

การปฏิวัติอุตสาหกรรมสู่เทคโนโลยี

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุธีระ ระเบียบ

ความเจริญก้าวหน้าของสังคมมนุษย์ปัจจุบันมีผลมาจากการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เกิดจากแรงบันดาลใจของมนุษย์เพื่อความอยู่รอดและก้าวไปสู่สิ่งที่ดีกว่าในชีวิต นับตั้งแต่ปลายยุคน้ำแข็งของทวีปยุโรปเมื่อประมาณ 20,000 ปีมาแล้ว มนุษย์ยังเป็นชนเผ่าเร่ร่อนจากตอนเหนือของทวีปที่หนาวเย็นมาสู่ดินแดนอบอุ่นทางตอนใต้ อาศัยเครื่องมือแบบง่าย ๆ สำหรับการล่าสัตว์เพื่อประทังชีวิตก่อนเข้าสู่ยุคหิน (Stone Age) หรือประมาณ 20,000-10,000 ปี มนุษย์พยายามปรับตัวให้กลมกลืนกับธรรมชาติเพื่อดำรงไว้ซึ่งเผ่าพันธุ์ โดยเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมการดำเนินชีวิตให้ดีขึ้น ยุติการเร่ร่อนอพยพตามฤดูกาลที่ถูกเรียกว่าเป็น Normadic-tribes เริ่มจัดตั้งชุมชนเป็นหลักแหล่งผลิตอาหารขึ้นเอง ใช้พลังงานจากธรรมชาติและสัตว์เลี้ยง นักประวัติศาสตร์เรียกการเปลี่ยนแปลงวิธีการผลิตขั้นพื้นฐานของ

มนุษย์นี้ว่า ยุคการปฏิวัติเกษตรกรรม (Agrarian Revolution Era)

ยุคการปฏิวัติอุตสาหกรรม (Industrial Revolution Era) เริ่มต้นในช่วงปลายศตวรรษที่ 17 และตอนต้นศตวรรษที่ 18 สู่สมัยแห่งวงล้อรถเทียมม้า และกังหันไอน้ำ พลังงานที่ได้จากเครื่องจักรกล ไฟฟ้า ทำให้มนุษย์เปลี่ยนแปลงวิถีการดำเนินชีวิตเป็นลักษณะสังคมเมืองแบบ อุตสาหกรรม ก่อให้เกิดการพัฒนาเทคโนโลยีในระบบโรงงานหรือเรียกว่ายุคแห่งเครื่องจักรกล คำว่า Manu มาจากรากศัพท์ภาษาละติน หมายถึง “มือ” (Hand) เมื่อผสมกับคำว่า facere หมายถึง “ทำ” (Make) แล้วมีความหมายรวมกันว่า “ทำด้วยมือ” จากความหมายตามคำจำกัดความในพจนานุกรม คำว่า “การผลิต” หรือ Manufacturing หมายถึง “การทำของโดยใช้แรงงานทางกายภาพ (Physical) หรือเครื่องจักร (Machine) ในลักษณะที่เป็นจำนวนมาก” เป็นสิ่งบ่งชี้แนวโน้มการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีโดยเครื่องจักรเข้ามามีบทบาทมากขึ้น

มีการศึกษาเทคนิค รูปแบบและวิธีการผลิตให้มีลักษณะที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจ การนำหลักคณิตศาสตร์และสถิติมาใช้ แก้ไขปัญหาในการผลิต เช่น การวิจัยดำเนินงาน (Operation Research) การสร้างแบบจำลอง (Simulation) ทฤษฎีเชิงซ้อน (Simplex Method Theory) ทฤษฎีการตัดสินใจ (Decision Theory) มีนักคิดที่สำคัญเกิดขึ้นมากมาย เช่น Adam Smith, Frederick W. Taylor, Elton Mayo เป็นต้น และมีความพยายามปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการผลิต การลดต้นทุนการผลิต การผลิตสินค้าที่เน้น คุณภาพ คำว่า การผลิตขนาดใหญ่ (Large Scale) มีความหมายสอดคล้องกับคำว่า การผลิตจำนวนมาก (Mass Production) ควบคู่ไปกับแนวคิดทางด้านการตลาดเกี่ยวกับการผลิตสินค้ามุ่งเน้นการตอบสนองความพึงพอใจให้กับลูกค้าจำนวนมาก (Mass Customization)

Alvin Toffler นักเขียนและนักวิจารณ์สังคมที่มีชื่อเสียงชาวอเมริกัน ได้สร้างผลงานเป็นที่รู้จักกันดีเมื่อประมาณ 10 ปีเศษที่ผ่านมา คือหนังสือชื่อว่า “Third Wave” และ “Future Shock” บรรยายถึงคลื่นลูกที่สามที่น่าอารยธรรมสมัยใหม่มาสู่สังคมมนุษย์ โดยกล่าวว่า คลื่นลูกที่หนึ่งเป็นสังคมยุคเกษตรกรรม คลื่นลูกที่สองเป็นสังคมยุคอุตสาหกรรม และคลื่นลูกที่สามเป็นสังคมยุคเทคโนโลยี ขณะนี้สังคมมนุษย์กำลังอยู่ในช่วงเริ่มต้นของคลื่นลูกที่สาม การพัฒนาความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีของมนุษย์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว แม้ว่าจะผ่านคลื่นลูกที่สองมาเมื่อประมาณไม่เกิน 200 ปี ก็ตาม ขณะที่คลื่นลูกที่หนึ่งและสองใช้เวลานานหลายพันปี ภายในระยะเวลาไม่นานที่ผ่านมานี้เราได้เห็นความก้าวหน้าที่น่าอัศจรรย์

ใหญ่ที่สุดในประวัติศาสตร์หลายประการ เช่น อินเทอร์เน็ต (Internet) การถอดรหัสพันธุกรรมมนุษย์ การโคลนนิ่ง (Cloning) เทคโนโลยี “Grid Computing” เป็นความสามารถในการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลจำนวนมาก การเพาะตัวอ่อนของมนุษย์ในงานแก้วแทนหลอดทดลอง เทคโนโลยีการคัดเลือกพันธุ์มนุษย์ เทคโนโลยีทางการแพทย์ วิศวกรรม การสื่อสาร การเกษตร เช่น การตรวจวินิจฉัยโรคโดยอาศัยชิป (Chip) ที่ฝังอยู่ในยีนส์ของมนุษย์ การพัฒนาเทคโนโลยีดังกล่าวก่อให้เกิดผลกระทบต่อสังคมมนุษย์ยิ่งกว่าในอดีตที่ผ่านมา

คำว่าเทคโนโลยีกับวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งคู่กันมาโดยตลอด วิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ในธรรมชาติและกฎเกณฑ์ของธรรมชาติ เมื่อมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติแล้วก็สามารถนำเอาความรู้นั้นมาใช้ประโยชน์ ทำให้มีการประดิษฐ์สร้างสรรค์สิ่งต่างๆ สนองตอบความต้องการของมนุษย์ที่เรียกว่าเทคโนโลยี เมื่อกล่าวถึงเทคโนโลยีแล้วก็จะมีความหมายรวมไปถึงวิทยาศาสตร์ด้วย วิทยาศาสตร์เมื่อมีความก้าวหน้าเพียงใดก็สามารถผลักดันเทคโนโลยีให้มีความก้าวหน้ามากขึ้นเช่นกัน ความเจริญก้าวหน้าของยุคสารสนเทศในช่วงปลายศตวรรษที่ 20 ทำให้เกิดการระเบิดของความรู้ครั้งยิ่งใหญ่ที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านเทคโนโลยี ซึ่งมีผลกระทบต่อสังคมและมาตรฐานการดำรงชีวิตของมนุษย์ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า ขณะที่เราเคลื่อนเข้าสู่ยุคศตวรรษที่ 21 การปฏิวัติอุตสาหกรรมจึงเป็นแนวทางไปสู่การปฏิวัติด้านเทคโนโลยี (The Industrial Revolution has given way to the Technology Revolution)

ความหมาย

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 ให้คำนิยามคำว่า เทคโนโลยี หมายถึง วิทยาการที่เกี่ยวกับศิลปะในการนำเอาวิทยาศาสตร์ประยุกต์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางปฏิบัติและอุตสาหกรรม

พจนานุกรม Webster ปีพ.ศ. 2537 ให้คำนิยามคำว่า เทคโนโลยี หมายถึง การนำวิทยาศาสตร์ประยุกต์มาใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางด้านการค้าและอุตสาหกรรม หรือองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ประยุกต์ที่ได้ถูกคิดค้นและพัฒนาให้เกิดความเจริญก้าวหน้าทางอารยธรรม ด้านศิลปะทักษะความชำนาญตลอดจนการจำแนกและรวบรวมวัสดุต่าง ๆ

นอกจากนั้น ยังมีการให้คำนิยามคำว่า เทคโนโลยี หมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างที่เกี่ยวกับการผลิต การสร้าง การใช้สิ่งของ กระบวนการ อุปกรณ์ที่ไม่ได้มีในธรรมชาติ หรือความรู้ทั้งมวลที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ กระบวนการ เครื่องมือ วิธีการ ระบบในการสร้างหรือก่อให้เกิดสินค้าและบริการ กล่าวโดยสรุป เทคโนโลยี หมายถึง การนำวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติและสร้างความเจริญก้าวหน้าของสังคมมนุษย์ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการแพทย์ วิศวกรรม อุตสาหกรรม สถาปัตยกรรม พาณิชยกรรม การสื่อสาร การขนส่งและโทรคมนาคม และอื่น ๆ

วิวัฒนาการของการปฏิวัติเทคโนโลยีเริ่มจากยุคหิน (Stone Age) สู่ยุคสัมฤทธิ์ (Bronze Age) ยุคเหล็ก (Iron Age) ยุคไอน้ำ (Steam Age) ยุคไฟฟ้า (Electricity Age) ยุคนิวเคลียร์ (Nuclear Age) ยุคอวกาศ (Space Age) ยุคสาร

สนเทศ (Information Age) และยุคไบโอเทคโนโลยี (Biotechnology)

การจำแนกเทคโนโลยี

การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีมีการจำแนกออกเป็นหลายลักษณะ ดังนี้

New Technology หมายถึง การคิดค้นหรือพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นใช้ประโยชน์ในการผลิตสินค้าหรือบริการ อาจไม่ใช่เทคโนโลยีที่สร้างขึ้นใหม่ในโลก เพียงแต่ถูกนำมาใช้เป็นสิ่งใหม่ในสถานที่ปฏิบัติงาน เทคโนโลยีดังกล่าวจะมีการพัฒนามาเป็นระยะเวลานานหรือมีผู้อื่นใช้อยู่ก่อนแล้วก็ได้ การจำแนกเป็นเทคโนโลยีใหม่ก็ต่อเมื่อได้มีการนำมาใช้เป็นครั้งแรกในสถานการณ์ขณะนั้น เช่น มีการนำเอาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการออกแบบและกระบวนการผลิตมาใช้ในการผลิตของโรงงานหรือการนำซอฟต์แวร์ประยุกต์ใช้ในงานทางด้านบัญชีแทนรูปแบบเดิม

Emerging Technology หมายถึง การคิดค้นเทคโนโลยีขึ้นใหม่แต่ยังไม่ถึงขั้นออกใช้ในเชิงพาณิชย์โดยสมบูรณ์ หากแต่เป็นที่คาดว่าจะสามารถนำมาใช้ในระยะเวลา 5 ปีข้างหน้าหรือ กว่านั้น เนื่องจากมีข้อจำกัดบางประการในปัจจุบัน เช่น เทคโนโลยี Genetic Engineering, Nanotechnology, Super Conductivity และ Internet เทคโนโลยีประเภทนี้จะก่อให้เกิดอุตสาหกรรมรูปแบบใหม่และทำให้อุตสาหกรรมเดิมล้าสมัย (Obsolete) โดยจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงครั้งสำคัญในวงการต่างๆ อย่างกว้างขวาง

High Technology หรือเทคโนโลยีระดับสูง หมายถึง เทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้ให้เกิด

ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมทั่วไป มีลักษณะเฉพาะ การพัฒนาเทคโนโลยีจะเป็นไปอย่างรวดเร็วและเป็นรูปแบบของนวัตกรรมทางเทคโนโลยีที่สมบูรณ์ ต้องอาศัยการวิจัยและพัฒนาโดยใช้งบประมาณสูง หน่วยงานที่นำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้ก็ต่อเมื่อเทคโนโลยีนั้นมีความเหมาะสมและมีบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถรองรับ นอกจากนี้ อาจมีการแบ่งระดับเป็น Super-high Technology

Low Technology หรือเทคโนโลยีระดับล่าง หมายถึง เทคโนโลยีพื้นฐานที่สังคมใช้กันมากที่สุด เป็นเทคโนโลยีที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ มีรูปแบบการทำงานง่ายๆ ไม่ซับซ้อน ส่วนใหญ่เป็นการทำงานด้วยมือหรือกึ่งฝีมือ (Semi Automative) มีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีเร็วกว่าอุตสาหกรรมประเภทอื่น ใช้งบประมาณด้านการวิจัยน้อย เป็นเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการผลิตสินค้าให้มีรูปแบบตามความพอใจของลูกค้า เช่น อาหาร ที่อยู่อาศัย เครื่องนุ่งห่ม และอุตสาหกรรมด้านการบริการ

Medium Technology หรือเทคโนโลยีระดับกลาง หมายถึง เทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอยู่ระหว่าง High และ Low Technology สามารถปรับปรุงและพัฒนาได้โดยการถ่ายทอดเทคโนโลยี (Technology Transfer) เช่น อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับ Consumer Products และ Automative Industry

Appropriate Technology หมายถึง เทคโนโลยีที่นำมาประยุกต์ใช้กับทรัพยากรขององค์การให้เกิดประโยชน์สูงสุดอาจจำแนกเป็นระดับล่าง กลาง และสูง เป็นรูปแบบการประยุกต์ใช้เทคโนโลยี

ที่แก้ปัญหาอันเกิดจากการนำเอาเทคโนโลยีระดับสูงมาใช้ก็คือ ขาดโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นหรือมีแรงงานฝีมือมารองรับ มักเกิดกับประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งต้องการถ่ายทอดเทคโนโลยีจากประเทศพัฒนาแล้ว โดยเฉพาะเทคโนโลยีที่ใช้เพื่อให้กระบวนการผลิตสินค้ามีประสิทธิภาพดีขึ้น

Soft Technology หมายถึง เทคโนโลยีที่มุ่งเน้นให้เกิดคุณประโยชน์ต่อโลกมนุษย์โดยไม่ทำลายสภาพแวดล้อม เช่น การใช้ทรัพยากรที่ทดแทนใหม่หรือใช้วัสดุที่หมุนเวียนได้ ไม่ก่อให้เกิดความรู้สึกแปลกแยกในจิตใจของมนุษย์ แตกต่างจากเทคโนโลยีเครื่องจักรกล และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการผลิตสินค้าระดับชุมชนหรือท้องถิ่น หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า Sensible Technology

Tactic Technology หมายถึง เทคโนโลยีที่ยังขาดความสมบูรณ์ในด้านรูปแบบที่จะนำเสนอให้กับประชาชนกลุ่มใหญ่ การใช้เทคโนโลยีขึ้นอยู่กับประสบการณ์และองค์ประกอบภายใน นักพัฒนาเทคโนโลยีเป็นผู้รู้คำตอบของคำถามว่า ทำไม แต่ยังไม่ถึงขั้นการอธิบายว่าเทคโนโลยีทำงานอย่างไร เทคโนโลยีดังกล่าวจะถูกถ่ายทอดผ่านทางทำสัญญาเพื่อให้มีการนำเสนอหรือสังเกต ระหว่างผู้ใช้ (Sources) และผู้ถ่ายทอดหลัก (Host)

Codified Technology หมายถึง เทคโนโลยีที่ถูกนำมาถ่ายทอดเพื่อใช้ประโยชน์ให้กับผู้ใช้โดยทราบว่าเป็นเทคโนโลยีดังกล่าวทำงานได้อย่างไร หากแต่ไม่จำเป็นต้องเสนอให้ทราบว่าทำไมการถ่ายทอดเทคโนโลยีกระทำได้ง่ายแต่อาจใช้ระยะเวลาอันเนื่องมาจากกระทำให้อยู่ในรูปแบบฟอร์มสัญลักษณ์หรือรหัส (Codified Form)

การจัดการเทคโนโลยี (Management of Technology) เป็นรูปแบบการผสมผสานระหว่างความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ กับ การจัดการความรู้และประยุกต์ใช้ความรู้ดังกล่าวในเชิงปฏิบัติ มีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อสร้างความมั่นคงให้กับสังคมในด้านต่าง ๆ ยกระดับมาตรฐานความเป็นอยู่และคุณภาพชีวิตที่ดี หรือกล่าวอีกนัยหนึ่ง การจัดการเทคโนโลยีเป็นกิจกรรมที่ครอบคลุมการจัดระบบ สร้าง ค้นหา และการสำรวจเพื่อนำเทคโนโลยีมาใช้ให้เกิดประโยชน์ตอบสนองความต้องการของลูกค้ายทั้งภาครัฐและเอกชน การวิจัย การประดิษฐ์คิดค้น และการพัฒนา

นวัตกรรม (Innovation) หมายถึง การนำสิ่งประดิษฐ์คิดค้นทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ในเชิงพาณิชย์ รวมทั้งการออกแบบ วิจัยและการฝึกอบรม การเปลี่ยนแปลงสินค้าจากเดิมไม่ว่าสินค้านั้นใหม่หรือเก่าจะเข้ามาแทนที่สินค้าเดิมหรือไม่ก็ตาม ถือว่ามีกระบวนการนวัตกรรมทาง

ด้านผลิตภัณฑ์ (Product Innovation) เช่น เครื่องพจนานุกรมอิเล็กทรอนิกส์แบบพกพาที่ใช้แปลภาษา (Talking Dictionary) น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วช่วยลดปัญหามลภาวะด้านสิ่งแวดล้อม ถ้ากรรมวิธีการผลิตแบบใหม่ถูกนำมาใช้ในการผลิตสินค้าที่เคยผลิตอยู่เดิมหรือมีการปรับปรุงและพัฒนาโดยนำอุปกรณ์ใหม่มาใช้ในกระบวนการผลิตหรือเปลี่ยนแปลงขั้นตอนการปฏิบัติงานใหม่ จะเรียกว่าเป็นนวัตกรรมทางด้านกระบวนการผลิต (Process Innovation) เช่น การนำหุ่นยนต์พ่นสีมาใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์ การใช้โปรแกรมออกแบบทางอุตสาหกรรมที่เรียกว่า CAD/CAM นวัตกรรมทั้งสองด้านดังกล่าวเมื่อรวมกันแล้วถือว่าเป็นนวัตกรรมทางเทคโนโลยี (Technological Innovation) ดังนั้นคำว่า นวัตกรรมจึงเป็นความหมายที่ครอบคลุมกิจกรรม 3 ขั้นตอน ได้แก่ การประดิษฐ์คิดค้น การนำไปใช้เชิงพาณิชย์ และการเลียนแบบ

การปฏิวัติเทคโนโลยีการผลิต (Evolution of Production Technology)

นับถึงปี ค.ศ. 1880	- ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นไปอย่างช้า ๆ - สังคมเกษตรกรรม - การปฏิวัติอุตสาหกรรม	
ปี ค.ศ. 1880	- การบริหารงานแบบวิทยาศาสตร์ - การศึกษาเวลา - การแบ่งงานกันทำ	- มาตรฐานการทำงาน - การผลิตจำนวนมาก - สภาพแรงงาน
ปี ค.ศ. 1900	- แนวความคิดเกี่ยวกับองค์การ - การศึกษาความเคลื่อนไหว - การทำงานในลักษณะชิ้นงาน	
ปี ค.ศ. 1920	- การควบคุมการผลิต - ทฤษฎีแถวคอย - แรงจูงใจในรูปค่าจ้าง	- ตัวแบบสินค้าคงคลัง - การวางแผนการจัดการ - การควบคุมคุณภาพทางสถิติ
ปี ค.ศ. 1940	- การออกแบบเครื่องมืออุปกรณ์ - การประหยัดขนาด - ทฤษฎีสินค้าคงคลัง	- ผลิตภาพ - การควบคุมการไหลของวัสดุ - การวางแผนผังโรงงาน
ปี ค.ศ. 1950	- คอมพิวเตอร์ - ค่าความเชื่อมั่น - การวิจัยดำเนินงาน	- การวิเคราะห์ทางสถิติ - เทคนิคเครือข่าย
ปี ค.ศ. 1960	- ระบบอัตโนมัติ - การออกแบบระบบ - การประมวลผลทางไกล - ระบบทางวิศวกรรม	- ระบบสารสนเทศ - ทฤษฎีการตัดสินใจ - สถานการณ์จำลอง
ปี ค.ศ. 1970	- ทฤษฎีควบคุม - การออกแบบระบบรวม - Cybernetics - เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล	- ระบบการผลิตขนาดใหญ่ - ระบบสังคม - ทฤษฎีพฤติกรรม - ทฤษฎีบุคลิกภาพ
ปี ค.ศ. 1980	- การปฏิวัติทางเทคโนโลยี	- การจัดการเทคโนโลยี

การประดิษฐ์ (Invention) หมายถึง การสร้างเทคโนโลยีใหม่ขึ้นมา ซึ่งเทคโนโลยีในที่นี้หมายถึง เครื่องมือ เทคนิค กระบวนการผลิต หรือผลิตภัณฑ์ เพื่อที่จะทำให้ขีดความสามารถเพิ่มขึ้น การประดิษฐ์ทุกประเภทมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีการนำไปใช้ และกระบวนการที่ทำให้สิ่งประดิษฐ์สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติคือนวัตกรรม การประดิษฐ์ดังกล่าวอาจจำแนกเป็นการประดิษฐ์โดยอัตโนมัติ (Autonomous Invention) คือ ไม่มุ่งหวังผลในเชิงพาณิชย์ และการประดิษฐ์จากการชักนำ (Induced Invention) คือ มุ่งหวังผลในเชิงพาณิชย์

การปฏิวัติอุตสาหกรรมสู่นาโนเทคโนโลยี

นวัตกรรมทางเทคโนโลยีที่สำคัญและมีบทบาทต่อวงการต่างๆ อย่างกว้างขวางในปัจจุบันคือ นาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology)

คำว่า นาโน หรือ Nano มาจากรากศัพท์ภาษากรีกแปลว่า คนแคระ สำหรับในภาษาอังกฤษใช้เป็นคำที่เติมหน้าศัพท์อื่น (Prefix) มีความหมายว่า มีขนาดเล็กเท่ากับ 10 กำลังลบ 9 (10^{-9}) หรือกล่าวโดยสรุปก็คือ นาโน เป็นหน่วยวัดปริมาณ ขนาด หรือความยาวตามมาตราเมตริก ซึ่ง 1 นาโนเมตร (nm) มีขนาดเท่ากับ 1 ในพันล้าน ซึ่งเล็กกว่าขนาดของเส้นผมมนุษย์ถึงห้าหมื่นเท่า (เส้นผมของมนุษย์มีขนาด 10 ไมโครเมตร หรือประมาณ 10,000 นาโนเมตร) หากเปรียบเทียบกับอะตอมของธาตุไฮโดรเจนก็จะเท่ากับ .04 นาโนเมตร หรือโปรตีนที่มีขนาดประมาณ 1 ถึง 20 นาโนเมตร

Merriam-Webster's Collegiate Dictionary (2530) ให้คำนิยามคำว่า “นาโนเทคโนโลยี” หมายถึง ศิลปะในการเคลื่อนย้ายสสารในระดับอะตอมหรือโมเลกุล เพื่อสร้างสิ่งต่างๆ ที่มีขนาดเล็กมาก

Engines of Creation Glossary ให้คำนิยามคำว่า “นาโนเทคโนโลยี” หมายถึง เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนย้ายอะตอมและโมเลกุลที่เป็นอิสระ (Manipulation of individual atoms and molecules) เพื่อประกอบเข้าเป็นโครงสร้างใหม่ที่มีความซับซ้อนและมีลักษณะเฉพาะ

นอกจากนั้น ยังมีการให้คำนิยามคำว่า นาโนเทคโนโลยี หมายถึง วิทยาการประยุกต์แขนงใหม่ที่ว่าด้วยการศึกษาในระดับโมเลกุลและอะตอมของสิ่งต่างๆ ที่มีขนาด 1 ในพันล้านของ 1 เมตร หรือหมายถึง วิทยาศาสตร์ประยุกต์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่มีขนาดเล็กมาก เช่น อนุภาคของคาร์บอน เซลล์แสงอาทิตย์ กล่าวโดยสรุปคือ การสร้างและใช้ประโยชน์จากอนุภาคของสสาร เครื่องมืออุปกรณ์และระบบ ในอัตราส่วนระดับนาโนเมตรที่มีขนาดเล็กมาก

นาโนเทคโนโลยีระดับโมเลกุล (Molecular Nanotechnology) หมายถึง เทคโนโลยีการผลิตที่เกิดจากการจัดเรียงอนุภาคของอะตอมที่มีขนาดเล็กมากทำให้สามารถควบคุมโครงสร้างของ



John Dalton

สสารได้ จัดอยู่ในประเภท Emerging Technology เป็นคำที่นำเสนอเป็นครั้งแรกโดย Richard Feynman (พ.ศ. 2461-2531) ผู้ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์เมื่อปีพ.ศ. 2502 และได้ตีพิมพ์หนังสือชื่อ “Nanosystem” มีสาระสำคัญเกี่ยวกับความก้าวหน้าของ Molecular Manufacturing Technology โดยได้กล่าวถึงหลักการทางฟิสิกส์ที่ว่า จะมีการพัฒนาไปไกลเกินกว่าที่จะมองเห็น ซึ่งรวมทั้งความเป็นไปได้ในการนำอะตอมมาเรียงเข้าด้วยกันด้วยความแม่นยำเพื่อสร้างสิ่งใหม่



K. Eric Drexler

K. Eric Drexler นักเขียนและนักวิจัยชาวอเมริกัน ได้รับปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขา Molecular Nanotechnology จาก Massachusetts Institute of Technology เป็นผู้ให้ความสนใจใน Emerging Technology ผลงานที่มีชื่อเสียงคือ “Engines of Creation” อธิบายแนวความคิดพื้นฐานเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยีในระดับโมเลกุล

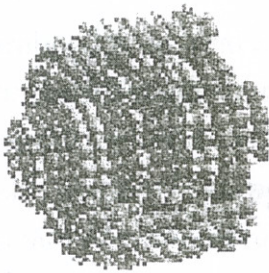
และใช้คำว่า นาโนเทคโนโลยี เพื่ออธิบายแนวความคิดของ Richard P. Feynman



Richard P. Feynman

ความรู้เกี่ยวกับสิ่งที่เล็กที่สุดที่เรียกว่า “อะตอม” ทฤษฎีอะตอมมีจุดเริ่มต้นตั้งแต่ยุคสมัยกรีกโรมัน นักคิดชาวกรีก คือ Leucippus เสนอว่าอะตอมแบ่งแยกไม่ได้ และ Democritus ผู้พัฒนาทฤษฎีนี้และบัญญัติคำว่า อะตอม ขึ้น ได้รับการยอมรับว่าเป็น “บิดาแห่งอะตอม” เขาเชื่อว่าไม่สามารถตัดแบ่งสสารให้เล็กลงได้เรื่อยๆ อย่างไม่มีที่สิ้นสุด โดยสุดท้ายแล้วสสารทุกชนิดจะประกอบขึ้นจากอนุภาคขนาดเล็กที่มองด้วยตาเปล่าไม่เห็นและไม่สามารถแบ่งย่อยลงได้อีกต่อไป อนุภาคดังกล่าวมีหลายชนิด ถ้าเอาอนุภาคต่างชนิดกันมารวมกันในหลายรูปแบบก็จะได้สสารที่แตกต่างกันไปอีกมาก เช่น อะตอมที่มีผิวเรียบ สั่นรวมกันเป็นน้ำ อะตอมที่ขรุขระเกาะกันเป็นของแข็ง และเหนียว เช่น ไม้หรือโลหะ คำว่าอะตอมในภาษากรีกแปลว่าแบ่งแยกไม่ได้ ดังนั้น อนุภาคที่แบ่งแยกอีกไม่ได้นี้จึงถูกเรียกว่า อะตอม (Atoms) หลังจากนั้น

จึงพบว่าโครงสร้างอะตอมประกอบด้วยนิวเคลียส ซึ่งจะประกอบด้วยอนุภาคโปรตรอนและนิวตรอน นิวตรอนเกิดจากการรวมตัวของโปรตรอนและอิเล็กตรอน อะตอมตามธรรมชาติมี 91 ชนิด เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของสรรพสิ่งในโลก เมื่ออะตอมรวมตัวกันจะเป็นโครงสร้างที่มั่นคงที่เรียกว่า โมเลกุล (Molecule)



Atoms

ต่อมาเมื่อปี ค.ศ. 1808 นักเคมีและนักฟิสิกส์ชื่อ John Dalton (1766-1844) เสนอว่า สสารประกอบขึ้นจากอะตอม และมีแรงที่ยึดรั้งกันเป็นสิ่งที่ดึงดูดอะตอมทั้งหลายเข้าไว้ด้วยกัน เช่น โลหะ อาจเกิดจากอะตอมมาเรียงตัวกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสเป็นแผ่นแบบตารางหมากรุก ถ้าแผ่นที่วานั้นับล้านแผ่นมาเรียงทับซ้อนกันอีกก็จะกลายเป็นรูปผลึกที่สามารถมองเห็นได้ผ่านกล้องจุลทรรศน์ ถ้าเอาผลึกนี้นับล้านๆ ผลึกมาต่อกันก็จะกลายเป็นแผ่นหรือแท่งโลหะขึ้นมามีได้นอกจากนั้น เขายังอธิบายถึงการรวมตัวของอะตอมด้วยสัดส่วนที่แน่นอน เช่น น้ำ ประกอบด้วยสัดส่วนคือ ไฮโดรเจน 1 กรัม รวมตัวกับออกซิเจน 8 กรัม สามารถจับมารวมกันได้พอดี

เป็นโมเลกุลของน้ำ แนวความคิดดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้เป็นพื้นฐานทฤษฎีเกี่ยวกับอะตอมหรือโมเลกุล ซึ่งโมเลกุลก็คือ มวลขนาดเล็กที่เกิดขึ้นจากอะตอมหรืออะตอมผสม (Compounded Atoms) นั้นเอง และ Dalton ก็ยังได้ชื่อว่าเป็น “บิดาแห่งอะตอม” อีกด้วย

ปัจจุบันยังไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัวที่ระบุว่าขนาดช่วงความยาว ความหนาเท่าใด จึงจัดเป็นนาโนเทคโนโลยี แต่เป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปว่า สิ่งที่มีขนาดในช่วง 1 นาโนเมตรถึง 100 นาโนเมตร นาโนเทคโนโลยีจะเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อาทิ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา ชีวเคมี เทคโนโลยีชีวภาพ วัสดุศาสตร์ วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมเคมี วิศวกรรมหุ่นยนต์ นวัตกรรมดังกล่าวก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโฉมหน้าใหม่ของโลก ประเทศที่พัฒนาแล้วต่างมุ่งทำการวิจัยและพัฒนานาโนเทคโนโลยีอย่างจริงจัง เช่น ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา ไต้หวัน สำหรับประเทศไทยเริ่มต้นการวิจัยพัฒนาในระดับไมโครเทคโนโลยี (Microtechnology) มาเมื่อประมาณ 30 ปีที่แล้ว

นาโนเทคโนโลยีได้ก่อให้เกิดคุณประโยชน์มหาศาลต่อมวลมนุษยชาติ โดยมีบทบาทเกี่ยวข้องกับวิถีการดำเนินชีวิตและเกิดการประหยัดในทางเศรษฐกิจอย่างมากมาย เช่น การลดปัญหามลภาวะในอากาศและน้ำ การเปลี่ยนแปลงอนุภาคของเสียจากการผลิตให้เป็นของดีและสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ การย่อส่วนเครื่องมืออุปกรณ์ให้มีขนาดเล็กมากและนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ กล่าวโดยสรุป นาโนเทคโนโลยีจะปรับปรุงคุณภาพชีวิตของมนุษย์ให้ดีขึ้น โดยการพัฒนาให้ดีกว่า (Better) เร็วกว่า (Faster) แข็งแรงกว่า (Stronger) เล็กกว่า (Smaller) และถูกกว่า (Cheaper)

ทางด้านไบโอเทคโนโลยี (Biotechnology) การพัฒนานาโนเทคโนโลยีเกี่ยวกับพันธุวิศวกรรม (Genetic Engineering) จะแก้ปัญหาการขาดแคลนอาหารของประชากรโลก เราสามารถเพาะพันธุ์พืชที่เป็นอาหารชนิดใหม่มีลักษณะพิเศษเติบโตได้ในทุกสภาพภูมิอากาศหรือสภาพแวดล้อม เป็นพันธุ์พืชที่แข็งแรงต้านทานศัตรูพืช และกำจัดโรคพืชหรือสร้างปุ๋ยเองได้นอกจากนั้น พันธุวิศวกรรมยังช่วยสร้างแบคทีเรียที่สามารถเปลี่ยนพลังงานจากดวงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงด้วยต้นทุนต่ำ ทำให้บรรเทาปัญหาการขาดแคลนพลังงานเชื้อเพลิงหรืออาหารที่เกรงว่าจะหมดไปจากโลก

ในทางการแพทย์จะมีการตรวจวัดความแตกต่างระหว่างเซลล์สุขภาพดีกับเซลล์ผิดปกติ การถอดรหัสพันธุกรรมอย่างรวดเร็ว ช่วยรักษาโรคที่เกิดจากพันธุกรรมของทารกตั้งแต่อยู่ในครรภ์มารดาและก่อนที่โรคจะเกิด เช่น โรคเบาหวาน มะเร็ง สายตาสั้นหรือโรคหัวใจ โดยการรักษาทางยีน สามารถปรับปรุงพันธุ์ของมนุษย์เพื่อลดหรือทำให้จืดจางหายไป การสร้างธนาคารอวัยวะมนุษย์ รวมทั้งการสร้างอวัยวะเพื่อเชื่อมโยงชีวกลกับระบบประสาทของมนุษย์ในกรณีเกิดอุบัติเหตุต้องสูญเสียอวัยวะ ทำให้มีอวัยวะใหม่ซึ่งอาจจะดีกว่าเดิมหรือแข็งแรงกว่าเดิมหลายเท่า เทคโนโลยีระดับพิโค (pico) ที่มีขนาดเล็กถึงหนึ่งส่วนล้านล้านเมตร มนุษย์สามารถสร้างชีวกลที่จะทำให้เกิดกลไกทางเทคโนโลยีสารสนเทศและเทคโนโลยีชีวภาพลงลึกไปถึงการทำงานระดับอะตอมและดีเอ็นเอ (DNA) ทำให้ต่อสู้กับโรคร้ายต่างๆ ได้ ในที่สุด

อวัยวะและร่างกายทั้งหมดของมนุษย์จะถูกสร้างโดยชีวกลทั้งหมด

เทคโนโลยีหุ่นยนต์ (Robotics Technology) เป็นสาขาที่กำลังมีบทบาทสำคัญในอนาคต เช่นเดียวกับเทคโนโลยี สื่อสาร มนุษย์สามารถสร้างหุ่นยนต์ซูเปอร์จิ๋วที่มีสมองขนาดเล็กและส่งเข้าไปตามส่วนต่างๆ ของร่างกายคนไข้ เพื่อทำลายเซลล์ร้าย เช่น เซลล์มะเร็ง หุ่นยนต์โมเลกุลที่จะช่วยจัดไขมัน อุดตันในเส้นเลือด หรือซ่อมแซมเซลล์ที่บกพร่องเสื่อมสภาพในสาขาเกี่ยวกับธรณีวิทยา การสร้างอุปกรณ์ตรวจจับแผ่นดินไหววัดความเปลี่ยนแปลงในระดับนาโนเมตรที่จะช่วยทำนายการเกิดแผ่นดินไหวได้ล่วงหน้านับเดือน ทางด้านวัสดุศาสตร์ (Materials Science) จะมีการประดิษฐ์วัสดุขึ้นหลากหลายชนิดที่มีความแข็งแรงมากกว่าเหล็กหลายร้อยเท่า นับเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการผลิตอย่างมหาศาล เช่น ทางด้านอากาศยานและการขนส่ง

เทคโนโลยีสารสนเทศ (Information Technology) เป็นความหมายรวมของเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีการสื่อสารโทรคมนาคม วิวัฒนาการด้านนาโนเทคโนโลยีทำให้ไมโครโพรเซสเซอร์มีขนาดเล็กลงเรื่อยๆ และในอีกไม่นาน เทคโนโลยีชิปไมครอน (เล็กกว่าหนึ่งส่วนล้านเมตร) ก็ จะพัฒนาเป็นนาโนเทคโนโลยี (หนึ่งส่วนพันล้านเมตร) ต่อจากนี้ มนุษย์จะมีที่เก็บข้อมูลขนาดล้านตัวอักษรในอุปกรณ์ขนาดเล็กเท่าปลายปากกาเท่านั้น หรือการผลิตวงจรเมนบอร์ดคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กเท่ากับบัตรเครดิตประกอบด้วยไอซีหลายร้อยล้านตัว ทำให้มีขีดความสามารถนับล้านเท่า ผลการเปลี่ยนแปลงจากยุค Microelectronics เป็น Microtechnology ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์เท่าห้องขนาดใหญ่กลายมา

เป็นคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กและมีราคาถูก แต่มีความสามารถเทียบเท่าหรือมากกว่า นาโนเทคโนโลยีจะทำให้คอมพิวเตอร์มีขนาดเล็กจนตาเปล่ามองไม่เห็นและมีโปรเซสเซอร์นับพันล้านตัวบรรจุอยู่ภายใน และคอมพิวเตอร์จะมีวิวัฒนาการเข้าสู่รุ่นที่ 5 (Fifth-generation Computer) เป็นยุคการใช้สมองเทียมที่มีสติปัญญาเฉลียวฉลาดคล้ายกับมนุษย์ เรียกว่าปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) คอมพิวเตอร์จะมีคุณสมบัติพิเศษอีกหลายด้าน เช่น รับรู้กลิ่น อ่านหนังสือ ฟังคำสั่งด้วยภาษามนุษย์ และตัดสินใจปัญหาต่างๆ ได้เอง

นอกจากนั้น สิ่งที่เราคิดว่าไม่มีโอกาสจะเป็นไปได้ เช่น การเดินทางในอวกาศ การสร้างเมืองในอวกาศหรือมหาสมุทร การไขข้อปริศนาเกี่ยวกับโรคภัยไข้เจ็บซึ่งในปัจจุบันยังรักษาไม่ได้ ทฤษฎีการแข่งแซ่่งทำการรักษาเซลล์ได้นาน การ

กระจายระบบการศึกษาอย่างทั่วถึง การเพาะพันธุ์สัตว์ที่สูญพันธุ์ขึ้นใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ตามที่มนุษย์จะจินตนาการ เทคโนโลยีเปลี่ยนโฉมหน้าสังคมจากยุคปฏิวัติอุตสาหกรรมเป็นยุคนาโนเทคโนโลยี หรือการที่โลกกำลังเปลี่ยนแปลงจากช่วง 10 ปีสุดท้ายของยุค Microtechnology ก้าวเข้าสู่ยุค Nanotechnology อีก 15-20 ปีข้างหน้า

ผลกระทบ

วิวัฒนาการความเจริญก้าวหน้าในแต่ละยุคไม่ว่าจะเป็นยุคการปฏิวัติอุตสาหกรรมหรือการปฏิวัติทางด้านเทคโนโลยี นอกจากจะทำให้มนุษย์มีความเป็นอยู่ที่ดีแล้ว ในอีกด้านหนึ่งความเปลี่ยนแปลงดังกล่าวย่อมก่อให้เกิดผลทางลบที่เกิดแก่สังคมมนุษย์ติดตามมาอย่างมากมาย สำหรับผลเสียที่เกิดขึ้นจำแนกเป็นประเด็นสำคัญดังนี้

การปฏิวัติทางอุตสาหกรรม (Industrial Revolution)	การปฏิวัติทางเทคโนโลยี (Technology Revolution)
1. ก่อให้เกิดความแตกต่างในฐานะทางเศรษฐกิจหรือช่องว่างระหว่างประเทศอุตสาหกรรมที่พัฒนาแล้วกับประเทศที่กำลังพัฒนาหรือด้อยพัฒนา	1. ประโยชน์ของเทคโนโลยีมักจะสร้างความไม่เท่าเทียมกัน เทคโนโลยีให้อำนาจแก่ผู้ครอบครองหรือเจ้าของมากกว่าผู้ใช้ ส่งผลให้ประเทศผู้ครอบครองที่ครอบงำหรือเอาเปรียบประเทศที่อ่อนแอกว่า
2. คุณภาพชีวิตของผู้ใช้แรงงานอยู่ในระดับต่ำ ค่าจ้างแรงงานมีราคาถูกโดยเฉพาะอย่างยิ่งในประเทศที่กำลังพัฒนา เนื่องจากต้องการให้มีต้นทุนต่ำที่สุด	2. เทคโนโลยีจึงก่อให้เกิดช่องว่างระหว่างผู้ที่มีกับผู้ที่ไม่มี ทำให้ประเทศกำลังพัฒนาหรือด้อยพัฒนามีฐานะเป็นเพียงผู้บริโภครที่ต้องพึ่งพาประเทศอุตสาหกรรมโดยไม่มีที่สิ้นสุด และมีลักษณะเป็นการผูกขาดทางการค้า

การปฏิวัติทางอุตสาหกรรม (Industrial Revolution)	การปฏิวัติทางเทคโนโลยี (Technology Revolution)
3. การขาดจริยธรรมทางธุรกิจของประเทศอุตสาหกรรม อันเป็นผลมาจากการแสวงหากำไรเกินควรจากการขายสินค้าโดยใช้กลยุทธ์ในรูปแบบต่าง ๆ มากมายที่อาจเป็นการมอมเมาหรือสร้างความหลงผิดให้กับผู้บริโภค	3. ความสำเร็จในการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีส่งผลทำให้ผลผลิตในตลาดโลกมากขึ้น สินค้าเกษตรกรรมของประเทศกำลังพัฒนาทั้งหลายต้องตกต่ำลง ทำให้สูญเสียรายได้หลักเข้าสู่ประเทศ
4. ในประเทศอุตสาหกรรมผู้ใช้แรงงานเปรียบเสมือนเป็นเครื่องจักรเนื่องจากผู้ผลิตมุ่งประสิทธิภาพการผลิตมากกว่าจะคำนึงถึงสภาพทางจิตใจของพนักงาน	4. เทคโนโลยีสมัยใหม่ส่งผลกระทบต่อสิทธิความเป็นส่วนตัวที่จะดำเนินชีวิตอย่างเป็นอิสระปลอดจากการแทรกแซงจากภายนอก
5. สร้างลัทธิเอาอย่างในด้านการบริโภคให้กับประชากรในประเทศกำลังพัฒนา มีการส่งเสริมให้เกิดการบริโภคในลักษณะการโฆษณาชวนเชื่อเพื่อกระตุ้นให้เกิดการบริโภคในสิ่งที่ไม่มีความจำเป็นต่อชีวิต	6. การควบคุมเทคโนโลยีอาจมีความหยาบหลวมทำให้ตกอยู่ในมือของผู้ที่ไม่หวังดีหรือเป็นภัยต่อสังคมมนุษย์ โดยเฉพาะเทคโนโลยีทางการทหารหรือความมั่นคงของประเทศ
6. สร้างปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การก่อให้เกิดขึ้นมลภาวะด้านต่าง ๆ	5. การพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีจะก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้

ผลกระทบของเทคโนโลยี : แนวทางป้องกันแก้ไข

1. เผยแพร่และส่งเสริมด้านการศึกษาให้กับประชาชนในสังคมเพื่อให้มีความรู้ความ

เข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีสมัยใหม่ ตลอดจนการสร้างจิตสำนึกที่ดีเพื่อให้ตระหนักถึงผลกระทบของเทคโนโลยีที่ติดตามมา มิให้ตกอยู่ภายใต้การครอบงำทางเทคโนโลยีจากประเทศผู้ผลิตหรือเจ้าของ

2. สร้างมาตรการทางกฎหมายที่มีประสิทธิภาพเพื่อควบคุมการศึกษาวิจัยการใช้

เทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้นเองและนำเข้าจากต่างประเทศ ยึดหลักการป้องกันไว้ก่อน (Precautionary Principle) ในกรณีที่ยังไม่มีการพิสูจน์ถึงความปลอดภัยของเทคโนโลยีนั้น

3. รัฐควรกำหนดนโยบายที่เหมาะสมด้านทรัพย์สินทางปัญญาเพื่อส่งเสริมเกิดการ

ประดิษฐ์คิดค้นและพัฒนาเทคโนโลยีที่เหมาะสมและเป็นประโยชน์ต่อสังคมและประเทศอย่างแท้จริง รวมทั้งสนับสนุนการอนุรักษ์และศึกษาวิจัยทรัพยากรชีวภาพและภูมิปัญญาท้องถิ่นในด้าน

ต่าง ๆ เพื่อสร้างศักยภาพในด้านการพึ่งพาตนเองทางเทคโนโลยี ให้สอดคล้องกับคำกล่าวที่ว่า การพัฒนาเทคโนโลยีต้องเป็นไปเพื่อตอบสนองการพัฒนาของสังคมและประชาชนมากกว่าเป็นไปเพื่อตอบสนองความต้องการทางด้านธุรกิจการค้า

4. ส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพของคนรุ่นใหม่ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างจริง

จัง เพื่อเตรียมการรองรับความเจริญก้าวหน้า เป็นการฝึกคนให้มีคุณภาพทันกับความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยีที่มีความละเอียดอ่อนและลึกซึ้งยิ่งขึ้น และยึดหลักการพัฒนาคนให้สูงกว่าการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี

เว็บไซต์สำคัญเกี่ยวกับนาโนเทคโนโลยี

<http://www.foresight.org/NanoRev/FIFAQ1.html>

<http://www.forsight.org/conference>.

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

http://www.slcc.edu/schools/hum_sci/physics/whatis/biography/dalton.html

<http://www.foresight.org/FI/Drexler.html>

<http://www.e-drexler.com/>

<http://www.metamodern.com/d/04/00/FeynmanToFunding.pdf>

บรรณานุกรม

- จักรกฤษณ์ ควรพจน์. (2547, มีนาคม-เมษายน). นโยบายที่เหมาะสมด้านเทคโนโลยี. *โลกสีเขียว*, 13, 1, หน้า 56-57.
- ธันท์ เทียนศิริ. (2544, ตุลาคม-ธันวาคม). มนุษย์กับการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี. *เทคโนโลยี (สำนักส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยี)*, 22, 4, หน้า 15-20.
- ธนาคม สุนทรชัยนาคแสง. (2545, กุมภาพันธ์-มีนาคม). การถ่ายโอนเทคโนโลยีในอุตสาหกรรม. *ส่งเสริมเทคโนโลยี*, 28, 161, หน้า 72-75.
- พระธรรมปิฎก (ป.อ.ปยุตฺโต). (2540). *ชีวิตในสังคมเทคโนโลยี*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ : มูลนิธิพุทธธรรม.
- เรตเนอร์, มาร์ก. (2547). *นาโนเทคโนโลยี นวัตกรรมจับปฏิบัติโลก*. แปลจาก Nanotechnology : a gentle introduction to the next big idea โดย รอยิม ปรามาท. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ : มติชน.
- วุฒิพงศ์ พงศ์สุวรรณ. (2547, เมษายน-ธันวาคม). ทฤษฎีอะตอม. *นิวเคลียร์ปริทัศน์*, 16, 3-4, หน้า 29-33 : ภาพประกอบ.
- เสาวนีย์ พิสิฐานุสรณ์. (2545, พฤศจิกายน). อนาคตวิทยา. *ผู้จัดการ*, 20, 230, หน้า 54-57.
- Drexler, K. Eric. (1992). *Nanosystems : molecular machinery, manufacturing, and computation*. New York : Wiley.
- Khalil, Tarek M. (2000). *Management of technology : the key to competitiveness and wealth creation*. Boston : McGraw-Hill.
- Krummenacker, Markus and Lewis, James. (Eds). (1995). *Prospects in nanotechnology : toward molecular manufacturing*. New York : Wiley.
- Lucas, Henry C., Jr. (1997). *Information technology for management*. (6th ed). New York ; Singapore ; McGraw-Hill.
- Wright, Paul Kenneth. (2001). *21 st Century Manufacturing*. Upper Saddle River, NJ. : Prentice-Hall.