

# หัวใจของการเป็นประเทศอุตสาหกรรมใหม่

สุวรรณ ถังมณี<sup>1</sup>

Tangmanee, S. (1996). The Key Principles of Being Newly Industrial Country. *Suranaree J.Sci. Technol* 3: 47-51

ขอแนะนำให้ผู้อ่านพบกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในสหรัฐอเมริกา เมื่อประมาณ 40 ปีมาแล้ว คือในปี ค.ศ. 1955 ซึ่งอย่างน้อยก็ใกล้เคียงกับสถานการณ์ในประเทศไทยขณะนี้ อาจเป็นข้อมูลนำไปเปรียบเทียบการเป็นประเทศอุตสาหกรรมใหม่ หรือนิกส์ (NICS: Newly Industrial Countries)

ในปี ค.ศ. 1955 ฟิลิป โพลแลค (Philip Pollack) ได้เขียนไว้ในหนังสือ "อาชีพและโอกาสของนักฟิสิกส์"<sup>(1)</sup> บทหนึ่งในหนังสือได้กล่าวถึง "การสอนหรืออาชีพในโรงงานอุตสาหกรรม" เขาบรรยายสรุปข้อคิดเห็นไว้ดังนี้

บนทางแยกของถนนสองสายที่แยกโลกของวิชาการ และโลกของห้องปฏิบัติการคือ จุดที่บัณฑิตใหม่ทางฟิสิกส์และบัณฑิตทางคณิตศาสตร์ยืนอยู่ขณะนี้ สายหนึ่งมุ่งไปสู่การเป็นครู-อาจารย์ในวิทยาลัย และศาสตราจารย์ในมหาวิทยาลัย ส่วนอีกสายหนึ่งคือห้องปฏิบัติการในโรงงานอุตสาหกรรม

เขาจะเลือกถนนสายไหน นั่นคือคำถามที่บัณฑิตใหม่รุ่นนั้นทุกคนจะต้องถามตัวเอง

คำตอบของคำถามนี้ มีได้อยู่ที่คุณภาพของตัวเอง ผลการเรียน หรือมีได้อยู่ที่ความนึกคิดอุปนิสัยของตัวเองเองเท่านั้น แต่ขึ้นอยู่กับว่า ถนนสายไหนจะให้คุณค่า หรือสิ่งตอบแทนต่อตัวเองมากที่สุด สิ่งตอบแทนที่ว่าเป็นคือ เงินเดือน ซึ่งเป็นจุดสำคัญในการตัดสินใจของเขา เขาอาจจะไม่ตัดสินใจเลือกอาชีพสอนหนังสือ เพราะว่าได้รับค่าตอบแทนน้อยกว่าค่าตอบแทนในโรงงานอุตสาหกรรมหลายเท่า ในทางกลับกันบางคนต้องการเลือกถนนบนถนนสายแรก เพราะพวกเขามีความสุขกับบรรยากาศของชีวิตที่ไม่ต้องรีบเร่ง และโอกาสที่จะได้ศึกษาค้นคว้าทำงานวิจัยพอ ๆ กับการขอสอนหนังสือ รายได้ถึงแม้จะมีความสำคัญต่อชีวิตของเขา แต่ก็ยังเป็นสิ่งสำคัญอันดับสอง

เมื่อเร็วๆ นี้ "ข้าพเจ้าได้เคยสัมภาษณ์ คนไทยที่จบการศึกษาระดับปริญญาโททางฟิสิกส์และทางวิศวกรรมศาสตร์จากต่างประเทศ หลายคนตอบว่า เรื่องการตัดสินใจเข้าทำงานของเขาไม่ได้ขึ้นอยู่กับเงินเดือนอย่างเดียว แต่ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่เขาสนใจด้วย ถ้างานนั้นพอจะเป็นสิ่งช่วยให้อนาคตของประเทศไทยขึ้นอยู่กับเขาเองตัวเองได้มากขึ้นเขาก็จะพอใจมากขึ้น ข้าพเจ้าคิดว่า นี่คือนิहितหมายที่ดีต่ออนาคตของชาติ"

## อาชีพสอนหนังสือ

อาชีพของนักฟิสิกส์และนักคณิตศาสตร์ในมหาวิทยาลัย หรือสถานศึกษาชั้นสูงมีอยู่สองอย่างคือ งานวิจัยและสอน งานวิจัยส่วนมากเป็นงานวิจัยขั้น

พื้นฐาน (basic research) เป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาความคิด โดยจะไม่เกี่ยวข้องกับการทดลองในห้องปฏิบัติการ เรามีโอกาสที่จะเลือกหัวข้อวิจัยตามใจชอบที่ตนเองถนัด ห้องทดลองเป็นสิ่งสำคัญที่สุด

<sup>1</sup> Ph.D., รองศาสตราจารย์ ดร.สุวรรณ ถังมณี สาขาวิชาคณิตศาสตร์ สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี 30000

ของการวิจัยขั้นพื้นฐานในสหรัฐอเมริกาสมัยนั้น หลายมหาวิทยาลัยมีข้อผูกพันสัญญาในการทำวิจัยประยุกต์ กับองค์กรของรัฐบาล หรือองค์กรของเอกชน การวิจัยจึงเป็นสะพานเชื่อมระหว่างโลกของโรงงานอุตสาหกรรม กับโลกของวิชาการ นักฟิสิกส์และนักคณิตศาสตร์หลายคนได้ทำงานในมหาวิทยาลัยทางด้านวิจัย แทนที่จะเป็นงานด้านการสอน ศาสตราจารย์ทางฟิสิกส์จึงมีชีวิตประจำวันที่ค่อนข้างจะหลายหน้าที่แตกต่างไปจากเมื่อห้าสิบปีก่อน ที่จะต้องมีอาชีพสอนหนังสืออย่างเดียว

ครูฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ส่วนมากเห็นว่าการสอนเป็นสิ่งที่น่าตื่นเต้น และมีกิจกรรมมากมายมีความตื่นเต้นที่สุดในการสอนวิทยาศาสตร์แก่นักเรียนรุ่นหนุ่มสาวที่มีสมองเฉลียวฉลาด มีความสุขในการที่จะได้เฝ้าจับตาดูการพัฒนาความคิดทางวิทยาศาสตร์ของบุคคลรุ่นหนุ่มสาวเหล่านั้น สำหรับผู้ที่เป็นครูจริงๆ นั้น จุดสว่างบนใบหน้าของศิษย์ที่ฉายแสงให้เห็นถึงความเข้าใจอย่างลึกซึ้งของกฎเกณฑ์ ที่ได้สอนไปนั้น เปรียบเสมือนแสงประกายที่เกิดขึ้นจากหลอดสูญญากาศที่เกิดจากการค้นพบใหม่ๆ ของนักฟิสิกส์ที่ทำงานอยู่ในโรงงานอุตสาหกรรม ความพอใจที่เกิดจากการสอนและการวิจัย คือเหตุผลว่าทำไมเขาจึงชอบงานสอนมากกว่าทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม ดร. โพลีคาร์พ กุสช์ (Polycarp Kusch) ผู้ซึ่งได้รางวัลโนเบลทางฟิสิกส์ผู้หนึ่งและสอนอยู่ในมหาวิทยาลัยโคลัมเบีย กล่าวว่า “ข้าพเจ้ามาโคลัมเบียหลังจากเคยทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมมาแล้วเป็นเวลาหลายปี ข้าพเจ้าไม่เคยผ่านประตูมหาวิทยาลัยเข้ามาโดยปราศจากความรู้สึก: มันเป็นความรู้สึกที่มหัศจรรย์ นี่คือ ฉัน”

ในการสอนวิชาฟิสิกส์และคณิตศาสตร์แก่นักเรียนมัธยม ผู้สอนต้องจบปริญญาตรีเป็นอย่างน้อย และต้องมีคุณสมบัติพิเศษ หรือจะต้องมีประกาศนียบัตรเกี่ยวกับการสอน บางแห่งต้องการผู้ที่ผ่านการสอนวิทยาศาสตร์ อันประกอบด้วย จิตวิทยาการสอน

และวิธีการสอน ซึ่งเป็นวิชาสำคัญสำหรับประกาศนียบัตรสอน แต่สำหรับการสอนในมหาวิทยาลัยต้องการประสบการณ์มากไปกว่าปริญญาตรี อย่างน้อยจะต้องได้ปริญญาโททางวิทยาศาสตร์

สิ่งที่ไม่ต้องเป็นห่วงอย่างหนึ่งก็คือ ครูสอนฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ไม่เคยตกงาน ปริมาณความต้องการครูสอนวิชาฟิสิกส์และคณิตศาสตร์มีมากกว่าปริมาณของครูฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ที่ผลิตได้ และช่องว่างระหว่างปริมาณทั้งสองนี้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงสิบปีข้างหน้า โรงเรียนส่วนมากยังขาดครูที่มีความชำนาญ จากการสำรวจในปี ค.ศ. 1957 ของสถาบันฟิสิกส์แห่งสหรัฐอเมริกา พบว่ามีโรงเรียนเพียง 8 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้นที่จะมีครูครบตามความต้องการในปี ค.ศ. 1958

## โรงงานอุตสาหกรรม

เหตุการณ์ในสหรัฐอเมริกาเมื่อสี่สิบปีก่อน กล่าวโดยทั่วไปแล้วจำนวนนักฟิสิกส์ในโรงงานอุตสาหกรรมมีน้อยมาก แต่หลังจากนั้นตัวเลขได้เปลี่ยนแปลงไป จำนวนนักฟิสิกส์ในโรงงานอุตสาหกรรมเริ่มเพิ่มขึ้นตามลำดับ เหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากสาเหตุสำคัญหลายประการและสาเหตุที่สำคัญที่สุดก็คือ ความแตกต่างของเงินเดือนดังที่ได้กล่าวมาแล้ว นักฟิสิกส์ในโรงงานอุตสาหกรรมได้รับเงินเดือนมากกว่าครูสอนฟิสิกส์ แต่มีสาเหตุอื่นให้คิดเช่นเดียวกัน จำนวนเปอร์เซ็นต์ของนักศึกษาที่สนใจเรียนทางวิทยาศาสตร์พื้นฐานมีน้อยกว่าจำนวนเปอร์เซ็นต์ของนักศึกษาที่ต้องการเรียนทางวิทยาศาสตร์ประยุกต์และวิศวกรรม นักฟิสิกส์ที่โรงงานอุตสาหกรรมต้องการ ส่วนมากจะเป็นนักฟิสิกส์ประยุกต์ ที่สามารถทำงานใกล้เคียงกับงานของวิศวกร

ด้วยเหตุผลเช่นไรก็ตาม เป็นที่แน่ชัดว่าในสองสามปีที่ผ่านมา นักฟิสิกส์หันมาสนใจงานในโรงงานอุตสาหกรรมมากกว่างานสอน ซึ่งสามารถมองเห็นได้

ตารางที่ 1 อัตราส่วนการทำงานของนักฟิสิกส์ในปี  
1945-1958

	1954-1955	1957-1958
นักฟิสิกส์ที่ถูกจ้างใหม่		
ในสถาบันศึกษา	40.5	35.1
นักฟิสิกส์ที่ถูกจ้างใหม่		
ในโรงงานอุตสาหกรรม	40.5	47.1
นักฟิสิกส์ที่ถูกจ้างใหม่		
ในส่วนราชการอื่นๆ	15.0	13.3
นักฟิสิกส์ที่ถูกจ้างอื่นๆ	4.0	4.5

จากตัวเลขในตารางที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักฟิสิกส์ตามสถาบันศึกษาได้ลดลง และนักฟิสิกส์ในโรงงานอุตสาหกรรมได้เพิ่มขึ้น

ในขณะนี้ความต้องการนักฟิสิกส์ในโรงงานอุตสาหกรรมเอกชน เป็นนักฟิสิกส์ประยุกต์ นักฟิสิกส์พื้นฐานและนักคณิตศาสตร์ที่ต้องทำงานวิจัยขั้นพื้นฐานก็ยังมีความต้องการอย่างขาดเสียมิได้ ในโรงงานใหญ่ๆ เช่น ห้องทดลองเบลล์ เทลลีโฟน, บริษัทเจเนอรัลอิเล็กทริก, ยูเนียนคาร์ไบด์, เจเนอรัลมอเตอร์, เวสติงเฮ้าส์ไฟฟ้า และบริษัทอื่นๆ ค่าใช้จ่ายรวบยอดสำหรับงานวิจัยขั้นพื้นฐานของโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้ วิ่งขึ้นสูงหลายร้อยล้านดอลลาร์ในแต่ละปี ในห้องทดลองเบลล์ เทลลีโฟน นักวิจัยทางวิทยาศาสตร์ทั้งหลายมีความผูกพันกับการสำรวจค้นหาคำตอบใหม่ๆ ทางวิทยาศาสตร์กายภาพ ค้นหาและปรับปรุงวิธีการที่ดีขึ้น ผลงานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์เหล่านี้ ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ที่มีมาตรฐานสูง เช่น The Physical Review และ Mathematical Review และวารสารชั้นแนวหน้าอื่นๆ ทางฟิสิกส์ทฤษฎีและปฏิบัติการ ซึ่งได้พิสูจน์เกี่ยวกับทฤษฎีที่สำคัญทางฟิสิกส์และคณิตศาสตร์มากมาย

ประธานของห้องทดลอง เบลล์ เทลลีโฟน ดร. เบอร์วิน เจ. เคลลี กล่าวว่า “ข้าพเจ้ามีความเชื่อแน่ว่าวิทยาศาสตร์พื้นฐานสามารถเป็นแรงผลักดันความก้าวหน้าทั้งหลายในโรงงานอุตสาหกรรมเท่ากับมีความมั่งคั่งของมันที่มีต่อสังคม ข้าพเจ้าเชื่อมั่นว่างานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์พื้นฐานจะต้องขยายมากขึ้นในอีกสิบปีข้างหน้า และอุตสาหกรรมทั้งหลายจะต้องสนับสนุนงานวิจัยขั้นพื้นฐานให้เป็นที่ประจักษ์แก่การศึกษาในโลก” ความสำคัญของนักฟิสิกส์ประยุกต์อีกประการหนึ่ง ก็คือเป็นผู้สร้างและเชื่อมโยงระหว่างนักวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์กับนักเทคโนโลยีหรือวิศวกร เราเห็นถึงความสำคัญของนักวิทยาศาสตร์ ผู้ซึ่งถูกฝึกมาสำหรับงานด้านวิศวกรรม มีความสามารถที่เรียกว่า “วิศวกรรมฟิสิกส์” เราอยากเห็นนักฟิสิกส์ทำงานวิจัยทางประยุกต์ร่วมกับวิศวกร อย่างไรก็ตามวิธีการวิจัยและแก้ปัญหาของเขาแตกต่างไปจากวิศวกร เพราะว่ามันขึ้นอยู่กับพื้นฐานความคิดทางฟิสิกส์มากกว่าความคิดในทางด้านวิศวกรรม

การศึกษาด้านติดต่อสื่อสาร ซึ่งเมื่อสี่สิบปีก่อนนั้นคิดว่าเป็นงานของวิศวกรไฟฟ้าและวิศวกรเครื่องกล แต่ในปัจจุบันงานเกี่ยวกับการดัดแปลงปรับปรุงเทคโนโลยี ต้องการนักฟิสิกส์เพิ่มขึ้นอย่างมาก เพราะว่าการฝึกจากสถาบันวิศวกรรมไม่ได้ขึ้นอยู่กับหลักการเหล่านี้: ยกตัวอย่างเช่น การวิวัฒนาการของเมเซอร์ (Maser) ซึ่งเป็นแอมพลิไฟเออร์ชนิดใหม่ที่ใช้ในการสื่อสารนั้น ขึ้นอยู่กับความรู้ทางฟิสิกส์ของแข็ง (Solid-State Physics) และกลศาสตร์ควอนตัม (Quantum mechanics) อุตสาหกรรมการผลิตหลอดไมโครเวฟก็ต้องการนักฟิสิกส์และนักคณิตศาสตร์

ดร. อาร์ เอ็ม ไวท์ จากบริษัทเจเนอรัลอิเล็กทริก ได้กล่าวว่า “มันเป็นไปได้ในวิชาที่เกี่ยวข้องกับหลอดไมโครเวฟ ในการออกแบบของหลอดไฟคู่สิ่งที่สมบูรณ์ ขึ้นอยู่กับวิศวกรที่มีความชำนาญพิเศษ และขึ้นอยู่กับโชคด้วย หลอดอาจจะทำงานได้ แต่ในการเข้าใจปัญหาต่างๆ ของหลอด จะต้องพึงคิดปะ

ขั้นสูงที่จะทำให้กำลังสูงขึ้นและความถี่สูงขึ้น การที่จะคิดแปลง และสร้างปรากฏการณ์ต่างๆ และแก้ไข ซึ่งอาจจะป้องกันการปฏิบัติที่เข้าใจถึงความเหมาะสมของหลอดชนิดใหม่ไม่มีอะไรสำคัญไปกว่าความรู้ ความสามารถ ความเข้าใจ และคิดแปลงประยุกต์ วิชาฟิสิกส์ เคมีและคณิตศาสตร์”

อุตสาหกรรมอีกอย่างหนึ่งที่ใช้ นักฟิสิกส์แทนที่วิศวกร เพื่อผลของประสิทธิภาพและการพัฒนา ก็คือ อุตสาหกรรมยานยนต์ ดร. เจอร์ล รัสตรีเลอร์ นักฟิสิกส์ของ บริษัท เจนเนอรัล มอเตอร์ เล่าให้ฟังว่าเขาเริ่มต้นทำงานในบริษัทนี้ในปี ค.ศ. 1928 บริษัทจ้างนักฟิสิกส์เพียงคนเดียว ในสมัยนั้นงานวิจัยไม่ได้ถือเป็นสิ่งสำคัญของผู้บริหารชั้นนำของบริษัทอุตสาหกรรม “ทำอะไรพวกเขาทั้งหลาย จะสร้างรถยนต์ที่ดีกว่า” นั่นคือคำถามแบบประชิดที่ผู้บริหารต้องการจะถามนักฟิสิกส์ที่ทำงานวิจัย คำถามนี้ไม่ถูกถามอีกต่อไป สำหรับผู้บริหารของบริษัทที่เข้าใจว่าผลของงานวิจัยพื้นฐานจะมีผลเป็นกอบเป็นกำในเวลาที่ยาวนาน ปัจจุบันบริษัท เจนเนอรัล มอเตอร์ จ้างนักฟิสิกส์มากมายและ ดร. รัสตรีเลอร์ ซึ่งต่อมาได้เลื่อนเป็นหัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ กล่าวว่า ในฐานะที่เป็นนักฟิสิกส์ยานยนต์ จะต้องเกี่ยวข้องกับการช่วยแก้ปัญหาต่างๆ ซึ่งต้องการความรู้ทางวิศวกรรม นอกจากนี้ความรู้ทางฟิสิกส์ คำตอบอาจมีความยากง่ายต่างกันที่สามารถจะตอบได้ภายในวันเดียวหรือภายในหนึ่งปี ระหว่างปัญหาต่างๆ ที่ต้องแก้ เช่น ปัญหาเรื่องเสียง การวัดเสียง และแรงกด เครื่องมือต่างๆ การไหลของอากาศ การปรับปรุงเครื่องยนต์ ส่วนประกอบและคุณสมบัติของโลหะ การโค้งงอของโลหะ นอกจากนี้ จะต้องวิจัยเกี่ยวกับการเผาไหม้ของน้ำมัน การจุดระเบิดโลหะเหนียวน้ำมันเหล็กสารกึ่งตัวนำ การสีกร่อน หรือแม้กระทั่งการใช้สารกัมมันตภาพรังสี ซึ่งนับวันยังจะถูกนำไปใช้ประโยชน์ในโรงงานอุตสาหกรรมมากขึ้น ตามลำดับ

ในการตรวจสอบ และทดลอง จะต้องฟังความรู้

และวิธีทางฟิสิกส์และเคมี เช่น ราดิโอกราฟฟี เอ็กซ์เรย์ดิฟเฟรคชัน แมสสเปกโตรสโคปี และอิเล็กตรอนไมโครสโคป เป็นต้น

วิชาฟิสิกส์สาขาหนึ่งที่กำลังเพิ่มความสำคัญต่ออุตสาหกรรมยานยนต์ ก็คือ วิชาฟิสิกส์ของแข็ง (Solid-State Physics) อุตสาหกรรมกำลังใช้วิชาฟิสิกส์ของแข็งมากขึ้นตามลำดับ ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และทรานซิสเตอร์ สำหรับควบคุมยานยนต์และการติดต่อสื่อสาร นักฟิสิกส์ยังเป็นที่ต้องการในการปรับปรุงประสิทธิภาพ หรือกำลังเครื่องยนต์ของโรงงานผลิตเครื่องยนต์

นักฟิสิกส์และวิศวกรมีความรับผิดชอบสำหรับเครื่องยนต์ที่มีกำลังอัดสูง ที่สร้างขึ้นหลังสงครามโลกครั้งที่สอง นักฟิสิกส์ยานยนต์ยังทำงานวิจัยในปฏิกิริยานิวเคลียร์ และในการพัฒนาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ที่ใช้พลังงานความร้อน และเซลล์เชื้อเพลิง ดร. ราสส์วีลเลอร์ ยังกล่าวว่า “โรงงานอุตสาหกรรมรถยนต์ ยังให้ออกาสแก่นักฟิสิกส์อีกมากมาย ส่วนนักฟิสิกส์จะสามารถใช้โอกาสนี้แสดงความสามารถได้มากแค่ไหนนั้นขึ้นอยู่กับความสามารถ ความสนใจ และความสำนึกคิดอย่างอิสระในตัวเขาเอง”

ขอกล่าวถึงอุตสาหกรรมปิโตรเลียม ซึ่งในความคิดของคนทั่วไป หมายถึงงานของนักเคมีและวิศวกร บางทีคนทั่วไปมิได้มองเห็นถึงความสำคัญที่นักฟิสิกส์และคณิตศาสตร์มอบให้กับงานด้านนี้ ถึงแม้ว่านักฟิสิกส์ปิโตรเลียมได้ทำงานวิจัยในสาขาฟิสิกส์ของแข็ง ฟิสิกส์เคมี ฟิสิกส์อุณหภูมิต่ำ และทางแม่เหล็กไฟฟ้า อุตสาหกรรมปิโตรเลียม ยังต้องการนักฟิสิกส์ที่จะช่วยแก้ปัญหาในการตรวจค้นหาแหล่งน้ำ เช่น การเปลี่ยนชั้นของหิน หรือแร่ธาตุใต้ผิวโลกโดยการวัดการแผ่รังสีของสารกัมมันตภาพรังสี ดร. นอย ดี สมิก กล่าวว่า ยังมีโอกาสมาก (ในอุตสาหกรรมน้ำมันปิโตรเลียม) สำหรับผู้ที่มีความชำนาญเฉพาะ แต่ที่ต้องการมากที่สุดคือ ผู้ซึ่งเชี่ยวชาญทางฟิสิกส์เบื้องต้น

อุตสาหกรรมอีกชนิดหนึ่งที่ต้องการนักฟิสิกส์เป็นจำนวนมากพอๆ กับวิศวกรคือ โรงงานอุตสาหกรรมเกี่ยวกับเลนส์ ซึ่งผลิตกล้องส่องทางไกล แว่นขยาย แว่นตา โปลาไรซ์มิเตอร์ โฟโตมิเตอร์ และเครื่องมือที่ต้องใช้เลนส์อื่นๆ อีกมาก เช่นในทางแพทย์ นักฟิสิกส์ทางออปติก จะต้องช่วยในการออกแบบเครื่องมือ และระบบของเลนส์ หรือปริซึมที่เป็นไปตามกฎของออปติก หรืออาจจะใช้หลักการคำนวณที่จำเป็นในการทำกระจกบานใหญ่ สำหรับกล้องดูความหิมา ร่วมมือกับวิศวกรในการปรับปรุงพัฒนาสายอากาศของเครื่องถ่ายภาพที่สามารถถ่ายภาพแบบสเตอริโอสโคปิก และรูปพลาลาโซนิคได้ หรืออาจจะค้นหาวิธีการปรับปรุงเกี่ยวกับเลนส์ หรือชุดของเลนส์สำหรับปัญหาอื่นๆ อาจจะต้องทำงานร่วมกับวิศวกรทางออปติก (ยิ่งเทคโนโลยีขั้นสูงในการส่งยานอวกาศหรือดาวเทียมสื่อสารแล้ว นักคณิตศาสตร์ นักฟิสิกส์ และวิศวกร คือหัวใจของงานนี้)

สมมติว่าท่านเพิ่งจบปริญญาตรีจากวิทยาลัยหรือมหาวิทยาลัย และได้เข้าทำงานใหม่ในตำแหน่งนักฟิสิกส์ในโรงงานอุตสาหกรรม และจะต้องทำงานในบริษัท ยูเนียนคาร์ไบด์ หรือบริษัทไนเครื่อ ซึ่งเป็นบริษัทใหญ่ที่จ้างนักฟิสิกส์นับตั้งแต่ปี ค.ศ. 1939 เป็นต้นมา หนึ่งในสามส่วนของผลผลิตใหม่ๆ และวิธีการใหม่ๆ เกิดจากผลงานวิจัยในห้องทดลองบริษัทนี้จ้างนักวิทยาศาสตร์และช่างเทคนิคมากกว่า 2,000 คน ห้องทดลองที่มีอยู่ทั้งหมด 12 แห่งใหญ่ๆ ผู้ที่ได้เข้าไปทำงานใหม่จะต้องถูกเลือกให้เข้ากลุ่มวิจัยทันที และจะได้รับโครงการวิจัยอยู่ภายใต้คำแนะนำของนักวิทยาศาสตร์ที่อาวุโสกว่า ขณะที่ทำงานจะต้องมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับนักฟิสิกส์คนอื่น ตลอดจนนักเคมีและวิศวกรคนอื่นๆ ด้วยการใกล้ชิดชิ้นส่วนตัวนี้อาจเป็นการทำให้ได้ศึกษาหาความรู้ให้กว้างขวางและเข้าใจปัญหาทางอุตสาหกรรมได้ดียิ่งขึ้น

บางทีอาจได้รับมอบงานวิจัยเกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์ Acoustics Spectroscopy หรือเทอร์โมได-

นามิก ทุกคนอาจจะประหลาดใจ เพราะทางบริษัทจะถือว่าการตรวจสอบพื้นฐานนี้เป็นส่วนสำคัญมาก ทุกคนจะบอกท่านว่างานวิจัยขั้นพื้นฐานจะนำไปสู่การแก้ปัญหาใหญ่ๆ ในทางปฏิบัติ เช่น การกำจัดไฟฟ้าสถิตบนผิวของเส้นใยปลอม ซึ่งจะต้องทำงานวิจัยด้านเคมีฟิสิกส์ โลหะวิทยา หรือไฟฟ้าเคมี บริษัทจะมีเครื่องมือสำหรับวิจัยพร้อมทุกอย่างให้ท่าน ห้องปฏิบัติการใหญ่ๆ ยังมีโรงซ่อมและทำเครื่องมือตามความต้องการของนักวิจัย ท่านจะต้องเข้าฟังปาฐกถาจากนักวิจัยรุ่นอาวุโสและมีความชำนาญในแต่ละเรื่อง และท่านจะต้องให้ความคิด ข้อเสนอแนะ และจะต้องปรึกษาผลงานที่เกิดจากการทดลองของท่านกับศาสตราจารย์ผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งบางทีดูคล้ายกับว่าท่านกลับเข้าไปอยู่ในห้องทดลองของมหาวิทยาลัยอีกครั้งหนึ่ง

ถ้าหากว่าท่านได้ทำงานในบริษัทเจเนเนอรัลอีเล็กทริก ท่านจะต้องเข้าไปร่วมกับรายการอื่นๆ ของฟิสิกส์ และจะได้รับเอกสารงานวิจัยอื่นๆ ที่ดำเนินอยู่ และเกิดขึ้นใหม่ เพื่อให้ท่านได้ทราบถึงงานวิจัยต่างๆ ที่เกิดขึ้นในบริษัท ท่านอาจจะต้องศึกษาไปในตัว เรียนรู้ไปพร้อมๆ กับการทำงาน ทำงานเต็มเวลากับโครงการวิจัย และขอคำแนะนำจากนักวิทยาศาสตร์หรือวิศวกรที่ประสบการณ์มากกว่า ท่านอาจจะพบกลุ่มคนที่สนใจในเรื่องเดียวกับท่าน ซึ่งท่านต้องการจะเข้าร่วมเป็นสมาชิกของกลุ่มด้วย บริษัท เจเนเนอรัลอีเล็กทริก ให้กำลังใจแก่นักฟิสิกส์และนักคณิตศาสตร์ที่จะแสวงหาความรู้ใหม่ๆ ทำงานวิจัยในสิ่งที่ถูกมอบหมายใหม่ๆ และงานชนิดใหม่ๆ เพื่อสร้างประสบการณ์และประโยชน์ของแต่ละบุคคล ห้องทดลองเซเนลทาคี นิวยอร์ค เป็นสถานที่สำคัญและมีชื่อเสียงของโลกในฐานะเป็นแหล่งรวบรวมข้อมูลทางสถิติของงานวิจัยที่ได้รับผลดีทั้งในด้านวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์

บริษัทอุตสาหกรรมใหญ่ๆ หลายบริษัทอนุญาตและส่งเสริมให้นักฟิสิกส์และนักคณิตศาสตร์ที่จบ

เพียงปริญญาตรีที่ต้องการจะเรียนปริญญาโท หรือปริญญาอื่นที่สูงขึ้นในขณะที่ทำงานอยู่ในบริษัทได้ ทั้งนี้จะต้องได้รับอนุมัติแผนการเรียนจากบริษัทก่อน โดยที่เขาจะต้องทำงานให้แก่บริษัทบ้างในวันที่ไม่ได้ไปเรียนในมหาวิทยาลัย ซึ่งโดยมากมหาวิทยาลัยที่ได้รับการพิจารณาให้เข้าศึกษาต่อ ต้องอยู่ใกล้กับสถานที่ทำงาน มีวิธีอื่นๆ อีก เช่นใน 1 ปี อาจจะอนุญาตให้นักฟิสิกส์ทำงานเพียง 10 เดือน และอีก 2 เดือนจะต้องไปเรียนเพิ่มเติมในภาคฤดูร้อน อย่างไรก็ตามค่าเล่าเรียนทั้งหมด ไม่ว่าจะค่าเล่าเรียนเต็มเวลา หรือเฉพาะบางเวลา ทางบริษัทจะจ่ายเพิ่มให้ โดยบวกเข้ากับเงินเดือนประจำ

ที่กล่าวมาทั้งหมดนี้ ทอดเห็นเป็นตัวอย่างได้ว่า ประเทศสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นประเทศอุตสาหกรรมในปัจจุบัน และเคยเป็นนิคมมาเมื่อ 40 ปีก่อน สิ่งที่ขาดเสียมิได้ก็คือ บุคลากรที่มีความสามารถ และโรงงานอุตสาหกรรมที่มีกำลังทุนควบคู่กันไปกับความพร้อมทางการศึกษา ค้นคว้าวิจัย ทั้งในส่วนของโรงงานอุตสาหกรรมเอกชน และมหาวิทยาลัยของรัฐ

### บรรณานุกรม

Pollack, P. (1955.) *Careers and Opportunities in Physics*. First Printed in U.S.A.