มีอิทธิพลเหมือนดวงดาวในระบบสุริยะ และอิเล็กทรอนิกส์อนิเมคคุณสมบัติที่แปลกประหลาดโดยเป็นทั้งคลื่นและอนุภาค จากการค้นพบและ ความก้าวหน้าที่เกิดขึ้นในระยะหลังทำให้เกิดทฤษฎีใหม่เข้าแทนที่หลักการบางด้านของทฤษฎี กลศาสตร์ เรียกว่ากลศาสตร์ควอนตัมกลศาสตร์ควอนตัมเป็นแนวคิดที่ครอบคลุมหลายสิ่งที่น่าสนใจ อลังการ และท้าทาย โดยเฉพาะในระดับที่เล็กจิ๋ว พลังงานและประจุที่สสารได้รับ ไม่ได้มีลักษณะ เป็นกระแสที่ต่อเนื่องไม่มีที่สิ้นสุด แต่การรับพลังงานเป็นไปในลักษณะเป็นก้อนกึ่งที่ละกึ่งกั้น ที ละกั้น ก้อนพลังงานเหล่านี้เรียกกันว่า ควอนต้า (Quanta พหูพจน์ของควอนตัม) ถ้าเกี่ยวข้องกับ พลังงาน และจะเรียกเป็นหน่วยประจุไฟฟ้าถ้าเกี่ยวข้องกับประจุไฟฟ้า ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงประจุ ของอ็อนจะทำได้โดยการเพิ่มหรือลดอิเล็กตรอนทีละตัว เป็นไปไม่ได้ที่จะเพิ่มหรือลดอิเล็กตรอน ทีละครึ่งตัว ความหมายอย่างง่ายของ ควอนตัม ก็คือ จำนวนที่นับได้นั่นเอง เพราะสารในโลก อะตอมเราจะนับเป็นจำนวนอะตอมๆ ไป จะเป็นไปไม่ได้ว่าจะมาขอกันครึ่งอะตอมวิถีแห่งควอนตัมไม่ใช่วิถีปกติของโลกที่เรารู้จักคุ้นเคย ตามปกติเราจะคิดถึงไฟฟ้าเป็นกระแสที่ต่อเนื่อง เรา คิดถึงแรงที่กระทบลูกบอลหรือลูกบิลเลียดเป็นลักษณะหนักหรือเบา เป็นความแรงที่ต่อเนื่อง ยิ่งถ้า เราใช้แรงกระแทกมาก ลูกบอลหรือลูกบิลเลียดก็ยิ่งพุ่งออกไปเร็วขึ้น อย่างไรก็ตามมีบางตัวอย่างใน ชีวิตประจำวันที่เปรียบได้กับวิถีแห่งควอนตัม นั่นคือปริมาณเงิน โดยทั่วไปเรานับเงินเป็นหน่วยๆ เสมอ ไม่ว่าจะป็นหน่วยใหญ่หรือหน่วยเล็กก็ตาม เราไม่สามารถแยกสลายหน่วยเงินลงเป็นกระแส ที่ไม่มีปริมาณคงที่หลักการควอนตัมถูกนำไปใช้เป็นหลักการพื้นฐานในการอธิบายพฤติกรรม/ คุณสมบัติของโครงสร้างนาโนหลายๆ ด้าน ตัวอย่างเช่น การกำหนดว่าสายส่งกระแสจะมีขนาดเล็ก สุดแค่ไหน โดยที่ยังสามารถส่งประจุไฟฟ้าได้ หรือจะให้พลังงานแก่มอเลกุลได้มากสักเท่าใด โดย ไม่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะของประจุ หรือสถานะที่เป็นหน่วยความจำกลศาสตร์ควอนตัม มีความสำคัญต่อนาโนเทคโนโลยีหลายๆ ด้าน รวมทั้งการทำความเข้าใจในแง่มุมทางออปติกส์ (Optics) ซึ่งได้แก่การที่แสงมีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุ ตัวอย่างเช่น โมเลกุลขนาดใหญ่ที่มีชื่อว่า Phthalocyanine เป็นตัวทำให้เกิดสีน้ำเงินในกางเกงยีน เมื่อเปลี่ยนโครงสร้างเลขาคณิตหรือ โครงสร้างทางเคมีจะทำให้กลายเป็นสีเขียวหรือสีม่วง การเปลี่ยนแปลงสีเกิดจากขนาดของควอนต้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเขียนขึ้นเพื่อการวิจัยเท่านั้น เมื่อผู้ใช้เห็นใบเขียวหรือเขียนขึ้นเพื่อการวิจัย ไม่ควรเผยแพร่ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสงที่มีปฏิสัมพันธ์กับ โมเลกุลที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งส่งผลต่อการรับภาพสีของสายตาเช่นเดียวกับการเปล่งสีเขียวหรือเหลืองของหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งขึ้นอยู่กับ โมเลกุลหรือ โครงสร้างนาโนที่ตัวหลอด ดังนั้นเราจึงเห็นทงมีสีเปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีขนาดเล็กลงในระดับจิ๋ว

เครื่องมือที่ใช้ในงานนาโนเทคโนโลยี

### 1. เครื่อง Scanning Tunneling Microscope (STM)

อย่างที่ทราบกันดีแล้วว่านาโนเทคโนโลยี เกี่ยวกับการจัดเรียงตัวของอนุภาคขนาดเล็ก เช่น อะตอมหรือ โมเลกุลเข้าด้วยกัน ดังนั้นเครื่องมือที่ใช้จึงต้องมีความสามารถในการมองเห็นอะตอมได้ ซึ่ง ดร. เกร็ด บินนิก (Gerd Binnig) และ ดร. ไฮริช รอโร (Heinrich Rohrer) เป็นผู้ประดิษฐ์กล้องจุลทรรศน์ชนิดพิเศษขึ้นมาที่เรียกว่า Scanning Tunneling Microscope หรือที่เรียกย่อว่า STM ซึ่งสามารถให้เราได้เห็นภาพของอะตอมเป็นครั้งแรก ในปี ค.ศ. 1981 และได้รับรางวัลโนเบลจากผลงานนี้ในปี ค.ศ. 1986 กล้องนี้ทำงานด้วยการใช้ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า บังคับปลายเข็มที่แหลมมาก หัวเข็มนี้เป็นหัวอ่านขนาดจิ๋วที่ใช้ส่งกวาด (สแกน) บนพื้นผิวของโลหะที่เป็นตัวนำไฟฟ้าและวัดกระแสไฟฟ้าแล้วส่งสัญญาณไฟฟ้าเพื่อมาสร้างเป็นภาพของพื้นผิวนั้นได้ ซึ่งก็เป็นวิธีการคล้ายกับการทำงานของเครื่องเล่นแผ่นเสียงที่แปลงข้อมูลที่ฝังอยู่บนแผ่นมาเป็นสัญญาณไฟฟ้าและเป็นเสียงหรือภาพในที่สุดนอกจาก STM จะทำให้เราสามารถมองเห็นอะตอมได้เป็นครั้งแรกแล้ว เครื่องมือนี้ยังสามารถนำมาใช้เคลื่อนย้ายและจัดเรียงอะตอมให้อยู่บนพื้นผิวตามตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งในปี ค.ศ. 1989 ดร. ดอน ไอเกลอร์ (Don Eigler) นักฟิสิกส์จากบริษัท ไอบีเอ็ม จำกัด เป็นผู้แรกที่สาธิตการนำอะตอม 35 อะตอม ของก๊าซซีนอน (xenon) มาเรียงบนผิวของโลหะนิเกิล (Nickel) เป็นตัวอักษร IBM ที่เล็กที่สุดในโลกอีกทั้ง ดร. ไอเกลอร์ และทีมงานยังสามารถสร้างกับดักอิเล็กตรอนที่เรียกว่า “ปะการังควอนตัม” (Quantum Corral) ทำให้เห็นภาพปฏิกิริยาตอบสนองของคลื่นอิเล็กตรอนและคุณสมบัติทางควอนตัมได้เป็นครั้งแรกโดยการวางอะตอมของธาตุเหล็ก 48 อะตอม เป็นรูปร่างกลมบนพื้นผิวโลหะของธาตุทองแดง อะตอมของธาตุเหล็ก 48 อะตอม

ตัวอักษร IBM ที่เล็กที่สุดในโลก

หลักการและขั้นตอนในการใช้เครื่อง STM แบ่งเป็น 2 วิธีการหลักกล่าวคือ

1. การสแกนภาพอะตอม (Atom Imaging Mode) วิธีนี้เป็นการใช้หัวเข็ม STM ที่แหลมมากในการสแกน ไปบนพื้นผิวของ โลหะที่มีอะตอมวางอยู่ การบังคับปลายเข็มทำได้โดยใช้ความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้าในการกระตุ้นผลึกเซรามิกส์ที่ยึดติดกับหัวเข็มให้หดหรือคลายตัว โปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถนำมาใช้ในการใส่ข้อมูลหรือตัวแปรที่ต้องการควบคุม ตัวอย่างเช่น พื้นที่ในการสแกน ค่าความต่างศักย์และกระแสไฟฟ้า เป็นต้น ในขณะที่การสแกน สัญญาณไฟฟ้าจะถูกนำมาสร้างเป็นภาพจำลองของพื้นผิวนั้นได้

2. การเคลื่อนย้ายอะตอม (Atom Manipulation Mode) วิธีนี้จะใช้หัวเข็มในการหยิบอะตอม และเคลื่อนย้ายไปวาง ณ จุดที่ต้องการ การเคลื่อนย้ายอะตอมทำได้โดยโดยควบคุมความต่างศักย์ และกระแสไฟฟ้าควบคุมปลายหัวเข็มของ STM นำไป “ผลัก” และเคลื่อนย้ายอะตอมไปวาง ณ จุดที่ต้องการแล้วจำลองหลักการการจัดเรียงอะตอม ปัจจัยที่จะนำไปสู่ความสำเร็จในการเคลื่อนย้ายอะตอมมีอยู่หลายปัจจัยด้วยกัน ตัวอย่างเช่น ปลายหัวเข็มอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ต้องมีความแหลมคมอย่างยิ่งยวด ผิวโลหะที่วางอะตอมต้องมีความสะอาดสูงปราศจากสิ่งปนเปื้อน เป็นพื้นผิวไม่นานมานี้ทางทีมนักวิจัยของ ดร. คอน ไอเกลอร์ที่ IBM Almaden Research Center ได้ร่วมมือกับนักวิจัยไทยจากศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (นาโนเทค) ใช้นาโนเทคโนโลยีในการจัดเรียงตัวคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จำนวน 50 โมเลกุล เขียนลงบนผิวของโลหะทองแดง (Cu) เป็นพระภรรมาภิไทยย่อ ภ.ป.ร. เพื่อเทิดพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวฯ ในฐานะที่เป็นพระบิดาแห่งเทคโนโลยีไทย ซึ่งนับเป็นครั้งแรกของประวัติศาสตร์โลกที่อักษรไทยได้ถูกจารึกไว้ในระดับอะตอม พระภรรมาภิไทยย่อ ภ.ป.ร. นี้มีขนาดความยาว 14 นาโนเมตร และความสูง 7 นาโนเมตร ตัวอักษร “ภ” เขียนด้วยคาร์บอนมอนอกไซด์ 17 โมเลกุล ตัวอักษร “ป” เขียนด้วยคาร์บอนมอนอกไซด์ 18 โมเลกุล และ ตัวอักษร “ร” เขียนด้วยคาร์บอนมอนอกไซด์ 15 โมเลกุล

พระภรรมาภิไทยย่อ ภ.ป.ร เครื่อง STM

แม้ว่าการจัดเรียงอะตอมโดยเครื่อง STM นี้ยังอยู่เพียงแค่ขั้นการวิจัยและพัฒนา ยังไม่สามารถใช้ได้เชิงอุตสาหกรรม แต่ได้แสดงให้เห็นถึงก้าวแรกของนาโนเทคโนโลยี ที่ไปถึงจุดมุ่งหมายสูงสุด นั่นคือ การที่เราสามารถนำอะตอมหรือ โมเลกุลมาจัดเรียงในตำแหน่งที่ต้องการอย่างแม่นยำและถูกต้อง ส่งผลต่อการควบคุมโครงสร้างของวัสดุหรือสสารให้มีคุณสมบัติพิเศษทางด้านฟิสิกส์ เคมี หรือชีวภาพ ก่อให้เกิดเป็นนวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ต่อมนุษย์ได้มากมายมหาศาล ความสามารถในการจัดเรียงอะตอมของคาร์บอนมอนอกไซด์บนผิวของโลหะทองแดงนี้ ได้ถูกนำมาสร้างเป็นวงจรรขนาดจิ๋วที่ใช้ในการคำนวณได้จริง และในอนาคตอาจจะนำไปใช้สร้างเป็นคอมพิวเตอร์จิ๋วจากอะตอมที่มีประสิทธิภาพยิ่งยวด

## 2. กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม หรือ เอเอฟเอ็ม

หลักการทำงานของกล้องจุลทรรศน์ชนิดนี้คือ การใช้อุปกรณ์ตรวจหรือโพรบ (probe) ที่มีปลายแหลมเล็กซึ่งติดอยู่กับคานที่มีการโค้งงอตัวได้ แม้ว่าแรงกระทำที่ปลายจะมีขนาดน้อยมากในระดับอะตอม เมื่อปลายแหลมนี้ถูกลากไปบนพื้นผิวของวัสดุที่ต้องการศึกษา แรงปฏิกิริยาในแนวตั้งฉากกับพื้นผิวที่เกิดขึ้นกับปลายแหลมจะทำให้คาน โค้งงอตัว และสามารถระบุให้ทราบถึงลักษณะพื้นผิวของวัสดุนั้นๆ ว่ามีหลุมมีเนินในบริเวณใดบ้าง เมื่อนำเอาแรงที่เกิดขึ้นที่จุดต่างๆ นี้มาประกอบกันก็จะได้เป็นภาพรวมของพื้นผิวของวัสดุที่เราศึกษานั้นเอง ด้วยหลักการนี้ หากสามารถควบคุมปลายแหลมของอุปกรณ์ของเอเอฟเอ็มในการสัมผัสพื้นผิวได้ ก็ควรที่จะสามารถใช้ปลายนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการสร้างแรงผลักดันเพื่อเคลื่อนย้ายอะตอมของวัสดุได้เช่นกัน โดยทั่วไปวิธีการทำงานของเอเอฟเอ็ม แบ่งเป็น 2 วิธีคือ การสัมผัสแบบต่อเนื่อง ได้แก่ การสัมผัสพื้นผิวพร้อมกับการลากปลายแหลมไปบนพื้นผิวนั้นๆ ข้อเสียของวิธีนี้คือ จะทำให้เกิดแรงต้านขึ้นในแนวของการเคลื่อนที่ซึ่งขนานกับพื้นผิว อันอาจทำให้คานของโพรบที่ใช้วัดเกิดการ โกงงอตัว โดยที่มีได้เกิดจากแรงกระทำที่ปลาย เนื่องจากแรงในแนวตั้งฉากเพียงอย่างเดียว จึงทำให้ข้อมูลความสูงของพื้นผิวที่วัดได้นั้นผิดไปจาก ความสูงที่แท้จริง ส่วนอีกวิธีเป็นการสัมผัสแบบไม่ต่อเนื่อง โดยให้สัมผัสกับพื้นผิวเป็นระยะเวลาสั้นๆ ในแนวตั้งฉากกับพื้นผิว คล้ายกับการใช้ปลายนิ้วเคาะโต๊ะเป็นจังหวะๆ นั่นเอง ด้วยลักษณะ การสัมผัสแบบนี้แรงต้านในแนวตั้งฉากจะไม่เกิดขึ้น แต่เนื่องจากปลายแหลมสัมผัสพื้นผิวเป็นระยะสั้นๆ จึงทำให้เกิดการสั่นของคาน ซึ่งส่งผลให้ค่าสัญญาณวัดได้นั้น ไม่คงที่เนื่องจากการใช้เอเอฟเอ็มเพื่อแสดงพิกัดความสูงของพื้นผิวจากแรงที่วัดได้เพียงอย่างเดียวนั้นอาจไม่เพียงพอต่อการสร้างความเข้าใจให้แก่นักวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของวัสดุในระดับอะตอม

#### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตัวอย่างงานวิจัยในด้านต่าง ๆ ที่จะนำไปสู่การปรับปรุงโฉมใหม่ของทางหลวงแบบนาโน ในประเทศอเมริกาในอีกทศวรรษหน้า

1. คอนกรีต ได้มีการพัฒนาทำให้คอนกรีตมีความแข็งแรง โดยการพัฒนากาว C-S-H (แคลเซียม-ซิลิเกต-ไฮดรอกไซด์) มีโครงสร้างนาโนที่ดี และทำหน้าที่ยึดเกาะประสานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ไม่ต้องมีการพัฒนาในเรื่องนี้เหตุผลก็เพราะว่าเมื่อคอนกรีตทำปฏิกิริยากับเกลืออัลคาไลน์จะทำให้ (คอนกรีต) บวมและอ่อนกำลัง ซึ่งเป็นสิ่งร้ายแรงที่เกิดขึ้นกับโครงสร้างคอนกรีตทั่วโลก รวมทั้งที่สนามบินสุวรรณภูมิ การเติมอนุภาคนาโนซิลิกาจะช่วยแก้ปัญหานี้ได้ ได้มีการทดลองใส่ นาโนซิลิกาที่เหลือทิ้งจากโรงงานกระจกเข้าไปในคอนกรีตแล้วพบว่าสามารถเพิ่มกำลังของคอนกรีตได้ นอกจากนี้ยังพบว่าถ้าต้องการให้มีแรงอัด และแรงต้านการแตกร้าวมากขึ้น สามารถนำคอนกรีตไปผสมกับเส้นใยนาโนของเหล็ก และถ้าต้องการเพิ่มความต้านทานต่อสารเคมี และลดการซึมของน้ำ ก็สามารถทำคอนกรีตผสมกับอนุภาคดินนาโน และพอลิเมอร์ (Nano Clay Polymer) เป็นต้น

2. แอสฟัลต์ หรือยางมะตอย (แต่เดิมถนนที่ทำจากยางมะตอยจะเป็นที่นิยม เพราะราคาถูก ซ่อมแซมง่าย ค่าก่อสร้างถูกกว่าคอนกรีต และทำให้ถนนมีเสียงที่เงียบกว่า เวลาขับขี่ยังได้รับความนิยมนมาก ซึ่งถนน 90% ในอเมริกาก็ทำจากยางมะตอย เราสามารถนำนาโนเทคโนโลยีมาเพิ่มคุณสมบัติให้แอสฟัลต์ได้ เช่น การเติมวัสดุอื่นๆ ลงไป เพื่อให้เกิดวัสดุผสม ได้แก่ อนุภาคนาโน

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของยาง หรือที่เรียกว่า Asphalt Rubber ซึ่งจะทำให้เกิดผิวจราจรที่จับจีบได้เสียบขึ้นมาก นอกจากนี้ยังสามารถเติมนาโนไฟเบอร์เข้าไปในยางมัต้อย ซึ่งจะเพิ่มคุณสมบัติในการยึดเกาะกัน ได้ดีขึ้น

3. ถนนที่ซ่อมตัวเองได้ แนววิจัยได้คิดค้นฟอร์ลิเมอร์ที่สามารถซ่อมแซมรอยแตก โดยการบรรจุสารซ่อมแซมเข้าไปในแคปซูลจิ๋ว โดยเมื่อวัสดุเกิดรอยแตกแคปซูลจิ๋วจะปล่อยสารเคมีออกมา ซึ่งจะซึมเข้าไปในรอยแตกได้เองด้วยแรงธรรมชาติ แล้วเกิดปฏิกิริยาเคมีประสานผิวรอยแตกนั้น ทำให้หยุดการขยายวงเสียดแต่เนิ่นๆ ซึ่งเทคโนโลยีจะมีประโยชน์ในงานวางถนน และต่อหม้อสะพานมาก เนื่องจากโดยวิธีปกติเมื่อมีรอยแตกแล้ว จะต้องมีการอัดฉีดอีพอกซีเข้าไป ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงมาก

4. วัสดุทำความสะอาดตัวเองได้ นักวิจัยได้พัฒนาพลาสติกที่สามารถไปเคลือบผิวป้ายจราจร และสัญญาณไฟ โดยพลาสติกเคลือบเหล่านั้นมีอนุภาคระดับนาโน ซึ่งเมื่อฝนตกลงมาน้ำจะไม่สามารถเกาะตามผิวพลาสติกได้ แต่สามารถชำระล้างอนุภาคสิ่งสกปรกที่ติดตามพื้นผิวออกไปได้ นอกจากนี้สิ่งที่ใช้ทาโครงสร้างพื้นฐานต่างของทางหลวง ไม่ว่าจะเป็นสะพาน ราวกันขอบทาง ก็อาจมีส่วนผสมของอนุภาคนาโนไททาเนีย ที่มีความสามารถในการทำความสะอาดตัวเองได้ เมื่อมีพลังงานแสงรวมทั้งพื้นถนนก็จะมีการเคลือบอนุภาคนาโนไททาเนีย เพื่อใช้ลดมลพิษที่เกิดจากไอเสียรถยนต์

5. เหล็กไร้สนิม งานวิจัยที่ทางหลวงสหรัฐให้การสนับสนุนมานานกว่า 10 ปี แล้วคือ โดยให้เหล็กมีความเหนียวและทนแรงดึงสูง การเติมอนุภาคนาโนของทองแดงเข้าไปในเหล็กกล้า โดยจะทำให้เหล็กมีความเหนียว และทนแรงดึงสูง โดยอนุภาคนาโนทองแดงจะเข้าไปอยู่ระหว่างรอยต่อของเกรนเหล็ก ทำให้ช่วยลดความไม่สม่ำเสมอระหว่างผิวของเกรนในเนื้อเหล็ก และช่วยเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวของเนื้อเหล็กได้ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่เกี่ยวกับกาทำให้เนื้อวัสดุของเหล็ก มีขนาดเกรนเป็นนาโน ซึ่งจะทำให้สามารถผลิตลวดเคเบิลที่มีความแข็งแรงสูงขึ้นไปแบบเดียวกับเส้นใยเหล็กกล้าที่ใช้ในยางรถยนต์ โดยเส้นใยแบบนี้จะถูกนำมาใช้ในงานก่อสร้างขนาดใหญ่ในอนาคต เช่น สะพานแขวนซึ่งจะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างได้ในงานเชื่อมต่อโลหะ ซึ่งมักมีปัญหาความเปราะของบริเวณรอยเชื่อมที่พบ ถ้าหากมีการใส่อนุภาคนาโนของแมกนีเซียม และแคลเซียมลงไป จะช่วยทำให้โครงสร้างของรอยเชื่อมมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ในอเมริกาได้มีการผลิตเหล็กกล้าชื่อว่า (Nano Flex) ซึ่งผลิตภัณฑ์นี้ได้รับการกล่าวอ้างว่ามีคุณสมบัติในการต่อต้านการสึกกร่อน และมีความต้านทานต่อการฉีกขาดได้

6. เครื่องข่ายเซ็นเซอร์ ได้รับการจัดลำดับงานวิจัยที่ความสำคัญสูงสุด เนื่องจากเครือข่ายเซ็นเซอร์จะเป็นตัวที่จะช่วยตรวจสอบ โครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ ให้กับมนุษย์ งานวิจัยหนึ่งของมูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติสหรัฐฯ National science foundation มีงานวิจัยหนึ่งที่น่าสนใจการเอาผงอัญจริยะ ไรโอเข้าไปในเนื้อคอนกรีตขณะที่มีการทำพื้นถนน โดยเซ็นเซอร์จะเก็บข้อมูลโดยอาศัยพลังงานจากการสั่นสะเทือนของพื้นถนน การอ่านข้อมูลสามารถทำได้โดยการนำรถติดเสาอากาศ

วิ่งสแกนไปบนถนน โดยสามารถป้อนพลังงานเช่นเซอร์เหล่านี้โดยใช้สัญญาณวิทยุในเวลาเดียวกันด้วย ผงอัจฉริยะจะถูกออกแบบมาให้มีความทนทานต่อแรงกดดันต่าง ๆ รวมทั้งความเป็นกรด-ด่าง ในเนื้อวัสดุทำให้สามารถใช้งานได้ยาวนานถึง 50 ปี ขณะนี้ผงอัจฉริยะยังมีขนาดใหญ่ และยังคงได้รับการพัฒนาให้มีขนาดจิ๋วลงไปอีก เพื่อทดสอบความเป็นไปได้ใน กรมทางหลวงสหรัฐได้นำเอาเซ็นเซอร์จิ๋วที่ใช้เทคโนโลยี MEMS จำนวน 200 ตัวไปติดตั้ง ณ จุดต่างๆ เช่น จุดเชื่อมต่อ เสา เเคเบิล บนสะพาน โกลเด้นเกต เพื่อตรวจสอบโครงสร้างสะพาน ณ เวลาจริง ซึ่งวิศวกรสามารถรับรู้สถานภาพของสะพานจากจุดควบคุมที่อยู่ห่างออกไปหลายสิบกิโลเมตรได้

### เมสส์นาโน

ได้อินชื่อเรียกอาจจะสงสัยว่าเมสส์ที่ใช้คลิกกันอยู่ทุกวัน จะมาเกี่ยวข้องกับนาโนเทคโนโลยีได้อย่างไร ลองมาดูผลงานจากบริษัท IOGEAR ที่ได้ผลิตอุปกรณ์เมสส์เลเซอร์ไร้สายรุ่นใหม่ที่เหมาะสมนาโนเทคโนโลยีในอุปกรณ์ที่ใกล้ตัวเราอย่างเมสส์กัน

จากการใช้นาโนเทคโนโลยี ทำให้เมสส์รุ่นนี้มีสมบัติพิเศษคือ สามารถต่อต้านเชื้อแบคทีเรียได้ เพราะบริเวณพื้นผิวด้านบนของเมสส์ที่ผู้ใช้ต้องสัมผัสขณะทำงานประกอบด้วย Titanium Dioxide (TiO<sub>2</sub>) และ Silver (Ag) ที่มีขนาดเล็กระดับนาโนกระจายอยู่ทั่ว ซึ่งแร่ธาตุเหล่านี้สามารถทำลายเอนไซม์ และ โพรตีนของเชื้อแบคทีเรียได้ ทำให้เมสส์รุ่นนี้เป็นเมสส์ปลอดเชื้อโรค

นอกจากนี้ก็ยังใช้งานผ่าน USB Wireless ซึ่งมีรัศมีการใช้งานประมาณ 2 เมตร จึงทำให้ใช้งานได้สะดวกสบายยิ่งขึ้น จึงเหมาะกับการใช้ในสถานที่ทำงาน โรงเรียน หรือบ้าน

### เทคโนโลยีกล้องโทรทรรศน์ใหม่จากนาซา

นาซาแถลงการณ์พัฒนาเทคโนโลยีใหม่ที่จะช่วยให้กล้องโทรทรรศน์จับภาพดาวฤกษ์ดาราจักรไกล ๆ ได้ดีขึ้น

นักวิทยาศาสตร์ขององค์การนาซาได้พัฒนาสิ่งที่เรียกว่า ชัตเตอร์จิ๋ว (Micro shutter) แต่ละตัวมีความกว้างเพียงเส้นผมมนุษย์สามเส้นเท่านั้น และจะนำชัตเตอร์จิ๋วนี้ไปใช้กับกล้องโทรทรรศน์ โดยชัตเตอร์จิ๋วจำนวน 62,000 ตัวจะจัดเรียงเป็นตารางอยู่ข้างหน้าของตัวตรวจจับอินฟราเรดขนาดแปดล้านพิกเซลสำหรับรับแสงที่ผ่านชัตเตอร์เข้ามา

การทำงานของไมโครชัตเตอร์จะคล้ายคลึงกับการหรี่ตาทำให้ขนตาแต่ละเส้นบังแสงส่วนหนึ่งไป ชัตเตอร์จิ๋วก็ทำเช่นเดียวกัน นั่นคือทำให้กล้องโทรทรรศน์เน้นไปที่แสงจางๆ จากดาวฤกษ์หรือดาราจักรที่อยู่ห่างไกลได้ดีขึ้น

เทคโนโลยีนี้ออกแบบมาโดยเฉพาะกับกล้องโทรทรรศน์อวกาศเว็บบ์ที่จะนำมาใช้ แทนกล้องฮับเบิลต่อไป อย่างไรก็ตาม นาซายังเสริมด้วยว่าชัตเตอร์จิ๋วนี้จะมีผลสำคัญในวิทยาการด้านอื่นอย่างเทคโนโลยีชีวภาพ การแพทย์และการสื่อสารด้วย

## 2.3 แผนแม่บทกับการพัฒนาเทคโนโลยีแห่งชาติ

สำหรับสาระสำคัญของแผนแม่บทแบ่งเป็น 4 สาขา ได้แก่ วัสดุนาโนเทคโนโลยี (Nanomaterial) นาโนเทคโนโลยีชีวภาพ (Nanobiotechnology) นาโนอิเล็กทรอนิกส์และโฟโตนิกส์ (Nanoelectronics & photonic) การศึกษาและการพัฒนาทรัพยากรบุคคล (Nanoeducation/HRD) โดยมีเป้าหมายหลักในการสร้างนักวิจัยที่มีความรู้ด้านนาโนเทคโนโลยีทั้งภาครัฐและเอกชน ไม่น้อยกว่า 2,500 คนในปี 2556 รวมทั้งสร้างบัณฑิตตั้งแต่ระดับปริญญาตรีปริญญาเอก ให้มีความรู้พื้นฐานด้านนาโนเทคโนโลยีอีก 6,000 คน ในปี 2556 และจัดสอนหลักสูตรนาโนเทคโนโลยีในระดับปริญญาให้ครบ 5 หลักสูตรภายใน 10 ปี โดยในปัจจุบันนี้ประเทศไทยมีผู้เชี่ยวชาญและ ผู้ศึกษาด้านเทคโนโลยีนาโนรวม 130 คน และมีห้องวิจัย 23 แห่ง ซึ่งนับว่ายังไม่เพียงพอ จึงจะใช้ ศูนย์นาโนเทคโนโลยีที่เพิ่งตั้งขึ้นเมื่อเดือนสิงหาคม 2546 เป็นศูนย์กลางที่มีโครงสร้างพื้นฐานพร้อมสำหรับการเป็นแหล่งบ่มเพาะทางด้านนาโนเทคโนโลยีของประเทศไทย ในด้านธุรกิจ สถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐประมาณการว่า ปี 2005 คาดกันว่าตลาดสินค้าที่ผลิตด้วยนาโนเทคโนโลยีจะมีมูลค่าประมาณ 1 หมื่น 8 พันล้านดอลลาร์ ขณะที่ใน ปี 2015 สินค้าที่ผลิตด้วยนาโนเทคโนโลยีจะครอบครองตลาดทั่วโลกคิดเป็นมูลค่าถึง 1 ล้านล้านดอลลาร์ นาโนเทคโนโลยี มี 3 สาขาหลัก คือ

1. นาโนเทคโนโลยีชีวภาพ (Nanobiotechnology) เป็นการประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยี ศาสตร์ ด้านชีวภาพ เช่น การพัฒนานาโนไบโอเซนเซอร์ หรือ หัวตรวจวัดสารชีวภาพ และสารวินิจฉัยโรคโดยใช้วัสดุชีวโมเลกุล การปรับโครงสร้างระดับโมเลกุลของยา ที่สามารถหวังผลการ มุ่งทำลายชีวโมเลกุลที่เป็นเป้าหมายเฉพาะเจาะจง เช่น เซลล์มะเร็ง การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม เครื่องสำอาง ในการส่งผ่านสารบำรุงเข้าชั้นได้ผิวหนังได้ดียิ่งขึ้น เป็นต้น

2. นาโนอิเล็กทรอนิกส์ (Nanoelectronics) เป็นการประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีศาสตร์ด้าน นาโนอิเล็กทรอนิกส์ (ไฮเทค) เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและทำงานด้วยประสิทธิภาพสูง ตัวอย่างเช่น การพัฒนาระบบไฟฟ้าเครื่องกลจุลชีว การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ การพัฒนา นาโนชิป ทำให้คอมพิวเตอร์ทำงานได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง การพัฒนา High density probe storage device เป็นต้น

3. วัสดุนาโน (Nanomaterials) การประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีศาสตร์ด้านวัสดุนาโน เช่น การเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรม การพัฒนาฟิล์มพลาสติกนาโนคอมโพสิตที่มีความสามารถในการสกัดกั้นการผ่านของก๊าซบางชนิดและไอน้ำ เพื่อใช้ทำบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุความสดของผัก และผลไม้และเพิ่มมูลค่าการส่งออก การผลิตผลอนุภาคนาโนมาใช้ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส หรือทำให้ไม่เปียกน้ำ เป็นต้น

ขั้นตอนที่สำคัญในการนำ “นาโนเทคโนโลยี” ไปสู่การผลิตสินค้ามีทั้งหมด 3 ขั้นตอน คือ

1. การพัฒนาการจัดการอะตอมเดี่ยว (Manipulate individual atoms)
2. การพัฒนาเครื่องจักรนาโน (Assemblers) เพื่อเป็นเครื่องมือในการควบคุมการจัดการอะตอมหรือโมเลกุล
3. การสร้างหรือจำลองเครื่องจักรนาโน (Replicators) เพื่อสร้างผลิตภัณฑ์จำนวนมากเพียงพอต่อความต้องการ

นาโนเทคโนโลยีมีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของอุตสาหกรรมเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอุตสาหกรรมทางการแพทย์ ในอนาคตการผ่าตัดแบบดั้งเดิม อาจเปลี่ยนไปเป็นการผ่าตัดระดับนาโน (Nanosurgeons) โดยการควบคุมหุ่นยนต์นาโน (Nanorobots) เข้าไปตรวจจับและทำลายเซลล์มะเร็ง หรือ ไวรัสที่ต้องการ โดยไม่เป็นอันตรายต่อเซลล์อื่น สำหรับอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ ผลิตภัณฑ์จะมีขนาดเล็กลง สามารถบรรจุข้อมูลได้ถึงล้านล้านล้านตัวอักษรในขนาดเท่าก้อนน้ำตาล

ปัจจุบันนาโนเทคโนโลยีได้ครอบคลุม ความหมายไปถึงเทคโนโลยีที่สามารถกำหนดถึงระดับอะตอมให้มีโครงสร้างอย่างที่ต้องการได้ โดยไม่ต้องอาศัยการผ่านเป็น สารมัธยันตร์ (Intermediate) ในกระบวนการผลิต จึงไม่เกิดผลพลอยได้ รวมทั้งของเสีย ยกตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการผลิตพลาสติก กระบวนการผลิตแบบดั้งเดิม สารเคมีที่ทำปฏิกิริยาจะถูกรวมเข้าด้วยกันผ่านหลากหลายขั้นตอนภายใต้สภาวะที่จำเพาะ เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ตามที่ต้องการ ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นไม่สามารถเปลี่ยนแปลงสารเคมีได้ทั้งหมดให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์เพียงอย่างเดียวได้ แต่จะมีผลผลิตพลอยได้และของเสียเกิดขึ้นควบคู่กันไปด้วย ในทางที่ต่างกัน ถ้าผลิตพลาสติกโดยใช้ นาโนเทคโนโลยี การผลิตจะกระทำได้โดยการป้อนสารซึ่งเป็นอะตอมของธาตุบริสุทธิ์ เช่น คาร์บอน, ไฮโดรเจนและออกซิเจนเข้าไป และกำหนดให้แต่ละอะตอมก่อพันธะเคมีต่อกัน ผลลัพธ์ที่ได้จะปราศจากสารมัธยันตร์ ไม่มีผลผลิตพลอยได้ และของเสียใดๆ เกิดขึ้นและสามารถสร้างผลิตภัณฑ์สุดท้ายเป็นพลาสติกตามที่ต้องการได้โดยทุกอนุของตัวทำปฏิกิริยาจะกลายเป็นผลิตภัณฑ์ สุดท้ายได้ทั้งหมด

ยังมีความท้าทายอีกหลายด้านที่นักวิทยาศาสตร์ด้านนาโนจะต้องเผชิญ ซึ่งถ้าหากสามารถฟันฝ่าไปได้สำเร็จ ความก้าวหน้าจะเกิดขึ้นทั้งในด้านเศรษฐกิจ สังคม การแพทย์ และคุณภาพชีวิต การสานต่อพัฒนาการทางเทคโนโลยีตามแนวทางเดิมคงดำเนินไปได้ไม่นานนัก อุปสรรคขวางกั้นเริ่มปรากฏขึ้นบ้างแล้ว และเครื่องมือที่จะช่วยให้ก้าวผ่านข้อจำกัดต่างๆ ได้แก่ นาโนเทคโนโลยี แม้บางคนจะคิดว่าความคาดหวังหลายอย่างจะไกลสุดเอื้อม แต่พวกเขาต่างยอมรับว่าศักยภาพอันน่ามหัศจรรย์ของนาโนเป็นสิ่งที่ไม่ควรมองข้าม

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลกระทบของนาโนเทคโนโลยีต่อการศึกษา ผู้วิจัยได้ดำเนินการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 3.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

3.1.1 เพื่อศึกษาสภาพและความพร้อมในการปรับตัวทางด้านการศึกษาของประเทศไทยต่อนานาเทคโนโลยี

3.1.2 เพื่อเสนอรูปแบบ ยุทธศาสตร์และแนวทางการปฏิรูปการศึกษาเพื่อเตรียมรับกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากนาโนเทคโนโลยี

#### 3.2 วิธีดำเนินการวิจัยเชิงคุณภาพ

##### 3.2.1 เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยจะเข้าไปเก็บข้อมูลด้วยตนเองเป็นหลัก และอาศัยเครื่องมือที่ช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูลบางอย่าง ได้แก่ แนวในการสัมภาษณ์ แนวคำถามในการสนทนากลุ่ม

##### 3.2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

###### 3.2.2.1 การเข้าสู่สนามเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ชี้แจงกับหน่วยงานเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การวิจัย ขั้นตอน และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมทั้งได้ศึกษาเอกสารต่างๆที่เกี่ยวข้อง

###### 3.2.2.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและการตรวจสอบข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการโดย 4 วิธีการคือ การศึกษาเอกสาร การสังเกต การสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ และการสนทนากลุ่ม

การตรวจสอบเพื่อหาความน่าเชื่อถือได้ของข้อมูล และตรวจสอบความครบถ้วนและคุณภาพของข้อมูล โดยการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า(Triangulation) ตามวิธีการตรวจสอบเชิงคุณภาพ (สุภางค์ จันทวานิช, 2542: 34) ดำเนินการใน 2 วิธีการ คือ 1) ตรวจสอบแบบสามเส้าด้านข้อมูล(Data Triangulation) คือ การตรวจสอบข้อมูลจากแหล่งเวลา แหล่งสถานที่ และแหล่งบุคคลที่แตกต่างกัน ได้แก่ การสังเกตการปฏิบัติงานของบุคลากรในช่วงเวลาหรือสถานที่ที่ต่างกัน การสัมภาษณ์บุคคลกลุ่มต่าง ๆ และการสอบถามเกี่ยวกับทัศนะของบุคคลกลุ่มต่าง ๆ 2) การตรวจสอบแบบสามเส้าด้านวิธีการรวบรวมข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Methodological Triangulation) คือ การใช้วิธีการต่าง ๆ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกต การสัมภาษณ์และการสนทนากลุ่ม ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบต่อนานาเทคโนโลยีต่อการศึกษา ใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการศึกษาเอกสาร การสังเกต การสัมภาษณ์และการสนทนากลุ่ม เป็นต้น

### 3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนการวิเคราะห์โดยมีการตรวจสอบและตีความข้อมูลตลอดเวลาขณะที่ปฏิบัติการภาคสนาม มีการจัดทำบันทึกภาคสนามไว้อย่างละเอียดและเป็นระบบ พร้อมทั้งได้มีการทำดัชนี(Index) ตามกรอบแนวคิดการวิจัยที่ได้กำหนดไว้อย่างกว้าง เพื่อตอบปัญหาการวิจัย สำหรับวิธีวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเอกสารผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การสัมภาษณ์ และการสนทนากลุ่ม ใช้วิธีการจำแนกประเภทข้อมูล (Typological Analysis) และการเปรียบเทียบข้อมูล(Comparison)

### 3.2.4 การสังเคราะห์ผลการศึกษา

การสังเคราะห์ผลการศึกษาคือการนำข้อค้นพบจากการศึกษาทั้ง 2 ส่วนมาสังเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่เป็นข้อความรู้ตามวัตถุประสงค์การวิจัย โดยนำข้อสรุปต่างๆ มาเชื่อมโยงจนเป็นโครงสร้างของข้อสรุปที่สามารถตอบคำถามการวิจัยได้ โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาการยอมรับข้อค้นพบทั้ง 2 ส่วนให้เป็นผลการสังเคราะห์ ดังนี้

3.2.4.1 ข้อค้นพบจากการศึกษาทั้ง 2 ส่วน ที่ตรงกันหรือมีความเชื่อมโยงสามารถอธิบายในเชิงสาเหตุต่อกันได้

3.2.4.2 ข้อค้นพบจากการศึกษาเชิงปริมาณที่ระบุว่า เป็นปัจจัยในระดับมากแม้ข้อค้นพบเชิงคุณภาพไม่ได้ระบุไว้

3.2.4.3 ข้อค้นพบจากการศึกษาเชิงคุณภาพที่มีข้อมูลหลักฐานปรากฏชัดเจน แม้ข้อค้นพบเชิงปริมาณไม่ได้ระบุไว้

### 3.2.5 การนำเสนอรายงานการวิจัย การนำเสนอผลการวิจัย แบ่งเป็น 5 บท คือ

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

### 3.3 วิธีดำเนินการวิจัยเอกสาร (Documentary Research)

การวิเคราะห์ทางเอกสาร (Documentary Research) และการศึกษาเชิงคุณภาพ (Documentary Analysis) มุ่งศึกษา วิเคราะห์โดยเอกสารและข้อมูลในรูปแบบบันทึกต่าง ๆ ที่เป็นมาตรฐานเป็นหลัก มุ่งศึกษาวิเคราะห์เอกสาร งานวิจัย เอกสารแนวนโยบาย และเอกสารซึ่งสรุปผลจากแนวนโยบายของรัฐทางการศึกษา นอกจากนี้ยังศึกษารูปแบบรูปแบบ ยุทธศาสตร์และแนวทางการปฏิรูปการศึกษาเพื่อเตรียมรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากนาโนเทคโนโลยีเพื่อเตรียมรับกับความเปลี่ยนแปลงและความต้องการของสังคมโลก

#### 3.3.1 การศึกษาเพื่อกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย

3.3.1.1 การวิจัยครั้งผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แนวความคิดของ William Wresch (1997) เพื่อศึกษาสถานภาพและความพร้อมในการปรับตัวทางด้านการศึกษาของประเทศไทยต่อนานาเทคโนโลยี ดังนี้

1. วิธีการสืบค้นหรือเชื่อมต่อข้อมูลเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี (Getting Connected)
2. การบูรณาการหลักสูตร : นาโนเทคโนโลยี (Curriculum integration)
3. แหล่งข้อมูลหรือทรัพยากรสำหรับนักการศึกษา (Resources for Educators)
4. การให้การศึกษาและฝึกอบรมทางด้านนาโนเทคโนโลยีสำหรับครู (Training and Professional Resources for Teachers)

3.3.1.2 ผู้วิจัยได้นำเสนอรูปแบบ ยุทธศาสตร์และแนวทางการปฏิรูปการศึกษาเพื่อเตรียมรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากนาโนเทคโนโลยีนั้นผู้วิจัยผู้วิจัยจะวิเคราะห์จากภาพรวมของสถานการณ์ นาโนเทคโนโลยีที่มีต่อการศึกษาจากประเทศต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อสังคมไทย ผู้วิจัยศึกษาจากแผนแม่บทการพัฒนานาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ซึ่งตั้งเป้าหมายให้ประเทศไทยพัฒนานาโนเทคโนโลยีให้เป็นรูปธรรมใน 10 ปี (พ.ศ.2547-2556) แผนแม่บทการพัฒนานาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ แบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนคือ วัสดุนาโน นาโนอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีชีวภาพ และการศึกษาพัฒนาบุคลากร การวิจัยครั้งนี้เน้นเรื่องสุดท้ายคือเรื่องการศึกษาพัฒนาบุคลากรเป็นสำคัญ

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ผลกระทบของนาโนเทคโนโลยีต่อการศึกษา โดยจะมุ่งศึกษา วิเคราะห์เอกสาร งานวิจัย เอกสารแนวนโยบาย และเอกสารซึ่งสรุปผลจากแนวนโยบายของรัฐทางการศึกษา นอกจากนี้ยังศึกษารูปแบบรูปแบบ ยุทธศาสตร์และแนวทางการปฏิรูปการศึกษาเพื่อเตรียมรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากนาโนเทคโนโลยีเพื่อเตรียมรับกับความเปลี่ยนแปลงและความต้องการของสังคมโลก

#### 4.1 ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้แบ่งการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ตอน โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารและแหล่งความรู้ต่างๆ โดยผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แนวคิดของ William Wresch (1997) เพื่อศึกษาสถานภาพและความพร้อมในการปรับตัวทางด้านการศึกษาของประเทศไทยต่อนานาเทคโนโลยี โดยแบ่งเป็น 4 หัวข้อดังนี้ วิธีการสืบค้นหรือเชื่อมต่อข้อมูลเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี (Getting Connected), การบูรณาการหลักสูตร : นาโนเทคโนโลยี (Curriculum integration), แหล่งข้อมูลหรือทรัพยากรสำหรับนักการศึกษา (Resources for Educators) และ การให้การศึกษาศึกษาและฝึกอบรมทางด้านนาโนเทคโนโลยีสำหรับครู (Training and Professional Resources for Teachers)

ตอนที่ 2 การนำเสนอรูปแบบ ยุทธศาสตร์และแนวทางการปฏิรูปการศึกษาเพื่อเตรียมรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากนาโนเทคโนโลยีนั้น โดยวิเคราะห์จากแผนแม่บทการพัฒนานาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ซึ่งตั้งเป้าหมายให้ประเทศไทยพัฒนานาโนเทคโนโลยีให้เป็นรูปธรรมใน 10 ปี (พ.ศ.2547-2556) เป็น 4 ส่วนคือ วัสดุนาโน นาโนอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีชีวภาพ และการศึกษาพัฒนาบุคลากร

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสารและแหล่งความรู้ต่างๆ โดยผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แนวคิดของ William Wresch (1997) เพื่อศึกษาสถานภาพและความพร้อมในการปรับตัวทางด้านการศึกษาของประเทศไทยต่อนานาเทคโนโลยี

โดย ผู้วิจัยได้ใช้ แนวความคิดของ William Wresch (1997) เพื่อศึกษาสถานภาพและความพร้อมในการปรับตัวทางด้านการศึกษาของประเทศไทยต่อนานาเทคโนโลยี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

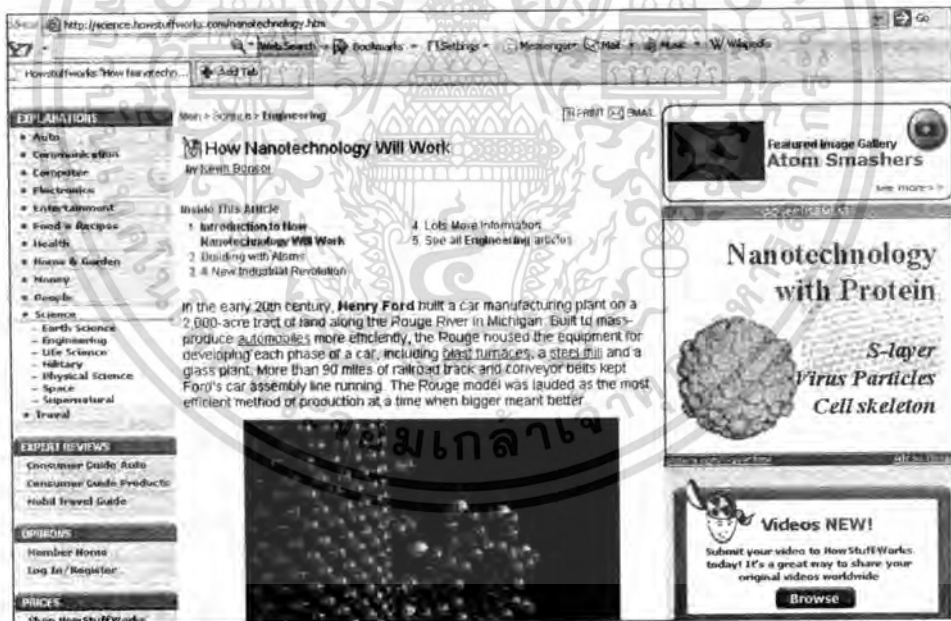
## 1. วิธีการสืบค้นหรือเชื่อมต่อข้อมูลเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี (Getting Connected)

ปัจจุบันได้มีแหล่งสืบค้นข้อมูลมากมายเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี จากการสืบค้นดังกล่าว รัชชัช คุลยสุจริต (2550 : 24) ได้กล่าวว่า คำว่า นาโน หรือ นาโนเทคโนโลยี ไม่ใช่ศัพท์ใหม่อีกแล้วในปัจจุบัน เราได้ยินคำนี้อยู่เสมอ ๆ ทั้งในแวดวงวิชาการ และในผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่นำคำว่า “นาโน” ไปใช้ ตอนนี้เรามีเสื่อนาโน สีนาโน เครื่องสำอางนาโน ความจริงแล้วในต่างประเทศเขาผลิตเครื่องจักรนาโน หุ่นยนต์นาโน และสารพัฒนานาโน

### การทำงานของนาโน

เริ่มกัน <http://science.howstuffworks.com/nanotechnology.htm> บางท่านอาจรู้จักคุ้นเคยแล้ว เข้าไปที่ <http://science.howstuffworks.com/> แล้วค้นจากคำว่า nanotechnology หรือจะค้นคำอื่นก็ได้

สำหรับเนื้อหาในเว็บนี้ ว่าด้วย “How Nanotechnology Will Work” เขียนโดยนาย Kevin Bonsor เข้าไป แล้วอย่าเพิ่งงลองคลิก Next ไปอีก มีด้วยกันสามหน้า มีภาพเคลื่อนไหวประกอบด้วยเขาแนะนำสั้น ๆ ไม่เย็นช่อ



รูปที่ 4.1 <http://science.howstuffworks.com/nanotechnology.htm>

### ข่าวสารนาโน

อีกเว็บหนึ่งที่มีความเป็นมืออาชีพ <http://nanotechnology.com/> ให้ข้อมูลข่าวสารโดยเฉพาะข่าวใหม่ ๆ อย่างทันเหตุการณ์ แต่ก็มีเนื้อหาเชิงวิชาการไว้ให้อ่านที่ด้านซ้ายของเว็บเพจ มีลิงก์ต่าง ๆ ให้เลือกมากมาย เช่น สัมภาษณ์บุคคลสำคัญในสาขานี้ ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องร้านหนังสือ ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่คัดลอกมาฟรีๆ เรื่องนาโนเทคโนโลยีคงไม่ผิดหวังเสียค่าที่ไม่ค่อยมีภาพให้ดูกันคร่ำไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Address: http://nanotechnology.com/

Search: [Web Search] [Bookmarks] [Settings] [Messenger] [Mail] [Map] [Wikipedia]

Nanotechnology.com - Nanotec... Add Tab

## Nanotechnology.com

Home

nanotechnology.com

View with: [U of MD Nanoscientist, Gary Rubloff] Next International nanotech event... Bubbles and nan...

Blog | Nano | Small Tech Company Research | Forums, Interviews & Reports | Events, Agencies & Labs

Back of the NanoWeek Newsletter  
The Small Tech Prospector  
Visit to the Nanotechnology.com website?  
New to Nanotechnology?  
About Us  
RSS

Blog | Nano

Latest Posts:

August 6, 2007 Updates  
"Too many, damn vapors"  
2006 Results for The Small Tech Prospector

2007-09-23 01:08:00  
**Unique printing method could lead to precise nanofabrication**  
Researchers from IBM's Zurich Research Lab have devised a way to print particles as small as 60 nanometers in diameter with single-particle resolution. The technique lets researchers arrange tiny...

2007-09-22 23:02:00  
**Smart insulin nanostructures pass feasibility test**  
Biomedical engineers at The University of Texas School of Health Information Sciences at Houston have announced pre-clinical test results in the September issue of the *International Journal of...*

2007-09-20 23:45:00  
**Nanotechnology based magnetic separation could revolutionize separation technology**  
Probably any chemist must have dreamt about it: Quick isolation of a chemical from a reaction mixture without the hassle of tedious liquid handling lasting for hours. The problem is that today the...

2007-09-20 11:05:00  
**Spiraled to the left or right? Nanofibers align in stirred liquid**  
Is the vortex in a stirred liquid swirling clockwise or counter-clockwise? A zinc porphyrin dendrimer—a branched molecule with a central zinc atom—can answer this question. As Japanese researchers...

2007-09-18 02:05:00  
**New carbon nanotube technology to reduce large-scale emissions**  
A novel technology to trap large-scale greenhouse gas emissions caused by coal mining and power generation is being developed by a University of Queensland researcher, Dr John Zhu, Senior...

Market Watch  
SMALL TECH ISSUES  
Nanotechnology.com Small Tech Index  
1029.0 +13.7  
COUG 34  
TSC 2200 5  
2007 021  
Post since  
211  
EXTENDED VIEW

Click Here To Learn More!  
NANOTECH FORTUNES

Commentary  
Latest Commentary:  
Connecting Needs with Nanotechnology Needs  
Patents and Nanotechnology Investment

รูปที่ 4.2 http://nanotechnology.com/

## นาโนฟอรัม

เครือข่ายนาโนเทคโนโลยีของยุโรป [www.nanoforum.org/](http://www.nanoforum.org/) มีเนื้อหาทั้งงานวิจัย ข่าว ภาพ และบทความสาระวิชาการ มีลิงก์สัมมนาของเครือข่าย ฯลฯ นับว่าให้สาระด้านนาโนเทคโนโลยีได้รอบด้านทีเดียว หากสมัครสมาชิก (แค่ใส่ชื่อ และข้อมูลส่วนตัวอีก 2-3 บรรทัด) จะสามารถอ่านข้อมูลทั้งหมดได้ที่ด้านซ้ายล่าง มีภาพค้นไม้นาโน ลองคลิกดู ได้ความรู้ และสนุกด้วย

สำหรับหมวดหมู่ย่อยด้านบน มีสาขาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น เคมีและวัสดุ, สุขภาพ และชีวนาโน, เครื่องมือนาโน, สารสนเทศและการสื่อสาร, การขนส่งและอวกาศ, พลังงาน ฯลฯ

Address: http://www.nanoforum.org/

Search: [Web Search] [Bookmarks] [Settings] [Messenger] [Mail] [Map] [Wikipedia]

Nanoforum - European Nanotec... Add Tab

Home | Login | Glossary | Sitemap | Print | RSS | Search for: [ ] Search

nanoforum.org  
European Nanotechnology Gateway

Nanoparticles for European Industry II  
24 - 25 Oct 2007, Olympia Conference Centre, London

Chemistry & Materials | Health & Medicine | Nanotech & Medicine | Information & Community 4.00 | Transport & Space | Energy | Science

Data sources

News (3051)  
Nanoforum reports (39)  
Organisations (2333)  
Events (1430)  
Calls & Programs (154)  
Publications (414)

Further information  
SME pages  
Education / Career  
Press  
Investment

Latest News at Nanoforum (267) entries found:

FORNEWS 10 September 2007 (Tech) Summary  
**European Commission releases first implementation report on**  
The report, released on 6th September 2007, summarises the actions taken by the EC and progress made during 2005-2007 in eight areas. | ]

Scientists reveal DNA-enzyme interaction with first ever real time footage  
For the first time scientists have been able to film, in real time, the nanoscale interaction of an enzyme and a DNA

Highlights  
nanoforum.org  
Share your news with the European Nanotechnology Community  
As an extension to its service, registered Nanoforum users can now submit news and events online. For further information please contact Mark Morrison.

exploring NANO TECHNOLOGY  
the first and only multimedia encyclopedia on nanotechnology  
Nanoforum offers...  
Nano Masters Courses  
www.nano.org.uk  
nanomasters.org

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 4.3 [www.nanoforum.org/](http://www.nanoforum.org/) ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## นาโนวิกิ

<http://org.ntnu.no/nanowiki> นี้ไม่ใช่เว็บสารานุกรมวิกิพีเดีย แต่ใช้ซอฟต์แวร์วิกิมีเดีย จึงมีชื่อแบบนี้ เป็นผลงานการสร้างสรรค์ของนักศึกษามหาวิทยาลัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี นอร์เวย์ หรือ Norwegian University of Science and Technology (NTNU) โดยเน้นสาขาใหญ่ ๆ ที่สาขา คือ ชีวนาโน, วัสดุโครงสร้างนาโน, นาโนอิเล็กทรอนิกส์ และนาโนเทคโนโลยีเพื่อพลังงาน และสิ่งแวดล้อม

เมื่อเข้าไปดูเนื้อหาแต่ละส่วน ก็จะมีเนื้อหาส่วนย่อยให้คลิกเข้าไปได้อีก เว็บไซต์นี้เพิ่งเริ่มดำเนินการเมื่อต้นปีนี้เอง จึงยังมีเนื้อหาบทความ (ขณะที่เขียนคอลัมน์นี้) เพียง 48 เรื่อง และแต่ละเรื่องมีเนื้อหาไม่มากนัก แต่เมื่อเวลาผ่านไป จะมีการทยอยเขียนเพิ่มมากขึ้น ในลักษณะเดียวกับสารานุกรมออนไลน์วิกิพีเดียนั่นเอง (หมายเหตุ: สำหรับเว็บนี้ บางครั้งอาจมีปัญหา under construction เพราะอยู่ระหว่างการสร้างและแก้ไข)



รูปที่ 4.4 <http://org.ntnu.no/nanowiki>

## ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

เว็บไซต์หลักของศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ หรือนาโนเทค (NANOTEC) คลิกได้เลยที่ [www.nanotec.or.th/](http://www.nanotec.or.th/) เป็นหน่วยงานในสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ หรือสวทช. นั่นเอง ก่อตั้งเมื่อ พ.ศ.2546 คลิกเข้าไปมีเมนูอ่านง่าย สบายตา (หาได้ยากในบรรดาเว็บไทย) แบ่งเป็นหมวดๆ มีเรื่องทั่วไปเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี งานวิจัยและพัฒนา บริหารวิชาการ ข่าวสาร และมีลิงก์ไปที่ศูนย์เชี่ยวชาญด้านนาโนเทคโนโลยีของมหาวิทยาลัยต่างๆ ที่มีความร่วมมือกันกับนาโนเทค เช่น มหาวิทยาลัยขอนแก่น มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 www.nanotec.or.th/

### ศูนย์นาโนศาสตร์ และนาโนเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหิดล

คลิกเข้ามา [http://www.sc.mahidol.ac.th/scpy/research/research\\_nanotech.html](http://www.sc.mahidol.ac.th/scpy/research/research_nanotech.html) มีหัวข้อต่างๆ ให้อ่านมากมาย เนื้อหาแน่น อยากรู้ภาษาไทยก็คลิกลงมาข้างล่าง มีทั้งสาระบทความ และข่าวสารคล้ายๆ เว็บอื่น แต่เน้นงานวิจัยของศูนย์แห่งนี้



รูปที่ 4.6 [http://www.sc.mahidol.ac.th/scpy/research/research\\_nanotech.html](http://www.sc.mahidol.ac.th/scpy/research/research_nanotech.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศูนย์นาโนฯของมหิดล นับเป็นศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งแรกของประเทศไทย ด้วยเหตุนี้จึงมีเนื้อหาด้านนาโนให้อ่านไม่น้อยเลย ท่านที่ติดตามความก้าวหน้าของนาโนเป็นประจำคงจะคุ้นเคยกับชื่อนักวิชาการนาโน ที่ประจำศูนย์นาโนฯของมหิดล นั่นคือ ดร. ชีรเกียรติ์ เกิกเจริญ ซึ่งมีบทบาทสำคัญในศูนย์แห่งนี้

### เกร็ดความรู้

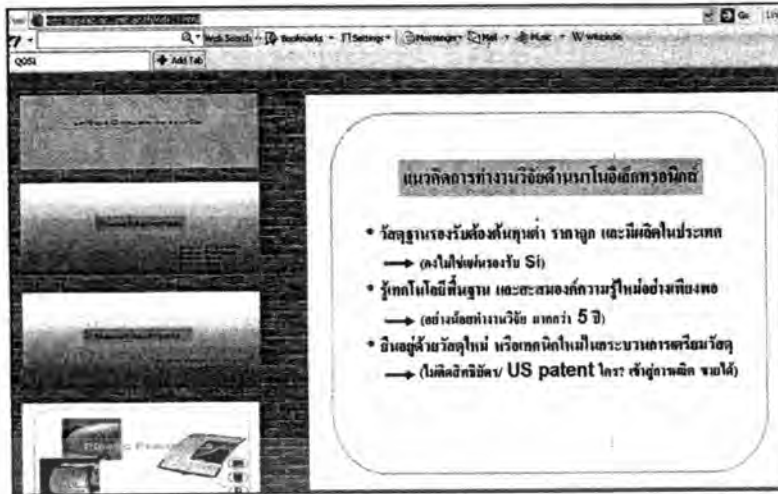
- นาโน ใช้เป็นคำขยาย เช่น ชีวนาโน, ส่วนนาโนเทคโนโลยี เป็นคำนามหมายถึงศาสตร์สาขานี้
- คำว่า *nano* มีรากศัพท์จากภาษากรีก หมายถึง คนแคระ (นาม) หรือแคระ (คุณศัพท์) ก็ได้
- เมื่อ พ.ศ. 1517 ศาสตราจารย์โนริโอะ ทานิกูชิ (Norio Taniguchi) แห่งมหาวิทยาลัยวิทยาศาสตร์โตเกียวนับเป็นคนแรกที่เริ่มใช้คำว่า “Nanotechnology”

2. การบูรณาการหลักสูตร : นาโนเทคโนโลยี (Curriculum integration) ผู้วิจัยได้ จากการเปลี่ยนแปลงของโลกปัจจุบัน ได้แก่ กระแสโลกาภิวัตน์ การเปิดเสรีทางการค้าและบริการ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารสนเทศสื่อสาร การเข้าสู่เศรษฐกิจและสังคมฐานความรู้ และระบบการเมืองที่แตกต่างกันตลอดจนปัญหาต่างๆ ที่นานาชาติประเทศรวมทั้งประเทศไทยกำลังเผชิญอยู่ในขณะนี้ อาทิเช่น วิกฤตการณ์ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ปัญหาความยากจน และปัญหาด้านสุขภาพอนามัย ปัจจัยต่างๆ เหล่านี้ ได้ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจ สังคมและการเมือง รวมทั้งการศึกษาโดยเฉพาะอุดมศึกษา ทำให้อุดมศึกษาทั้งของไทย และต่างประเทศต้องปรับตัวเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงทั้งหลายเหล่านี้ ดังนั้นสถานศึกษาจึงต้องเตรียมพร้อมเพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาความเป็นเลิศด้านวิชาการและวิจัย ให้สามารถแข่งขันได้ ทั้งในระดับชาติและระดับโลก

การประมวลประสบการณ์ต่างๆ จากมหาวิทยาลัยในต่างประเทศ (Best Practices) เพื่อรองรับเปลี่ยนแปลงในด้านต่าง ๆ สรุปได้ดังนี้

- มุ่งความเป็นเลิศด้านวิจัย มหาวิทยาลัยหลายแห่งได้จัดให้มีโปรแกรมและกิจกรรมต่างๆ เพื่อส่งเสริมให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจในงานวิจัยตั้งแต่เริ่มเข้าเรียน ยกตัวอย่างเช่น สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ได้มีการ ส่งเสริมให้มีการทำวิจัยเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี <http://qoslab.sci.kmitl.ac.th/index1.html> ผลงานที่เด่นเช่น ยื่นขอจดสิทธิบัตรสหรัฐ 1 เรื่อง “Conductive Optical Filter of Indium tin Oxide Nitride Film” (สิทธิบัตรไทย No.TH 0601006624) ร่วมกับศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ , บทความตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ 2 เรื่อง, บทความนำเสนอในที่ประชุมวิชาการนานาชาติ 5 เรื่อง และ หนังสือ 1 เล่ม เรื่อง เครื่องมือวัดสมบัติทางแสงของสารกึ่งตัวนำ นอกจากนี้ก็ยังมีผลการทำวิจัยอย่างต่อเนื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 <http://qoslab.sci.kmitl.ac.th/index1.html>

- นวัตกรรมระบบการเรียนการสอน นำเทคโนโลยีสารสนเทศมาใช้ในการเรียนการสอนมากขึ้น และเพิ่มความหลากหลายให้นักศึกษาเรียนนอกชั้นเรียน และให้ความสำคัญกับความรู้ทั้งในด้านมนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ตลอดจนส่งเสริมให้มีความร่วมมือระหว่างคณะเพื่อประโยชน์ต่อการเรียนการสอนและวิจัย ตัวอย่างเช่น



รูปที่ 4.8 [http://elearning.stkc.go.th/lms/html/pages/ svtch\\_page.html](http://elearning.stkc.go.th/lms/html/pages/ svtch_page.html)

[http://elearning.stkc.go.th/lms/html/pages/ svtch\\_page.html](http://elearning.stkc.go.th/lms/html/pages/ svtch_page.html) เป็นการเรียนออนไลน์ผ่านสื่ออินเทอร์เน็ต ซึ่ง ได้มีเนื้อหาเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 [http://www.nanotec.or.th/nanotec\\_th/](http://www.nanotec.or.th/nanotec_th/)

[http://www.nanotec.or.th/nanotec\\_th/index.php?status=research\\_room&s\\_status=r\\_coe](http://www.nanotec.or.th/nanotec_th/index.php?status=research_room&s_status=r_coe)

โดยได้มีการเชื่อมโยงข้อมูลกับเครือข่ายศูนย์นาโนเทคโนโลยีกับสถานศึกษาต่างๆ

- ระบบการจัดหาบุคลากรและนักศึกษาที่ดีเลิศ มีกระบวนการสรรหาทั้งอาจารย์ที่เก่งและมีชื่อเสียง มีสวัสดิการและแรงจูงใจให้บุคลากร และนักเรียนที่เก่งมาเรียนในมหาวิทยาลัย

- การสร้างพันธมิตรและเครือข่ายกับหน่วยงานอื่นๆ หลายระดับ ทั้ง มหาวิทยาลัยอื่นๆ หรือโรงเรียนทั้งในและต่างประเทศ และภาคอุตสาหกรรมเพื่อประโยชน์ต่อการเรียนและวิจัย โดยได้มีการจัดตั้งศูนย์นาโนเทคโนโลยีขึ้น

- ส่งเสริมความเป็นสากล ส่วนใหญ่ปรากฏในวิสัยทัศน์ของมหาวิทยาลัยต่างๆ ที่มีแนวปฏิบัติอย่างเป็นรูปธรรม มีกิจกรรมส่งเสริมให้นักศึกษาทุกคนมีประสบการณ์ในต่างประเทศ ให้มีบุคลากรจากประเทศต่าง ๆ ในสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นทั้งจำนวนอาจารย์ นักวิจัย พนักงาน และนักศึกษา นอกจากนี้ยังมีการเปิดหลักสูตรที่มีเนื้อหาเป็นนานาชาติมากขึ้น และเพิ่มการสร้างพันธมิตรกับมหาวิทยาลัย สถานศึกษาและองค์กรไม่หวังกำไร (NGO) ในระดับนานาชาติให้มากขึ้น

- เน้นความหลากหลาย เพื่อความรู้ความเข้าใจในวัฒนธรรมที่แตกต่างกัน การยอมรับแนวความคิดและคุณค่าของคนต่างชาติ ต่างศาสนา ต่างเพศและต่างวัย ดังนี้ การยอมรับในความหลากหลายจึงเป็นจุดเน้นของการมีชีวิตอยู่ร่วมกันได้ในสังคม

- การเรียนรู้ตลอดชีวิต มหาวิทยาลัยเป็นส่วนหนึ่งของสังคมมีงานบริการแก่ชุมชนและสังคม เพื่อให้นักศึกษา และบุคลากรเข้าร่วมกิจกรรม มีหลักสูตรสำหรับคนเกษียณอายุ และมีหลักสูตรนอกเวลาเพื่อให้นักศึกษา และฝึกอบรมในหัวข้อต่างๆ แก่ประชาชนผู้สนใจทุกกลุ่ม เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต

- นวัตกรรมการบริหาร มหาวิทยาลัยหลายแห่งนำการบริหารงานแบบเอกชนมาใช้ เช่น การบริหารความเสี่ยงและมีการประกันคุณภาพมหาวิทยาลัยในระดับต่างๆ ต้องมีการปรับตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะสม เพื่อก้าวไปสู่ความเป็นเลิศทั้งในด้านการเรียนการสอน และการวิจัย ตลอดจนการบริการ วิชาการแก่ประชาคมทั้งในระดับประเทศ และระดับโลก

3. แหล่งข้อมูลหรือทรัพยากรสำหรับนักการศึกษา (Resources for Educators) ผู้วิจัย ได้ ได้นำเสนอแหล่งค้นหาข้อมูลต่างๆ เกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีดังนี้

3.1 จากเว็บไซต์ต่างๆทั้งในและต่างประเทศ โดยในประเทศไทยมีทั้งเว็บไซต์ขององค์กร ต่างเช่น <http://www.thai-nano.com/> สำหรับเนื้อหาจะเน้น การให้ความรู้เกี่ยวกับนาโน เทคโนโลยีต่างๆ รวมทั้งประวัติความเป็นมาของนาโนเทคโนโลยี



รูปที่ 4.10 <http://www.thai-nano.com/>

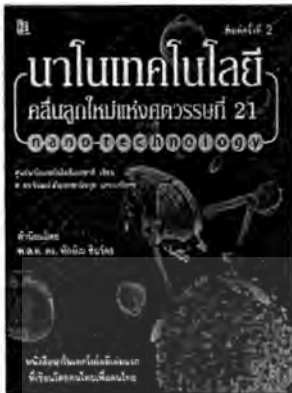
นอกจากเว็บไซต์ที่ให้ความรู้ทางด้านนาโนเทคโนโลยีแล้วยังมีการเปิดตัวนาโนคลับเพื่อ แลกเปลี่ยนความรู้ต่างๆ รวมทั้งแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผู้ที่สนใจในเรื่องนาโนเทคโนโลยีด้วย



รูปที่ 4.11 เว็บไซต์นาโนคลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 จากหนังสือวารสารโดยมีบทความต่างๆที่ให้ความรู้เกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี ผู้วิจัยขอนำเสนอตัวอย่างหนังสือ และนิตยสาร ที่ผู้วิจัยได้ค้นคว้า ดังนี้



หนังสือเล่มนี้จะอธิบาย อ่านง่ายมีทั้งภาพและการ์ตูนประกอบ เป็นการเผยแพร่ความรู้ ความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี เนื้อหาของหนังสือได้กล่าวถึงความหมาย ลำดับเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี ประโยชน์ของนาโนเทคโนโลยี



หนังสือเล่มนี้อธิบายความมหัศจรรย์ของเทคโนโลยีซูเปอร์จิ๋วและสิ่งประดิษฐ์ใหม่ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้ เสื้อผ้าป้องกันรอยเปื้อนและคราบสกปรก ครีมบำรุงผิวไฮเทค คอมพิวเตอร์ดีเอ็นเอ... ฯลฯ เชื่อกันว่าปี 2015 สินค้า "นาโนเทคโนโลยี" จะครองตลาดด้วยมูลค่า 1 ล้านล้านเหรียญ 40 ล้านล้านบาท



“นาโนเทคโนโลยี หรือ เทคโนโลยีซูเปอร์จิ๋ว” เล่มนี้ จะช่วยให้มนุษย์สามารถสร้างวัสดุหรือสิ่งของต่างๆ ที่ต้องการได้ เพียงแต่ทราบว่าจะโครงสร้างระดับอะตอมหรือโมเลกุลของสิ่งที่ต้องการสร้างเป็นอะไรเท่านั้น ซึ่งสาระที่จะได้จากหนังสือเล่มนี้ ประกอบด้วยเรื่อง นาโนอิเล็กทรอนิกส์, นาโนเคมี, นาโนเทคโนโลยีชีวภาพ, วัสดุนาโน ภาพรวมและอนาคตของนาโนเทคโนโลยี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หนังสือเล่มนี้ว่าด้วยเรื่องของหลักวิชาการเกี่ยวกับ นาโนเทคโนโลยีซึ่งก็หมายถึงการเข้าไปมีส่วนร่วมในการจัดวางโครงสร้างระดับอะตอมของสรรพสิ่งเสียใหม่ นาโนเทคโนโลยีจะมีส่วนสำคัญที่ทำให้ท่านต้องทบทวนธุรกิจหลักของท่าน คู่แข่งของท่านและความชำนาญพิเศษที่แรงงานของท่านจำเป็นต้องมี จะฝึกเขา เหล่านั้นได้อย่างไร และจะวางแผนกลยุทธ์สำหรับอนาคตอย่างไร แจ็ก อัดริชและเดบ นิวเบอร์รี่ได้อธิบายไว้อย่างชัดเจนว่า ท่านจะเตรียมตัวต้อนรับความยิ่งใหญ่ของนาโนเทคโนโลยีอย่างไร ยิ่งใหญ่ต้องยิ่งเล็ก เปิดโอกาสให้เราได้แอบมองเทคโนโลยีใหม่ล่าสุดที่จะเปลี่ยนโฉมอนาคตในอีกสิบปีข้างหน้า เพื่อให้ นักลงทุนและนักบริหารใช้เป็นเส้นทางสู่การทำกำไรมหาศาลด้วยความอัศจรรย์ ของสิ่งที่เล็กจนมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า



นาโนเทคโนโลยี... จิวแต่แจ้ว เล่มนี้ ดร. อติสร เตือนตรานนท์ ได้กล่าวถึงรายละเอียดของการก่อกำเนิดนาโนเทคโนโลยี และผลงานสิ่งประดิษฐ์จากนาโนเทคโนโลยีว่าจะเกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้และโลกใบนี้ของเราอย่างไร ด้วยคำอธิบายที่ชัดเจน เข้าใจง่าย รับรองว่าท่านจะได้รู้จักนาโนเทคโนโลยีตัวเล็กๆ นี้เพิ่มมากขึ้น เพราะเรื่องเทคโนโลยีในทุกวันนี้เป็นเรื่องที่ไม่ไกลเกินตัว



นิตยสารอัปเดต ถือได้ว่าเป็นนิตยสารที่ให้ความรู้เกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีอย่างมาก มีบทความเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง มีภาพประกอบ อ่านเข้าใจง่าย บางบทความก็แบ่งเป็นตอนๆ ไว้ น่าติดตาม อีกทั้งรวมเนื้อหาทางด้านวิทยาศาสตร์ต่างๆ ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



นิตยสาร สสวท ได้รวมเนื้อหาในการพัฒนา และการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้วิจัยคิดว่า เป็น นิตยสารที่น่าสนใจ นอกจากจะมีเนื้อหาแล้วยังมีภาพประกอบ ค้วย



นิตยสารที่ให้ความรู้เกี่ยวกับสื่อเทคโนโลยีต่างๆ โดยบาง เทคโนโลยีได้สร้างมาจากนาโนเทคโนโลยี ซึ่งน่าสนใจมากมี ภาพประกอบสวยงามง่ายต่อการทำความเข้าใจ

หนังสือ นิตยสาร เอกสารต่างๆ ที่ผู้วิจัย ได้ยกตัวอย่างมานี้เป็นเพียงส่วนหนึ่งที่ยกตัวอย่าง เท่านั้น ผู้วิจัยเองก็ได้ค้นคว้าในเอกสารอื่นๆที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี เพิ่มเติม โดยสามารถ ค้นหาข้อมูล ได้จาก <http://www.google.com> พิมพ์คำว่า นาโนเทคโนโลยี

#### 4. การให้การศึกษาศึกษาและฝึกอบรมทางด้านนาโนเทคโนโลยีสำหรับครู (Training and Professional Resources for Teachers)

โดยได้มีการจัดตั้งศูนย์วิจัยความเป็นเลิศ ด้านนาโนเทคโนโลยี ของ ศูนย์นาโนเทคโนโลยี แห่งชาติ จัดตั้งขึ้นตามแผนกลยุทธ์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ (พ.ศ. 2550-2556) ด้านการพัฒนาโครงสร้าง พื้นฐาน เพื่อประสาน สร้างองค์ความรู้โดยผลิตผลงานวิจัยที่มีคุณภาพในระดับมาตรฐานสากล ซึ่ง สะท้อนให้เห็นได้จากดัชนีชี้วัดต่างๆ อาทิ จำนวนสิทธิบัตร บทความตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ รวมทั้งการเป็นวิทยากรในระดับนานาชาติ และสามารถเชื่อมโยง ก่อประ โยชน์แก่ภาคอุตสาหกรรมหรือ สาธารณประ โยชน์ ตั้งแต่ปี 2549 ศูนย์นาโนเทคโนโลยีได้ลงนามความร่วมมือกับสถาบันการศึกษารวม 8 แห่ง แล้ว และจะจัดตั้งเครือข่ายร่วมวิจัย (Collaborative Research Consortium ) ทางด้าน Technical and Functional Textiles และ Thai Herb Cosmeceuticals ในปี งบประมาณ 2551 นี้เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ชื่อศูนย์ : Integrated Nanotechnology Research Center, KKU

วันที่ลงนามข้อตกลงร่วม(MOU) : 4 พฤษภาคม 2550

ผู้อำนวยการศูนย์ : ผศ. ดร.วิทยา อมรกิจบำรุง

email : vittaya@kku.ac.th โทร. 089-416-9325

ความเชี่ยวชาญ/เน้นนักวิจัยด้าน : วัสดุอนุภาคและเส้นใยนาโน เพื่อประยุกต์ด้านการแพทย์

- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ชื่อศูนย์ : Semiconductor Device Research Laboratory

วันที่ลงนามข้อตกลงร่วม(MOU) : 1 กันยายน 2549

ผู้อำนวยการศูนย์ : Prof.Dr Somsak Panyakeow

email : s\_panyakeow@yahoo.com โทร. 66 2218 6524 Fax 66 2218 6523

ความเชี่ยวชาญ/เน้นนักวิจัยด้าน : Nanoelectronics and nanophotonics

เว็บไซต์ : <http://www.elec.eng.chula.ac.th/data/SDRL.pdf>

- มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

ชื่อศูนย์ : COE in Nanotechnology under Southern Thailand Science Park

วันที่ลงนามข้อตกลงร่วม(MOU) : 17 สิงหาคม 2549

ผู้อำนวยการศูนย์ : Asso.Prof.Dr. Pikul Vanichapichart

email : pikul.v@psu.ac.th โทร. 66 7428 8754, 7428 8769

ความเชี่ยวชาญ/เน้นนักวิจัยด้าน : New drug delivery system and tissue engineering , multiphysics devices membrane technology, nanomaterials

- มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ชื่อศูนย์ : Network for the Excellence in Functional Nanomaterials, CMU

วันที่ลงนามข้อตกลงร่วม(MOU) : 17 สิงหาคม 2549

ผู้อำนวยการศูนย์ : Assoc.Prof.Dr.Nikorn Mangkorn tong

email : nikornm@gmail.com โทร. 66 5394 3304, 5389 2267

ความเชี่ยวชาญ/เน้นนักวิจัยด้าน : Nanomaterials

เว็บไซต์ : <http://physics.science.cmu.ac.th/nano/index.htm>

- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อศูนย์ : Organic Nanoelectronic Devices Research Unit

วันที่ลงนามข้อตกลงร่วม(MOU) : 3 กันยายน 2549

ผู้อำนวยการศูนย์ : Asso.Prof.Dr.Jiti Nukeaw

email : knjiti@kmitl.ac.th โทร. 66 2326 4339-53 ext 218,285

ความเชี่ยวชาญ/เน้นหนักวิจัยด้าน : Organic Nanoelectronic Devices

เว็บไซต์ : <http://qoslab.sci.kmitl.ac.th/index.html>

- มหาวิทยาลัยมหิดล

ชื่อศูนย์ : Center of Nanoscience and Nanotechnology

วันที่ลงนามข้อตกลงร่วม(MOU) : 7 กรกฎาคม 2549

ผู้อำนวยการศูนย์ : Asst.Prof.Dr.Tanakorn Osotchan

email : sctos@mahidol.ac.th โทร. 66 2201 5770

ความเชี่ยวชาญ/เน้นหนักวิจัยด้าน : Nanodevice engineering

เว็บไซต์ : <http://nanotech.sc.mahidol.ac.th/>

- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ชื่อศูนย์ : ศูนย์นาโนเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วันที่ลงนามข้อตกลงร่วม(MOU) : 1 มิถุนายน 2549

ผู้อำนวยการศูนย์ : Prof.Dr.Jumras Limtrakul

email : fscijrl@ku.ac.th โทร. 66 2942 8900 ext 304

ความเชี่ยวชาญ/เน้นหนักวิจัยด้าน : Nanoscale Materials Design and Simulation

เว็บไซต์ : <http://nanocenter.sci.ku.ac.th/nanocenter.htm>

- สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย

ชื่อศูนย์ : Center of Excellence in Nanotechnology at AIT

วันที่ลงนามข้อตกลงร่วม(MOU) : 25 พฤษภาคม 2549

ผู้อำนวยการศูนย์ : Assoc.Prof.Dr.Joydeep Dutta

email : joy@ait.ac.th โทร. 66 2524 5680

ความเชี่ยวชาญ/เน้นหนักวิจัยด้าน : Application of Nanoparticles

เว็บไซต์ : <http://www.nano.ait.ac.th>

ตอนที่ 2 การนำเสนอรูปแบบ ยุทธศาสตร์และแนวทางการปฏิรูปการศึกษาเพื่อเตรียมรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากนาโนเทคโนโลยีนั้น โดยวิเคราะห์จากแผนแม่บทการพัฒนานาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ โดยแบ่ง เป็น 4 ส่วนคือ วัสดุนาโน นาโนอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีชีวภาพ และการศึกษาพัฒนาบุคลากร

ผู้วิจัยศึกษาจากแผนแม่บทการพัฒนานาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ซึ่งตั้งเป้าหมายให้ประเทศไทยพัฒนานาโนเทคโนโลยีให้เป็นรูปธรรมใน 10 ปี (พ.ศ.2547-2556) แผนแม่บทการพัฒนานาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ แบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนคือ

1. วัสดุนาโน เป็นการประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีศาสตร์ด้านวัสดุนาโน เช่น การเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในอุตสาหกรรม การพัฒนาฟิล์มพลาสติกนาโนคอมโพสิตที่มีความสามารถในการสกัดกั้นการผ่านของก๊าซบางชนิดและไอน้ำ เพื่อใช้ทำบรรจุภัณฑ์เพื่อยืดอายุความสดของผักและผลไม้และเพิ่มมูลค่าการส่งออก การผลิตผลอนุภาคนาโนมาใช้ในการฆ่าเชื้อแบคทีเรีย ไวรัส หรือทำให้ไม่เปียกน้ำ นักวิทยาศาสตร์ได้ให้ความสนใจศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาคุณสมบัติของ fullerenes โมเลกุลที่มีโครงสร้างประกอบไปด้วยอะตอมของคาร์บอน ซึ่งมีการจัดเรียงตัวของอะตอมอย่างเป็นระเบียบและมีโครงสร้างอยู่ระหว่างโครงสร้างของเพชรและแกรไฟต์ในตระกูลของคาร์บอน และเมื่อไม่นานมานี้มีการค้นพบโครงสร้างใหม่ของ fullerenes ที่มีลักษณะเป็นลูกบอลที่มีโครงสร้างเหมือนกรงปิดที่เป็นรูปทรงกลมซึ่งประกอบไปด้วย 60 อะตอมของคาร์บอนที่มีลักษณะสมมาตร(C60) ซึ่งเป็นการค้นพบการจัดเรียงตัวของคาร์บอนอะตอมแบบใหม่ที่ไม่เคยพบมาก่อน นอกจากนั้นนักวิจัยได้ทำการตัดแปลงโมเลกุลที่ค้นพบนั้นให้ขยายยาวออกไปเป็นโครงสร้างที่เป็นท่อเรียวยาวเล็กได้สำเร็จและเรียกโครงสร้างนั้นว่า ท่อนาโนคาร์บอน(carbon nanotubes ; C1,000,000) ท่อนาโนคาร์บอน (carbon nanotube) มีรูปร่างเป็นโครงตาข่ายของคาร์บอน ม้วนเชื่อมติดกันเป็นรูปทรงกระบอก และมีเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงไม่กี่นาโนเมตร ท่อนาโนคาร์บอน มีคุณสมบัติที่แข็งแรงและเหนียวกว่า เหล็กกล้า สามารถนำไฟฟ้า หรือ กลายเป็นฉนวน (ไม่นำไฟฟ้า) ได้ ขึ้นอยู่กับทิศทางของแนวการจัดเรียงตัวของอะตอมคาร์บอนบนผนังท่อนาโนคาร์บอน สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ใช้เป็นสายไฟจิ๋ว ในเครื่องใช้ไฟฟ้า (nanoelectronics) ใช้ท่อเป็นเส้นใยที่มีความละเอียดสูงและทนทานกว่าไหมเทียม หรือผลิตเป็น แบตเตอรี่ที่มีอายุการใช้งานนานนับสิบปี นอกจากนี้ยังมีความแข็งแรงและมีน้ำหนักเบา เป็นต้น โครงสร้างของท่อนาโนคาร์บอน มีโครงสร้างเป็นแบบ โมเลกุลเดี่ยวที่มีลักษณะเป็นแถวยาวของคาร์บอนเรียงตัวกันเป็นแนวยาวนับล้านๆเท่าของขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อนาโนคาร์บอน โครงสร้างของท่อนาโนคาร์บอน (carbon nanotubes) จะ โค้งตัวม้วนเป็นแกนจากด้านหนึ่งไปบรรจบอีกด้านหนึ่ง ซึ่งนักเคมีมีแนวความคิดว่าท่อนาโนคาร์บอนนี้มีลักษณะเป็น monoelemental polymer (โพลิเมอร์ที่ประกอบไปด้วยธาตุเพียงชนิดเดียว ซึ่งแตกต่างจากโพลิเมอร์ที่พบโดยทั่วไปที่จะพบอะตอมของธาตุอื่นด้วย) จากการทดลองและการคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์แสดงให้เห็นว่า ท่อกลวงนี้มีความสามารถในการยึดหยุ่นเป็นพิเศษ มีความแข็งแรงและมีคุณสมบัติที่ไม่ธรรมดาอีกหลายประการ ตัวอย่างเช่น สามารถ

หดกลับจากรูปหนึ่งไปสู่อีกรูปหนึ่งอย่างฉับพลันและสามารถสร้างเป็นเชือกที่มีความแข็งแรงมากเป็นพิเศษ นอกจากนั้นท่อนาโนคาร์บอนยังมีคุณสมบัตินำไฟฟ้าจึงทำให้มีการทดลองสร้างเป็น สาย โลหะ นาโน (Nanowires) และตัวนำไฟฟ้าในขนาดนาโนสเกล (Nanoscale transistors) และในปัจจุบันท่อนาโนคาร์บอนสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริงและประสบความสำเร็จเป็นอย่างมาก ถึงแม้ว่าการผลิต โมเลกุลที่เป็นสายโลหะขนาดเล็กจะเป็นเรื่องน่าท้าทายก็ตามหนึ่งถึงแม้ว่ามีการค้นพบท่อนาโนคาร์บอนมากกว่า 30 ปี โดยบริษัท NEC ของญี่ปุ่นแต่ท่อนาโนคาร์บอนที่ค้นพบในขณะนั้นก็ยังไม่สามารถนำมาใช้ได้จริง ท่อนาโนคาร์บอนที่พบโดย NEC Fullerenes หรือบัคกิ้งบอลคาร์บอนที่โครงสร้างเป็นรูปลูกบอลสีน้ำตาลนาโนเทคโนโลยีที่ผลิตได้ในเชิงพาณิชย์ในปัจจุบัน มีอยู่หลายรายการด้วยกัน เช่น สก๊อตเท็กซ์ ของ Nanogate คุณภาพสูงที่ช่วยให้สก๊อตและเลื่อนนำแข็งลื่นไหลได้ดีและมีความแข็งแรง แจ็กเก็ตสก๊อตชนิดพิเศษที่ผลิตด้วยเส้นใยนาโน Franz Ziener GmbH & Co. มีคุณสมบัติกันลม กันน้ำ และกันคราบสิ่งสกปรกต่างๆ เสื้อผ้าไร้รอยยับและป้องกันรอยเปื้อนคราบสิ่งสกปรก กล้องดิจิตอลจอภาพ OLED (Organic light-emitting diodes) ของ โคดักซึ่งแสดงภาพได้สว่างและคมชัดกว่าจอภาพ LCD (Liquid Crystals) แวนกันแดดของบริษัท Nanofilm ที่ใช้โพลีเมอร์ชนิดบางพิเศษเคลือบ ลดการสะท้อนแสง ป้องกันรอยขีดข่วน และคราบสกปรกต่างๆ แร็กเก็ตที่ใช้ท่อนาโนคาร์บอน ผสมกับกราไฟต์ ของบริษัท Baborat ที่มีคุณสมบัติแข็งแรงกว่าเหล็ก 100 เท่า แต่มีน้ำหนักเพียง 1 ใน 6 ทำให้การตีลูกมีพลังมากขึ้น ลดการเกร็งของกล้ามเนื้อ และลูกเทนนิสไฮเทคของบริษัท InMat ที่ใช้เทคนิคการผลิตแบบ Air D-Fense

2. นาโนอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีศาสตร์ด้านนาโนอิเล็กทรอนิกส์ (ไฮเทค) เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณภาพและทำงานด้วยประสิทธิภาพสูง ตัวอย่างเช่น การพัฒนาระบบไฟฟ้าเครื่องกลซูเปอร์จิว การผลิตเซลล์แสงอาทิตย์ การพัฒนา นาโนชิป ทำให้คอมพิวเตอร์ทำงานได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพสูง การพัฒนา High density probe storage device นับตั้งแต่วงการอิเล็กทรอนิกส์ที่เริ่มมาจากการประดิษฐ์หลอดรังสีคาโทด (cathod rays tube) ของเซอร์ วิลเลียม ครูคส์ (Sir William Crooks) ในปี ค.ศ. 1875 อันนำไปสู่การค้นพบรังสีเอ็กซ์โดยเรินท์เกน (William C. Roentgen) ในปี ค.ศ. 1895 และการค้นพบอิเล็กตรอน โดยทอมสัน (Joseph Thomson) ในปี ค.ศ. 1897 จนถึงในปัจจุบันนี้มีเทคโนโลยีขั้นสูง (ไมโครเทคโนโลยี) ในการผลิตแผงวงจรรวมหรือไอซี โดยใช้ซิลิกอนซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำในการทำเป็นทรานซิสเตอร์ในการผลิตชิป ซึ่งต้องการขั้นตอนที่อาศัยความแม่นยำและความสะอาดอย่างที่สุด รวมทั้งยังต้องการความร่วมมือของผู้เชี่ยวชาญหลายสาขา เช่น นักโลหะวิทยา วิศวกร นักเคมี และนักฟิสิกส์ แต่การสร้างวงจรรวมอิเล็กทรอนิกส์บน solid state semiconductor ขนาดของวงจรรวมในชิปก็มีขนาดเพียง 0.18 ไมโครเมตร และมีความพยายามที่จะย่อขนาดวงจรรวมไปที่ 0.10 ไมโครเมตร และต่อไปจนถึง 0.05 ไมโครเมตร ซึ่งชิปดังกล่าวจะมีราคาแพงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากปัญหาดังกล่าวจึงนำไปสู่การสร้างวงจรรอิเล็กทรอนิกส์ด้วยโมเลกุล (molecular electronics) และอุปกรณ์แต่ละตัวจะเป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์เดี่ยว (single electron devices) และโมเลกุลที่ใช้ต้องมีคุณสมบัติเป็นเรกติไฟเออร์ (rectifier) ซึ่งก็คือไดโอด อันเป็นอุปกรณ์พื้นฐานของวงจรรอิเล็กทรอนิกส์นั่นเอง อย่างไรก็ตามถึงแม้จะพบโมเลกุลที่มีคุณสมบัติเป็นเรกติไฟเออร์แล้วก็ตาม ในปัจจุบันก็ยังไม่สามารถต่อเรกติไฟเออร์ดังกล่าวเพื่อสร้างเป็นวงจรรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานอย่างสมบูรณ์ได้ นอกจากเรกติไฟเออร์แล้ว ทรานซิสเตอร์ก็เป็นหน่วยย่อยพื้นฐานหน่วยหนึ่งที่ทำเป็นสำหรับการสร้างวงจรรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งโมเลกุลของสารอินทรีย์และโพลิเมอร์ชนิดที่นำไฟฟ้าได้แล้ว ยังมีโมเลกุลอีกประเภทหนึ่งที่กำลังเป็นที่สนใจอย่างมากในวงการนาโนอิเล็กทรอนิกส์ เรียกว่า ท่อนาโนคาร์บอน (carbon nanotube) ได้แก่โมเลกุลที่ประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอนที่ก่อรูปขึ้นมาเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะคล้ายท่อ ที่นักฟิสิกส์ชาวญี่ปุ่นชื่อ อิิจิมา (Iijima) สร้างขึ้นในปี ค.ศ. 1991 หลังการค้นพบฟูลเลอร์รีน (fullerene) 6 ปี ซึ่งมีลักษณะเหมือนแผ่นกราฟไฟต์ที่ม้วนตัวจนเกิดเป็นท่อ จึงมีแถบการนำไฟฟ้า (conduction band) ที่สามารถนำอิเล็กตรอนได้ดี ในปัจจุบันแน่ใจแล้วว่าท่อนาโนสามารถนำมาทำเป็นสายไฟระดับโมเลกุลได้ จมูกอิเล็กทรอนิกส์ ที่ผลิตได้โดยบริษัท Nanosphere สำหรับตรวจหาเชื้อแอนแทรกซ์ ที่แม่นยำและรวดเร็วที่สุดในโลก โดยใช้เทคนิคการจับคู่สายเกลียว เป็นอีกตัวอย่างหนึ่งของนาโนอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถนำมาใช้ได้จริงในปัจจุบัน โดยใช้คุณสมบัติทางอิเล็กทรอนิกส์ของ โมเลกุล โพลิเมอร์ที่นำไฟฟ้าได้มาเป็นกลไกในการตรวจจับ เราอาจเรียกกลไกในการตรวจจับในลักษณะนี้ว่า neural net

3. เทคโนโลยีชีวภาพ เป็นการประยุกต์ใช้นาโนเทคโนโลยีศาสตร์ ด้านชีวภาพ เช่น การพัฒนานาโนไบโอเซนเซอร์ หรือ หัวตรวจวัดสารชีวภาพ และสารวินิจฉัยโรคโดยใช้วัสดุชีวโมเลกุล การปรับโครงสร้างระดับโมเลกุลของยา ที่สามารถหวังผลการมุ่งทำลายชีวโมเลกุลที่เป็นเป้าหมายเฉพาะเจาะจง เช่น เซลล์มะเร็ง การประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง ในการส่งผ่านสารบำรุงเข้าชั้นได้ผิวหนังได้ดียิ่งขึ้น นาโนเทคโนโลยีชีวภาพ หรือเทคโนโลยีชีวภาพซูเปอร์จีว เป็นวิทยาการแขนงใหม่ที่อาศัยความรู้ขั้นสูงของวิทยาศาสตร์ชีวภาพ เช่น ชีวเคมี ร่วมกับความรู้ด้านวิศวกรรมศาสตร์สาขาหุ่นยนต์หรือเครื่องจักรกล ซึ่งคาดได้ว่าจะเป็นเทคโนโลยีที่มีประโยชน์ในอนาคต โดยในปัจจุบันได้มีการศึกษาเทคโนโลยีชีวภาพซูเปอร์จีวนี้อยู่ในหลายแห่ง

จากโครงสร้างของสิ่งมีชีวิตทำให้เราทราบว่าการทำงานของสิ่งมีชีวิตเกิดขึ้นตั้งแต่ระดับเซลล์หรือระดับที่เล็กลงไป ดังนั้นความเจ็บป่วยที่เกิดขึ้นแต่ละครั้งก็อาจเนื่องมาจากความผิดปกติที่เกิดขึ้นในโมเลกุลที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ เช่น ดีเอ็นเอ โปรตีน เอนไซม์ หรือความผิดปกติที่เกิดจากการทำงานของเซลล์หรือส่วนประกอบหนึ่งภายในเซลล์ เป้าหมายหนึ่งของการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพซูเปอร์จีว คือการสร้างเครื่องมือขนาดจิ๋วที่สามารถแทรกตัวเข้าไปภายในเซลล์เพื่อติดตามว่าเกิดความผิดปกติขึ้นที่จุดใดและทำการแก้ไขซ่อมแซมในอนาคตการรักษาผู้ป่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เป็นไขหวัดด้วยการฉีดเซลล์ประคิมภูษขนาดจิ๋วที่เรียกว่า นาโนดีคอย (nanodecoy) ที่มีโมเลกุลของรีเซพเตอร์นับล้าน โมเลกุลเกาะอยู่บนผิว ไวรัสสำหรับดักจับไวรัสไขหวัด ทำให้เชื้อไวรัสมีปริมาณลดลงหรือถูกกำจัดในที่สุด แทนที่จะกีดกันยารักษาหรือยับยั้งการแพร่ระบาดของไวรัสซึ่งทำได้ยากกว่า รวมทั้งยังอาจทำให้เกิดการดื้อยาและมีการกลายพันธุ์เกิดไวรัสสายพันธุ์ใหม่ แต่ปัญหาที่ใหญ่ที่สุดในการใช้นาโนดีคอยก็คือ จะต้องทำให้ร่างกายไม่ปฏิเสธหรือต่อต้านนาโนดีคอยว่าเป็นสิ่งแปลกปลอม ที่โรงพยาบาล Singapore General ได้ใช้ยา BrachySil ที่สร้างขึ้นจากการอัดฟอสฟอรัสลงไปในรูพรุนของซิลิกอน (BioSilicon ซึ่งเป็นวัสดุในระดับนาโนที่ย่อยสลายง่ายในร่างกายในรูปของกรดซิลิซิก (Silicic acid) ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย) แล้วกระตุ้นให้เป็นสารรังสีไอโซโทป P-32 (เพื่อที่จะฆ่าเซลล์มะเร็ง) มี half-life 14 วัน ในการรักษาผู้ป่วยมะเร็งตับ 2 ราย และคาดว่ายานี้จะนำออกใช้ได้ในปี ค.ศ.2006 ทีมวิจัยชาวญี่ปุ่นก็ได้นำ “กล้องจุลทรรศน์แรงอะตอม” หรือ “เอเอฟเอ็ม” (atomic force microscope : AFM) มาใช้เป็นอุปกรณ์ในการผ่าตัดระดับเซลล์ ซึ่งสามารถเพิ่มหรือเคลื่อนย้ายโมเลกุลไปไว้ในตำแหน่งที่แม่นยำโดยไม่ทำลายเซลล์ขึ้นนั้นๆ กล้องจุลทรรศน์เอเอฟเอ็มมีลักษณะเหมือนแขนของเครื่องบันทึกเทป ปลายเล็กๆ บางๆ ที่ติดอยู่ส่วนล่างสุดต่อจากแขน ซึ่งรับแรงสัมผัสจากการลากผ่านพื้นผิว เครื่องมือนี้ใช้ในการสร้างแผนที่ระดับโมเลกุลสำหรับเซลล์ใหม่ ต่างจากเข็มขนาดเล็กแบบเดิม เพราะเอเอฟเอ็มสามารถรับรู้ถึงแรงที่สัมผัสกับเซลล์ ทำให้ตอบสนองได้อย่างเต็มที่เข็มที่ใช้เป็นเข็มซิลิกอนที่ถูกเหลาจนแหลมเป็นเข็มยาวเพียง 8 ไมโครเมตร และกว้าง 200 นาโนเมตร เมื่อเข็มแทงเข้าไปในเซลล์ ผนังเซลล์แหงนออกเพียงแค่ 1 ไมโครเมตร ซึ่งดูละเอียดและประณีตบรรจงกว่าการใช้เข็มขนาดเล็กธรรมดาที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน และหลังการผ่าตัดผนังเซลล์ก็จะกลับคืนสู่สภาพปกติอย่างรวดเร็ว และนับเป็นครั้งแรกที่ของแข็งสามารถทะลวงเข้าไปถึงนิวเคลียสในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตได้อย่างแม่นยำ เข็มซิลิกอนขนาดจิ๋วเส้นผ่าศูนย์กลาง 200 นาโนเมตร ภาพขยายเซลล์ตีบผนังเซลล์เปิดสู่สภาพปกติแล้ว เทนค์เลอร์ (Saul Tendler) มหาวิทยาลัยนอร์ทดิงแฮมในอังกฤษ เชื่อว่าเข็มนี้จะช่วยให้นักวิจัยสามารถฉีดโมเลกุลเช่น สายดีเอ็นเอเข้าไปแทรกตัวในนิวเคลียสเพื่อทดสอบเทคนิคใหม่ทางด้านอายุรเวชเกี่ยวกับยีน (gene therapy) ส่วนประโยชน์ที่ได้จาก nanobiotechnology ที่เห็นได้ชัดเจนและคาดว่าจะมีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตของเราเป็นอย่างมาก คงได้แก่เทคโนโลยีทางการแพทย์และยา เช่น การทำวิศวกรรมเนื้อเยื่อ (tissue engineering) เพื่อสร้างอวัยวะ (เนื้อเยื่อหรือกระดูก) ขึ้นมาทดแทนอวัยวะส่วนที่เสื่อมสภาพไป การผลิตยาที่สามารถทำการรักษาเฉพาะจุด (drug target) เพื่อลดปัญหาการดื้อยา และผลข้างเคียงของยา การผลิต biosensor ที่สามารถวัดปริมาณสารต่างๆ ในเลือด ในปัสสาวะ หรือในสภาพแวดล้อมได้อย่างฉับไว หรือการผลิต “ดีเอ็นเอชิพ” ซึ่งจะใช้ร่วมกับข้อมูลชีวสารสนเทศ (bioinformatics) เพื่อตรวจหายีนที่ผิดปกติซึ่งอาจก่อให้เกิดโรคในอนาคต หรือเพื่อใช้เป็นข้อมูลพันธุกรรมพื้นฐานส่วนบุคคลในการรักษาพยาบาลยามเจ็บไข้ได้ป่วย ซึ่งแพทย์จะสามารถสั่งยาที่ตอบสนองต่อร่างกายของผู้ป่วยได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ สำหรับการ

แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจวินิจฉัยโรคในปัจจุบันเราต้องไปตรวจร่างกายที่โรงพยาบาล และจะโดนเจาะเลือดด้วยเข็มฉีดยาใส่ในหลอดแก้วและนำไปตรวจในห้องแล็บ รอประมาณ 2-3 ชั่วโมงจึงจะรู้ผลการตรวจเบื้องต้น ถ้าตรวจละเอียดก็ต้องมารอฟังผลในวันถัดไป แต่ในอนาคตอันใกล้ เลือดเพียงหยดเดียวหรือน้อยกว่านั้น เมื่อหยดลงบนแผ่นชิพหน้าตาคล้ายแผ่นแก้วสไลด์ ก็สามารถตรวจความผิดปกติในร่างกายเราได้ในเวลาไม่กี่นาที นั่นคือเทคโนโลยีที่เราเรียกว่า ห้องปฏิบัติการบนชิพ (lab-on-a-chip) หรือชิพตรวจโรค เป็นชิพที่ย่อส่วนการทำงานในห้องแล็บเอาไว้บนชิพห้องปฏิบัติการบนชิพ เป็นเทคโนโลยีที่เกิดจากการผสมผสานความรู้ทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ เคมี ชีววิทยา และกลศาสตร์เข้าด้วยกัน ถือว่าเป็นสาขาหนึ่งของเทคโนโลยีระบบเครื่องกลไฟฟ้าจุลภาคที่เน้นทางด้านชีวเคมี เรียกว่า ไบโอมเมมส์ (BioMEMS) และมีความเกี่ยวข้องกับนาโนไบโอเทคโนโลยีอีกด้วย เนื่องจากปริมาณสิ่งที่ใช้ทดสอบหา เช่น เลือด น้ำลาย บนชิพเหล่านี้ใช้ในระบายน้อยกว่านาโนลิตร หรือหนึ่งในพันล้านของลิตร กับเทคโนโลยีระบบเครื่องกลไฟฟ้าจุลภาค หรือเครื่องกลจิวน์เองทำให้เราสามารถสร้างท่อที่มีขนาดจิ๋ว เล็กจิ๋วยิ่งกว่าเส้นผมของเราเสียอีกท่อเหล่านี้ก็ทำหน้าที่เหมือนท่อหรือหลอดทดลองในห้องแล็บที่เราคุ้นเคย เราสามารถออกแบบให้ชิพซึ่งประกอบด้วยปั๊มจิ๋ว ท่อจิ๋ว และเซ็นเซอร์ทางชีวภาพที่สามารถตรวจวัดผลจากการทำปฏิกิริยาบนชิพในทันที ให้สามารถตรวจหาเชื้อโรคหรือตรวจวัดโรคที่มีอยู่ในทันที ทำให้สามารถนำไปใช้ตรวจนอกสถานที่หรือที่บ้านเองได้ เป็นชิพสามัญประจำบ้านเราได้เลย เราเรียกว่า การตรวจแบบ พอยท์ ออฟ แคร์ (point of care diagnostics) ผลิตภัณฑ์นาโนเทคโนโลยีชีวภาพ ในส่วนของเครื่องสำอางนาโน ได้เริ่มมีการวางจำหน่ายแล้วเช่น ครีมบำรุงผิวพรรณที่สามารถแทรกซึมเข้าไปในผิวหนัง ได้ลึกยิ่งขึ้นเพื่อต่อต้านริ้วรอย Plenitude Revita-lift ของ L'Oreal Paris ใช้เทคนิคในการบรรจุวิตามินไว้ในแคปซูลอนุเล็กลึกลับ แคปซูลนี้จะทำหน้าที่เป็นเหมือนฟองน้ำที่ซับเอาครีมไว้และจะปล่อยออกมาเมื่อชั้นแคปซูลภายนอกละลายภายใต้ผิวหนัง และครีมป้องกันแดด Nanocrystalline (Nucelle Sunsense SPF 30) มีส่วนประกอบสำคัญได้แก่ (Z-COTE) ซึ่งสามารถป้องกันได้ทั้งรังสี UVA และUVB ได้อย่างมีประสิทธิภาพและไม่ทำให้เกิดอาการแพ้

#### 4. การศึกษาพัฒนาบุคลากร

ผู้วิจัยได้มีการสำรวจข้อมูล เกี่ยวกับผลกระทบนาโนเทคโนโลยีต่อการศึกษา โดยแบ่งเป็นสามกลุ่มกลุ่มแรกเป็นกลุ่มระดับมัธยมศึกษา ,กลุ่มที่สองเป็นกลุ่มอุดมศึกษา และกลุ่มที่สามเป็นกลุ่มสถานประกอบการ โดยสุ่มกลุ่มตัวอย่างอย่างง่ายกลุ่มละ 30 คน

##### 1.1 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะประชากร กลุ่มนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา

เป็นการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างที่เกี่ยวกับ เพศ ระดับช่วงอายุ ปรากฏผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตาราง 4.1 แสดงจำนวนร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามลักษณะทางประชากรกลุ่มที่กำลังศึกษาในระดับมัธยมศึกษา มีจำนวนทั้งหมด 30 ท่านที่ได้ทำการสำรวจแบบสอบถามในครั้งนี้ ดังตารางข้างล่างดังนี้

ลักษณะประชากร		จำนวน	ร้อยละ
เพศ	ชาย	14	46.7
	หญิง	16	53.3
ระดับอายุ	อายุ 15-19 ปี	6	20
	อายุ 20-29 ปี	24	80

จากตารางที่ 4.1 พบว่าการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างที่เกี่ยวกับ เพศ ระดับช่วงอายุ ปรากฏผลการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างที่กำลังศึกษาในระดับมัธยมศึกษาเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย โดยกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 53.3 ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 46.7 กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับอายุ 11-15 ปี คิดเป็นร้อยละ 20 กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับอายุ 16-19 ปี คิดเป็นร้อยละ 80

ตาราง 4.2 แสดงจำนวนร้อยละค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลกระทบนาโนเทคโนโลยีต่อการศึกษา ในสถานศึกษาระดับมัธยมศึกษา

หัวข้อ	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	ควรปรับปรุง	
1.นักเรียนทราบเกี่ยวกับความสำคัญในเรื่องนาโนเทคโนโลยี	3.3%	23.3%	60%	10%	3.3%	3.13
2. นักเรียนคิดว่านาโนเทคโนโลยีมีความสำคัญในชีวิตประจำวันของนักเรียน	3.3%	50%	43.3%	0%	3.3%	3.50
3. ครูผู้สอนได้ให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนาโนเทคโนโลยี	3.3%	33.3%	40%	20%	3.3%	3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.2 แสดงจำนวนร้อยละค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลกระทบนาโนเทคโนโลยีต่อการศึกษา ในสถานศึกษาระดับมัธยมศึกษา (ต่อ)

หัวข้อ	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	ควรปรับปรุง	
4. นักเรียนได้รับข่าวสารความรู้ต่างๆ ในเรื่องนาโนเทคโนโลยีจากสื่อสิ่งพิมพ์ต่างๆ	3.3%	26.7%	60%	3.3%	6.7%	3.17
5. โรงเรียนได้มีวิทยากรหรือผู้ที่มีความรู้เรื่องนาโนเทคโนโลยีมาให้ความรู้แก่นักเรียน	6.7%	20%	40%	20%	6.7%	2.90
6. นักเรียนได้ทราบว่าประเทศไทยได้มีการนำเทคโนโลยีจากนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในประเทศ	3.3%	23.3%	60%	13.3%	3.3%	3.27
7. นักเรียนคิดว่าโรงเรียนควรให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนาโนเทคโนโลยี	23.3%	20%	46.7%	6.7%	3.3%	3.53
8. โรงเรียนได้จัดให้มีสื่อสิ่งพิมพ์ต่างๆ ไว้ให้นักเรียนได้ค้นคว้า โดยเฉพาะในเรื่องเทคโนโลยีต่างๆ	16.7%	26.7	43.3%	10%	3.3%	3.43
9. นักเรียนคิดว่านาโนเทคโนโลยีมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศชาติในอนาคต	10%	33.3%	46.7%	6.7%	3.3%	3.40
10. นักเรียนต้องการให้หน่วยงานในภาครัฐได้ให้มีการเผยแพร่ข่าวสารเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี	16.7%	40%	36.7%	3.3%	3.3%	3.63

จากตารางที่ 4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบนาโนเทคโนโลยี ในสถานศึกษาแสดงจำนวนร้อยละค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลกระทบนาโนเทคโนโลยีต่อการศึกษา ในสถานศึกษาระดับมัธยมศึกษาพบว่าจากกลุ่มตัวอย่างนักเรียนทราบเกี่ยวกับความสำคัญในเรื่อง นาโนเทคโนโลยีอยู่ในระดับ ปานกลาง, นักเรียนคิดว่านาโนเทคโนโลยีมีความสำคัญในชีวิตประจำวันของนักเรียนอยู่ในระดับปานกลาง, ครูผู้สอนได้ให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนาโนเทคโนโลยีไม่ทั่วครณิดูๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคโนโลยี อยู่ในระดับปานกลาง ,นักเรียนได้รับข่าวสารความรู้ต่างๆ ในเรื่องนาโนเทคโนโลยี จากสื่อสิ่งพิมพ์ต่างๆ อยู่ในระดับปานกลาง , โรงเรียนได้มีวิทยากรหรือผู้ที่มีความรู้เรื่องนาโนเทคโนโลยีมาให้ความรู้แก่นักเรียน อยู่ในระดับปานกลาง, นักเรียนคิดว่าโรงเรียนควรให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนาโนเทคโนโลยี อยู่ในระดับปานกลาง, โรงเรียนได้จัดให้มีสื่อสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ไว้ให้นักเรียนได้ค้นคว้า โดยเฉพาะในเรื่องเทคโนโลยีต่าง ๆ อยู่ในระดับปานกลาง, นักเรียนคิดว่านาโนเทคโนโลยีมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศชาติในอนาคต อยู่ในระดับปานกลาง และนักเรียนต้องการให้หน่วยงานในภาครัฐได้ให้มีการเผยแพร่ข่าวสารเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง อยู่ในระดับปานกลาง

## 1.2 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะประชากร กลุ่มนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา

เป็นการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างที่เกี่ยวกับ เพศ ระดับช่วงอายุ ปรากฏผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตาราง 4.3 แสดงจำนวนร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามลักษณะทางประชากรกลุ่มที่กำลังศึกษาในระดับอุดมศึกษา มีจำนวนทั้งหมด 30 ท่านที่ได้ทำการสำรวจแบบสอบถามในครั้งนี้ ดังตารางข้างล่างดังนี้

ลักษณะประชากร	จำนวน	ร้อยละ
เพศ	ชาย	10
	หญิง	20
ระดับอายุ	อายุ 20-29 ปี	100

จากตารางที่ 4.3 พบว่าการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างที่เกี่ยวกับ เพศ ระดับช่วงอายุ ปรากฏผลการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างที่กำลังศึกษาในระดับอุดมศึกษาเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย โดยกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 66.7 ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 33.3 กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับอายุ 20-29 ปี คิดเป็นร้อยละ 100

ตาราง 4.4 แสดงจำนวนร้อยละค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลกระทบนานาเทคโนโลยีต่อการศึกษา ในสถานศึกษาระดับอุดมศึกษา

หัวข้อ	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	ควรปรับปรุง	
1. นักศึกษาทราบเกี่ยวกับความสำคัญในเรื่องนาโนเทคโนโลยี	0%	23.3%	53.3%	20%	3.3%	2.97
2. นักศึกษาคิดว่านาโนเทคโนโลยีมีความสำคัญในชีวิตประจำวันของนักเรียน	0%	30%	46.7%	20%	3.3%	3.03
3. ครูผู้สอนได้ให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนาโนเทคโนโลยี	3.3%	33.3%	33.3%	36.7%	16.7%	3.43
4. นักศึกษาได้รับข่าวสารความรู้ต่าง ๆ ในเรื่องนาโนเทคโนโลยีจากสื่อสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ	0%	3.3%	50%	30%	16.7%	2.40
5. สถานศึกษาได้มีวิทยากรหรือผู้ที่มีความรู้เรื่องนาโนเทคโนโลยีมาให้ความรู้แก่นักเรียน	0%	13.3%	43.3%	33.3%	10%	2.60
6. นักศึกษาได้ทราบว่าประเทศไทยได้มีการนำเทคโนโลยีจากนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในประเทศ	3.3%	13.3%	50%	26.7%	6.7%	2.80
7. นักศึกษาคิดว่าโรงเรียนควรให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนาโนเทคโนโลยี	3.3%	36.7%	43.3%	10%	6.7%	3.20
8. สถานศึกษาได้จัดให้มีสื่อสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ไว้ให้นักเรียนได้ค้นคว้าโดยเฉพาะในเรื่องเทคโนโลยีต่างๆ	3.3%	33.3%	50%	13.3%	3.3%	3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.4 แสดงจำนวนร้อยละค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลกระทบนาโนเทคโนโลยีต่อการศึกษา ในสถานศึกษาระดับอุดมศึกษา (ต่อ)

หัวข้อ	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	ควรปรับปรุง	
9. นักศึกษาคิดว่านาโนเทคโนโลยีมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศชาติในอนาคต	0%	26.7%	63.3%	10%	0%	3.17
10. นักศึกษาต้องการให้หน่วยงานในภาครัฐได้ให้มีการเผยแพร่ข่าวสารเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง	26.7%	30%	43.3%	0%	0%	3.83

จากตารางที่ 4.4 ข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบนาโนเทคโนโลยี ในสถานศึกษาแสดงจำนวนร้อยละค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลกระทบนาโนเทคโนโลยีต่อการศึกษา ในสถานศึกษาระดับมัธยมศึกษาพบว่าจากกลุ่มตัวอย่างนักเรียนทราบเกี่ยวกับความสำคัญในเรื่อง นาโนเทคโนโลยีอยู่ในระดับ ปานกลาง, นักเรียนคิดว่านาโนเทคโนโลยีมีความสำคัญในชีวิตประจำวันของนักเรียนอยู่ในระดับปานกลาง, ครูผู้สอนได้ให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนาโนเทคโนโลยี อยู่ในระดับปานกลาง , นักเรียนได้รับข่าวสารความรู้ต่างๆ ในเรื่องนาโนเทคโนโลยี จากสื่อสิ่งพิมพ์ต่างๆ อยู่ในระดับพอใช้, โรงเรียนได้มีวิทยากรหรือผู้ที่มีความรู้เรื่อง นาโนเทคโนโลยีมาให้ความรู้แก่นักเรียน อยู่ในระดับปานกลาง, นักเรียนคิดว่าโรงเรียนควรให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนาโนเทคโนโลยี อยู่ในระดับปานกลาง, โรงเรียนได้จัดให้มีสื่อสิ่งพิมพ์ต่างๆ ไว้ให้นักเรียนได้ค้นคว้า โดยเฉพาะในเรื่องเทคโนโลยีต่างๆ อยู่ในระดับปานกลาง, นักเรียนคิดว่านาโนเทคโนโลยีมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศชาติในอนาคต อยู่ในระดับปานกลาง และนักเรียนต้องการให้หน่วยงานในภาครัฐได้ให้มีการเผยแพร่ข่าวสารเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง อยู่ในระดับปานกลาง

1.3 ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะประชากร กลุ่มที่ทำงานในสถานประกอบการ เป็นการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างที่เกี่ยวกับ เพศ ระดับช่วงอายุ ปรากฏผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตาราง 4.5 แสดงจำนวนร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามลักษณะทางประชากร กลุ่มที่ทำงาน  
ในสถานประกอบการ

ลักษณะประชากร		จำนวน	ร้อยละ
เพศ	ชาย	12	40
	หญิง	18	60
ระดับอายุ	อายุ 20-29 ปี	18	60
	อายุ มากกว่า 30 ปี	12	40

ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะประชากร กลุ่มที่ทำงานในสถานประกอบการ เป็นการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างที่เกี่ยวกับ เพศ ระดับช่วงอายุ ปรากฏผลการวิเคราะห์ แสดงจำนวนร้อยละของกลุ่มตัวอย่าง จำแนกตามลักษณะทางประชากร กลุ่มที่ทำงานในสถานประกอบการพบว่าเป็นเพศหญิงมากกว่าเพศชาย โดยกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 60 ส่วนกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเพศชาย คิดเป็นร้อยละ 40

กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับอายุ 20-29 ปี คิดเป็นร้อยละ 60, กลุ่มตัวอย่างที่มีระดับอายุมากกว่า 30 ปี คิดเป็นร้อยละ 40

จากขณะที่กลุ่มตัวอย่างกลุ่มนี้ ส่วนใหญ่ไม่ทราบข้อมูลข่าวสาร เนื่องจากขาดการสื่อสารจากสื่อต่าง ๆ ซึ่งเดิมทีสื่อเพียงหนังสือพิมพ์ และข้อมูลสื่อสารภายในองค์กรเท่านั้น (Information Computer Data In Company) ส่วนข้อมูลข่าวสารที่เป็นเชิงเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีที่นำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาคุณภาพ ประสิทธิภาพของการทำงาน ในระบบต่างๆ ภายในองค์กร เช่น ระบบงานผลการตรวจสอบคุณภาพ (ผล Lab Micro) เพื่อให้มั่นใจว่าไม่เกิดผลกระทบต่อลูกค้า ผู้บริโภค และระบบงาน IT ที่นำมาใช้กับการเก็บข้อมูลการทำงานของระบบไฟฟ้า เป็นต้น แต่ยังไม่เข้าใจในเนื้อหาที่แท้จริงมากนัก ว่าที่มาของนาโนมาเทคโนโลยีจากไหน นำมาใช้อย่างไร เป็นรูปแบบลักษณะหน้าเป็นอย่างไร ซึ่งปัจจุบันองค์กร หรือบริษัทฯ ชั้นนำต่างๆ อาจนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้แต่กลุ่มที่ทราบว่าสิ่งที่นำมาใช้เป็นการนำนาโนเทคโนโลยีมาอยู่ในกระบวนการทำงานนั้นน้อยน้อยเพียงไร ซึ่ง ควรมีสถาบันที่มีข้อมูลเหล่านี้ จัดทำสื่อใดๆ ก็ตาม ที่จะทำให้ประชาชน หรือบุคลากรที่ทำงานทราบถึงประโยชน์ หรือมีผลกระทบต่อสภาวะเศรษฐกิจโลกในปัจจุบัน ที่ต้องแข่งขันกันเพื่อความอยู่รอดขององค์กรและบุคลากร ในการนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในชีวิตประจำวัน เพื่อให้สอดคล้องกับสภาวะโลกร้อนในปัจจุบัน ซึ่งทุกหน่วยงานของภาครัฐนั้น มีโครงการหลายอย่างๆ ที่จะรณรงค์ลดภาวะโลกร้อน หรือกิจกรรมต่างๆ ที่จะจัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ขึ้นเพื่อให้ประชาชนในประเทศพัฒนาอื่นๆ ขึ้นไป และเป็นที่ยอมรับทั่วโลก ในระดับสากลในด้านการส่งออก หรือธุรกิจต่างๆ

ตาราง 4.6 แสดงจำนวนร้อยละค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลกระทบนานาเทคโนโลยีต่อการศึกษา ในสถานประกอบการ

หัวข้อ	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	ควรปรับปรุง	
1. นักศึกษาทราบเกี่ยวกับความสำคัญในเรื่องนาโนเทคโนโลยี	0%	3.3%	40%	23.3%	33.3%	2.13
2. นักศึกษาคิดว่านาโนเทคโนโลยีมีความสำคัญในชีวิตประจำวันของนักเรียน	0%	16.7%	33.3%	20%	30%	2.37
3. ครูผู้สอนได้ให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนาโนเทคโนโลยี	0%	0%	13.3%	36.7%	50%	1.63
4. นักศึกษาได้รับข่าวสารความรู้ต่างๆ ในเรื่องนาโนเทคโนโลยีจากสื่อสิ่งพิมพ์ต่างๆ	0%	6.7%	26.7%	23.3%	43.3%	1.97
5. สถานศึกษาได้มีวิทยากรหรือผู้ที่มีความรู้เรื่องนาโนเทคโนโลยีมาให้ความรู้แก่นักเรียน	0%	3.3%	13.3%	20%	63.3%	1.57
6. นักศึกษาได้ทราบว่าประเทศไทยได้มีการนำเทคโนโลยีจากนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในประเทศ	0%	3.3%	13.3%	26.7%	56.7%	1.67
7. นักศึกษาคิดว่าโรงเรียนควรให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนาโนเทคโนโลยี	3.3%	36.7%	20%	10%	30%	2.73
8. สถานศึกษาได้จัดให้มีสื่อสิ่งพิมพ์ต่างๆ ไว้ให้นักเรียนได้ค้นคว้า โดยเฉพาะในเรื่องเทคโนโลยีต่างๆ	0%	6.7%	40%	23.3%	30%	2.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.6 แสดงจำนวนร้อยละค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลกระทบนาโนเทคโนโลยีต่อการศึกษา ในสถานประกอบการ (ต่อ)

หัวข้อ	ระดับความพึงพอใจ					ค่าเฉลี่ย
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	ควรปรับปรุง	
9. นักศึกษาคิดว่านาโนเทคโนโลยีมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศชาติในอนาคต	0%	43.3%	20%	6.7%	30%	2.77
10. นักศึกษาต้องการให้หน่วยงานในภาครัฐได้ให้มีการเผยแพร่ข่าวสารเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง	13.3%	53.3%	16.7%	6.7%	10%	3.53

จากตารางที่ 4.6 ข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบนาโนเทคโนโลยี ในสถานศึกษาแสดงจำนวนร้อยละค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลกระทบนาโนเทคโนโลยีต่อการศึกษา ในสถานศึกษาระดับมัธยมศึกษาพบว่าจากกลุ่มตัวอย่างนักเรียนทราบเกี่ยวกับความสำคัญในเรื่อง นาโนเทคโนโลยีอยู่ในระดับ พอใช้, นักเรียนคิดว่านาโนเทคโนโลยีมีความสำคัญในชีวิตประจำวันของนักเรียนอยู่ในระดับพอใช้, ครูผู้สอนได้ให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนาโนเทคโนโลยี อยู่ในระดับปานกลาง, นักเรียนได้รับข่าวสารความรู้ต่าง ๆ ในเรื่องนาโนเทคโนโลยีจากสื่อสิ่งพิมพ์ต่างๆ อยู่ในระดับพอใช้, โรงเรียนได้มีวิทยากรหรือผู้ที่มีความรู้เรื่องนาโนเทคโนโลยีมาให้ความรู้แก่นักเรียน อยู่ในระดับปานกลาง, นักเรียนคิดว่าโรงเรียนควรให้ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องนาโนเทคโนโลยี อยู่ในระดับปานกลาง, โรงเรียนได้จัดให้มีสื่อสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ไว้ให้นักเรียนได้ค้นคว้า โดยเฉพาะในเรื่องเทคโนโลยีต่าง ๆ อยู่ในระดับพอใช้, นักเรียนคิดว่านาโนเทคโนโลยีมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศชาติในอนาคต อยู่ในระดับปานกลาง และนักเรียนต้องการให้หน่วยงานในภาครัฐได้ให้มีการเผยแพร่ข่าวสารเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง อยู่ในระดับดี

## บทที่ 5

# สรุปอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง ผลกระทบของนาโนเทคโนโลยีต่อการศึกษา ผู้วิจัยได้ดำเนินการ โดยมีรายละเอียดดังนี้

### 5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1.1 เพื่อศึกษาสถานภาพและความพร้อมในการปรับตัวทางด้านการศึกษาของประเทศไทยต่อนานาเทคโนโลยี

5.1.2 เพื่อเสนอรูปแบบ ยุทธศาสตร์และแนวทางการปฏิรูปการศึกษาเพื่อเตรียมรับกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากนาโนเทคโนโลยี

### 5.2 วิธีดำเนินการวิจัย

#### 5.2.1 เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยจะเข้าไปเก็บข้อมูลด้วยตนเองเป็นหลัก และอาศัยเครื่องมือที่ช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูลบางอย่าง ได้แก่ แนวในการสัมภาษณ์ แนวคำถามในการสนทนากลุ่ม

#### 5.2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

##### 5.2.2.1 การเข้าสู่สนามเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ชี้แจงกับหน่วยงานเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การวิจัย ขั้นตอน และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล รวมทั้งได้ศึกษาเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

##### 5.2.2.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและการตรวจสอบข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการโดย 4 วิธีการคือ การศึกษาเอกสาร การสังเกต การสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ และการสนทนากลุ่ม

การตรวจสอบเพื่อหาความน่าเชื่อถือได้ของข้อมูล และตรวจสอบความครบถ้วนและคุณภาพของข้อมูล โดยการตรวจสอบข้อมูลแบบสามเส้า(Triangulation) ตามวิธีการตรวจสอบเชิงคุณภาพ (สุภางค์ จันทวานิช, 2542: 34) ดำเนินการใน 2 วิธีการ คือ 1) ตรวจสอบแบบสามเส้าด้านข้อมูล(Data Triangulation) คือ การตรวจสอบข้อมูลจากแหล่งเวลา แหล่งสถานที่ และแหล่งบุคคลที่แตกต่างกัน ได้แก่ การสังเกตการปฏิบัติงานของบุคลากรในช่วงเวลาหรือสถานที่ที่ต่างกัน การสัมภาษณ์บุคคลกลุ่มต่างๆ และการสอบถามเกี่ยวกับทัศนคติบุคคลกลุ่มต่างๆ 2) การตรวจสอบแบบสามเส้าด้านวิธีการรวบรวมข้อมูล(Methodological

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในทางใดๆ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Triangulation) คือ การใช้วิธีการต่าง ๆ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกต การสัมภาษณ์และการสนทนากลุ่ม ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบต่อนานาเทคโนโลยีต่อการศึกษา ใช้วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการศึกษารายบุคคล การสังเกต การสัมภาษณ์และการสนทนากลุ่ม เป็นต้น

### 5.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนการวิเคราะห์โดยมีการตรวจสอบและตีความข้อมูลตลอดเวลาขณะที่ปฏิบัติการภาคสนาม มีการจัดทำบันทึกภาคสนามไว้อย่างละเอียดและเป็นระบบ พร้อมทั้งได้มีการทำดัชนี(Index) ตามกรอบแนวคิดการวิจัยที่ได้กำหนดไว้อย่างกว้างเพื่อตอบปัญหาการวิจัย สำหรับวิธีวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเอกสารผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา(Content Analysis) ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การสัมภาษณ์ และการสนทนากลุ่ม ใช้วิธีการจำแนกประเภทข้อมูล (Typological Analysis) และการเปรียบเทียบข้อมูล(Comparison)

### 5.2.4 การสังเคราะห์ผลการศึกษา

การสังเคราะห์ผลการศึกษาเป็นการนำข้อค้นพบจากการศึกษาทั้ง 2 ส่วนมาสังเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่เป็นข้อความรู้ตามวัตถุประสงค์การวิจัย โดยนำข้อสรุปต่างๆ มาเชื่อมโยงจนเป็นโครงสร้างของข้อสรุปที่สามารถตอบคำถามการวิจัยได้ โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาการยอมรับข้อค้นพบทั้ง 2 ส่วนให้เป็นผลการสังเคราะห์ ดังนี้

5.2.4.1 ข้อค้นพบจากการศึกษาทั้ง 2 ส่วน ที่ตรงกันหรือมีความเชื่อมโยงสามารถอธิบายในเชิงสาเหตุต่อกันได้

5.2.4.2 ข้อค้นพบจากการศึกษาเชิงปริมาณที่ระบุว่า เป็นปัจจัยในระดับมากแม้ข้อค้นพบเชิงคุณภาพไม่ได้ระบุไว้

5.2.4.3 ข้อค้นพบจากการศึกษาเชิงคุณภาพที่มีข้อมูลหลักฐานปรากฏชัดเจน แม้ข้อค้นพบเชิงปริมาณไม่ได้ระบุไว้

### 5.2.5 การนำเสนอรายงานการวิจัยการนำเสนอผลการวิจัย แบ่งเป็น 5 บท คือ

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

### 5.3 วิธีดำเนินการวิจัยเอกสาร (Documentary Research)

การวิเคราะห์ทางเอกสาร (Documentary Research) และการศึกษาเชิงคุณภาพ (Documentary Analysis) มุ่งศึกษา วิเคราะห์ โดยเอกสารและข้อมูลในรูปแบบบันทึกต่างๆ ที่เป็นมาตรฐานเป็นหลัก มุ่งศึกษาวิเคราะห์เอกสาร งานวิจัย เอกสารแนวนโยบาย และเอกสารซึ่งสรุปผลจากแนวนโยบายของรัฐทางการศึกษา นอกจากนี้ยังศึกษารูปแบบรูปแบบ ยุทธศาสตร์และแนวทางการปฏิรูปการศึกษาเพื่อเตรียมรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากนาโนเทคโนโลยีเพื่อเตรียมรับกับความเปลี่ยนแปลงและความต้องการของสังคมโลก

#### 5.3.1 การศึกษาเพื่อกำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย

5.3.1.1 การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แนวความคิดของ William Wresch (1997) เพื่อศึกษาสถานภาพและความพร้อมในการปรับตัวทางด้านการศึกษาของประเทศไทยต่อนานาเทคโนโลยี ดังนี้

1. วิธีการสืบค้นหรือเชื่อมต่อข้อมูลเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี (Getting Connected)
2. การบูรณาการหลักสูตร : นาโนเทคโนโลยี (Curriculum integration)
3. แหล่งข้อมูลหรือทรัพยากรสำหรับนักการศึกษา (Resources for Educators)
4. การให้การศึกษาและฝึกอบรมทางด้านนาโนเทคโนโลยีสำหรับครู (Training and Professional Resources for Teachers)

5.3.1.2 ผู้วิจัยได้นำเสนอรูปแบบ ยุทธศาสตร์และแนวทางการปฏิรูปการศึกษาเพื่อเตรียมรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากนาโนเทคโนโลยีนั้นผู้วิจัยผู้วิจัยจะวิเคราะห์จากภาพรวมของสถานการณ์ นาโนเทคโนโลยีที่มีต่อการศึกษาจากประเทศต่างๆ ที่อาจส่งผลกระทบต่อสังคมไทย ผู้วิจัยศึกษาจากแผนแม่บทการพัฒนานาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ ซึ่งตั้งเป้าหมายให้ประเทศไทยพัฒนานาโนเทคโนโลยีให้เป็นรูปธรรมใน 10 ปี (พ.ศ.2547-2556) แผนแม่บทการพัฒนานาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ แบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนคือ วัสดุนาโน นาโนอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีชีวภาพ และการศึกษาพัฒนาบุคลากร การวิจัยครั้งนี้เน้นเรื่องสุดท้ายคือเรื่องการศึกษาพัฒนาบุคลากรเป็นสำคัญ

### 5.4 การดำเนินการวิจัยเชิงคุณภาพ

#### 5.4.1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา นักศึกษาระดับอุดมศึกษาและบุคคลที่ทำงานในสถานประกอบการอย่างละ 30 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 5.4.2 เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยจะเข้าไปเก็บข้อมูลด้วยตนเองเป็นหลัก และอาศัยเครื่องมือที่ช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูลบางอย่าง ได้แก่ แนวในการสัมภาษณ์ แนวคำถามในการสนทนากลุ่ม

#### 5.4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

##### 5.4.3.1 การเข้าสู่สนามเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ชี้แจงกับหน่วยงานเพื่อเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างที่อยู่ในสถานศึกษาเกี่ยวกับวัตถุประสงค์การวิจัย ขั้นตอน และวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล และใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 ภาคการศึกษา คือภาคการศึกษาที่ 2 ปี 2549 และภาคการศึกษาที่ 1 ปี 2550

##### 5.4.3.2 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลและการตรวจสอบข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการโดย 4 วิธีการคือ การศึกษาเอกสาร การสังเกต การสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการ และการสนทนากลุ่ม

##### 5.4.3.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

สำหรับวิธีวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเอกสารผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์เนื้อหา(Content Analysis) ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การสัมภาษณ์ และการสนทนากลุ่ม ใช้วิธีการจำแนกประเภทข้อมูล (Typological Analysis) การเปรียบเทียบข้อมูล(Comparison) และการสร้างข้อสรุปแบบอุปนัย (Analysis Induction)

#### 5.4.4 การสังเคราะห์ผลการศึกษา

การสังเคราะห์ผลการศึกษาเป็นการนำข้อค้นพบจากการศึกษาทั้ง 2 ส่วนมาสังเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่เป็นข้อความรู้ตามวัตถุประสงค์การวิจัย โดยนำข้อสรุปต่างๆ มาเชื่อมโยงจนเป็นโครงสร้างของข้อสรุปที่สามารถตอบคำถามการวิจัยได้

### 5.5 สรุปผลการวิจัย

#### 5.5.1 สถานภาพและความพร้อมในการปรับตัวทางด้านการศึกษาของประเทศไทยต่ออนาคตเทคโนโลยี

เพื่อศึกษาสถานภาพและความพร้อมในการปรับตัวทางด้านการศึกษาของประเทศไทยต่ออนาคตเทคโนโลยี ดังนี้

5.5.1.1 วิธีการสืบค้นหรือเชื่อมต่อข้อมูลเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี การสืบค้นข้อมูลหรือการเชื่อมต่อข้อมูลเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีสามารถค้นหาจากแหล่ง ค้นหาข้อมูลต่างๆ ในเว็บหรือในห้องสมุดตามมหาวิทยาลัย หรือบางทีจะมีคอลัมน์ในหนังสือแล้วสามารถค้นได้ที่นั้น ผู้วิจัยจะค้นข้อมูลโดยใช้ Search engine เนื่องจากคือ เครื่องมือที่ใช้ในการสืบค้นข้อมูลที่จัดเก็บอยู่ในเครือข่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์ ซึ่งบนเครือข่ายคอมพิวเตอร์นี้มีข้อมูลอยู่มากมาย จึงทำให้มีเครื่องมือนี้จะเป็นตัวช่วยให้เราค้นหาข้อมูลที่เราต้องการ ได้อย่างสะดวกรวดเร็ว เพียงแค่เราใช้คำค้นที่เราต้องการทราบลงไปยังตัวสืบค้นข้อมูล ก็จะสามารถหาข้อมูลที่มีอยู่อย่างมากมายบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ได้ภายในไม่กี่นาที

### เทคนิคการใช้ Search Engines ให้ได้ผลอย่างง่าย ๆ

1. กำหนดสิ่งที่ต้องการค้นหาให้แน่นอน
2. เลือกใช้บริการ Search Engine ที่เหมาะกับสิ่งที่กำลังจะค้นหา
3. หากต้องการ ค้นหาคำสองคำ ที่คู่กัน ควรใส่เครื่องหมายคำพูดกำกับ เช่น " Bill Clinton"
4. ตัวอักษร ใหญ่เล็กมีผลต่อการค้นหา หากต้องการระบุ ตัวอักษร ใหญ่เล็ก ควรพิมพ์ ระบุให้ ถูกต้อง
5. ควรกำหนดค่าในการค้นหาให้เจาะจง หรือใกล้เคียงสิ่งที่ต้องการค้นหา เพื่อได้สิ่งที่ต้องการ
6. ควรระบุ keyword หลายคำ และใช้ AND เชื่อมเพื่อให้ได้ ไซต์ที่มีค่าทั้งสองคำ เช่น computer AND internet
7. การค้นหาคำใดคำหนึ่ง ใน 2 คำ ให้ใช้ OR ประกอบ เช่น ??? Boy OR Man
8. เมื่อ ไม่ต้องการให้ค้นหาคำใด ควรระบุ NOT ประกอบการค้นหา เช่น Fruite NOT apple
9. การใช้เครื่องหมายดอกจันประกอบการค้นหา เช่น?? Inter\* เพื่อให้ได้คำที่หลากหลาย
10. อ่านคำแนะนำของแต่ละ Search Engine ประกอบการค้นหา ในแต่ละครั้งเพราะ อาจมีวิธี

แตกต่างกันไปอย่างเช่น Search Engines ของ Thaiwebhunter การค้นหาข้อมูลใน Thaiwebhunter directory search ควบคุมการค้นหาโดย Common Gateway Interface ให้เข้าไปค้นหาในฐานข้อมูลทุกไคลเร็กทอรี ที่บรรจุในไทยเว็บฮันเตอร์ การใส่คำ (Word) หรือข้อความที่ต้องการลงไป ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ที่มีคำดังกล่าวออกมาทั้งหมด แต่การที่จะให้การค้นหา เฉพาะเจาะจงยิ่งขึ้น ก็ต้องมีการใช้เทคนิคต่างๆ ดังนี้

1. ใส่ประโยค หรือข้อมูลที่ต้องการค้นหาเป็นคำๆ เดียว (ไทย หรือ อังกฤษ ก็ได้)
2. ค้นหาโดยเลือก Boolean AND จะค้นหา Web Page ที่มีค่าทั้ง 2 คำ ปรากฏอยู่ เช่น (Nano Thailand 2550 ) จะเป็นการค้นหาเว็บที่มีคำว่า Nano และ Thailand และ 2550
3. ค้นหาโดยเลือก Boolean OR จะค้นหา Web Page ที่มีคำอย่างน้อย 1 คำ ปรากฏอยู่ เช่น (นาโนเทคโนโลยี) จะเป็นการค้นหาเว็บไซต์ที่มีคำว่า นาโน หรือ เทคโนโลยี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Case เป็น Insensitive หมายความว่าอักขรภาษาอังกฤษตัวเล็ก-ตัวใหญ่ ไม่มีผลในการค้นหา
5. Case เป็น Sensitive หมายความว่าการค้นหาต้องตรงตามตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวเล็ก-ใหญ่เท่านั้น
6. สำหรับ Webmaster หรือเจ้าของเว็บไซต์ต่าง ๆ อยากทราบว่าเว็บตนเองถูกบรรจุใน Directory ของไทยเว็บอินเตอร์เน็ตหรือยัง สามารถใส่ URL ของเว็บไปเพื่อหาถูกก็ได้ เช่น www.thaidot.com หรือ www.bunwood.com แล้วกด Search ก็จะทราบว่าเว็บไซต์ดังกล่าวอยู่ในใด เร็กทอรีไหน โดยไม่ต้องใส่ http:// ด้านหน้า URL ดังกล่าว หลังจากการค้นหาเรียบร้อยแล้ว คำที่คุณใส่ให้ระบบทำการค้นหานั้นจะแสดงออกมาว่า คำๆ นั้นอยู่ใน ไคเร็กทอรี ไค หรือ หมวดใด

แต่ ค้นหาข้อมูลโดยใช้ search engine มีปัญหาที่เกิดขึ้นดังนี้

1. รูปแบบของหน้า web site Search Engine ไม่สวยงาม ไม่ดึงดูดความสนใจ
2. ขั้นตอนการใช้ Search Engine ยุ่งยากกว่าค้นคว้าในหนังสือ หรือสิ่งพิมพ์ต่างๆ
3. เมื่อทำการ Search แล้ว Search Engine ให้ข้อมูลไม่ชัดเจนหรือน้อยกว่าความต้องการ
4. เมื่อทำการ Search แล้ว Search Engine ให้ขอบเขตของข้อมูลที่กว้างเกินไป จนบางครั้งก็ไม่ตรงประเด็นกับสิ่งที่ต้องการ
5. ขาดคู่มือ แนะนำการใช้ Search Engine ในเว็บ Search Engine ให้แก่ผู้ที่เริ่มใช้
6. เมื่อเปิดเข้าไปในหน้าของ web site ที่ Search Engine นำเสนอมาให้ แต่เว็บนั้น ๆ Error ไปแล้วทำให้ไม่สามารถใช้ข้อมูลจาก web site ได้ทำให้เสียเวลาในการค้นคว้ายิ่งขึ้น

**5.5.1.2 การบูรณาการหลักสูตร : นาโนเทคโนโลยี** การพลิกประเทศไทยให้พ้นจากประเทศยากจน ภายในระยะ 10 ปีข้างหน้า จำเป็นต้องใช้วิศวกรรมหลากหลายสาขามาสนับสนุน เช่น วิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ วิศวกรรมโยธา วิศวกรรมเคมี วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมเครื่องกล ฯลฯ โดยต้องเข้ามาเกี่ยวข้องใน 3 ระดับระดับราชการ ซึ่งเดิมผู้กำหนดนโยบายส่วนใหญ่จะเป็นข้าราชการสูงอายุกับอาจารย์มหาวิทยาลัย จำเป็นต้องเพิ่มสัดส่วนของกรรมการจากคนทำงานภาคเอกชน ในระดับมืออาชีพมากขึ้น จึงจะได้วิสัยทัศน์มากำหนดนโยบายที่ปฏิบัติได้เหมาะสมมากขึ้นระดับองค์กรเอกชน สมาคม และ NGO ต่าง ๆ จำเป็นต้องรวมกลุ่มเป็นคลัสเตอร์มากขึ้น ประสานความร่วมมือมากขึ้น เป็นแหล่งรวมขององค์ความรู้มากขึ้น สภาพอุตสาหกรรมต้องเพิ่มบทบาทของตนเอง นอกเหนือจากการเรียกร้องเรื่องภาษีกับภาครัฐแล้ว ควรมีการประสานกับพันธมิตรสมาคมต่างๆ ในการสนับสนุนการวิจัยและพัฒนา และ นำข้อมูลความรู้มาเผยแพร่เพื่อพัฒนาองค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความรู้ของสมาชิกมากขึ้น ให้สามารถตามทันและแข่งขันได้กับต่างประเทศ ระดับมหาวิทยาลัย จำเป็นต้องปฏิรูประบบการผลิตบุคลากร ซึ่ง แม้ประเทศไทยมีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มานานกว่า 90 ปี ผลิตวิศวกรทั้งในสาขาที่ควบคุมและไม่ควบคุมรวมกว่า 2 แสนคนแล้ว แต่ก็ยังไม่สามารถเป็นประเทศพัฒนาได้เพราะเราไม่ได้ผลิตวิศวกรที่เป็นนักคิด นักวิจัย นักค้นคว้า นักประดิษฐ์ นักแก้ไขปัญหา มีแต่วิศวกรที่เป็น sale engineer จำนวนมาก บัณฑิตที่จบมาไม่สามารถแข่งขันกับบัณฑิตจากประเทศที่พัฒนาแล้ว หรือ ประเทศพัฒนาใหม่ เช่น สิงคโปร์ เกาหลีใต้ ไต้หวัน ได้ เพราะไม่ได้ถูกฝึกสอนให้คิดวิเคราะห์ปัญหาเป็น ทำงานเป็นทีมไม่ได้ ไม่ชอบอ่านหนังสือ ไม่ชอบค้นคว้า ไม่ชอบคิด ไม่ชอบเขียน ไม่คิดแก้ปัญหา บัณฑิตมีความรู้แคบ ไม่สามารถนำความรู้หลากหลายศาสตร์มาบูรณาการเพื่อวิเคราะห์แก้ไขปัญหาได้ จบวิศวะก็รู้แต่สาขาที่เรียนมา จบโยธาที่ไม่รู้กฎหมาย จบไฟฟ้าก็ไม่สนใจจะเรียนรู้เครื่องกล ไม่สามารถใช้ความรู้แบบบูรณาการได้ เป็นต้น จึงทำให้ปัญหาหลักสำคัญของประเทศ เช่น ชนบทขาดแคลนน้ำ ผลผลิตทางการเกษตรต่อไร่ต่ำ ผลผลิตมีมูลค่าเพิ่มไม่มากนัก ต้นทุนการผลิตภาคอุตสาหกรรมไม่สามารถแข่งขันกับจีนได้ ยังคงเป็นปัญหาที่ยังไม่ได้รับการแก้ไขให้ลุล่วงในปัจจุบัน บัณฑิตที่จบการศึกษา ไม่สนใจกลับไปทำงานพัฒนาท้องถิ่น แต่เข้ามาทำงานกระจุกในเมือง ทำให้ความเจริญและการพัฒนาไม่กระจายไปต่างจังหวัด เหล่านี้ล้วนเป็นจุดอ่อนที่ต้องปฏิรูประบบการศึกษาการแก้ปัญหาพื้นฐาน จะพลิกไทยให้ฟื้นความยากจนส่วนหนึ่งต้องเริ่มต้นจากการปฏิรูปหลักสูตรของมหาวิทยาลัย ที่ปัจจุบันยังไม่สามารถนำความรู้ทางวิศวกรรมไปช่วยแก้ปัญหาของประเทศได้ โดยเริ่มจากการแก้ไขหลักสูตร ที่ปัจจุบันร่างโดย copy ตามหลักสูตรต่างประเทศ โดยไม่ได้พิจารณาร่างหลักสูตรให้ตอบสนองในการแก้ไขปัญหของประเทศ และ อาจารย์ก็ทำการวิจัยในหัวข้อที่สนใจอยากจะทำ หาใช่หัวข้อที่จะไปแก้ปัญหของประเทศ เช่น จะสี่ขาอย่างไรให้ประหยัดพลังงาน จะปรับปรุงประสิทธิภาพโรงสีอย่างไร ซึ่งเป็นโรงงานที่มีจำนวนมากที่สุดในประเทศ จะใช้กระบวนการแปรรูปยางพารา ผลไม้ ผลผลิตทางการเกษตรให้มีมูลค่าเพิ่มสูงมากขึ้นได้อย่างไร จะเก็บอาหารแช่เย็นหรือผ่านกรรมวิธีเคมีอย่างไรให้เก็บอาหารได้นานขึ้น จะผลิตเครื่องช่วยทอผ้าอย่างไร ฯลฯ อาจารย์บางท่านก็ปฏิบัติตนแบบราชการ ไม่มีการพัฒนาเพิ่มความรู้โดยเข้าร่วม Conference แลกเปลี่ยนความรู้ หรือ อ่าน journal ต่างประเทศ หรือ แลกเปลี่ยนความรู้ระหว่าง มหาวิทยาลัยกับมหาวิทยาลัย และ ระหว่างมหาวิทยาลัยกับเอกชน ทำให้หลักสูตรในการสอนเมื่อ 20 ปีก่อนเป็นอย่างไ ปัจจุบันก็อาจจะเป็นอย่างนั้น ไม่เน้นการวิจัยเพื่อต่อยอดองค์ความรู้สนับสนุนภาคอุตสาหกรรม แต่วิจัยเพื่อขอตำแหน่งทางวิชาการเท่านั้นการกำหนดหลักสูตรการศึกษา

เอกสารใหม่ไม่ควรตอบสนองตามความต้องการของตลาดตามความต้องการของเอกชนด้านและราคา  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุตสาหกรรม ไม่ใช่กำหนดตามหลักสูตรที่ copy มาจากต่างประเทศ และต้องมีระบบ กระตุ้นให้อาจารย์สนใจพัฒนาเพิ่มพูนความรู้ ทำการวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาของประเทศ ผลิตนักคิด นักวิจัย นักประดิษฐ์ มิใช่ผลิตนักท่องจำการคิดค้นด้านใดที่จะพลิกไทยให้ฟื้น ความยากจนนั้น รัฐบาลได้กำหนดยุทธศาสตร์ของประเทศไทยไว้ เช่น การเป็นศูนย์กลาง แพชั่นเขตร้อน เป็น Detroit แห่งเอเชีย เป็นครัวของโลก เป็นศูนย์กลางแห่งเอเชีย เป็นต้นการเป็นศูนย์กลางแพชั่น จำเป็นต้องอาศัยวิศวกรรมเคมีมาวิจัยและพัฒนาเส้นใย วิศวกรรมเครื่องกลมาพัฒนาเครื่องจักรทอผ้าไฮเทค วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ช่วยสร้าง โปรแกรมควบคุม และ โปรแกรมช่วยออกแบบแพชั่นต่างๆ สำหรับอุตสาหกรรมทอผ้า ผ้า low tech ก็ไม่อาจแข่งกับจีน อินโดนีเซีย เวียดนาม อินเดียได้ แต่ถ้าวิจัยพัฒนาผ้า hi tech ก็มีโอกาเป็นไปได้เพราะมีตลาดใหญ่จากประชากรประมาณ 2300 ล้านคน (ตลาด ASEAN จาก AFTA รวมกับ จีน และ อินเดีย ที่รัฐบาลไปลงนามสัญญาทวิภาคีไว้) ซึ่งหมายถึงควรมีการวิจัยสนับสนุน เช่น ประดิษฐ์เครื่องจักรทอผ้า มิใช่ปล่อยให้ นำเข้าจากญี่ปุ่นและไต้หวันสำหรับอุตสาหกรรมไฟฟ้า ควรส่งเสริมการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้า ในการสนับสนุนการเป็นครัวของโลกได้ ไม่ใช่เครื่องต้มไส้กรอกใน 7-eleven ยังต้อง made in USA เพราะคนไทยไม่มีปัญญาผลิตเครื่องต้มไส้กรอก หรือ อุปกรณ์ไฟฟ้าในระบบวัดคุม ควบคุม ที่ใช้สำหรับอุตสาหกรรมรถยนต์สำหรับอุตสาหกรรมเครื่องกล ควร ส่งเสริมเช่น การผลิตเฟอร์นิเจอร์เก้าอี้ที่เสริมด้วยระบบเครื่องกลให้สามารถเป็นเครื่องนวดได้ การผลิตเก้าอี้รถเข็นเพื่อสุขภาพสำหรับคนพิการส่งออก การผลิตเครื่องปรับอากาศที่ต้อง พัฒนาขึ้นไปกว่าเครื่องแบบธรรมดาที่กำลังโดยจีนแย่งส่วนแบ่งในตลาดโลก ไปสู่เครื่องแบบ hi tech มากขึ้น เช่น มีระบบฟอกอากาศต่างๆ มีระบบประหยัดไฟอินเวอร์เตอร์ อุตสาหกรรมอาหาร ควรสนับสนุนการผลิตนักประดิษฐ์เครื่องแปรรูป และ เครื่องถนอมอาหาร โครงการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ OTOP ส่วนนาโน เทคโนโลยีนั้นแม้จะเป็นแนวโน้มที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ แต่เนื่องด้วยไทยมีประชากรน้อย จึงทำให้มีนักวิจัยน้อยกว่า อเมริกา ญี่ปุ่น ทำให้การพัฒนานาโนเทคโนโลยี ในด้านยา ด้าน วัสดุศาสตร์อาจไม่สามารถแข่งขันได้ ควรจะมุ่งไปโฟกัสเฉพาะบางเรื่องเท่านั้น เช่น อาหาร อุตสาหกรรมพลังงานทดแทน เช่น การนำเศษวัสดุทางการเกษตรมาเป็นผลิต พลังงาน เรามีจุดแข็งด้านมีวัสดุทางการเกษตรมาก แต่ยังมีจุดอ่อนขาดวิศวกรด้านเครื่องกล ในการประดิษฐ์เครื่องจักร วิศวกรอุตสาหกรรมในการจัดทำระบบการผลิต ส่วนด้านเซลล์ แสงอาทิตย์ (PV) แม้ไทยจะอยู่ในเขตร้อน แต่เป็นร้อนชื้นที่ท้องฟ้ามีเมฆปกคลุมประมาณ ครึ่งปี จึงทำให้แสงอาทิตย์ไม่มากเท่าออสเตรเลีย หรือ ซาอุดีอาระเบีย แต่ก็ยังมีจุดแข็งที่มี ทรายที่มีซิลิกาสามารถผลิต PV ขายได้ อุตสาหกรรมยานยนต์ ก็เป็นสาขาที่วาง

เอกสารนี้จัดทำขึ้นโดยมูลนิธิส่งเสริมศิลปวัฒนธรรมแห่งมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเผยแพร่ความรู้แก่สาธารณชนโดยไม่หวังค่าตอบแทน  
แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รองรับ ส่วนอุตสาหกรรมก่อสร้าง เป็นสิ่งที่ไทยมีจุดแข็ง คือ ไทยอยู่ใจตำแหน่งที่สามารถเป็นศูนย์กลางของอินโดจีนได้ และ แรงงานไทยมีฝีมือ ซึ่งสามารถประสานจุดแข็งในการขยายงานบริการอุตสาหกรรมก่อสร้างไปต่างประเทศได้ โดย ว.ส.ท.ควรมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการพัฒนามาตรฐานผลิตภัณฑ์ มาตรฐานการออกแบบ และ มาตรฐานการติดตั้ง ให้เกิดเป็นมาตรฐานสำหรับเขตร้อน ที่ไทยเป็นผู้นำในการร่างมาตรฐานขึ้นมา และให้มาตรฐานเหล่านี้เป็น software ที่ได้รับความนิยมใช้ และเชื่อถือในกลุ่มประเทศอินโดจีน เช่น พม่า ลาว เขมร ฯ ซึ่งจะทำให้สินค้าอุตสาหกรรมจากโรงงานของไทยได้รับความยอมรับ และขึ้นส่วนและมาตรฐานด้าน Prefabricated building ของไทยจะได้รับความนิยมใช้ในประเทศอินโดจีน โดยการจะบรรลุเป้าหมายได้ จำเป็นต้องมีการวางกลยุทธ์แบ่งขอบเขตของการพัฒนาในสาขาต่างๆ ให้กับคณะวิศวกรรมศาสตร์ของมหาวิทยาลัยต่างๆ พร้อมกับการประสานกับสมาคมของผู้ผลิตที่เกี่ยวข้อง ในการกำหนดทิศทาง ในด้านที่ไทยจะสามารถแข่งขันได้ มิใช่ปล่อยให้มหาวิทยาลัยต่างๆ ต่างคนต่างทำ โดยไม่มีทิศทาง และ ไม่สนใจนโยบายและ เป้าหมายรวมของประเทศ เช่น มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปรับตัวเป็นสถาบันเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ปรับตัวสนับสนุนอุตสาหกรรมซอฟต์แวร์ สำหรับช่องทางสู่ความเป็นเลิศในอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วน (Detroit of Asia) และการเป็นครัวโลก (Kitchen of the World) มหาวิทยาลัย อาจประกาศเป้าหมายของตนเองว่าจะมุ่งเน้นไปทาง building technology มหาวิทยาลัย มุ่งไป road technology มหาวิทยาลัย มุ่งไป marine technology มหาวิทยาลัย มุ่งไป energy technology เป็นต้น ก็จะทำให้เราสามารถแบ่งตลาดเตอร์ที่จะโฟกัสได้ มหาวิทยาลัยมีจุดแข็ง มีเป้าหมายที่จะมุ่งไปได้ ประเทศสามารถสะสมความรู้เชิงลึกให้เกิดความสามารถในการแข่งขันได้กับประเทศที่พัฒนาแล้ว ทั้งนี้ต้องให้สมาคมวิชาชีพที่เกี่ยวข้องและสมาคมเอกชนมาร่วมเปิด โดยอาจกำหนดเป็นแผนช่วงละ 5 ปี รวมเป็นระยะเวลา 30 ปี ในการแก้ไขความยากจน และ ทำให้เป็นประเทศที่พัฒนาแล้ว

( กิตติ สุขุมตันติ : <http://www.eit.or.th/webboard/question.asp?room=1&qid=3405>)

ผู้วิจัยเห็นว่าสถานศึกษาควรจะมีการบูรณาการหลักสูตรนาโนเทคโนโลยีเข้าไปไว้ในหลักสูตรไม่ว่าจะเป็นสาขา วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม หรือสาขาอื่นๆ เนื่องจาก ในช่วงเวลาอีกสิบปีข้างหน้า วิทยาศาสตร์สาขาเคมี ฟิสิกส์ วัสดุ ชีววิทยาและคอมพิวเตอร์ จะเข้ามาบรรจบกันในวิถีทางของนาโนเทคโนโลยี และมีผลกระทบมากมายในแทบทุกอุตสาหกรรม รวมทั้งในสาขาแขนงต่างๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย

**5.5.1.3 แหล่งข้อมูลหรือทรัพยากรสำหรับนักการศึกษา** รัฐบาลควรส่งเสริมให้มีแหล่งข้อมูลต่างๆ ในการศึกษาเรื่องนาโนเทคโนโลยี จากการที่ผู้วิจัยได้มีการประเมินผลแบบสำรวจเกี่ยวกับความรู้เรื่องนาโนเทคโนโลยีจะเห็นได้ว่าทั้งในระดับมัธยมศึกษา อุดมศึกษา และในหน่วยงานต่างๆ ยังไม่ได้ให้ความรู้ความเข้าใจอย่างจริงจัง และไม่ได้มีการให้ความรู้เกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี ว่าทำไมประเทศจึงจะต้องให้ความสำคัญอย่างยิ่ง อย่างไรก็ตาม แหล่งข้อมูลที่เรสมารถหาความรู้ในเรื่องนี้ค่อนข้างมีน้อย อย่างเช่น หนังสือพิมพ์ ซึ่งจะไม่มีคอลัมน์เกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีอย่างต่อเนื่อง ถึงแม้ว่าสื่อวิทยุเกี่ยวกับทางด้านวิทยาศาสตร์จะกล่าวถึงนาโนเทคโนโลยีอย่างมากแต่น้อยคนที่จะได้อ่าน หรือติดตามอย่างต่อเนื่อง สำหรับหนังสือก็มีไม่กี่เล่ม และบางครั้งยังต้องมีการสั่งจองก่อนจะได้หนังสือ ผู้วิจัยได้ค้นหาหนังสือทางอินเทอร์เน็ตแต่เมื่อไปที่ร้านก็แทบจะไม่มีไว้บริการต้องสั่งจองเป็นอาทิตย์ ประกอบกับหนังสือที่จัดพิมพ์เกี่ยวกับเรื่องนาโนเทคโนโลยีก็น้อยมาก แหล่งข้อมูลสุดท้ายที่ผู้วิจัยจะขอแสดงความคิดเห็นก็คงจะหนีไม่พ้นทางด้านคอมพิวเตอร์ ตามเว็บไซต์ต่างๆ ยังมีน้อยเมื่อเทียบกับเนื้อหาความรู้เรื่องอื่น ก็อยากจะให้ผู้เกี่ยวข้องโดยเฉพาะสถานศึกษาได้มีการจัดทำเว็บเพื่อที่จะได้เผยแพร่ความรู้ทางด้านวิชาการต่างๆ ทั้งงานวิจัยที่ได้มีการพัฒนาแล้วหรือกำลังพัฒนาเพื่อที่จะได้รู้ว่าตอนนี้มีสถานศึกษาใดที่ได้ดำเนินการวิจัยในเรื่องใด เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนาประเทศชาติต่อไป

**5.5.1.4 การให้การศึกษาและฝึกอบรมทางด้านนาโนเทคโนโลยีสำหรับครู** ควรจะมีการจัดให้มีการอบรมเกี่ยวกับเรื่องนาโนเทคโนโลยีโดย เชิญ นักวิชาการผู้เชี่ยวชาญทางด้านนาโนเทคโนโลยีและ นักวิจัยจากศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ มาให้ความรู้เกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี เพื่อให้ เพื่อให้ผู้เข้าร่วมอบรมมีความรู้ ความเข้าใจ และเกิดความตระหนักทางด้านนาโนเทคโนโลยี ที่ถูกต้องเพิ่มมากขึ้น ามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการประกอบธุรกิจของตนเองต่อไปในอนาคต และเป็นประโยชน์ในความร่วมมือทางวิชาการกับหน่วยงานหรือผู้ประกอบการที่สนใจทางด้านนาโนเทคโนโลยีในการทำงานวิจัยต่อไปในอนาคต เนื่องจาก นาโนเทคโนโลยีเริ่มเป็นที่สนใจในประเทศสหรัฐอเมริกาและยุโรปอย่างจริงจังเมื่อปี พ.ศ. 2543 และได้แผ่ขยายไปเป็นกระบวนทัศน์ใหม่ของงานวิจัยทั่วโลกในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ประเทศที่อยู่ในย่านเอเชีย-แปซิฟิก อย่างเช่น จีน เกาหลีใต้ ญี่ปุ่น ไต้หวัน อินเดีย และ สิงคโปร์ ล้วนแข่งขันกันเพราะต้องการจะเป็นเจ้าของเทคโนโลยีดังกล่าว

สำหรับประเทศไทยนั้นก็เริ่มมีผู้สนใจในศาสตร์นี้กันเป็นจำนวนมาก เริ่มตั้งแต่รัฐบาลที่มีการตั้งศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ เมื่อ พ.ศ. 2547 มหาวิทยาลัยต่างๆ มีการจัดตั้งศูนย์วิจัยทางด้านนาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี เช่น มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นต้น ในภาคประชาชนก็มีความตื่นตัวในเรื่องนี้ค่อนข้างมาก มีการจัดประชุมสัมมนาขึ้นบ่อยครั้ง มีหนังสือแต่งโดยคนไทย ออกมาขายกันมากขึ้นดังนั้น เพื่อให้เกิดความสอดคล้องกับกระแสความตื่นตัวและการพัฒนาการ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทางด้านนาโนเทคโนโลยีที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ จึงตระหนักในการถ่ายทอดความรู้ทางด้านนาโนเทคโนโลยีออกสู่สาธารณะชนมากขึ้นเช่นกัน สำหรับการจัดสัมมนาเทคโนโลยีในภาคอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อมุ่งหวังให้ผู้เข้าร่วมการสัมมนาฯ มีความรู้ความเข้าใจทางด้านนาโนเทคโนโลยีเพิ่มมากขึ้น รวมถึงสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ทางด้านนาโนเทคโนโลยีไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเกี่ยวกับอาหารของตนเองได้อย่างถูกต้อง

#### 5.5.2. การกำหนดรูปแบบ ยุทธศาสตร์และแนวทางการปฏิรูปการศึกษาเพื่อเตรียมรับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากนาโนเทคโนโลยี

โดยวิเคราะห์จากแผนแม่บทการพัฒนานาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ โดยแบ่ง เป็น 4 ส่วนคือ วัสดุนาโน นาโนอิเล็กทรอนิกส์ เทคโนโลยีชีวภาพ และการศึกษาพัฒนาบุคลากร โดยเฉพาะด้านการพัฒนาบุคลากร ให้มีความรู้ความสามารถให้ทันต่อเทคโนโลยี สามารถใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในประเทศในการประยุกต์ สร้างผลงานทางด้านนาโนเทคโนโลยีอย่างเช่น หลายคนทราบว่าเรามีผลิตภัณฑ์ OTOP มากมาย เราควรมีการนำสินค้าเหล่านั้นมาประยุกต์ใช้ ศศ.ดร.ชिरเกียรติ์ เกิดเจริญ ( 2550: 107-110) กล่าวว่า ประเทศไทยมีความโดดเด่นในเรื่องของความหลากหลายทางชีวภาพ มีผลิตภัณฑ์อาหาร เครื่องดื่ม สมุนไพร และผลิตภัณฑ์สปา รวมไปถึงสินค้าอื่น ๆ ที่มีความจำเพาะทางด้านภูมิศาสตร์ ทำให้สามารถสร้างแบรนด์ของสินค้าให้มีชื่อผูกติดกับท้องถิ่นได้ เกิดเป็นสินค้า OTOP ล่านี้มีคุณภาพเพียงพอที่จะส่งออกไปขายต่างประเทศ รวมทั้งต้องการให้คนไทยด้วยกันเทคโนโลยีที่ใช้ไม่ควรนำเข้าจากต่างประเทศ เพราะจะเป็นการเพิ่มต้นทุนแก่สินค้ามากเกินไป เพราะสินค้า OTOP โดยมากเป็นอุตสาหกรรมกึ่งครอบครัวที่อาศัยภูมิปัญญาพื้นถิ่น ใช้เทคโนโลยีแบบชาวบ้าน (Appropriate Technology) ที่มีต้นทุนต่ำ ดังนั้นเทคโนโลยีควบคุมคุณภาพหรือปรับปรุงคุณภาพที่เกิดจากงานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์คนไทยด้วยกันเองน่าจะเป็นประโยชน์กับอุตสาหกรรมประเภทนี้ เทคโนโลยีไทยทำอาศัยความได้เปรียบตรงที่แหล่งกำเนิดของเทคโนโลยีกับผู้ใช้อยู่ใกล้กัน ทำให้มีราคาถูกและประสิทธิภาพที่ปรับได้ตามการใช้งาน ประกอบกับชาวบ้านมักจะ “ยินดี” ที่จะลองเทคโนโลยีของคนไทยด้วยกันเองมากกว่าอุตสาหกรรมใหญ่ที่ยัง “เชื่อและนิยม” เทคโนโลยีที่นำเข้าจากต่างประเทศ เมื่อเป็นเช่นนี้จึงถึงเวลาแล้ว สำหรับนาโนเทคโนโลยี ที่พัฒนาด้วยฝีมือคนไทย จะเดินพาเหรดเข้ามาช่วยพัฒนาสินค้าโอท็อปให้เป็น OTOP Version 2.0 จากหน้าเว็บไซต์ของ ThaiTambon.com เมื่อเดือนกุมภาพันธ์ 2550 จะพบว่ามีสินค้า OTOP ขึ้นทะเบียนไว้ถึง 66,000 รายการ โดยมีผลิตภัณฑ์หลักแบ่งตามกลุ่มใหญ่คือของขวัญ ของตกแต่งและหัตถกรรม (มีถึง 42,000 รายการ) อาหารและเครื่องดื่ม (12,400 รายการ) ผลิตภัณฑ์เกษตร (2,500 รายการ) ผลิตภัณฑ์ด้านสุขภาพ (4,500 รายการ) เครื่องหนังและรองเท้า (1,400 รายการ) สิ่งทอ (1,200 รายการ) อัญมณี (750 รายการ) เฟอร์นิเจอร์ (550 รายการ) ของใช้ในบ้าน (500 รายการ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ผู้เขียนจึงขอก้าวถึงโอกาส ความเป็นไปได้ ในการนำนาโนเทคโนโลยีเข้ามาพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน ไปด้วยกันตามหัวข้อของกลุ่มผลิตภัณฑ์ ดังนี้

### หัตถกรรม ของตกแต่ง ของขวัญ

เป็นหมวดหมู่ที่มีรายการขึ้นทะเบียนไว้มากกว่าครึ่งของสินค้า OTOP และถ้าหากเข้าไปดูในเว็บไซต์ขายของออนไลน์ชื่อดังอย่าง e-Bay ก็พบว่า ในบรรดาข้าวของต่างๆ ของคนไทยที่มีการประมูลขายกันใน e-Bay นั้น เกินครึ่งจะเป็นสินค้าประเภทของชำร่วย ของตกแต่ง และงานหัตถกรรมกันทั้งนั้น ซึ่งก็เป็นเพราะความมีชื่อเสียงในเรื่องงานศิลป์และเอกลักษณ์ไทย ดูเหมือนอาจไม่มีความจำเป็นอะไรที่จะต้องใส่เทคโนโลยีเข้าไป แต่ที่จริงแล้ว การใส่เทคโนโลยีไทยทำเข้าไปไม่ได้ใช้ต้นทุนสูงนัก และอาจเพิ่มความโดดเด่น รวมทั้งคุณภาพของตัวสินค้าเข้าไป ทำให้สมราคาและน่าซื้อยิ่งขึ้นจะขอยกตัวอย่างนาโนเทคโนโลยีที่สามารถนำเข้ามาช่วยงานทางด้านนี้ เช่น จีโอพอลิเมอร์ (Geopolymer) ซึ่งเป็นนาโนซีเมนต์ หรือซีเมนต์ที่มีโครงสร้างนาโน เป็นวัสดุเซรามิกที่สามารถขึ้นรูปได้ที่อุณหภูมิห้อง เมื่อแข็งตัวแล้วจะคงความแข็งแรง ไม่ต้องนำไปเผาที่อุณหภูมิสูงอีกเหมือนเซรามิกทั่วไป ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน วัตถุดิบของจีโอพอลิเมอร์ก็คือเถ้าลอย ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานไฟฟ้าถ่านหินแม่เมาะ จีโอพอลิเมอร์มีคุณสมบัติพิเศษหลายชนิด เช่น ทนร้อน ทนไฟ ทนแรงกระแทก ทนการกัดกร่อน ในต่างประเทศมีการนำเอาวัสดุชนิดนี้ไปทำงานทางด้านศิลปะบ้างแล้ว เนื่องจากมีพื้นผิวสวยงาม มีเอกลักษณ์ สามารถใส่สีธรรมชาติให้เกิดความสวยงามได้ กลุ่มวิจัยทางด้านจีโอพอลิเมอร์ของไทยอยู่ที่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาโครงสร้างมูลฐานอย่างยั่งยืน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

นอกจากจีโอพอลิเมอร์แล้ว ยังมีวัสดุชนิดอื่นๆ อีกที่มีคุณสมบัติพิเศษต่อสินค้าประเภทนี้ได้แก่ เส้นใยนาโนคาร์บอนซึ่งมีความเหนียว และยืดหยุ่น สามารถนำไปผสมกับวัสดุอื่นๆ เพื่อเสริมความแข็งแรง เช่น อาจนำไปผสมกับเซรามิกเพื่อทำถ้วยชา กาแฟ หรือของตกแต่งอื่นๆ ทำให้ดูไม่แตก กลุ่มวิจัยทางด้านนี้ของไทยก็คือ ผศ. ดร. พิสิษฐ์ สิงห์ใจ หน่วยวิจัยนาโนวัสดุ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ วัสดุอีกชนิดที่มีชื่อเรียกว่า Polymer Clay ซึ่งจริงๆ แล้วก็คือพลาสติกพีวีซีที่มีวัสดุแต่งเติมที่ทำให้มันมีความอ่อนนุ่ม เหมือนดินน้ำมัน หรือ Clay นั่นเอง วัสดุชนิดนี้อาจไม่มีดินผสมอยู่เลย หรืออาจจะผสมดินเข้าไปด้วยก็ได้เพื่อเพิ่มคุณสมบัติพิเศษหรือสีอื่นต่างๆ จริงๆ วัสดุชนิดนี้มีขายในท้องตลาดอยู่แล้ว แต่อาจจะทำวิจัยเพื่อเพิ่มความแปลกใหม่เข้าไปในตัวสินค้าก็ได้วัสดุนาโนชนิดสุดท้ายที่จะขอแนะนำคือ Polymer-Clay Nanocomposite ซึ่งตัวหลังนี้เป็นการเอาพอลิเมอร์กับอนุภาคดินมาผสมกันจริงๆ ทำให้อายุการใช้งานมีความยืดหยุ่นเหมือนพลาสติก แต่มีความแข็งแรงเหมือนดิน ซึ่งงานประยุกต์ของมันน่าจะ ไปอยู่ในหมวดสินค้าต่อไปที่จะพูดถึงนี้

## สินค้าเกษตร และอาหาร

เป็นหมวดสินค้าที่แม้จะมีจำนวนรายการน้อยกว่าของขวัญของตกแต่มีมาก แต่ก็ยังเป็นสินค้าที่สร้างรายได้หลักให้แก่เกษตรกร และประชาชนในชนบท และยังเป็นกลุ่มอาชีพที่เทคโนโลยีระดับสูงเข้าไม่ถึง ในอดีตที่ผ่านมาเทคโนโลยีที่เข้าไปช่วยงานเกษตรกรรมมักจะเป็นเทคโนโลยีพื้นฐาน ๆ เช่น เครื่องจักรกล การชลประทาน การใช้ปุ๋ยเคมี เป็นต้น ซึ่งได้ก่อให้เกิดหนี้แก่เกษตรกรจำนวนมาก เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีไทยทำมาช่วยงานทางด้านนี้ โดยเฉพาะเพื่อปรับปรุงหรือเพิ่มคุณค่าแก่สินค้าเกษตรจะทำให้สถานการณ์เปลี่ยนไปได้ ตัวอย่าง Polymer Clay Nanocomposite ซึ่งมีคุณสมบัติผสมระหว่างพลาสติกกับเซรามิกนั้น สามารถปรับเปลี่ยนคุณสมบัติให้ไปอยู่ทางพลาสติกมาก ๆ หรือไปอยู่ทางเซรามิกส์มาก ๆ ก็ได้ ทำให้สามารถนำไปใช้เป็นถุงพลาสติก หรือบรรจุภัณฑ์ สำหรับหีบห่อผลิตภัณฑ์เกษตรที่กันความชื้น เพื่อแทนที่ฟิล์มอะลูมิเนียมที่มีราคาสูงกว่า อีกทั้งยังขึ้นรูปได้เหมือนพลาสติกทั่วไปไม่ว่าจะให้เป็นถุง เป็นฟิล์ม เป็นกล่อง เป็นต้น กลุ่มวิจัยทางด้าน Polymer-Clay Nanocomposite ที่มีสูตรสำหรับนานาโนวัสดุประเภทนี้ไปใช้ในงานประยุกต์ด้านต่าง ๆ ก็คือกลุ่มของ ผศ.ดร. เต็มศักดิ์ ศรีศิริรินทร์ ศูนย์นาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล อีกตัวอย่างหนึ่งคือการนำเอาจมูกอิเล็กทรอนิกส์มาช่วยในการควบคุมคุณภาพอาหาร เช่น งานวิจัยของ ดร.สมบุญ สหสิทธิวัฒน์ หน่วยวิจัยพอลิเมอร์ขั้นสูง ของศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ได้ใช้จมูกอิเล็กทรอนิกส์จำแนกข้าวหอมมะลิของไทย ซึ่งอาจช่วยในการระบุแหล่งผลิต เป็นการสร้างเอกลักษณ์แก่ข้าวหอมมะลิแบรนด์ต่างกัน เช่น สุรินทร์ร้อยเอ็ด มหาสารคาม

## เครื่องดื่มต่าง ๆ สุราแช่ ไวน์ ชา กาแฟ

เครื่องดื่มประเภทสุราพื้นบ้าน สุรากลั่น สุราแช่ (สาโท) มีความผูกพันกับวิถีชีวิตของชาวบ้านแต่โบราณเทียบเท่ากับเหล่าสาเกของญี่ปุ่น (ฝรั่งจึงเรียกเครื่องดื่มพวกนี้ว่า Spirits) ซึ่งหากได้รับการส่งเสริมที่ดี อาจสร้างมาตรฐานให้มีชื่อเสียงเช่นเดียวกับเหล่าสาเกได้ จากการสำรวจข้อมูลผู้ประกอบการระดับท้องถิ่น ทั้งที่เป็นบริษัท ห้างหุ้นส่วนจำกัด สหกรณ์ และกลุ่มชาวบ้าน ใน [www.thaitambon.com](http://www.thaitambon.com) นั้นมีผู้ผลิตไวน์จำนวน 76 ราย สุรากลั่น 47 ราย สุราแช่ 12 ราย มีผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ประกาศขายที่เป็นไวน์ 575 รายการ สุรา 108 รายการ และสุราแช่ 49 รายการ ดังนั้นการใส่เทคโนโลยีเข้าไปน่าจะคุ้มค่า เทคโนโลยีขั้นสูงสามารถนำมาช่วยสร้างมาตรฐานแก่ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ เช่น การสร้างมาตรฐานเรื่องรสชาติของสาโทด้วยการใช้จมูกอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีการทำวิจัยอยู่ที่ ศูนย์นาโนศาสตร์และนาโนเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

นอกจากเครื่องดื่มประเภทแอลกอฮอล์แล้วยังมี ชา กาแฟ ซึ่งสามารถผลิตได้เองในประเทศ ราคาของผลิตภัณฑ์จากชา กาแฟ และองุ่นเพื่อทำไวน์นั้นขึ้นมากับความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อกลิ่น และรสชาติของมัน ดังนั้นการขายผลิตภัณฑ์เหล่านี้จึงเทียบเท่ากับการขายโมเลกุลหอม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระเหย (Aroma molecules) ที่มีอยู่ในพืชเหล่านี้ กลิ่นและรสชาติของชา กาแฟ และไวน์ จึงขึ้นอยู่กับ ชนิด จำนวน และอัตราส่วนของ โมเลกุลหอมระเหยที่มีอยู่ ซึ่งผันแปรไปตามพันธุ์ที่ปลูก สภาพของ ดิน การให้น้ำ การให้น้ำ แสงแดดที่ได้รับ สภาพภูมิอากาศในแปลงปลูก การควบคุมให้รสชาติของ ผลิตภัณฑ์ให้คงที่จึงเป็นเรื่องที่ยากและท้าทายมาก ดังจะเห็นได้จากไวน์ที่ผลิตออกมาจากไร่ เดียวกันแต่ต่างปี ก็จะมีรสชาติที่แตกต่างกัน ทำให้ราคาแตกต่างกันได้อย่างเหลือเชื่อ เช่นไวน์ยี่ห้อ ชาโต ลาดูร์ (Chateau Latour) ปี 1992 ขายกันในราคาขวดละ 7,000 บาท ในขณะที่ของปี 1990 กลับ มีราคาสูงถึง 30,000 บาท โดยที่ไวน์ที่ผลิตในปีก่อนหน้าเพียงแคปีเดียวนั้นขายกันในราคาเพียง 10,000 บาทเท่านั้น ความแตกต่างในรสชาติอันเนื่องมาจากการมีอัตราส่วนของ โมเลกุลหอมระเหย ในน้ำไวน์ที่แตกต่างกันนี้ ไม่ใช่เรื่องอุปาทาน แต่อธิบายได้ด้วยวิทยาศาสตร์

ในเรื่องของชาที่เช่นเดียวกัน ภูมิปัญญาชาวบ้านต่างก็รู้ว่า ผลิตภัณฑ์ชาที่เก็บจากสวน เดียวกันในวันเดียวกันแต่คนละแปลงปลูก ก็อาจจะให้กลิ่นรสที่แตกต่างกันได้ ดังนั้นไรชาใน ภาคเหนือที่เป็นสวนเล็ก ๆ มักจะรวมตัวกันเป็นสหกรณ์เพื่อที่จะออกข้อกำหนดร่วมกัน เช่น การ พรวนดิน การรดน้ำ การให้น้ำเหมือน ๆ กัน เพื่อที่จะทำให้กลิ่นและรสของชาออกมาเหมือน ๆ กัน เพื่อเป็นผลดีต่อการกำหนดแบรนด์ของมันเป็นอย่างไรก็ดี เกษตรกรของเราเองก็ยังไม่รู้ว่าเป็นอย่างไรที่คิด ไขว้จริง ๆ หรือเปล่าเนื่องจากยังไม่ได้มีการนำเทคโนโลยีตรวจวัดไอโมเลกุลหอมระเหยเข้าไปใช้งาน ขอบกตัวอย่างที่หุบเขานาปา (Napa Valley) แหล่งผลิตไวน์อันเลื่องชื่อของมลรัฐแคลิฟอร์เนีย นั้น เกษตรกรเจ้าของสวนถึงกับมีการศึกษาว่าสภาพแวดล้อมแบบไหนควรจะปลูกไวน์พันธุ์ใด แม้แต่ใน สวนเดียวกัน หากสภาพแวดล้อม (Local environment) แตกต่างกัน ก็อาจจะทำให้กลิ่นรสของไวน์ แตกต่างกันได้ ทำให้ต้องกำหนดแบรนด์ให้เหมาะสมกับพื้นที่ปลูก เช่น ในสวนของจอห์น คอลด์ เวลล์ (John Caldwell) เกษตรกรรายหนึ่งในนาปา เขาได้ทำการเก็บข้อมูลความชื้น อุณหภูมิ และ แสงแดดที่ได้รับ จากนั้นจึงกำหนดพันธุ์ปลูกที่แตกต่างกันในพื้นที่ที่มีความลาดชันต่างกัน แม้จะอยู่ ในไร่เดียวกันก็ตาม

ทั้งชาและไวน์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ขายกลิ่นและรสชาติซึ่งเกิดจาก โมเลกุลหอมระเหย ที่สะสม ขึ้นในต้นพืชในระหว่างเพาะปลูก (Pre-harvest) และเกิดในระหว่างกระบวนการหลังเก็บเกี่ยว (Post-harvest) เช่น ในกรณีของชาอาจเกิดขึ้นในช่วงการหมัก ถ้าเป็นไวน์ก็เกิดขึ้นในช่วงของการบ่ม เป็นต้น กระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวนี้สามารถควบคุมให้เป็นมาตรฐานได้ แต่กระบวนการ ระหว่างการเพาะปลูกอย่างเช่น แสงแดดที่ได้รับ อุณหภูมิ ความชื้น น้ำที่พืชได้รับ เป็นต้น เป็น ปัจจัยที่ยากจะควบคุม และจนถึงปัจจุบันก็มีคนศึกษากันน้อยมากกว่าปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อกลิ่น และ รสชาติของผลิตภัณฑ์เหล่านี้อย่างไร ในประเทศไทยที่ท่าก็มีกลุ่มของ ผศ.ดร. กฤษณะเดช เจริญ สุรสาสินี มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์

เราสามารถนำนาโนเทคโนโลยีมาช่วยในเรื่องของการรักษามาตรฐานและรสชาติของ ผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ เช่น การนำจมูกอิเล็กทรอนิกส์มาใช้กำหนดเกณฑ์ที่บอกว่าชา/ไวน์แบบนี้มีค่า แม้ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพกลิ่นดีแล้ว เราสามารถนำเกณฑ์เหล่านั้นไปชี้ว่าปัจจัยแวดล้อมอย่างไร ที่จะนำมาสู่กลิ่นแบบนั้น เช่น การหมักที่เวลาแตกต่างกัน นำมาสู่กลิ่นที่แตกต่างกันมากน้อยอย่างไร และสภาพภูมิอากาศที่เปลี่ยนไปมีผลต่อกลิ่นของชา/ไวน์มากน้อยเพียงใด ทั้งนี้สามารถนำข้อมูลจากดาวเทียมข้อมูลดิน ข้อมูลน้ำ มาประมวลผลคุณภาพชา/ไวน์ ที่ได้รับสภาพเหล่านั้นต่างพื้นที่กัน โดยข้อมูลจากดาวเทียมเป็นเพียงข้อมูลบอกค่าเฉลี่ยทั่วไป ในขณะที่ข้อมูลของสภาพแวดล้อมแบบที่วัดได้วันต่อวัน สามารถเก็บได้แบบเรียลไทม์โดยอาศัย ambient sensor technology ก็จะทำให้ทราบว่าสภาพแวดล้อมแบบใดที่มีผลต่อต้นพืชในการสะสมโมเลกุลหอมระเหย ซึ่งนำไปสู่กลิ่น/รสชาติที่แตกต่างได้ ซึ่งในประเทศไทยก็เริ่มมีการศึกษาทางด้านนี้บ้างแล้ว โดยผู้เขียนทำงานวิจัยทำงานร่วมกับ ดร. อติสร เตือนตรานนท์ ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ

### ผลิตภัณฑ์สุขภาพ

ประเทศไทย มีความร่ำรวยในเรื่องของความหลากหลายทางชีวภาพที่สุดในโลกประเทศหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องมาจากเรามีพื้นที่ มีลักษณะทางภูมิอากาศ (เชิงท้องถื่น) ที่หลากหลายผสมผสานกับภูมิประเทศที่แตกต่าง ตั้งแต่เหนือจรดใต้ ประเทศไทยมีทั้งป่าดิบชื้น ป่าโปร่ง ป่าเบญจพรรณ พุ่มหญ้า ป่าชายเลน ป่าชายฝั่ง ปะการัง เกาะแก่ง เมื่อเทียบกับประเทศใหญ่ๆ อย่างจีน รัสเซีย บราซิล อาร์เจนตินา แล้ว ประเทศไทยมีความหนาแน่นของความหลากหลายทางชีวภาพมากที่สุด เราจึงเป็นเจ้าของพันธุ์พืชและพันธุ์สัตว์ที่จะนำมาสู่ยารักษาโรค และการรักษาสุขภาพได้มากมาย แต่ในอดีตที่ผ่านมา เราไม่มีใครได้สนใจในเรื่องเหล่านี้สัก ทั้งๆ ที่เรามีภูมิปัญญาจากสมัยโบราณ ทั้งในเรื่องของการรักษาด้วยวิธีการนวดสมุนไพร ไปจนถึงการบำบัดพิเศษแบบต่าง ๆ เช่น สุนทรบำบัด เป็นต้น

ประเทศไทยเริ่มรู้จักการนำนาโนเทคโนโลยีมาใช้ในผลิตภัณฑ์สุขภาพครั้งแรก เมื่อนักวิจัยขององค์การเภสัชกรรมได้นำเอาเทคโนโลยีการนำส่งยาที่เรียกว่าไลโปโซม (Liposome) ซึ่งเป็นอนุภาคนาโนที่เกิดขึ้นจากชั้นไขมันสองชั้นห่อตัวเป็นลูกกลมๆ ซึ่งมีที่ว่างภายในที่สามารถบรรจุสารเคมี หรือยา หรือโมเลกุล อะไรก็ได้ โดยในครั้งนั้นได้มีการนำเอาสารสกัดจากขมิ้นชันมาบรรจุเข้าไปข้างใน แล้วเรียกผลิตภัณฑ์นั้นว่า “ครีมนาโนหน้าแดง” หลักการทำงานของไลโปโซมก็คือการนำส่งสารขมิ้นชันเข้าสู่เซลล์ผิวหนังโดยตรง เนื่องจากผนังเซลล์ก็เป็นชั้นของโมเลกุลไขมัน เช่นเดียวกับอนุภาคไลโปโซม ดังนั้นอนุภาคไลโปโซมจึงสามารถรวมตัวเข้ากับผนังเซลล์ได้ จากนั้นจะปลดปล่อยสารที่บรรจุอยู่ภายในให้เข้าไปสู่เซลล์นั้นได้ การใช้ไลโปโซมนำส่งสารสกัดจากขมิ้นชันจะได้ผลดีกว่าการปล่อยให้สารสกัดซึมเข้าไปในเซลล์ผิวหนังเอง เนื่องจากเซลล์สิ่งมีชีวิตมีกลไกป้องกันสิ่งแปลกปลอมจากภายนอก ผลงานขององค์การเภสัชในครั้งนั้น ทำให้คนไทยรู้จักไลโปโซมมากขึ้น ทำให้เกิดการตื่นตัวในการนำไลโปโซมมาใช้ในการนำส่งสารสมุนไพรอื่นๆ ด้วย เช่น สารสกัดจากกวาวเครือ สารสกัดจากมะละกอ สารสกัดจากสาหร่ายโปรตีน เป็นต้น ซึ่งจริง ๆ แล้ว ประเทศไทยก็ยังมีสมุนไพรอีกมากมายรอให้นำไปบรรจุไว้ในไลโปโซม อันที่จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่บนสื่อออนไลน์  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทคโนโลยีการผลิตและบรรจุในไลโปโซมก็ไม่ยากเย็นอะไร สามารถทำเป็นสูตรสำเร็จเพื่อใช้สำหรับงาน OTOP ได้ไม่ยากนัก ปัจจุบันเราจึงเห็นห้องปฏิบัติการวิจัยหลาย ๆ แห่งในประเทศไทย ศึกษาเรื่องนี้ ไม่ว่าจะเป็นที่มหาวิทยาลัยมหิดล มหาวิทยาลัยนเรศวร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น และที่ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ

## ถึงทอ

ประเทศไทยมีชื่อเสียงมานานในเรื่องของผลิตภัณฑ์ผ้าเนื่องจากประเทศเรามีความหลากหลายในเรื่องของวัฒนธรรมชนเผ่า หรือความเป็นท้องถิ่น แม้แต่ความจำเพาะหรือเอกลักษณ์ของลายผ้าก็ยังคงมีความแตกต่างจากถิ่นหนึ่งไปยังอีกถิ่นหนึ่ง เช่น ที่อำเภอสุวรรณโคตร จังหวัดสุโขทัย มีเอกลักษณ์ของการทอผ้าตีนจก ส่วนจังหวัดนครพนมมีเอกลักษณ์ในเรื่องของผ้าทอมัดหมี่ที่มีลายไม่ซ้ำแบบใคร และเป็นมรดกตกทอดมาจากบรรพบุรุษที่มีอยู่หลายชนเผ่า ผู้เขียนเคยไปที่จังหวัดพิษณุโลกแล้วมีโอกาสได้เข้าไปคุยกับ OTOP ที่หมู่บ้านแห่งหนึ่ง ได้ทราบมาว่า พิษณุโลกนั้นมีผ้าทอลายดอกป๊อบซึ่งถือเป็นดอกไม้ประจำจังหวัด ลายดอกป๊อบนี้ถือเป็นจุดขายของผ้าที่นี่ เนื่องจากเดิมทีพิษณุโลกไม่มีมรดกตกทอดทางด้านผ้าทอมามาก่อน ผู้ที่ทำงานทางด้านผ้าทอเข้ามาสู่จังหวัดนี้เป็นชนเผ่าที่อพยพมาจากถิ่นอื่น เช่น มาจากนครพนม หรือมาจากทางประเทศลาว เป็นต้น การเกิดลายดอกป๊อบขึ้นจึงกลายเป็นจุดเด่นของผ้าทอที่นี่ ทำให้ผ้าทอที่นี่พอสู้ผ้าทอที่อื่น ๆ ได้ เมื่อถามว่าชาวบ้านที่นี่จะพอใจหรือไม่หากนักวิจัยสามารถนำเอาเทคโนโลยีการบรรจุที่เรียกว่า แคปซูลจิ๋ว (micro-encapsulation หรือ nano-encapsulation) ซึ่งเป็นแคปซูลที่มีขนาด 200-400 นาโนเมตร มาบรรจุกลิ่นของดอกป๊อบลงไปแล้วนำไปใส่ไว้ในผ้า โดยสามารถควบคุมการปลดปล่อยกลิ่นให้ออกมาเรื่อยๆ ทำให้ผ้าลายดอกป๊อบมีกลิ่นหอมของดอกป๊อบ โดยกลิ่นหอมนั้นควรจะอยู่กับผ้าแม้จะนำไปซักหลายๆ ครั้งก็ตาม

คำตอบก็คือ ชาวบ้านชอบใจกับแนวคิดนี้มาก แต่ก็มีผู้เชี่ยวชาญในพื้นที่ท่านหนึ่งได้ให้ความเห็นว่า เทคโนโลยีที่จะนำไปให้ชาวบ้านใช้ ไม่ควรเป็นเทคโนโลยีที่เข้าไปทดแทนสิ่งที่ชาวบ้านเคยทำได้ด้วยภูมิปัญญาชาวบ้าน เพราะจะทำให้ภูมิปัญญาชาวบ้านหายไป แต่ควรเป็นเทคโนโลยีที่เข้าไปเพิ่มเติมสิ่งใหม่ที่ไม่มียาก่อน ซึ่งสำหรับกรณีนี้ก็น่าจะถือได้ว่าสอบผ่าน

แคปซูลจิ๋วเป็นเทคโนโลยีที่นำมาใช้เพื่อควบคุมการปลดปล่อยสารหรือโมเลกุลให้ออกมาทำงานตามสภาวะ หรือเวลาที่เรากำลังต้องการ โดยเทคโนโลยีในการควบคุมการปลดปล่อยนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การปลดปล่อยช้า (Slow release) การปลดปล่อยเร็ว (Quick release) การปลดปล่อยจำเพาะ (Specific release) การปลดปล่อยด้วยความชื้น (Moisture release) การปลดปล่อยด้วยความร้อน (pH release) ข้อมูลเพิ่มเติมของการปลดปล่อยเหล่านั้น ผู้อ่านสามารถติดตามได้จากบทความเรื่อง “นาโนเกษตร” ที่ตีพิมพ์ก่อนหน้านี้ โดยในบทความเรื่องนั้น ผู้เขียนได้บรรยายถึงการนำเทคโนโลยีแคปซูลจิ๋วมาใช้ในการเกษตรเพื่อปลดปล่อยยาปราบศัตรูพืช ปุ๋ย หรืออาหารเสริมของเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พืช สำหรับสิ่งทอนั้น นอกจากกลิ่นหอมแล้ว เทคโนโลยีนี้ก็จะนำมาบรรจุยาฆ่าเชื้อโรค (สำหรับผ้าพันแผล) ยาหรือสมุนไพรสมานแผล (สำหรับผ้าปิดแผล) สารสกัดบำรุงผิวพรรณ (สำหรับชุดชั้นใน หรือเสื้อผ้าสุขภาพ) สารกันติดไฟ (สำหรับผ้าม่าน) โดยแค่ปชูลเหล่านี้จะไม่ปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ออกมาในสภาวะปกติ แต่จะปลดปล่อยเมื่อถูกกระตุ้น โดยนักวิจัยต้องออกแบบให้โมเลกุลที่ห่อหุ้มคลายตัวหรือสลายตัวเพื่อปลดปล่อยในสภาวะที่ต้องการ

นอกจากแค่ปชูลแล้วยังมีนาโนเทคโนโลยีอย่างอื่นๆ อีกที่สามารถนำเข้ามาช่วย OTOP ได้ เช่น คณะวิจัยจากสถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้คิดค้นวิธีการในการนำเอาอนุภาคนาโนของเงิน ซึ่งมีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรคไปติดไว้กับเส้นใยผ้า ทำให้เส้นใยผ้ามีคุณสมบัติในการฆ่าเชื้อโรค ซึ่งจะเป็นการลดกลิ่นตัวของผู้สวมใส่ได้ ทีมวิจัยจากภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้นำเอาเทคโนโลยีพลาสมามาปรับปรุงพื้นผิวของไบบิว ส่งผลให้ผ้าใหม่มีสมบัติไม่เปียกน้ำ และกันสิ่งสกปรกได้ เทคโนโลยีทั้งสองประการที่กล่าวมาข้างต้นนั้น สามารถทำให้มีราคาที่ถูกกลง เพื่อไปสนับสนุนงานทางด้าน OTOP ได้ เฟอร์นิเจอร์ของใช้ในบ้าน

ผู้อ่านบางท่านอาจจะเคยได้ไปเยี่ยมชมหมู่บ้านถวายเป็นศูนย์กลางการจำหน่ายผลิตภัณฑ์ และข้าวของที่ทำจากไม้ ซึ่งปัจจุบันได้รับการปรับปรุงรูปแบบจนกระทั่งได้กลายมาเป็นจุดท่องเที่ยวสมบูรณ์แบบ ที่หมู่บ้านถวายเป็นเอง ท่านผู้อ่านสามารถเลือกหาสินค้าที่ถูกใจได้หลากหลาย ทั้งของตกแต่งบ้าน ตกแต่งที่ทำงาน เฟอร์นิเจอร์ รูปภาพ โคมไฟ รวมไปถึงหัตถกรรมที่เป็นเซรามิกส์ ทุกชิ้นล้วนทำขึ้นด้วยฝีมืออันประณีตของชาวบ้านด้วยราคาที่ไมแพงนัก และยังมีบริการนำส่ง ไปถึงบ้านที่กรุงเทพฯ ในเวลาที่รวดเร็วพร้อมกับราคาที่ถูกลงอย่างเหลือเชื่ออีกด้วย ฟังดูแล้ว ด้วยจุดขายและเอกลักษณ์อันโดดเด่นของหมู่บ้านถวายเป็นนาโนเทคโนโลยีดูไม่น่าจะเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับหมู่บ้านถวายเป็นเลย แต่ในความเป็นจริง ประเทศไทยยังมีหมู่บ้านหัตถกรรมอื่น ๆ อีกที่ไม่ได้โชคคืออย่างหมู่บ้านถวายเป็น ทำให้การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณสมบัติพิเศษยังมีความจำเป็นอยู่

ในช่วงสองสามปีมานี้ได้เกิดความตื่นตัวอย่างมากในกลุ่มประเทศยุโรป โดยเฉพาะยุโรปเหนือ ประเทศสหรัฐอเมริกา และแคนาดา ในเรื่องนาโนเทคโนโลยีที่เกี่ยวกับไม้ เนื่องจากประเทศเหล่านี้มีทรัพยากรทางด้านป่าไม้มาก ใน พ.ศ. 2547 ทางกระทรวงเกษตรของสหรัฐฯ ได้ร่วมกับสมาคมไม้และกระดาษอเมริกัน พร้อมกับกระทรวงพลังงาน จัดทำแผนที่นำทางของนาโนเทคโนโลยีสำหรับป่าไม้ขึ้นมา โดยได้ตีพิมพ์รายงานดังกล่าวออกมาในปีที่แล้ว พร้อมกับประเทศแคนาดา และสหภาพยุโรป นับเป็นความบังเอิญอย่างมาก เมื่อย้อนกลับมาดูในประเทศไทยเองแล้ว จะพบว่ามิ้นนักวิจัยที่ทำงานเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีทางด้านไม้น้อยมาก ทั้งๆ ที่ประเทศของเรามีอุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับไม้ และกระดาษพอสมควร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในแผนที่นำทางนาโนเทคโนโลยีเกี่ยวกับไม้ของสามมหาอำนาจข้างต้นนั้นได้มองไปที่การใช้งานนาโนเทคโนโลยีเพื่อพัฒนาคุณภาพของไม้ ได้แก่

- การพัฒนาวัสดุนาโนผสม (Nanocomposites) ของไม้กับวัสดุอื่น เช่น ไม้กับพลาสติก ไม้กับดิน ไม้ผสมดินผสมพลาสติก เพื่อนของผู้เขียนท่านหนึ่งชื่อ ดร.เติมศักดิ์ ศรีศิริรินทร์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหิดล ได้ทำวิจัยวัสดุนาโนผสมระหว่างไม้กับพลาสติกใช้แล้ว เพื่อประดิษฐ์วัสดุที่มีหน้าตา และสัมผัสเหมือนไม้ ซึ่งสามารถนำไปเคลือบผิววัสดุอื่น ๆ ได้ ขณะนี้ผู้เขียนทราบมาว่าประเทศจีนเริ่มมีความสนใจในการนำวัสดุประเภทนี้มาใช้ในสิ่งก่อสร้าง ลองคิดดูหากเราสามารถผลิตไม้ที่ใช้กระบวนการเกี่ยวกับการผลิตพลาสติก ตลาดทางด้านนี้จะเป็นอย่างไร

- การพัฒนาความแข็งแรงแก่ไม้ ทำให้ไม้มีความแข็งแรงเพื่อใช้ในงานก่อสร้าง รวมทั้งทนการขีดไฟด้วย เช่น การผสมอนุภาคนาโนเคลย์เข้าไปในเนื้อไม้ การเคลือบผิวด้วยสารกันไฟหรือคัดแปลงพื้นผิวในระดับ โมเลกุล

- การนำนาโนเทคโนโลยีมาช่วยลดมลพิษที่เกิดจากอุตสาหกรรมกระดาษ และการแปรรูปไม้
- การทำให้ไม้ทนความชื้น หรือกันชื้น เช่น การเคลือบผิวด้วยการพ่นอนุภาคนาโนผสมพอลิเมอร์กันน้ำลงไปบนผิวไม้ การเปลี่ยน โครงสร้างจุลภาคของเส้นใยไม้ด้วยการอบในสุญญากาศ
- การทำให้ไม้ทนแสง UV และป้องกันปลวกโดยใช้อนุภาคนาโน
- การสร้างผลิตภัณฑ์ใหม่และวัสดุใหม่จากไม้ รวมไปถึงการนำของเสียจากอุตสาหกรรมไม้มาทำผลิตภัณฑ์ใหม่

นาโนเทคโนโลยีฝีมือคนไทย กำลังจะเข้าไปสู่ผลิตภัณฑ์ชุมชนของไทย เพื่อยกระดับผลิตภัณฑ์เหล่านั้นให้เป็น OTOP Version 2.0 ถึงเวลาแล้วที่พระอาทิตย์ดวงใหม่แห่งอุตสาหกรรมชุมชน (Cottage Industry) จะส่องสว่างนำทางให้ผลิตภัณฑ์ Made in Thailand ประกาศศักดาในเวทีโลก

### ข้อเสนอแนะ

ด้วยความสนใจในสิ่งต่างๆที่ผ่านมาและผ่านไปในชีวิตปัจจุบันของมนุษย์ ในแต่ละวันเรายังคงต้องการแก้ไขปัญหาที่มีอยู่ในปัจจุบัน และปัญหาที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้นในอนาคตเราทุกคนพอที่จะทราบว่ามีสิ่งของต่างๆ มวลสารต่างๆนั้นล้วนแล้วประกอบขึ้นจากชิ้นส่วนเล็กๆที่เรามักเรียกว่า “อะตอม” หากเราสังเกตชิ้นงานต่างๆที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน บริษัทต่างๆ พยายามที่จะแข่งขันผลิตสิ่งของหรือผลิตภัณฑ์ให้มีขนาดเล็กลง ลดการสูญเสียทรัพยากรที่ตนเองมีอยู่เพื่อลดต้นทุนให้ต่ำลง หวังแต่เพียงให้มีรายได้เพิ่มมากขึ้นจนเมื่อ ทุกคนได้รับทราบถึงเทคโนโลยีตัวใหม่ที่ต่างเรียกขานว่า “นาโนเทคโนโลยี” นาโนเทคโนโลยี หากอ่านผ่านๆ เราอาจจะเข้าใจว่า มันคือการทำอะไรบางอย่างให้เล็กหรือทำอะไรที่เล็กในขนาดนาโน

เอกสารนี้เป็นเอกสารของงานวิจัยที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่อันที่จริงแล้วเทคโนโลยีตัวนี้ หากเราคิดดีๆ เราควรที่จะให้น้ำหนักไปที่การเริ่มต้นสร้างสิ่งต่างๆ จากจุดเริ่มต้นในขนาดเล็กระดับโมเลกุล หรืออะตอม (นาโน ) เพื่อให้ได้องค์ประกอบใหม่ที่เราสามารถควบคุมได้ซึ่งตรงจุดนี้ก็อยู่ที่คนแต่ละคนจะมองแต่ในประเทศไทยส่วนใหญ่แล้วแต่ละคนยังคงคิดว่าเทคโนโลยีตัวนี้ยังคงเป็นเรื่องที่ห่างไกลตัวเกินไป และเป็นเรื่องที่ทำความเข้าใจได้ยาก หากแต่ถ้าเรามองดูสิ่งต่างๆ ในโลกนี้ ล้วนแล้วแต่มีจุดเริ่มต้นจากสิ่งขนาดเล็กรวมตัวค่อยๆ ปรับเปลี่ยนลบลจุดค่อย แก่ไขจุดเดิมและเสริมจุดดีในมีประสิทธิภาพมากขึ้นซึ่งล้วนแล้วแต่ใช้เวลาานาน เป็นหลายล้านปีกว่าจะเกิดเป็นองค์ประกอบที่เหมาะสมแต่ตอนนี้เรากันพบวิธีใหม่ ที่จะช่วยแก้ไขปัญหาดังกล่าวเหล่านี้ ด้วยการสร้างสิ่งต่างๆ จากจุดเริ่มต้นในระดับอะตอมควบคุมทุกชั้นตอน ทุกขนาด และทุกองค์ประกอบจนได้จุดหมายที่เราต้องการตัวอย่างเช่น ประเทศไทยของเราเป็นประเทศหนึ่งที่มีชื่อเสียงทางการเกษตรกรรมแต่เดิมการทดลอง ส่งเคราะห์สารเคมีต่างเพิ่มพัฒนาทางการเกษตรกรรม เรามักจะทดลองผสมสารต่างๆ แล้วปล่อยให้ทำปฏิกิริยากันแบบสุ่มซึ่งส่วนใหญ่ผลที่ได้จะเกิดเป็นผลเสียซะส่วนใหญ่ ส่งผลเสียต่อระบบนิเวศของเราไปอย่างมาก อีกทั้งการตัดต่อพันธุกรรมของพืชและสิ่งมีชีวิต หากเราเริ่มต้นสร้างสิ่งต่างๆ โดยเริ่มตั้งแต่มาระดับโมเลกุลเพื่อสร้างอุปกรณ์ตัดต่อยีนที่มีความละเอียดกว่า อุปกรณ์ที่หยาบอย่างเช่นปัจจุบัน เราก็จะสามารถควบคุมผลผลิตให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นด้วยเหตุนี้เองเราจะเห็นได้ว่ามันไม่ใช่เรื่องที่ห่างไกลตัวเราเลย หากแต่ตอนนี้เรายังไม่สนใจที่จะศึกษาเทคโนโลยีตัวนี้เท่าที่ควร รวมทั้งมีผลิตภัณฑ์ใหม่ที่เขาบอกว่าเทคโนโลยีนาโนมาแอบอ้าง จะทำให้คนทั่วไป

เห็นเป็นแค่เพียงการผลิตสิ่งของที่มีขนาดเล็กเท่านั้นซึ่งไม่ใช่ประเด็นหลักของการศึกษาเรื่องนี้

ด้วยเหตุนี้เราจึงควรหันมาสนใจกันอย่างจริงจังยิ่งขึ้น โดยเริ่มศึกษาถึงแนวคิดเริ่มต้นของเทคโนโลยีตัวนี้ อันจะทำให้เราได้รับประโยชน์จากมันคุ้มค่ามากที่สุด.

### ข้อเสนอแนะในการวิจัยต่อไป

1. ควรมีการศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งเสริมและปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการพัฒนาประเทศโดยใช้นาโนเทคโนโลยี
2. ควรมีการสร้างสื่อ การให้ความรู้แก่นานาเทคโนโลยี อย่างแพร่หลายเพื่อให้ นักเรียน นักศึกษา ได้เห็นความสำคัญต่อนาโนเทคโนโลยีต่อการพัฒนาประเทศชาติ

## บรรณานุกรม

กัลยา วานิชย์บัญชา. 2545. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

งานวิจัยเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีในประเทศไทย. [online].

Available : <http://www.nanotec.or.th/research.php>.

ณัฐพันธุ์ สุภกา. นาโนเทคโนโลยีในธรรมชาติ. [online].

Available : <http://www.nanotec.or.th/News/important.php>.

ทิชากร. 2550. นิตยสาร Update สารระทันยุคเพื่อคนทันสมัย. Space Hotline. กรุงเทพมหานคร.

ธวัชชัย ดุลยสุจริต. 2550. นิตยสาร Update สารระทันยุคเพื่อคนทันสมัย.

ท่องโลกนาโนเทคโนโลยีเรื่องนาโนเทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร.

ธีระชัย พรสินศิริรักษ์. การเรียงอะตอมเป็นพระปรมาภิไธยย่อเพื่อเทิดพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. [online]. Available : <http://www.nanotec.or.th/News/important1.php>.

ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. 2550. นิตยสาร สสวท (นิตยสารยุคใหม่เพื่อการพัฒนาและการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี IPST Magazine ). กรุงเทพมหานคร.

ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. 2550. นิตยสาร update สารระทันยุคเพื่อคนทันสมัย.

ท่องโลกนาโนเทคโนโลยี. ตอนที่ 1-2. กรุงเทพมหานคร.

นาโนเทคโนโลยี. [online]. Available : <http://www.anamai.moph.go.th/healthteen/latestnews25.html>.

นาโนเทคโนโลยี.....คลื่นลูกใหม่แห่งวงการวิทยาศาสตร์. [online].

Available : <http://rde.biotech.or.th/doc/present/nano.doc>.

ปฎิวัติ มุลาสินน์. นาโนเทคโนโลยี...วิทยาศาสตร์ ขนาดจิ๋ว. [online]. Available :

<http://chemical.rta.mi.th/NANOTECH.htm>.

ประคอง วรรณสูตร. 2535. สถิติเพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2.

กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

แนวโน้มของโลกและประเทศ Global and National Trends. แผนพัฒนา มจร. พ.ศ. 2549-2563.

KMUTT Road Map 2020. [online]. Available : [www.kmutt.ac.th/ruadmap1pdf](http://www.kmutt.ac.th/ruadmap1pdf)

พัชรี เจริญเดช. นาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology). [online].

Available : [http://203.185.135.14/e\\_newsletter/September2003/article/Article.htm](http://203.185.135.14/e_newsletter/September2003/article/Article.htm).

ยอดหทัย เทพธรานนท์ และ ประมวล ตั้งบริบูรณ์รัตน์. 2547. นาโนเทคโนโลยี : เทคโนโลยี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซูเปอร์จีว. พิมพ์ครั้งที่ 3. ปทุมธานี : สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.

รวีวรรณ ชินะตระกูล. 2540. วิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพมหานคร : ภาพพิมพ์.

แรตเนอร์, มาร์ก และ แรตเนอร์, แดเนียล. 2547. นาโนเทคโนโลยี นวัตกรรมจับปฏิวัติโลก.

**A Gentle Introduction to the Next Big Idea.** พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร.

เริ่มต้นกับนาโนเทคโนโลยี. [online]. Available : <http://www.nstda.or.th/html/arnanotech1.htm>

วัลลภา. “แผนแม่บทนาโนเทคโนโลยี ความท้าทายของประเทศไทย”. [online].

Available : <http://www.technologymedia.com/article/detail.asp?arid=1164&pid=120>

สิริพัฒน์ ประโตนเทพ. นาโนเทคโนโลยี... คืออะไรกันแน่?. [online]. Available :

<http://www.vcharkarn.com/include/article/showarticle.php?Aid=189&page=5>.

สุภางศ์ จันทวานิช. 2542. การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเชิงคุณภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 2.

กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภางศ์ จันทวานิช. 2547. การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยเชิงคุณภาพ. กรุงเทพมหานคร :

สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภางศ์ จันทวานิช. 2548. วิธีการวิจัยเชิงคุณภาพ. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่ง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2548. นาโนเทคโนโลยี : คลื่นลูกใหม่แห่งศตวรรษที่ 21.

กรุงเทพมหานคร: ฐานมีเดีย เน็ตเวิร์ค.

อดิสร เตือนตรานนท์. นาโนเทคโนโลยีจีว..แต่แจ๋ว ห้องแล็บบนชีพ. [online]. Available :

<http://www.bangkokbiznews.com/scitech/2005/0303/news.php>

?news=column\_16722174.html.

Kevin Bonsor. “How Nanotechnology will work”. [online]. Available :

<http://science.howstuffworks.com/nanotechnology.htm>.

Mark Ratner and Daniel Ratner. 2003. **Nanotechnology : A Gentle Introduction to the**

**Next Big Idea.** New Jersey : Pearson Education Inc.

William Wresch. 1997. **A Teacher’s guide to the Information Highway.** New Jersey :

Prentice Hall Inc.

## ภาคผนวก ก

### เว็บไซต์ที่เกี่ยวข้องกับนาโนเทคโนโลยี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

http://www.nanotec.or.th/nanotec\_th/

http://en.wikipedia.org/wiki/Nanotechnology

http://www.iop.org/EJ/nano

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<http://www.nanotech-now.com/>

The screenshot shows the homepage of **Nanotechnology Now**, described as "Your Gateway to Everything Nanotech". The page features a navigation menu on the left with links to Introduction, News, Press Releases, Submit Press, News Columns, Our Products, Nanotech Directory, Press Kit, Events, Interviews, Best Of, Career Center, Glossary, About Us, Advertising, and Manage Your Account. The main content area includes a welcome message, a list of services offered (consulting, monitoring, analysis), and a list of resources for investors. A sidebar on the right contains sections for "NanoNews Digest", "Ads by Google", and "Premium Products". At the bottom, there are promotional banners for "REGISTER NOW" and "Microflow Sequencer".

<http://www.nano.gov/>

The screenshot displays the homepage of the **National Nanotechnology Initiative (NNI)**. The header features the text "NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE" and a tagline: "Leading to a Revolution in Technology and Industry". A central banner reads "Proposals Sought for Center for Environmental Implications of Nanotechnology". Below this, there is a section titled "SEPA" (Science and Environmental Policy Action) with a sub-header "The National Science Foundation and the Environmental Protection Agency have issued a joint solicitation for proposals to create a national Center for Environmental Implications of Nanotechnology." A sidebar on the left provides navigation links for "About the NNI", "Nanotech Facts", "Research", "Society & Safety", "Funding Opportunities", "Nanotechnology Centers", and "Newsroom".

<http://www.crnano.org/whatis.htm>

The screenshot shows the homepage of the **Center for Responsible Nanotechnology (CRN)**. The main heading is "CRN Center for Responsible Nanotechnology". A sidebar on the left contains several buttons: "Our Ideas", "CR-News", "About CRN", "New! Nano-Bio Conference Presentations", "Get Involved", and "Donate to CRN". The main content area is titled "What is Nanotechnology?" and provides a basic definition: "Nanotechnology is the engineering of functional systems at the molecular scale. This covers both current work and concepts that are more advanced." It also states that in its original sense, 'nanotechnology' refers to the projected ability to construct items from the bottom up, using techniques and tools being developed today to make complete.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเชิงพาณิชย์หรือการกีดกันชน และผู้จัดทำนี้ไม่ใช่ของลิขสิทธิ์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

http://nanotech.sc.mahidol.ac.th/

**Center of Nanoscience and Nanotechnology**  
Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok 10000

"Doing Small Science for Big Impact"

Welcome to Thailand's First Nanotechnology Center

Mahidol University  
Center of Nanoscience and Nanotechnology

"Nano One" Weather

http://nanotech.sc.mahidol.ac.th/course/

**Nanotechnology Course**

Selected Topic in Applied Physics "Nanotechnology" ชั้นวิชาฟิสิกส์ และวิชา Nanotechnology ชั้นวิชาเคมีอินทรีย์

๑. เป้าหมายวิชา  
เรียน Nanotechnology เป็น Course ที่ผสมผสานทั้งความรู้ทางฟิสิกส์และเคมีอินทรีย์ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับ Nano-On Course ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการค้นคว้าวิจัย Text Books และ/หรือ Journal Papers

๒. ศึกษานักเรียน  
เรียน Nanotechnology เป็น Course ที่ผสมผสานทั้งความรู้ทางฟิสิกส์และเคมีอินทรีย์ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับ Nano-On Course ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการค้นคว้าวิจัย Text Books และ/หรือ Journal Papers

๓. ศึกษานักเรียน  
เรียน Nanotechnology เป็น Course ที่ผสมผสานทั้งความรู้ทางฟิสิกส์และเคมีอินทรีย์ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับ Nano-On Course ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการค้นคว้าวิจัย Text Books และ/หรือ Journal Papers

http://www.nanotechnology.com/

**Nanotechnology.com**

nanosider Events

Blog | News

Market Watch

FINANCIAL	Small Tech Index
1092.1	-11.1
NYSE	4.32 +0.57
NASDAQ	3.46 -0.50
AMEX	26.05 +0.02

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

http://pubs.acs.org/cen/nanotechnology/7842/7842nanotechnology.html

**Nanotechnology: Special Report**

Is nanotechnology the impetus for the next Industrial Revolution? Will it change human life in ways never thought possible? In this C&EN Special Report, C&EN Senior Correspondent on Nanotechnology, Edna Dagan examines the hype and hope surrounding nanotechnology. He also explores nanoelectronics, specifically four different approaches for using molecules or other nanostructures to perform computations. Associate Editor Mitch Jacoby looks at the instrumentation used in studies of nanotechnology, focusing on scanning probe microscopes and related tools that have energized research developments. The relatively new instruments are user-friendly, provide an enormous amount of information on the structure of matter at the nanometer scale, and can be used to image and manipulate atoms and molecules in ways few could have imagined 20 years ago. Houston Bureau Head Ann M. Thayer describes a new generation of start-up firms developing nanotechnology, largely in the area of nano materials. Although these new companies have limited production capabilities and sales, markets for their products are anticipated to grow as the new materials find application in polymer composites, electronics, coatings, catalysis, and even in cosmetics, drug discovery, diagnostics, and health care. *Copyright © 2003, American Chemical Society. All rights reserved. See nanotechnology as one of three*

**Monolayer of [2]catenanes sandwiched between two crossed electrodes serves as a solid-state molecular switching device. Image courtesy of Anthony R. Pease, UCLA**

**World Nano-Economic Congress**  
September 8-10, 2003 Washington, DC

Home | ACS Job Bank | Search C&EN Online | Contact Us

C&EN Back Issues

See page last revised May 12, 2003

C&EN Nanotechnology

- Nanoelectronics
- Nanotechnology: The Next Thing
- NASA Goes Nano
- NanoSpace 2000: Molecular Worlds
- NanoScience Scale Up Germany
- Nanotech Business Top
- Nanocomposite Extension
- More...

Nanotechnology Sites

- National Nanotechnology Initiative
- Nanotechnology Now
- NASA

http://www.nano.ait.ac.th/

**Centre of Excellence in Nanotechnology**

Home | News | People | Research | Activities | Facilities | Collaboration | About | Contact

News

Welcome to Centre of Excellence in Nanotechnology!

Our primary research and development is working on "nanotechnology". This involves working on the interface between the molecular and the macroscopic world. We are interested in the synthesis of new materials and structures, and their use in various applications. Our research includes self-assembly of functional materials and structures of interest, synthesis of templates for fabricating novel materials and application in specific devices. We have demonstrated fabrication of gold nano-wires by using these templates. The nano-wires can be used in various applications, such as in sensing and in catalysis. We are currently working on the synthesis of functional materials.

July 5, 2007  
Nanoparticle Presentation to Center of Excellence for Nanotechnology

AIT  
ASIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

NANOTEC

Faculty of Excellence in Nanotechnology  
100 Moo 6, Phra Pradaeng Road, Bang Prachan, Pathum Thani 12120, Thailand  
E-mail: nano@ait.ac.th

Since 2004

http://science.howstuffworks.com/nanotechnology.htm

**Nanotechnology with Protein**  
*S-layer, Virus Particles, Cell skeleton*

howstuffworks  
It's good to know

Search HowStuffWorks and the web.

EXPLANATIONS

- Auto
- Communication
- Computer
- Electronics
- Environment
- Food & Recipes
- Health
- Home & Garden
- History
- People
- Science
- Earth Science
- Engineering
- Life Science
- Military
- Physical Science
- Space
- Supernatural
- Trends

How Nanotechnology Will Work  
By Dean Benzler

Inside This Article

- 1 Introduction to How Nanotechnology Will Work
- 2 Building with Atoms
- 3 A New Industrial Revolution
- 4 Lots More Information
- 5 See all Engineering articles

In the early 20th century, Henry Ford built a car manufacturing plant on a 2,000-acre tract of land along the Rouge River in Michigan. Built to mass-produce automobiles more efficiently, the Rouge housed the equipment for developing each phase of a car, including blast furnaces, a steel mill and a glass plant. More than 30 miles of railroad track and conveyor belts kept Ford's car assembly line running. The Rouge model was touted as the most efficient method of production at a time when bigger meant better.

EXPERT REVIEWS

Expert Review Guide/Articles  
Expert Review Article Breakdown

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สําคัญในการใช้... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

http://www.foresight.org/

**FORESIGHT NANOTECH INSTITUTE**  
Advancing Beneficial Nanotechnology

**Advancing Beneficial Nanotechnology**

Foresight is the leading think tank and public interest institute on nanotechnology. Founded in 1986, Foresight was the first organization to educate society about the benefits and risks of nanotechnology. At that time, nanotechnology was a little-known concept.

Today, with the basic framework of public understanding in place, we are refocusing our efforts on guiding nanotechnology research, public policy and education to address the critical challenges facing humanity.

Foresight's new mission is to ensure the beneficial implementation of nanotechnology.

Foresight is accomplishing this by providing balanced, accurate and timely information to help society understand and utilize nanotechnology through public policy activities, publications, guidelines, networking events, tutorials, conferences, roadmaps and prizes.

Foresight is a member-supported organization. Our membership, including over 14,000 individuals and a growing number of corporations, is diverse demographically and geographically. They are interested in ensuring that the future of nanotechnology unfolds for the benefit of all. These concerned individuals include scientists, engineers, business people, investors, publishers, artists, ethicists, policy makers, interested laypersons, and students from grammar school to graduates.

http://www.sciencedaily.com/news/matter\_energy/nanotechnology/

**ScienceDaily**

Your source for the latest research news

**Matter & Energy: Nanotechnology News**

Get our RSS newsfeed for Nanotechnology News

**Latest News**

- **Health & Medicine**
- **Mind & Brain**
- **Plants & Animals**
- **Earth & Climate**
- **Space & Time**
- **Matter & Energy**
- **Chemistry**
- **Biochemistry**
- **Chemistry**
- **Inorganic Chemistry**
- **Organic Chemistry**
- **Thermodynamics**
- **Electricity**

**From the news wires ...**

- **Nanotubes seen inside living animals** (10-16-07)
- **Purdue receives \$16 nanotechnology grant** (Sep-16-07)
- **Nanomaterial may aid orthopedic implants** (Sep-10-07)
- **Enzyme mimics attacking viral DNA** (Sep-10-07)
- **New nanoparticle assembly method created** (Sep-10-07)

**Science news stories ...**

- **Nanowire Generates Power By Harvesting Energy From The Environment** (September 10, 2007) - As the sizes of silicon nanowires and mobile devices shrink beyond the micrometer, and soon nanoscale, there is a growing need for suitable power sources. Because even the tiniest battery is too large to fit along...
- **Doping Technique Brings Nanomechanical Devices Into The Semiconductor World** (September 10, 2007) - Now the key is a source capable of supplying materials at the time the materials used in computer chips are grown...

http://dir.yahoo.com/Science/Nanotechnology/

**YAHOO! DIRECTORY**

Science > Nanotechnology

**CATEGORIES** (show/hide)

- **Companies**
  - **Nanotubes** (10)
- **Organizations** (6)
- **Research** (30)

**SITE LISTINGS** By Popularity | Alphabetical | Old to New

- **Zyme.com: Nanotechnology** Provides a brief introduction to the core concepts of molecular nanotechnology, followed by links to further reading. Includes information about positional assembly, massive parallelism, and other core concepts of molecular robotics. [www.zyme.com/nano](http://www.zyme.com/nano)
- **US National Nanotechnology Initiative** Committed to long-term nano science and nanotechnology engineering research. Includes information about the synthesis, processing, and application of nano materials, as well as the exploration of nanoscale concepts. [www.nano.gov](http://www.nano.gov)
- **A to Z of Nanotechnology** Offering nanotechnology information, news, new products, suppliers, and expert directory. Search for nanotech information by keyword, application, or industry, or browse the newest articles. [www.a2znanotech.com](http://www.a2znanotech.com)
- **NanotechNews.com** News for nanotechnologists. Find out about nanotech research, read profiles of industry leaders, or keep up with what's new in the nano blog. [From The Nanotech Company](http://www.NanotechCompany.com)

**SPONSOR RESULTS**

- **Free Nanotechnology Newsletters** Subscribe to free e-letter to get the latest on Nanotech investing. [www.nanotechinvestor.com](http://www.nanotechinvestor.com)
- **Nanotech Products** Nano Particles/Tubes/Rods/Powders Nano Adhesives Nano Lubricants. [www.enzobio.com](http://www.enzobio.com)
- **Nanotab, the Nanotechnology Company** Supplier of high-purity carbon nanotube powders and nanotube arrays. [www.nano-tab.com](http://www.nano-tab.com)
- **Nanotechnology Risk Management Company** Get professional nanotechnology consulting at National. [www.nanotechriskmanagement.com](http://www.nanotechriskmanagement.com)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ผู้วิจัยนำเสนอผลงานวิจัยเรื่อง

**Effect of Nanotechnology on Education**

**ในการประชุมวิชาการระดับนานาชาติเรื่อง “International Workshop and  
Conference on Photonics and Nanotechnology”**

**ในระหว่างวันที่ 16-18 ธันวาคม พ.ศ. 2550**

**ณ เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology Between 16 -18 December 2007 Pattaya, Thailand

86

Advanced Research Center for Photonics

Home
Call for Paper
Commitee
Important Dates
Registration
Registration Fee
Paper Submission
Manuscript
Conference Program
Exhibitions
Conference Venue
Transportation
Accommodation
Webboard
SPIE Proceeding
JNOPM Manuscript

## Conference Objectives :

The Photonics and Nanotechnology Conference is intended to provide an international forum for the presentation and the discussion of significant progress of research, development and applications of photonics and nanotechnology. The conference will also offer tutorials and other relevant events, and will particularly give opportunities to have interaction among participants from the ongoing Asian, Pacific and Oceania areas. The conference represents the primary international forum for exchange of ideas and experiences to industry, and government agencies will be actively solicited. Because of the continued growth of this field, special emphasis will be placed on approaches to encourage the next-generation technicians, engineers and scientists.

## Scope and Topics covered by the conference include the followings :

- Optical Communication and Networks
- Optical Devices and Components
- Optical and Quantum Metrology
- Environmental Optics
- Nano-optics
- NEMS
- Nanofabrication
- Optical Network Design
- Optical Sensors
- Quantum Optics
- Nanophotonics
- Nanomaterials
- Nanoelectronics
- Spintronics

## Other Related Areas...

## Organized by :

- **Department of Applied Physics**  
Faculty of Science , KMITL , Thailand.
- **Advanced Research Center for Photonics (ARCP)**  
Faculty of Science , KMITL , Thailand

General Chair : **Preecha Yupapin**

Co-Chair : **Wicharn Techitdheera**

## Editors :

Editor : **P. P. Yupapin, Ph.D.** KMITL , Thailand  
Associate Editors : **W. Techitdheera** KMITL , Thailand  
**M. A. Allen, Ph.D.** MU , Thailand  
**R. Chitaree, Ph.D.** MU , Thailand

## Cooperating Organizations :

- SPIE , OSA , OSA-Thailand , SPIE-Thailand , IEEE-LEOS-Thailand

## Contact :

- Conference Secretariat : **P. Saeng** (prajak\_neer27@hotmail.com)
- Deputy Secretariat : **T. Taengtang** (ktthamma@kmitl.ac.th)
- Further Information : **P. P. Yupapin** (kypreech@kmitl.ac.th)

**Login**

Email :

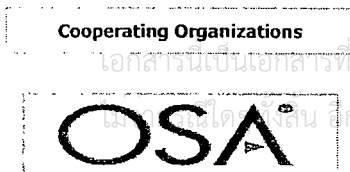
Password :

**Paper Awards**

**SPIE Best Student Paper Awards** generally total \$750 US (\$500 1st place, \$250 2nd place) and include a free year of **SPIE Student Membership** for each recipient. **NEW**

**Sponsorships & Awards**

There are 15 OSA IEEE SPIE student free member awards for students who have the accepted and presented papers. **NEW**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น และต้องอ้างอิงถึงชื่อของเอกสารที่นำมาใช้



**SPIE**

For more Information or any comment please contact : [kypreech@kmitl.ac.th](mailto:kypreech@kmitl.ac.th)

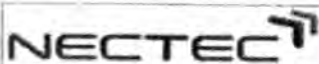
87



**World Scientific**  
Connecting Great Minds



**IEEE LEOS**  
LASERS & ELECTRO-OPTICS SOCIETY



**NECTEC**



## **Advanced Research Center for Photonics**

Department of Applied Physics , King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Chalongkrung Road , Ladkraband District , Bangkok , THAILAND 10520

Tel : +66 02 737 3000 Ext. 6271, 326 Fax : +66 02 326 4413

Visitor **3863** persons

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ICPN 2007 Conference Program

Day 1: December, 16 2007

Time	Program	Location
1.00 pm – 04.30 pm	Tutorial on Quantum Entanglement and Applications ( Prof. P.P.Yupapin , KMUTL )	
04.30 pm – 08.00 pm	Free Time	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Day2: December, 17 2007**

Time	Program	Location
8.00 am – 9.00 am	Registrations	
9.00 am – 9.30 am	Opening Ceremony	
9.30 am – 10.00 am	Group Photo and Coffee Break	
<b>Special Lectures</b>		
10.00 am -10.45 am	Nanoelectronics and Spintronics ( Prof. Hideo Ohno, Tohoku University, Japan )	
10.45 am – 11.15 am	Penalties and Benefits of the Nonlinear Properties and Effects in Fiber Optic Transmission Lines ( Prof. Mario F. S. Ferreira, University of Aveiro, Portugal)	
11.15 am – 11.45 am	Spatio-Temporal Effects in Nonlinear Waveguide Arrays (Prof. Roberto Morandotti, Institut national de la recherche scientifique Université du Québec, Varemnes, Québec, Canada)	
12.00 am – 01.00 pm	Lunch in Hotel	
<b>Afternoon (All Technical Sessions Begin)</b>		
<b>Sessions 1: Nanotechnology</b>		
Chair by : D.N. Wang (Polytechnic University, China)		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Co-Chair by : Dr. Wisanu Pecharapa (KMUTL)</b>	
01.00 pm – 01.30 pm	<b>Method for Generating and Measuring Static and Dynamic Small Forces</b> ( Prof. Yusaku Fujii, Department of Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Gunma University )
01.30 pm – 01.50 pm	<b>Negative Differential Capacitance of AlGaIn/GaN Heterostructure in Presence of InN Quantum Dots</b> ( Dr. Asghar Asgari, Research Institute for Applied Physics, University of Tabriz, Iran )
01.50 pm – 02.10 pm	<b>Particle Tracking from In-Line Holograms by using Single Wavelet Coefficient</b> ( Dr. Siriwat Soontaranon, Institute of Science, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand)
02.10 pm – 02.30 pm	<b>Widely Tunable Ultraviolet C-Generation using Wavelength Selective External High-Q-cavity and A Blue Laser Diode System</b> ( C. Tangtrongbenchasi, Department of Electronic and Photonic Systems Engineering, Frontier Engineering Course, Kochi University of Technology, Japan )
<b>Session 2: Photonic and Nanophotonic</b>	
<b>Chair by: W.Boyle (City (London), UK)</b>	
<b>Co-Chair by: Asso.Prof. Wichan Techtitcheera (KMUTL)</b>	
01.00 pm – 01.30 pm	<b>Propagation Characteristics of A Random-Metal Dielectric Film for Optical Near-Field Generator</b> ( Asst. Prof. Aisushi Utsumi, Department of Electrical and Electronic Engineering, Toyohashi University of Technology, Japan )
01.30 pm – 01.50 pm	<b>Application of Reflection-Spectrum Envelope for Sampled Gratings</b>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	( Dr. D.N Wang Department of Electrical Engineering Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong )
01.50 pm – 02.10 pm	<b>Estimation of Coupling Power Parameter of Fused Coupled Fibers</b> ( Dr. Saktoto, Physics Dept, Math and Science Faculty, University of Riau Pekanbaru, Indonesia )
02.10 pm – 02.30 pm	<b>Dynamic Displacement Measurements with A Dual-Cavity Fiber Fabry-Perot Interferometer</b> ( S. Puliteap, Laboratoire d'Optoelectronique pour les Systemes Embarques ENSEIHT-INPT, France )
02.30 pm – 03.00 pm	<b>Coffee Break</b>
<b>Sessions 1 (Cont): Nanotechnology</b>	
<b>Chair by : Prof. Roberto Morandotti (Canada)</b>	
<b>Co-Chair by : Dr. Pratan Buranasiri (KMUTL)</b>	
03.00 pm – 03.20 pm	<b>Improving The Opal-Based Photonic Crystals by Noise-Assisted Crystallization</b> ( W. Khamsin, Tyndall National Institute, University College Cork, Ireland )
03.20 pm – 03.40 pm	<b>Temperature-Dependent Photoluminescence Investigation of Narrow Well-Width InGaAs/InP Single Quantum Well</b> (Dr. Wissanu Pecharapa, KMUTL Nanotechnology Research Center, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand)
03.40 pm – 04.00 pm	<b>The Effect of Nanotechnology on Education</b> ( Chantana Viriyavejku, Department of Industrial Education, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Session 2 (Count): Photonic and Nanophotonic</b> <b>Chair by: Prof. Roberto Morandotti (Portugal)</b> <b>Co-Chair by: Dr. Filiporn Thanomngam (KMUTT)</b>	
03.00 pm – 03.20 pm	<b>Design of Optical Ring Resonator Filters for WDM Applications</b> ( P. Saeng Advanced Research Center for Photonics, Department of Applied Physics, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand )
03.20 pm – 03.40 pm	<b>An Optical Tunable Band-pass Filter using Chaotic Signals in a Nonlinear Micro Ring Resonator</b> ( W. Suwatcharoen, Advanced Research Center for Photonics, Department of Applied Physics, Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand )
03.40 pm – 04.00 pm	<b>An Alternative Optical Switch Using Mach Zehnder Interferometer and Two Ring Resonators</b> ( P. Chuapang, Department of Physics, Faculty of Science, Mahasarakham University, Mahasarakham, Thailand )
04.00 pm – 05.00 pm	Poster Session
05.00 pm – 18.00 pm	Free Time
06.00 pm – 09.00 pm	Reception Dinner

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Day3: December, 18 2007**

Time	Program	Location
<b>Session 1 (Count): Nanotechnology</b>		
<b>Chair by:</b>		
<b>Co-Chair by:</b>		
08.00 pm – 10.00 pm	ICPN	
10.00 pm – 10.30 pm	Coffee Break	
10.30 pm – 12.00 pm	ICPN	
<b>Session 2 (Count): Photonics and Nanophotonics</b>		
<b>Chair by:</b>		
<b>Co-Chair by:</b>		
08.00 pm – 10.00 pm	ICPN	
10.00 pm – 10.30 pm	Coffee Break	
10.30 pm – 12.00 pm	ICPN	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand**



## **Invited Speaker and Keynote**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น.อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology,  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand**



**ICPN-0000**

### **Ferromagnetic III-V Semiconductors**

**Hideo Ohno**

Laboratory for Nanoelectronics and Spintronics,  
Research Institute of Electrical Communication,  
Tohoku University, Japan, and Semiconductor Spintronics Project,  
ERATO, Japan Science and Technology Agency, Japan

**Abstract:**

Ferromagnetism in Mn-doped III-V semiconductors is hole-induced [1-3] and thus magnetism can be manipulated by changing its carrier concentration by electric field [4, 5]. It has also been shown that spin-current flowing along with the electric current in these materials exerts torque on localized Mn spins, resulting in, for example, current induced domain wall motion [6-8]. This presentation reviews the recent developments on ferromagnetic III-V semiconductors. Remaining issues particularly room-temperature ferromagnetism reported in various semiconductors will be discussed.

International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand



ICPN-0000

**NONLINEAR EFFECTS IN OPTICAL FIBERS:  
LIMITATIONS AND BENEFITS**

Mário F. S. Ferreira  
Department of Physics, University of Aveiro,  
3810-193 Aveiro, Portugal

**Abstract:**

Nonlinear effects in optical fibers impose different limitations on the communications link, and an understanding of such effects is almost a prerequisite for actual lightwave-system designers. On the other hand, they offer a variety of possibilities for all-optical signal processing, amplification and regeneration. The nonlinear effects are enhanced dramatically and new phenomena are observed in the so called photonic crystal fibers. In this paper we review the effects – both detrimental and potentially beneficial – of optical nonlinearities in conventional and in photonic crystal fibers.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand**



**ICPN-0000**

**Spatio-Temporal Effects in Nonlinear Waveguide Arrays**

Roberto Morandotti<sup>1</sup>, M. Zaezjev<sup>1</sup>, Y. Linzon<sup>2</sup>, Y. Sivan<sup>2</sup>, B. Malomed<sup>2</sup>, S. Bar-Ad<sup>2</sup>, D. Cheskis<sup>2</sup>, I. Ilisar<sup>2</sup>, Y. Lahini<sup>3</sup>, E. Frumker<sup>3</sup>, Y. Silberberg<sup>3</sup>, S. Droulias<sup>4</sup> and K. Hizanidis<sup>4</sup>, J.S. Aitchison<sup>5</sup>, M. Sorel<sup>6</sup>, G. Stegeman<sup>7</sup> and D. N. Christodoulides<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Institut national de la recherche scientifique, Université du Québec, Varennes Québec, Canada J3X 1S2, e-mail: morandot@emt.inrs.ca

<sup>2</sup>School of Physics and Astronomy,

Raymond and Beverly Sackler, Faculty of Exact Sciences,

Tel Aviv University, Tel Aviv 69978, Israel

<sup>3</sup>Department of Physics of Complex Systems, The Weizmann Institute of Science, Rehovot, Israel 76100

<sup>4</sup>National Technical University of Athens, School of Electrical and Computer Engineering, 9 Iroon Polytechniou str, Athens 15773, Greece

<sup>5</sup>Department of Electrical and Computer Eng., University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada M5S 3G4

<sup>6</sup>Department of Electronics and Electrical Engineering, University of Glasgow, Glasgow G12 8QQ, Scotland, UK

<sup>7</sup>College of Optics and Photonics, CREOL, University of Central Florida, 4000 Central Florida Blvd., Orlando Florida 32816, USA

**Abstract:**

A special class of spatial solitons (propagating in a periodical optical potential) has recently shown several fascinating characteristics, including an extremely interesting spatio-temporal dynamics. These properties may lead, for example, to quasi collapse in media with anomalous dispersion (such as glass), to the formation of discrete X-waves in media with normal dispersion (such as AlGaAs), and in general, to various configurations for all-optical pulse shaping in an integrated format.

International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand



ICPN-0000

### Method for Generating and Measuring Static and Dynamic Small Forces

Yusaku Fujii

Department of Electronic Engineering, Faculty of Engineering, Gunma University, 1-5-1 Tenjin-cho, Kiryu, Gunma 376-8515, Japan

E-mail: fujii@el.gunma-u.ac.jp

Phone: +81-277-30-1756, Fax: +81-277-30-1707

#### Abstract:

The author has proposed a method, the Levitation Mass Method (LMM). In the LMM, the inertial force of a mass levitated using a pneumatic linear bearing is used as the reference force applied to the objects under test, such as force transducers, materials or structures. The inertial force of the levitated mass is measured using an optical interferometer. In this paper, the previous achievement, the recent achievements, and the future prospects on the methods of generating and measuring the static and dynamic micro-Newton level forces based on the LMM are discussed.

**Keywords:** inertial force, optical interferometer, aerostatic bearing, dynamic force, Levitation Mass Method

International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand

ICPN-0000

**Propagation Characteristics of A Random-Metal Dielectric Film  
for Optical Near-Field Generator**

Atsushi Utsumi and Mitsuo Fukuda

Department of Electrical and Electronic Engineering, Toyohashi University  
of Technology, Tempaku-cho Hibiyaoka 1-1, Toyohashi,  
Aichi 441-8580, Japan

**Abstract:**

The propagation characteristics of a random-metal dielectric film acting as a propagating far-field light/optical near-field converter were investigated. A finite-difference time-domain method was used for the analysis of the characteristics, because of the complicated structure of the film formed with fused silica balls and silver paste. The propagating efficiency of the optical intensity was estimated, and two efficiency-determining factors were clarified; the optical coupling efficiency determined by the silica ball size, and the absorption determined by the silver layer between the silica balls.

**Keywords:** optical near field, random-metal dielectric film, finite-difference time-domain method

**International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand

ICPN-0012

**Negative Differential Capacitance of AlGaIn/GaN  
Heterostructure in Presence of InN Quantum Dots**

Asgar Asgari  
Research Institute for Applied Physics,  
University of Tabriz, Tabriz 51665-163, Iran

**Abstract:**

In this work the capacitance of AlGaIn/GaN heterostructure in presence of InN quantum dots has been studied. This calculation has been done for different InN quantum Dot size, energy dispersion and in different temperatures. The presence of InN quantum dot will cause a negative differential capacitance which can evidence the position of quantum dots in the structures. Our calculation results show this negative differential capacitance is much higher at low temperature and for quantum dots with low energy and higher size dispersion.

**Keywords:** AlGaIn/GaN Heterostructures, In Quantum Dots, capacitance

International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand

ICPN-0013

**Particle Tracking from In-Line Holograms by using  
Single Wavelet Coefficient**

S. Soontaranon, J. Widjaja\*

Institute of Science, Suranaree University of Technology, Nakhon  
Ratchasima 30000, Thailand

**Abstract:**

We propose a new digital method for tracking position of particles from in-line holograms by using single wavelet coefficient. By computing a wavelet transform of the 1-D intensity profile of a hologram, resultant wavelet coefficients provide space-varying frequency information of an interference pattern. Our study finds that a dilation which is given by the maximum value of the real wavelet coefficient appeared at the center position of the interference pattern is determined by a recording distance and a wavelength of a coherent illuminating light. Therefore, this dilation can be used for extracting the recording distance of particles from the holograms. A feasibility of this method is experimentally verified by analyzing holograms of a line object.

**Keywords:** In-line holography, particle tracking, wavelet transform, fringe analysis

International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand

ICPN-0019

**Widely Tunable Ultraviolet C Generation using Wavelength  
Selective External High-Q-cavity and  
A Blue Laser Diode System**

C. Tangtrongbenchasil<sup>\*1</sup> and K. Nonaka<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Electronic and Photonic Systems Engineering,

<sup>2</sup>Frontier Engineering Course, Kochi University of Technology,  
Tosayamada, Kami City, Kochi Prefecture 782-8502, Japan

**Abstract:**

This paper presents a second harmonic generation scheme using a nonlinear optic crystal and a multimode Fabry-Perot blue laser diode that has potential to generate widely tunable coherent deep ultraviolet at approximately 225 nm. Using the Fabry-Perot multimode laser diode with the sum-frequency technique, a high second harmonic power is hardly observed due to low conversion efficiency. In this paper, an approximately 1  $\mu$ W second harmonic ultraviolet power at around 225 nm ultraviolet wavelength and approximately 6 nm ultraviolet wavelength tunability can be obtained using a multi mode blue LD chip, a nonlinear optic crystal, and an external high-Q-cavity setup.

**Keywords:** second harmonic generation, nonlinear optic crystal, wide wavelength tunability, external high-Q-cavity, second harmonic conversion efficiency improvement

International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand

ICPN-0020

**Improving the Opal-Based Photonic Crystals  
By Noise-Assisted Crystallization**

W. Khunsin<sup>1</sup>, G. Kocher<sup>2</sup>, S. G. Romanov<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tyndall National Institute, University College Cork, Lee Maltings,  
Cork, Ireland, C. M. Sotomayor Torres

<sup>2</sup>Tyndall National Institute, University College Cork, Lee Maltings,  
Cork, Ireland, Institute for Research and Advanced Studies, ICREA,  
08010 Barcelona, Spain

<sup>3</sup>Catalan Institute of Nanotechnology, Edifici CM7, Campus Universitat  
Autonoma de Barcelona, 08193 Bellaterra (Barcelona), Spain.

**Abstract:**

Crystal ordering of colloidal self-assembled photonic crystals fabricated by vertical drawing deposition technique has been improved following application of acoustic noise vibrations. The scanning electron microscopy has confirmed the improvement in the crystal order on the surface (111) plane and has demonstrated that thin opal films crystallized under acoustic agitation consist of similarly oriented crystallites, the characteristic transverse dimension of which is larger compared to that of sample grown without acoustic field. Three-dimensional lattice arrangement of the opal crystal has been examined by means of laser diffraction and optical transmission spectroscopy. Novel approach towards optical characterisation of the opal crystallinity has been suggested.

**Keywords:** photonic crystal, opal, transmission spectra, transmission directionality, noise

International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand

ICPN-0038

**Temperature-Dependent Photoluminescence Investigation of  
Narrow Well-Width InGaAs/InP Single Quantum Well**

W. Pecharapa, W. Techitheera, P. thanomgam and J. Nukeaw  
KMITL Nanotechnology Research Center, King Mongkut's Institute of  
Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand  
Department of Applied Physics, King Mongkut's Institute of Technology  
Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand

**Abstract:**

The formation of  $\text{In}_{0.53}\text{Ga}_{0.47}\text{As}/\text{InP}$  single quantum well with narrow well width grown by Organometallic Vapor Phase Epitaxy is verified by photoluminescence spectroscopy. PL spectra exhibit the  $e(1)\text{-hh}(1)$  transition in the well. PL measurement was conducted at various temperatures from 15K to 200K in order to investigate the important temperature-dependent parameters of this structure. Important parameters such as activation energies responsible for the photoluminescence quenching and broadening mechanisms are achieved. Because of small thermal activation energy of 15.1 meV in the narrow well, carriers can escape from the well to the barrier states. The dependence of PL width on temperature revealed that Inhomogeneous mechanism is the dominant mechanism for the broadening of PL peak and homogeneous mechanism is responsible at high temperature due to electron-phonon interaction.

**Keywords:** InGaAs/InP, single quantum well, photoluminescence

**International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand**

**ICPN-0045**

**The Effect of Nanotechnology on Education**

Chantana Viriyavejakul  
Department of Industrial Education,  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,  
Bangkok, Thailand, kmchanta@kmitl.ac.th

**Abstract:**

The research objective was to study 1) the situation and readiness of the Thai education for the integration of nanotechnology and 2) to propose the plans, the strategies and guidelines for educational reform to adapt nanotechnology to the system. The data collection was done by 4 methods: 1) documentary study, 2) observation, 3) informal interviews, and 4) group discussion. The findings revealed that:

1. William Wresch's Theory (1997) was used in this research to study of the situation and readiness of the Thai education for the integration of nanotechnology.

- 1) Getting connected to nanotechnology by search engine websites, libraries, magazines, books, and discussions with experts.
- 2) Curriculum integration: nanotechnology should be integrated in many branches of engineering, such as industrial, computer, civil, chemical, electrical, mechanical, etc.
- 3) Resources for educators: nanotechnology knowledge should be spread in academic circles by publications and the Internet websites.
- 4) Training and professional resources for teachers: Teachers should be trained by experts in nanotechnology and researchers from the National Nanotechnology Center. This will help trainees get correct knowledge, comprehension, and awareness in order to apply to their professions and businesses in the future.

**International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya,Thailand**

2. As for the plans, the strategies, and guidelines for educational reform to adapt nanotechnology to the present system, I analyzed the world nanotechnology situation that might have an effect on Thai society. The study is based on the National Plan to Develop Nanotechnology. The goal of this plan is to develop nanotechnology to be the national strategy within 10 years (2004-2013) and have it integrated into the Thai system. There are 4 parts in this plan: 1) nanomaterials, 2) nanoelectronics, 3) nanobiotechnology, and 4) human resources development. Data for human resource development should be worked with the present technology and use the country's resources to produce many products of nanotechnology, such as 1) handicrafts, decorations, and gifts, 2) agricultural products and food, 3) beverages, such as alcoholic and non- alcoholic drinks, and 5) textiles.

**Keywords:** Effect ,Nanotechnology, Education

**International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand

ICPN-0001

**Design of Optical Ring Resonator Filters for WDM Applications**

P. Saeung and P.P. Yupapin

Advanced Research Center for Photonics, Department of Applied Physics  
Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Bangkok 10520, Thailand, E-mail:kypreech@kmitl.ac.th

**Abstract:**

In this paper, we design the ring resonator filters such as moving average (MA), autoregressive (AR) and autoregressive moving average (ARMA) filters. These filters are designed as add/drop filter, channel selection and dispersion compensator. The transfer functions of optical filters are derived using Z-transforms.

**Keywords:** Add/drop filter; all pass filter; dispersion compensator; Z-transform

**International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand**

**ICPN-0002**

**An Optical Tunable Band-pass Filter using Chaotic Signals  
in a Nonlinear Micro Ring Resonator**

**P.P. Yupapin, W. Suwancharoen and S. Pipatsart**

Advanced Research Center for Photonics, Department of Applied Physics  
Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Bangkok 10520, Thailand:  
E-mail:kypreech@kmitl.ac.th

**Abstract:**

We propose a design of a tunable band-pass filtering device using an optical micro ring resonator. Such a device can be used to generate the required filtering signals in the optical communication transmission line. In principle, the chaotic signals are generated by a Kerr effects nonlinear type via a micro ring resonator. The input power can be used to control the specific filtering signals. The required information can be retrieved from the chaotic signals by using the specific filter, i.e. the specified users. The ring parameters used with the ring radii are ranged between 10-20  $\mu\text{m}$ , and  $n_2 = 2.2 \times 10^{-15} \text{ m}^2/\text{W}$ . The simulation results obtained have shown the potential of using such a proposed device as tunable band-pass or band-stop filters, which can be used to form the information security.

**Keywords:** Chaotic filter, Tunable filter, Micro ring resonator

**International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand**

**ICPN-0003**

**An Aerosol Optical Thickness Investigation in  
The Suvarnabhumi Airport using  
an Inexpensive Sunphotometer**

**K. Udomwech, P.P. Yupapin and S. Pipatsart**

Environmental Physics Research Group, Department of Applied Physics  
Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Bangkok 10520, Thailand,  
E-mail:kypreech@kmitl.ac.th

**Abstract:**

An investigation of the optical thickness of the aerosol surrounded in the Suvarnabhumi airport area using the local constructed sun-photometer is reported. The measurement data obtained are presented comparing to the ones obtained by the standard sun-photometer, where the measurement error of 5 % is obtained. The measurement was implemented within a three months period, starting from November 1st, 2006. The optical thickness obtained of 0.45 is noted, which is described in term of air quality as transparent view. Such effects may be introduced by the airplane fuel waste, infrastructure constructions and industrial estates. Further, the effects of the climate changes and global warming around the investigated area, and wireless communication link degradation are discussed.

**Keywords:** Environmental optics, Aerosol science, Environmental science, Atmospheric science

International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand

ICPN-0004

**An Alternative Optical Switch Using Mach Zehnder Interferometer and Two Ring Resonators**

P.P. Yupapin<sup>1</sup> and P. Chunpang<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Advanced Research Center for Photonics, Department of Applied Physics,  
Faculty of Science  
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520,  
Thailand

E-mail: kypreech@kmitl.ac.th

<sup>2</sup>Department of Physics, Faculty of Science, Maharakham University  
Maharakham 44000, Thailand

**Abstract:**

We present an experimental investigation of an alternative optical switch using a Mach-Zehnder interferometer (MZI), incorporating two fiber optic ring resonators which each arm of MZI is connected by a fiber ring resonator. The alternative optical switch is achieved when one arm of MZI is pumped by using an erbium doped fiber amplifier (EDFA) via a ring resonator. The alternative optical switching behaviors is seen when one arm is pumped. The polarization control was employed to obtain the maximum optical transmission power. Results obtained have shown that the increasing in switching time (i.e. narrower spectral width) and power can be achieved.

**Keywords:** Optical switching, EDFA, MZI, Fiber ring resonator

**International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand**

**ICPN-0005**

**Entangled Photons Generation and Characterization in a  
Nonlinear Fiber Ring Resonator**

**S. Suchat<sup>1</sup> and P.P. Yupapin<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Department of Physics, Faculty of Science and Technology  
Thammasat University, Pathumtani 12121, Thailand.

<sup>2</sup>Advanced Research Center for Photonics, Department of Applied Physics  
Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Bangkok, 10520, Thailand. E-mail: kypreech@kmitl.ac.th or  
sueb@alpha.tu.ac.th

**Abstract:**

A new technique of an entangled photon pair generation and characterization using an all fiber optic scheme is investigated. The proposed system is consisted of a fiber optic Mach-Zehnder Interferometer (MZI) incorporating with a fiber optic ring resonator. The Kerr nonlinearity effect in the fiber ring resonator is exploited for the generation of two independent beams. The advantage of such a system is that it requires a simple arrangement without any optical pumping part and bulky optical components. Polarized light pulse trains are launched randomly into a MZI which one part of them is delayed in the longer path. The output pulses from both arms of the MZI are entered into a nonlinear fiber optic ring resonator. Where the superpositions of light pulses in a nonlinear fiber optics ring resonator are randomly occurred which is formed the entangled photon pairs. A polarization controller controls polarization states of light pulses while circulating in the ring resonator. The entangled photons are seen on the avalanche photo-detector, which is shown in good agreement with the previous works.

**Keywords:** Quantum Entanglement, Quantum Optics, and Fiber Optic Ring Resonator

**International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand**

**ICPN-0006**

**Self Calibration in a Fiber Optic Sensing System using  
The Entangled Photon States Walk-off Compensation**

S. Suchat<sup>1,2</sup>, W. Khunnam<sup>2</sup> and P.P. Yupapin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Physics, Faculty of Science, Thammasat University  
Pathumthani 12120, Thailand

<sup>2</sup>Advanced Research Center for Photonics, Department of Applied Physics,  
Faculty of Science

King Mongkut's Institute's of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520,  
Thailand

E-mail:kyprcech@kmitl.ac.th

**Abstract:**

We firstly present a concept of a self calibration of the classical and quantum parameters measurement using a fiber optic system. The measurement of the change in phase of the optimum entangled states visibility, which is performed in term of a walk-off length, i.e. birefringence. The applied physical parameters on the sensing fiber can be simultaneously measured and the self calibration respecting to the birefringence performed. The scheme of the entangled photons generation in fiber optic is reviewed and the walk-off on the polarization entangled states presented. The potential of self calibration and simultaneous measurement using an interferometric sensing technique and fiber grating sensor are proposed and discussed. The walk-off on the entangled states in the thermal controlled environment is presented and discussed.

**Keywords:** self calibration, simultaneous measurement, fiber optic sensor, walk-off compensation

**International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand**

**ICPN-0007**

**Chaotic Signal Filtering Device using a Serial Connection of  
Micro-Ring Resonators**

P.P. Yupapin ,W. Suwancharoen, S. Chaiyasoonthorn  
and S. Thongmee

Advanced Research Center for Photonics, Department of Applied Physics  
Faculty of Science, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang  
Bangkok 10520, Thailand: E-mail:kypreech@kmitl.ac.th

**Abstract:**

This paper proposes a system of signal security using the optic series waveguide micro ring resonator, where the chaotic noise generation and cancellation can be performed. The required communication signals can be multiplexed with the generated chaotic noise in a micro ring resonator before transmission. The required information can be recovered via optic series waveguide micro ring resonator by a specific user at the output port of the waveguide micro-ring resonator. Simulation results obtained have shown the potential of applications which is closed to the practical applications, especially, The required information can be retrieved by the specified users. The ring parameters used with the ring radii are ranged between 10-20  $\mu\text{m}$ ,  $\kappa_1 = \kappa_2 = 0.0225$  and  $n_2 = 2.2 \times 10^{-15} \text{ m}^2/\text{W}$ . The simulation results obtained have shown the potential of using such a proposed device for tunable band-pass and band-stop filters, which can be used for the information security in the system by the optic series waveguide micro ring resonator.

**Keywords:** chaotic noise, chaotic control, chaotic filter, nonlinear optical communication.

International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand

ICPN-0010

**Application of Reflection-Spectrum Envelope  
for Sampled Gratings**

Xiaoying He<sup>1,2</sup>, D.N. Wang<sup>2</sup>, Dexiu Huang<sup>1</sup>, Yonglin Yu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Wuhan National Laboratory for Optoelectronics, Huazhong  
University of Science and Technology, Wuhan, Hubei,  
430074, P.R.China

<sup>2</sup>Departments of Electrical Engineering, Hong Kong Polytechnic  
University, Hung Hom, Kowloon, Hong Kong

**Abstract:**

An analytical expression is proposed for evaluating the performances of reflection-spectrum envelope for sampled gratings. The accuracy of the expression has been verified by the simulated reflectivity spectrum by use of transfer matrix method. A new technique of multiple reflection-spectrum envelope concatenation is introduced to demonstrate a 23-channel grating with uniform characteristics in all channels. The proposed technology can densify sampled grating both in spectral channel number and in spatially physical corrugation.

**Key words:** Sampled gratings; Reflection-spectrum envelope;  
Analytical expression; Fourier theory

International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand

ICPN-0014

**Estimation of Coupling Power Parameter of  
Fused Coupled Fibers**

<sup>1</sup>Saktioto, <sup>2</sup>Jalil Ali, <sup>3</sup>Mohammed Fadhali, <sup>2</sup>Jasman Zainal

<sup>1</sup>Physics Dept, Math and Science Faculty, University of Riau Pekanbaru,  
Tel.+62 761 63273, Indonesia, email: saktioto@yahoo.com

<sup>2</sup>Institute of Advanced Photonics Science, Science Faculty, Universiti  
Teknologi Malaysia (UTM), 81310 Skudai, Johor Bahru, Malaysia,  
Tel.07-5534110, Fax 07-5566162

<sup>3</sup>Physics Dept, Faculty of Science, Ibb University, Yemen

**Abstract:**

Fiber couplers are widely used in telecommunication and industry as a passive splitting power device. The effective power coupling and transmitting from one fiber to another is mainly determined by both coupling length and coupling coefficient. Coupling length can be calculated directly but for coupling coefficient it depends upon the refractive index and separation fiber axis. After fusion processes of two SMF-28e<sup>®</sup> couplers, the refractive index is unknown due to change in the radius of fiber ( $r_{cladd} < 40\mu\text{m}$  and  $r_{core} < 1.5\mu\text{m}$ ). Coupling coefficient range is obtained from a distribution of coupling ratio and compared with the empirical formula which also enables to calculate refractive index. In this experiment, coupling coefficient in the range of 0.6-0.9/mm is calculated as a function of separation fiber axis and refractive index of core and cladding. The result shows a good correlation between experimental results and theoretical calculation.

**Keywords:** single mode fiber, coupling ratio, coupling length, coupling coefficient, refractive index

**International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand**

**ICPN-0039**

**Dynamic Displacement Measurements with A Dual-Cavity Fiber  
Fabry-Perot Interferometer**

**S. Pullteap and H. C. Seat**

Laboratoire d'Optoélectronique pour les Systèmes Embranchés  
ENSEEIH-T-INPT, 2, rue Charles Camichel BP 7122-31071 Toulouse  
Cedex 7 France

**Abstract:**

An extrinsic fiber Fabry-Perot interferometric sensor is reported for use in vibrometric applications. The sensor operates on the principle of a "virtual" dual-cavity generated within the sensing arm due to the introduction of a birefringent element into the optical path of the sensing cavity. The resulting two sets of "phase-shifted" interference signals produced allowed non-ambiguous directional detection as well as improved resolution in displacement measurements. Experimental displacement data obtained using the fiber interferometer was found to be in good agreement with the reference sensor employed. The potential for overcoming polarization-induced signal fading is also qualitatively illustrated.

**Keywords:** Extrinsic fiber Fabry-Perot interferometer, dynamic displacement, virtual dual-cavity, non-ambiguous directional measurement, polarization-induced signal fading.

**International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand**



## POSTER SESSION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand**

**ICPN-0011**

**Optical Target Detections by Using Joint Transform Correlator  
with Compressed Reference Images**

**Ubon Suripon and Joewono Widjaja**

Rajamankala University of Technology Isan Department of electronics and  
Telecommunication Engineering, Rajamankala University of Technology  
Isan, 744 Suranarai road, Naimuang subdistrict, Muang district, Nakhon  
Ratchasima, Thailand, 30000

**Abstract:**

To confirm a feasibility of implementing a joint transform correlator (JTC) using compressed reference images, we conduct experimental verifications of the proposed JTC by using an electrically-addressed spatial light modulator. Single- and multiple-target detections were verified by using two high-contrast images with different spatial-frequency contents. Reference images were compressed into a JPEG file format with different compression ratios. The experimental results show that it is feasible to implement optically the proposed JTC. However, an effect of an additive noise on detection performance of the proposed correlator is more severe than that of the compression.

**Keywords:** Optical Target Detection, joint transform correlator, JPEG image compression, detection performance

**International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand**

**ICPN-0015**

**Electrical and Optical Properties of Al Doped ZnO Film  
Prepared by Spray Pyrolysis Technique**

**Pradeep Basnet and Shankar Prasad Shrestha**  
Tribhuvan University Central Department of Physics Kritipur Campus,  
Kritipur Nepal

**Abstract:**

Transparent conducting thin films of zinc oxides and aluminum doped zinc oxide (AZO) were prepared by the spray pyrolysis technique using an aqueous solution of dehydrate zinc acetate ( $\text{CH}_3\text{COOH} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , pure- Merck A. R. grade) and hex hydrate aluminum chloride ( $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) on the micro glass slides. The prepared thin films are found to be highly adherent to the substrate and possess uniform conduction. The optical and electrical properties of the film were investigated in terms of different Al concentration in the starting solution and different substrate temperature. Four probe method in Van der pauw configuration was used for electrical resistivity measurements. The resistivity of Al doped film is observed to vary with doping concentration. The lowest resistivity is observed in the film doping with 2 at % [Al/Zn]. The Hall coefficient measurements show that both ZnO and AZO show the n-type conduction. The carrier concentration was observed to be highest at 2 at% of Al doping. The optical measurements of all the samples with aluminum concentrations was found to be >85 % showing the film to be highly transparent in nature. With increase in Al concentration, the optical band gap was observed increase from 3.27 eV to 3.41 eV.

**Keywords:** Transparent conducting oxide, ZnO thin film, spray pyrolysis

International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology.  
Between 16-18 December 2007. Pattaya, Thailand

ICPN-0024

**Steady State Numerical Model of A Q-switched Double-Clad  
Fiber Laser**

Seyed Ali Sedighzyabari  
Islamic Azad University of Iran, Roudbar Branch, Iran  
E-mail: alisedighzyabari@yahoo.com

**Abstract:**

The power density characteristics of a Q-switched neodymium doped double-clad fiber laser are presented. a steady state numerical model is developed to simulate this fiber laser. First, the mathematical model governing the dynamic behavior of the fiber laser is developed and then the equations are solved by the finite difference method. The results of the numerical simulation are used to determine the characteristics of the device such as the power density in cavity and out put power per input pump power.

**Keywords:** fiber laser, Q-switched, numerical model, finite difference

International Workshop and Conference on Photonics and Nanotechnology  
Between 16-18 December 2007  
Pattaya, Thailand

**Advanced Research Center for Photonics (ARCP)**

31 October 2007

Dear Author,

Thank you for your submission through the ICPN-2007 Conference. We have received the referees' decisions, which we found that it is **accepted to present in the ICPN-2007** as an oral presentation.

**Title: The Effect of Nanotechnology on Education**

**Author: Chantana Viriyavejakul : ( kmchanta@kmitl.ac.th)**

**Manuscript Number: ICPN-045**

All accepted papers will be published in **SPIE Proceeding Volume 6793, ISBN: 9780819469588**, where there are some of them will be selected and extended to publish in **Journal of Nonlinear Optical Physics and Materials (JNOPM, ISI Journals)**, Vol. 17(1-2), (2006 Impact Factor:0.496). The Proceeding and Journal formats, copy right transfer form, paper template and poster format are posted on conference website. Please make your registration in advance on the conference website. Please also make your reservation for your accommodation at (A-One Hotel) with conference rate. The presentation time is 20 minutes.

Sincerely,

**Preecha Yupapin**

(Professor Preecha Yupapin)

**ICPN-Chair**

**Editor, SPIE Proceeding, JNOPM**

ARCP, Department of Applied Physics, Faculty of Science

King mongkut's Institute of Technology Ladkrabang(KMITL)

Tel: +662-3264348, Fax: +662-3264354

Email: kypreech@kmitl.ac.th/isoqt@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# The Effect of Nanotechnology on Education

Chantana Viriyavejakul  
 Department of Industrial Education,  
 King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,  
 Bangkok, Thailand, kmchanta@kmitl.ac.th

## ABSTRACT

The research objective was to study 1) the situation and readiness of the Thai education for the integration of nanotechnology and 2) to propose the plans, the strategies and guidelines for educational reform to adapt nanotechnology to the system. The data collection was done by 4 methods: 1) documentary study, 2) observation, 3) informal interviews, and 4) group discussion. The findings revealed that:

1. William Wresch's Theory (1997) was used in this research to study of the situation and readiness of the Thai education for the integration of nanotechnology.

- 1) Getting connected to nanotechnology by search engine websites, libraries, magazines, books, and discussions with experts.
- 2) Curriculum integration: nanotechnology should be integrated in many branches of engineering, such as industrial, computer, civil, chemical, electrical, mechanical, etc.
- 3) Resources for educators: nanotechnology knowledge should be spread in academic circles by publications and the Internet websites.
- 4) Training and professional resources for teachers: Teachers should be trained by experts in nanotechnology and researchers from the National Nanotechnology Center. This will help trainees get correct knowledge, comprehension, and awareness in order to apply to their professions and businesses in the future.

2. As for the plans, the strategies, and guidelines for educational reform to adapt nanotechnology to the present system, I analyzed the world nanotechnology situation that might have an effect on Thai society. The study is based on the National Plan to Develop Nanotechnology. The goal of this plan is to develop nanotechnology to be the national strategy within 10 years (2004-2013) and have it integrated into the Thai system. There are 4 parts in this plan: 1) nanomaterials, 2) nanoelectronics, 3) nanobiotechnology, and 4) human resources development. Data for human resource development should be worked with the present technology and use the country's resources to produce many products of nanotechnology, such as 1) handicrafts, decorations, and gifts, 2) agricultural products and food, 3) beverages, such as alcoholic and non- alcoholic drinks, and 5) textiles.

**Keywords:** Effect, Nanotechnology, Education

## 1. INTRODUCTION

The world economy and society develop fast. It is necessary to adapt ourselves to this movement, especially in technological development. We must increase our competitiveness, including getting well prepared for the changes arising from the modern technology called "nanotechnology." It has been developed widely in the leading industrial countries and become the interest of science and technological circles in Thailand. The research and study about nanotechnology have been

supported so that our country can make the appropriate use of nanotechnology and get ready to improve using this technology. Therefore, the government agreed that nanotechnology is one of the major 4 kinds of technology to make Thailand competitive in the world.

Nanotechnology is the science capable of equipping materials, tools, biological structure, and electronics equipment with new properties which are different from their natural properties. This adds value to the industry. In addition, nanotechnology can be used to create unlimited value commercially for industries, such as textiles, automobiles, cosmetics, healthcare, food and drugs, household equipment, computers, etc.

Realizing the importance of nanotechnology, Thailand established the National Nanotechnology Center on August 13, 2003, under the supervision of the National Science and Technology Development Office, the Ministry of Science, Technology, and the Environment. It is composed of many units involving in developing nanotechnology, such as the National Metal Material Technology Center, the National Electronics and Computer Technology Center, the National Engineering Genetics and Biotechnology Center, etc. Moreover, there are many organizations involved with industry and technology, such as the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University; Nanoscience and Nanotechnology Research Center, the Faculty of Science, Mahidol University; Science and Technology Research and Development Institute; Ceramics Technology Research Center; Glass Research Center, Chiang Mai University; Electronics Research Center, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang; etc.

Although the nanotechnology development in Thailand is in its initial period and will not have a wide effect in the very near future, the result of technological development will bring about the progress to the overall society obviously in not long the future. Consequently, it is important to pay attention to nanotechnology development. This is because it will have an effect on the direction of technological development in Thailand in the next generation. Thus, it is necessary to study the effect of nanotechnology on the education. It needs immediate attention so that all parties involved in education can get well prepared for the effect of nanotechnology on their studies, teaching, and daily life.

## 2. OBJECTIVES OF THE RESEARCH

- (1) To study the situations and readiness to adapt Thai education to nanotechnology.
- (2) To propose the plans, the strategies and guidelines for educational reform to face the changes arising from nanotechnology.

## 3. CONCEPTUAL FRAMEWORK

3.1 In this research, I applied the concept of William Wresch (1997) to study the situations and readiness to adapt Thai education to nanotechnology, as follows:

- 1) Searching for or getting connected to nanotechnology information
- 2) Curriculum integration: Nanotechnology
- 3) Resources for Educators
- 4) Nanotechnology training and professional resources for teachers

### 3.2 Methods

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

As for the strategies and guidelines of educational reform to get ready for the changes arising from nanotechnology, I will analyze the overall picture of nanotechnology situation affecting the education in many countries, which might affect Thai society, too. I also studied the National Plan to Develop Nanotechnology which aims to get Thailand to develop nanotechnology within 10 years (2004-2013). It is divided into 4 parts: 1) nanomaterials, 2) nanoelectronics, 3) nanobiotechnology, and 4) human resources development. The focus of this research is on the last part: the human resources development.

#### 4. THE SCOPE OF STUDY

This research is based on the academic documents, research reports, articles, and documents of the public sector both in Thailand and from other countries. This is to understand the situation of nanotechnology affecting the education and its effects on the educational reform. The information from the above mentioned sources is then analyzed and synthesized through interdisciplinary to acquire the plans, strategies, and guidelines of educational reform which is suitable for the Thai society.

#### 5. DATA ANALYSIS

The data analysis in this research can be divided into 5 major steps:

1. Use conceptual theory and framework for analysis
2. Check information
3. Make notes and indexes of the information
4. Make temporary conclusion and eliminate information
5. Make conclusions and prove them

#### 6. THE STUDY RESULTS

##### 1. The situations and readiness to adapt Thai education to nanotechnology.

To study the situations and readiness to adapt Thai education to nanotechnology in the following aspects:

##### 1.1 Searching for or getting connected to nanotechnology information

The information about nanotechnology can be searched for or connected to from the search engines in the websites or in the university libraries. In some libraries, there are columns in books and we can search for the information right there by using search engines, which is the tool used to find information stored in the computer network with a lot of information. This tool helps us to search for the information we want conveniently and fast. By only entering the keywords to the search engine, we can search for the large amount of information on the Internet network within a few minutes.

##### 1.2 Curriculum integration: Nanotechnology

It needs many fields of engineering to support the curriculum integration of nanotechnology, such as industrial, computer, civil, chemical, electrical, mechanical, etc. In addition, the ideas of the students are also necessary to Curriculum integration. The teachers may ask the students directly what

style of teaching and studying they want. That is to say, let the students decide what they want to study by themselves. Another good way is to introduce the idea of the thinkers, researchers, inventors, problem solvers, or those involved in the curriculum to integrate the contents about nanotechnology into the existing curriculum.

### **1.3 Resources for Educators**

The government should support the availability of nanotechnology resources for educators. Based on my evaluation of the survey about nanotechnology knowledge, I found out that the high schools, universities, and organizations have not provided knowledge and understanding about nanotechnology in earnestly. They have not explained why our country should give special importance to knowledge about nanotechnology. Furthermore, there are very few sources of information involving nanotechnology. For example, there is no serial column about nanotechnology in newspapers. Even though magazines about science mention nanotechnology widely, only a few people read or follow it up. As for books on nanotechnology, there are only a few. Sometimes, we need to order them first. I searched for a book in the Internet, but when I went to the book store, it was not available. I had to wait for weeks after I ordered it. Only a few books on nanotechnology are available. Certainly, the last source of nanotechnology I would like to recommend is the computer. Compared to other contents, there are still a few websites about nanotechnology. I would like those involved, especially educational institutes, to create web sites to disseminate academic knowledge about nanotechnology. It should provide information on the research about nanotechnology which has already been conducted and that which is now being conducted so that we can further the development of our country.

### **1.4 Nanotechnology training and professional resources for teachers**

Training on nanotechnology should be organized and experts in nanotechnology and the researchers from the National Nanotechnology should be invited to provide knowledge on nanotechnology so that the trainees can realize and understand nanotechnology correctly, as well as apply it to their lives and businesses in the future.

## **2. The strategies and guideline of educational reform to get ready for the changes arising from nanotechnology**

Analyzing the National Plan to Develop Nanotechnology, consisting of 4 parts: 1) nanomaterials, 2) nanoelectronics, 3) nanobiotechnology, and 4) human resources development, I focused on the last part: the human resources development. Human resources should keep their knowledge and ability in pace with the technology. The local resources should be applied to the creation of nanotechnology work, especially to OTOP products. Thailand is unique for its wide biological variety. We have food, drinks, herbs, and spa products, as well as other local products. We can brand our products according to their local names. These OTOP products are of good enough quality to be exported. Thai people should not imported technology to produce OTOP products because it will increase the production cost. Most OTOP products is of semi-family industry based on local intellectual and appropriate technology with low cost. The quality control of nanotechnology, together with the quality improvement based on the research of Thai scientists, may benefits many industries, such as handicrafts, gifts, agricultural products, food, drinks, liquor, wine, tea, coffee, healthcare, textiles, etc.

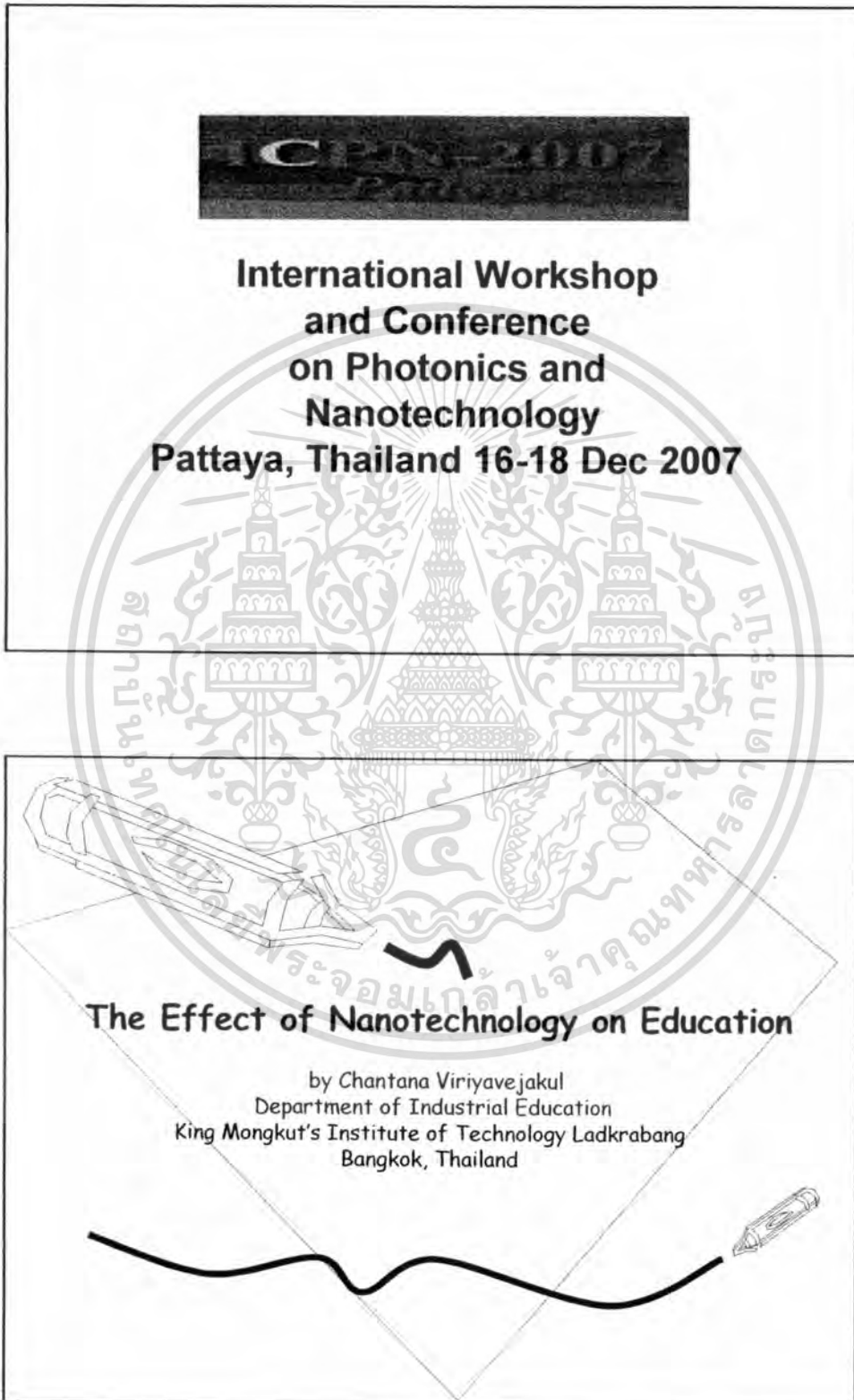
เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7. RECOMMENDATIONS

1. There should be the study and analysis of the factors contributing to and impeding the development of our country by using nanotechnology.
2. There should be the production of media to disseminate knowledge about nanotechnology so that the students can realized the importance of nanotechnology on the development of our country.

## REFERENCES

1. Mark Ratner and Daniel Ratner. 2003. *Nanotechnology : A Gentle Introduction to the Next Big Idea*. New Jersey : Pearson Education Inc.
2. Supang Jantawanich. 2004. *Data Analysis in Qualitative Research*. Bangkok: Chulalongkorn University Printer.
3. Supang Jantawanich. 2005. *Qualitative Research*. Bangkok: Chulalongkorn University Printer.
4. The National Nanotechnology Center. 2005. *Nanotechnology: the new wave of the 21<sup>st</sup> century*. Bangkok. Thanmedia Network.
5. William Wresch. 1997. *A Teacher's guide to the Information Highway*. New Jersey : Prentice- Hall Inc.
6. Yodhatha Tehptharanon and Pramual Tangboriboon. 2004. *Nanotechnology...super small technology*. Pathumthani: Science and Technology Development Office.
7. <http://www.nanotech-now.com>
8. <http://www.nanotech.or.th>
9. <http://www.nanotech.sc.mahidol.ac.th>
10. <http://www.technologymedia.com/article/detail.asp?arid=1164&pid=120>  
*"Nanotechnology Plan: the challenge of Thailand"* by Wallapa.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Outline

1. Introduction
2. Objectives of the research
3. Conceptual framework
4. The scope of study
5. Data analysis
6. The study results
7. Recommendations
8. References

## 1. Introduction

### 1.1 Nanotechnology

### 1.2 National Nanotechnology Plan

## 1.1 Nanotechnology

A basic definition is: **engineering of functional systems at the molecular scale.** This covers current work and concepts that are more advanced. In its original sense, 'nanotechnology' refers to the projected ability to construct items *from the bottom up*, using techniques and tools being developed today to make complete, high performance products.

*"The principles of physics, as far as I can see, do not speak against the possibility of maneuvering things atom by atom. It is not an attempt to violate any laws; it is something, in principle, that can be done; but in practice, it has not been done because we are too big".*

*Richard Feynman, Nobel Prize winner in physics*



## 1.2 National Plan

**National Plan to Develop Nanotechnology which aims to get Thailand to develop nanotechnology within 10 years (2004-2013). It is divided into 4 parts:**

- 1) nanomaterials
- 2) nanoelectronics
- 3) nanobiotechnology
- 4) human resources development

## 2. Objectives of the research

1. To study the situations and readiness to adapt Thai education to nanotechnology.
2. To propose the plans, the strategies and guidelines for educational reform to face the changes arising from nanotechnology.

## 3. Conceptual framework

A Teacher's Guide to the Information Highway  
(William Wresch, 1997)

1. Searching for or getting connected to nanotechnology information
2. Curriculum integration: Nanotechnology
3. Resources for Educators
4. Nanotechnology training and professional resources for teachers

## 4. The scope of study

This research is based on the academic documents, research reports, articles, and documents of the public sector both in Thailand and from other countries. This is to understand the situation of nanotechnology affecting the education and its effects on the educational reform. The information from the above mentioned sources is then analyzed and synthesized through interdisciplinary to acquire the plans, strategies, and guidelines of educational reform which is suitable for the Thai society.

## 5. Data analysis

The data analysis in this research can be divided into 5 major steps:

1. Use conceptual theory and framework for analysis
2. Check information
3. Make notes and indexes of the information
4. Make temporary conclusion and eliminate information
5. Make conclusions and prove them

## 6. The study results

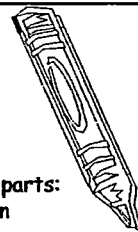
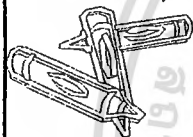
1. The situations and readiness to adapt Thai education to nanotechnology
2. The strategies and guideline of educational reform to get ready for the changes arising from nanotechnology

### The situations and readiness to adapt Thai education to nanotechnology

1. Searching for or getting connected to nanotechnology information
2. Curriculum integration: Nanotechnology
3. Resources for Educators
4. Nanotechnology training and professional resources for teachers

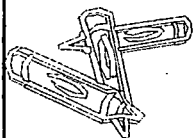
## The strategies and guideline of educational reform to get ready for the changes arising from nanotechnology

Analyzing the National Plan to Develop Nanotechnology, consisting of 4 parts: 1) nanomaterials, 2) nanoelectronics, 3) nanobiotechnology, and 4) human resources development, I focused on the last part: the human resources development. Human resources should keep their knowledge and ability in pace with the technology. The local resources should be applied to the creation of nanotechnology work, especially to OTOP products. Thailand is unique for its wide biological variety. We have food, drinks, herbs, and spa products, as well as other local products. We can brand our products according to their local names. These OTOP products are of good enough quality to be exported. Thai people should not imported technology to produce OTOP products because it will increase the production cost. Most OTOP products is of semi-family industry based on local intellectual and appropriate technology with low cost. The quality control of nanotechnology, together with the quality improvement based on the research of Thai scientists, may benefits many industries, such as handicrafts, gifts, agricultural products, food, drinks, liquor, wine, tea, coffee, healthcare, textiles, etc.



## 7. Recommendations

1. There should be the study and analysis of the factors contributing to and impeding the development of our country by using nanotechnology.
2. There should be the production of media to disseminate knowledge about nanotechnology so that the students can realized the importance of nanotechnology on the development of our country.



# 8. References

1. Mark Ratner and Daniel Ratner. 2003. *Nanotechnology : A Gentle Introduction to the Next Big Idea*. New Jersey : Pearson Education Inc.
2. Supang Jantawanich. 2004. *Data Analysis in Qualitative Research*. Bangkok: Chulalongkorn University Printer.
3. Supang Jantawanich. 2005. *Qualitative Research*. Bangkok: Chulalongkorn University Printer.
4. The National Nanotechnology Center. 2005. *Nanotechnology: the new wave of the 21st century*. Bangkok. Thanmedia Network.
5. William Wresch. 1997. *A Teacher's guide to the Information Highway*. New Jersey : Prentice- Hall Inc.
6. Yodhatha Tehphtharanon and Pramual Tangboriboon. 2004. *Nanotechnology...super small technology*. Pathumthani: Science and Technology Development Office.
7. <http://www.nanotech-now.com>
8. <http://www.nanotech.or.th>
9. <http://www.nanotech.sc.mahidol.ac.th>
10. <http://www.technologymedia.com/article/detail.asp?arid=1164&pid=120> "Nanotechnology Plan: the challenge of Thailand" by Wallapa.



## Websites

Address: <http://nanotech.sc.mahidol.ac.th/course/>



Nanotechnology Course

About Prentice: Taken from Scientific American (left), www.nlm.org (middle) and NASA (right)

สำหรับผู้ที่สนใจ Nanotechnology Course ที่โรงเรียนแห่งแรกเข้เรียนได้ศึกษาที่วิชา Connected Topic in Applied Physics "Nanotechnology" ที่มหาวิทยาลัยมหิดล และวิชา Nanotechnology ที่ภาควิชาเคมีสโตนีย์

### ● เกี่ยวกับวิชา

วิชา Nanotechnology เป็น Course ที่ผสมผสานวิชาเคมีและ การปฏิบัติการศึกษา ที่เน้นด้วย วิทยานิพนธ์แบบต่างๆ เป็น Hands-On Course ที่เน้นการปฏิบัติและโครงการงานที่ไม่เน้น Text Books แต่เน้น Journal Papers

พินิจ โสภณ K412 และ Mahidol Science Center มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตสโตนีย์ นครปฐม โทร 034-251100

### ● เกี่ยวกับผู้สอน

พินิจ โสภณ (Pinich Sornphong) คณบดี วิชาเคมี K412 ภาควิชาเคมีสโตนีย์ มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตสโตนีย์ โทร 034-251100 Office Hours: Wednesday 10:00 - 12:00, 15:00 - 20:00

### นาโนเทคโนโลยี

นาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ศึกษาและประยุกต์ใช้กับสสารในระดับขนาดที่เล็กกว่า 100 นาโนเมตร หรือเล็กกว่าความยาวของคลื่นแสงที่มองเห็นได้ ซึ่งรวมถึงสาขาวิชาต่างๆ เช่น วิทยาศาสตร์ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ วิศวกรรมศาสตร์ และวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์

### นาโนเทคโนโลยี กับชีวิตประจำวัน

วิทยาศาสตร์นาโนเทคโนโลยีเป็นสาขาวิชาที่ศึกษาและประยุกต์ใช้กับสสารในระดับขนาดที่เล็กกว่า 100 นาโนเมตร หรือเล็กกว่าความยาวของคลื่นแสงที่มองเห็นได้ ซึ่งรวมถึงสาขาวิชาต่างๆ เช่น วิทยาศาสตร์ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ วิศวกรรมศาสตร์ และวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Websites**

Address: <http://www.nni.gov/>

Home Site Map Search Contact

# NATIONAL NANOTECHNOLOGY INITIATIVE

The National Nanotechnology Initiative (NNI) provides a multi-agency framework to ensure U.S. leadership in nanotechnology that will be essential to improve human health, environmental well-being and national security. The NNI oversees interagency research to further understand the nature of nanoscale phenomena and facilitates technology transfer.

Leading to a Revolution in Technology and Industry

**Proposals Sought for Center for Environmental Implications of Nanotechnology**

The National Science Foundation and the Environmental Protection Agency have issued a joint solicitation for proposals to create a national Center for Environmental Implications of Nanotechnology. This Center will conduct fundamental research and education on the implications of nanotechnology for the environment and living systems at all scales.

About the NNI  
 Nanotech Facts  
 Research  
 Society & Safety  
 Funding Opportunities  
 Nanotechnology Centers  
 Newsroom

**Websites**

<http://www.nano.cnmhpc.ac.th/>

## Center of Nanoscience and Nanotechnology

Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok 10400


"Doing Small Science for Big Impact"

Check the current Thailand NNI web page to know current status of Nanotech in Thailand

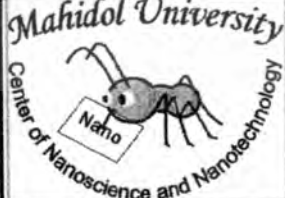
=== Welcome to Thailand's First Nanotechnology Center ===

Our center is a trans-disciplinary research unit started in 1995 with objectives to conduct research in nanoscale science and technology. At the time we established our group, the only "hard science" of Thai Nanotechnology was the study of nanoscale phenomena in the laboratory. Accordingly, we have been recognized among Thai research community as "Nano One" (as can be seen from the right-hand picture of a milestone indicating in Thai letters "หนึ่ง")

In January 2002, "Nano One" was established by Mahidol University to be Center of Nanoscience and Nanotechnology. Since July 2005, this center has signed a 5-year contract with the National Nanotechnology Center, to collaborate closely in the field of nanotechnology research.


 CNM-HPDE to see our location in Bangkok and nearby accommodations (hotels and apartments)

- Nano-Devices Lab (Dr. Terakorn Chaitrakul - Director)
- Nano-Polymer Technology Lab (Dr. Teerachai Sittirak)
- Nanosensor & Ambient Intelligence Lab (Dr. Terakorn Chaitrakul)


 Mahidol University  
 Center of Nanoscience and Nanotechnology

"Nano One" Weather

Direct Joint Institute of Faculty of Science, Mahidol University, Pathum Thani & Prusa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Websites**

Address: <http://www.crnano.org/whatis.html>

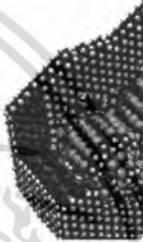
**CRN Center for Responsible Nanotechnology**

- Our Ideas
- C-R-News
- About CRN
- New!** Nano-Bio Conference Presentations
- Get Involved
- Donate to CRN

**What is Nanotechnology?**

A basic definition: **Nanotechnology is the engineering of functional systems at the molecular scale. This covers both current work and concepts that are more advanced.**

In its original sense, 'nanotechnology' refers to the projected ability to construct items *from the bottom up*, using techniques and tools being developed today to make complete,



**Websites**

<http://www.nano.ut.ac.th>

**Centre of Excellence in Nanotechnology**

Home | People | Research | Activities | Facilities | Collaboration | About | Contact

**News!**

**Welcome to Centre of Excellence in Nanotechnology!**

Our research research encompasses working on "break-down nanotechnology". The underlying concept in this laboratory is to make use of the primitive and spherical methods to fabricate microscopic materials and functional device components. These materials include self-assembled functional materials and devices such as molecular objects as templates for fabricating novel materials and applications in specific devices. We have demonstrated fabrication of gold nanowires by using these templates. We also carry out activities in developing an ongoing student training and research to contribute to the building up of human resources in nanotechnology.

**July 5, 2007**  
National Presentation to Center of Excellence for NANOTECH - National

**AIT** ANA'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY

**NANOTEC**


Since 2004



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Websites

Address: <http://pubs.acs.org/cen/nanotechnology/79427942nanotechnology.html>



**Nanotechnology**  
Chemical & Engineering News

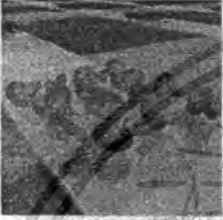
World Nano-Economic Congress  
September 8-10, 2003 Washington, DC

Home | ACS Job Bank | Search C&EN Online | Contact Us

C&EN Back Issa

This page last revised May 12, 2003

### Nanotechnology: Special Report



**Monolayer of [2]catenanes sandwiched between two crossed electrodes serves as a solid-state molecular switching device.**  
Image courtesy of Anthony R. Pease, UCLA

Is nanotechnology the impetus for the next Industrial Revolution? Will it change human life in ways never thought possible? In this C&EN Special Report, C&EN Senior Correspondent Ron Dagnan examines the hype and hope surrounding nanotechnology. He also explores nanoelectronics, specifically four different approaches for using molecules or other nanostructures to perform computations. Associate Editor Mich Jacoby looks at the instrumentation used in studies of nanotechnology, focusing on scanning probe microscopes and related tools that have energized research developments. The relatively new instruments are user-friendly, provide an enormous amount of information on the structure of matter at the nanometer scale, and can be used to image and manipulate atoms and molecules in ways few could have imagined 20 years ago. Houston Bureau Head Ann M. Thayer describes a new generation of start-up firms developing nanotechnology, largely in the area of nano materials. Although these new companies have limited production capabilities and sales, markets for their products are anticipated to grow as the new materials find application in polymer composites, electronics, coatings, catalysis, and even in cosmetics, drug discovery, diagnostics, and health care. Government planners, meanwhile, see nanotechnology as one of three

**C&EN Nanotechnology**

- ▶ Nanoelectronics
- ▶ Nanotechnology: The N Thing
- ▶ NASA Goes Nano
- ▶ NanoSpace 2000: Mind Worlds
- ▶ NanoScience Scale Up Germany
- ▶ Nanotech Business Talk
- ▶ Nanocomposite Extruder
- ▶ More...

**Nanotechnology Sites**

- ▶ National Nanotechnology (NNI)
- ▶ Nanotechnology Now
- ▶ NASA

## Websites

Address: [http://www.sciencedaily.com/news/matter\\_energy/nanotechnology/](http://www.sciencedaily.com/news/matter_energy/nanotechnology/)



**ScienceDaily**

Your source for the latest research news

The Partnership for a Drug-Free America

Latest News
Browse Topics
Encyclopedia
Health Center
Videos
Science Books
Careers

Health & Medicine
Mind & Brain
Plants & Animals
Space & Time
Earth & Climate
Life & Energy
Computers & Math
Fossils & Ruins

Show menu | ScienceDaily home page      RSS feeds | Free newsletter      Print this page | Email to friend | Bookmark

### Matter & Energy: Nanotechnology News

Get our RSS newsfeed for Nanotechnology News

**Latest News**

**Health & Medicine**

**Mind & Brain**

**Plants & Animals**

**Earth & Climate**

**Space & Time**

**Matter & Energy**

- Chemistry
- Biochemistry
- Chemistry
- Inorganic Chemistry
- Organic Chemistry
- Thermodynamics

**Electricity**

**From the news wires ...**

- Nanotubes seen inside living animals (Sep. 24)
- Purdue receives \$100 million nanotechnology grant (Sep. 24)
- Nanomaterial may aid orthopedic implants (Sep. 10)
- Enzyme filmed attacking viral DNA (Sep. 16)
- New nanoparticle assembly method created (Sep. 12)

**Science news stories ...**

**Nanowire Generates Power By Harvesting Energy From The Environment** (September 20, 2003) - [42](#)  
The use of carbon nanotubes and nanoscale devices opens the way toward the nanoscale, and even nanoscale, there is a growing need for suitable power sources. Because even the tiniest battery is too big to ... [Full story](#)

**Doping Technique Brings Nanomechanical Devices Into The Semiconductor World** (September 20, 2003) - [128](#)  
With the help of a device capable of depositing metals atom at a time onto the material used in computer chips, engineers have

**Search**

Find

Job title

Keywords

Location

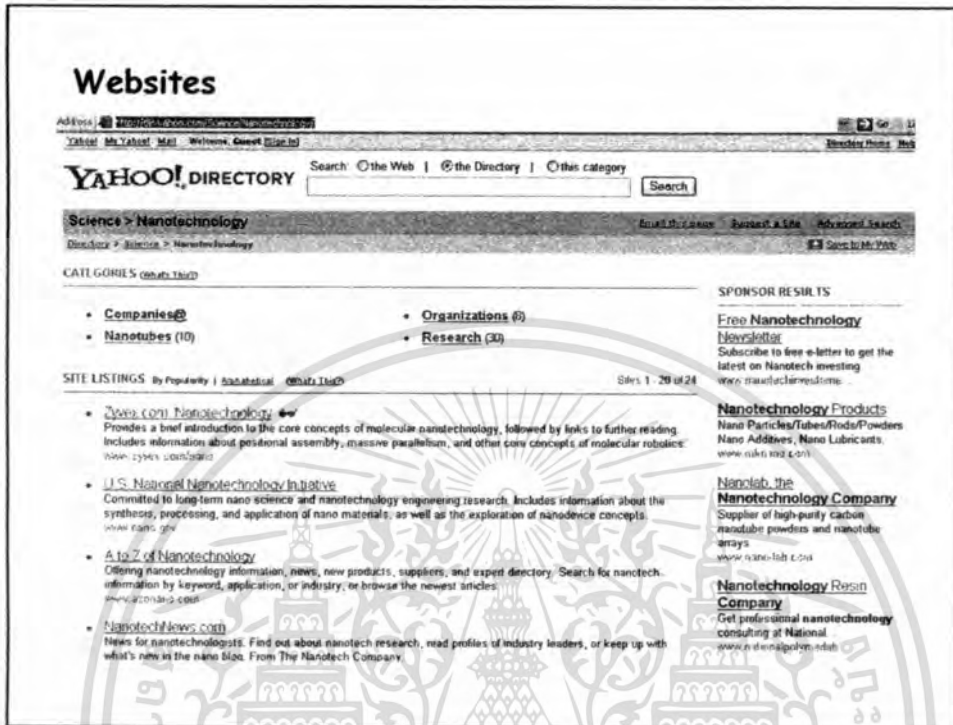
City, State

Job category

Select a

Search

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้