0 2577 5100
0 2577 2877
www.nimt.or.th
NIMT2541
pr@nimt.or.th

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
3/4-5 หมู่ 3 ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง
จังหวัดปทุมธานี 12120

SCIENCE &
TECHNOLOGY
BOOK SERIES

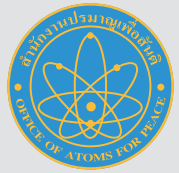
Metrology for Intelligent Innovation

มาตรวิทยา...เพื่อนวัตกรรมอัจฉริยะ

จุดประกายความคิด
วิทย์สร้างชาติ

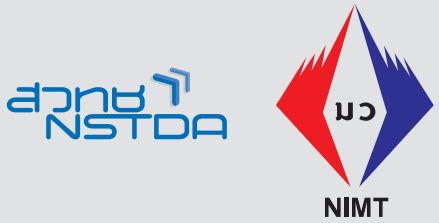
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
MINISTRY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

กรมวิทยาศาสตร์บริการ
DEPARTMENT OF SCIENCE SERVICE


สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
OFFICE OF ATOMS FOR PEACE

วว.TISTR

อพวช.
NSM


มว
NIMT

สวทน
WWW.STI.OR.TH

GISTDA

SYNCHROTRON
THAILAND
CENTRAL LAB

สสนก
HAII

NARIT

NIA
สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ

TCELS

Metrology for Intelligent Innovation

มาตรวิทยา...เพื่อนวัตกรรมอัจฉริยะ

Metrology for Intelligent Innovation

มาตรวิทยา...เพื่อนวัตกรรมอัจฉริยะ

ISBN : 978-616-12-0584-3
พิมพ์ครั้งที่ 1, พ.ศ. 2562
จำนวนพิมพ์ 3,000 เล่ม
สงวนลิขสิทธิ์ ตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ (ฉบับเพิ่มเติม) พ.ศ. 2558
จัดทำโดย สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (มว.)
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ไม่อนุญาตให้ ทำซ้ำ และดัดแปลง ส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือฉบับนี้
นอกจากได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของลิขสิทธิ์เท่านั้น

มาตรวิทยา...เพื่อนวัตกรรมอัจฉริยะ (Metrology for intelligent innovation) - - ปทุมธานี : สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ, 2562
40 หน้า : ภาพประกอบ
ISBN : 978-616-12-0584-3
1. มาตรวิทยา 2. วิทยาศาสตร์แห่งการวัด 3. นวัตกรรมอัจฉริยะ 4. หน่วยเอสไอ

ที่ปรึกษา อัจฉรา เจริญสุข
ดร.สิวินีย์ สวัสดิ์อารี
บรรณาธิการ ประสิทธิ์ บุบผาวรรณา
กองบรรณาธิการ ฐานิยา คัมภิรานนท์, วัชรีพร กลิ่นขจร,
กล่องเพชร จันทรโคตร, ชณิกชา จันทร์ศิริ

คำนิยม

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจ สังคม มาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งประเทศไทยได้ให้ความสำคัญในการวิจัยพัฒนา สร้างความรู้ใหม่ และการนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาเศรษฐกิจ สังคม และคุณภาพชีวิต ขณะที่การเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีเป็นไปอย่างก้าวกระโดดในช่วงสิบปี ที่ผ่านมา การส่งเสริมให้ประชาชนได้รับรู้และทำความเข้าใจกับเรื่องราวใหม่ ๆ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จึงเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้สังคมพร้อมต่อการก้าวไปข้างหน้าอย่างเท่าทันโลก

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งก่อตั้งอย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 24 มีนาคม พ.ศ. 2522 ได้ทำหน้าที่เป็นกลไกในการขับเคลื่อนประเทศผ่านหน่วยงานวิจัยหลากหลายหน่วยงาน โดยมีการปรับเปลี่ยนไปตามสถานการณ์ตลอดช่วงเวลาหลายสิบปีที่ผ่านมา และจะยังคงพัฒนาต่อไปเพื่อเป็นองค์กรหลักในการนำประเทศสู่เศรษฐกิจฐานความรู้ และสังคมนวัตกรรม ในโอกาสครบรอบ 40 ปีของกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในปี พ.ศ. 2562 ท่าน ดร.สุวิทย์ เมษินทรีย์ อดีตรัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีดำริให้กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดทำ **"หนังสือชุดความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี"** เพื่อรวบรวมเรื่องราวด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่น่าสนใจ รวม 19 เรื่องไว้ในชุดหนังสือนี้

การจัดทำหนังสือ**มาตรวิทยา...เพื่อนวัตกรรมอัจฉริยะ**นี้ มุ่งหวังให้เยาวชนคนรุ่นใหม่ได้เข้าถึงองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งยังเป็นโอกาสในการสร้างแรงบันดาลใจกับเยาวชนคนรุ่นใหม่ให้เข้าใจถึงบทบาทและความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ในมิติต่าง ๆ ของการดำรงชีวิต

ผมขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องในการจัดทำหนังสือชุดนี้ทุกท่าน และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้และเล่มอื่นๆ ในชุด จะเป็นแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้และมีส่วนช่วยกระตุ้นให้เยาวชนและประชาชนไทยเกิดความสนใจหาความรู้วิทยาศาสตร์ในด้านอื่น ๆ ต่อไป

รองศาสตราจารย์สรนิต ศิลธรรม
ปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มีนาคม 2562

คำนำ

มาตรวิทยา...เพื่อนวัตกรรมอัจฉริยะ
Metrology for Intelligent Innovation

เรากำลังก้าวเข้าสู่ **"โลกใหม่"** ก้าวสู่ยุคเปลี่ยนผ่านทางด้านอุตสาหกรรมที่ต้องการวิวัฒนาการไปสู่เศรษฐกิจอันมีรากฐานความคิดเชิงนวัตกรรมที่จะช่วยสร้างความก้าวล้ำทางเทคโนโลยีเพื่อตอบโจทย์ในยุคที่โลกเปลี่ยนไป ซึ่งการเปลี่ยนผ่านในครั้งนี้จำเป็นที่จะต้องวางโครงสร้างพื้นฐานด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องให้เป็นรูปธรรม ซึ่งการวางโครงสร้างพื้นฐานที่สมบูรณ์แบบจะเป็นตัวเชื่อมโยงไปสู่การบูรณาการที่ส่งผลต่อความเปลี่ยนแปลงของบริบทโลกไปตลอดกาล ประเทศไทยในฐานะประเทศกำลังพัฒนา ต้องมีการปรับตัวตามกระแสที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาเครื่องมือที่สนับสนุนศักยภาพด้านอุตสาหกรรม เนื่องจากเรายังเป็นฐานการผลิตด้านอุตสาหกรรมที่หลากหลายแห่งหนึ่งของโลก ดังนั้นจึงต้องมีการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานทางคุณภาพให้เป็นรูปธรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่ง **"ระบบมาตรวิทยา"** หรือ **"วิทยาศาสตร์แห่งการวัด"** อันเป็นหัวใจสำคัญที่ก่อให้เกิดคุณภาพ และเป็นเครื่องมือที่ช่วยสร้างศักยภาพ ส่งเสริมขีดความสามารถทางการแข่งขันของอุตสาหกรรม และที่สำคัญช่วยสนับสนุนความคิดสร้างสรรค์และความคิดเชิงนวัตกรรมให้เกิดขึ้นจริง

การจัดทำหนังสือ **มาตรวิทยา...เพื่อนวัตกรรมอัจฉริยะ (Metrology for Intelligent Innovation)** นี้ มว. ไม่ได้เพียงมุ่งหวังที่จะฉายภาพการทำงานของระบบมาตรวิทยาที่มีต่ออุตสาหกรรม เศรษฐกิจและสังคมเท่านั้น แต่เรามุ่งหวังที่จะสร้างแรงบันดาลใจให้แก่คนรุ่นใหม่ เพื่อให้เกิดความสนใจและตระหนักถึงความสำคัญของมาตรวิทยาอันจะเป็นเครื่องมือชิ้นสำคัญที่ช่วยติดปีกให้ความคิดสร้างสรรค์ของพวกเขาโลดแล่นออกมาจากโลกแห่งจินตนาการ ซึ่งการที่เราจะได้ผลลัพธ์ใหม่ๆ จากวิธีคิดแบบเดิมนั้น ย่อมเป็นไปได้ยาก ดังนั้นการที่เราจะนำพาประเทศไทยก้าวข้ามผ่านแนวคิดแบบเดิมได้นั้น เราจำเป็นต้องส่งเสริมความคิดเชิงนวัตกรรมให้คนรุ่นใหม่ ปลูกฝังแนวคิดและสร้างทัศนคติที่ดีในเรื่องของการวัด การใส่ใจคุณภาพ เพราะพวกเขาจะเป็นพลังสำคัญที่จะช่วยขับเคลื่อนนวัตกรรมอัจฉริยะต่อไปในอนาคต

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (มว.)
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สารบัญ

บทนำแห่งนวัตกรรมอัจฉริยะ 6

นวัตกรรมอัจฉริยะสร้างสรรค์อนาคต 7
ขับเคลื่อนประเทศด้วยนวัตกรรม 10

สร้างสรรค์การวัดสู่นวัตกรรมอัจฉริยะ 12

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม "วัดได้ สร้างได้ พัฒนาได้"
Quantum Technology 13
นาฬิกาอะตอมซีเซียม 14
นาโนเทคโนโลยี 16
ก้าวไกลไปกับเทคโนโลยีการวัดแสง 18
การบริหารจัดการพลังงานด้วยเทคโนโลยีการวัด 19
สร้างศักยภาพด้วยการวัด Ultrasound 20
TRM (Thailand Reference Material) 22
Functional Food ทางเลือกใหม่เพื่ออาหารสุขภาพ 23
TRM เพื่อสุขภาพอนามัยที่ดี 24
TRM ยกระดับคุณภาพสิ่งแวดล้อม 25

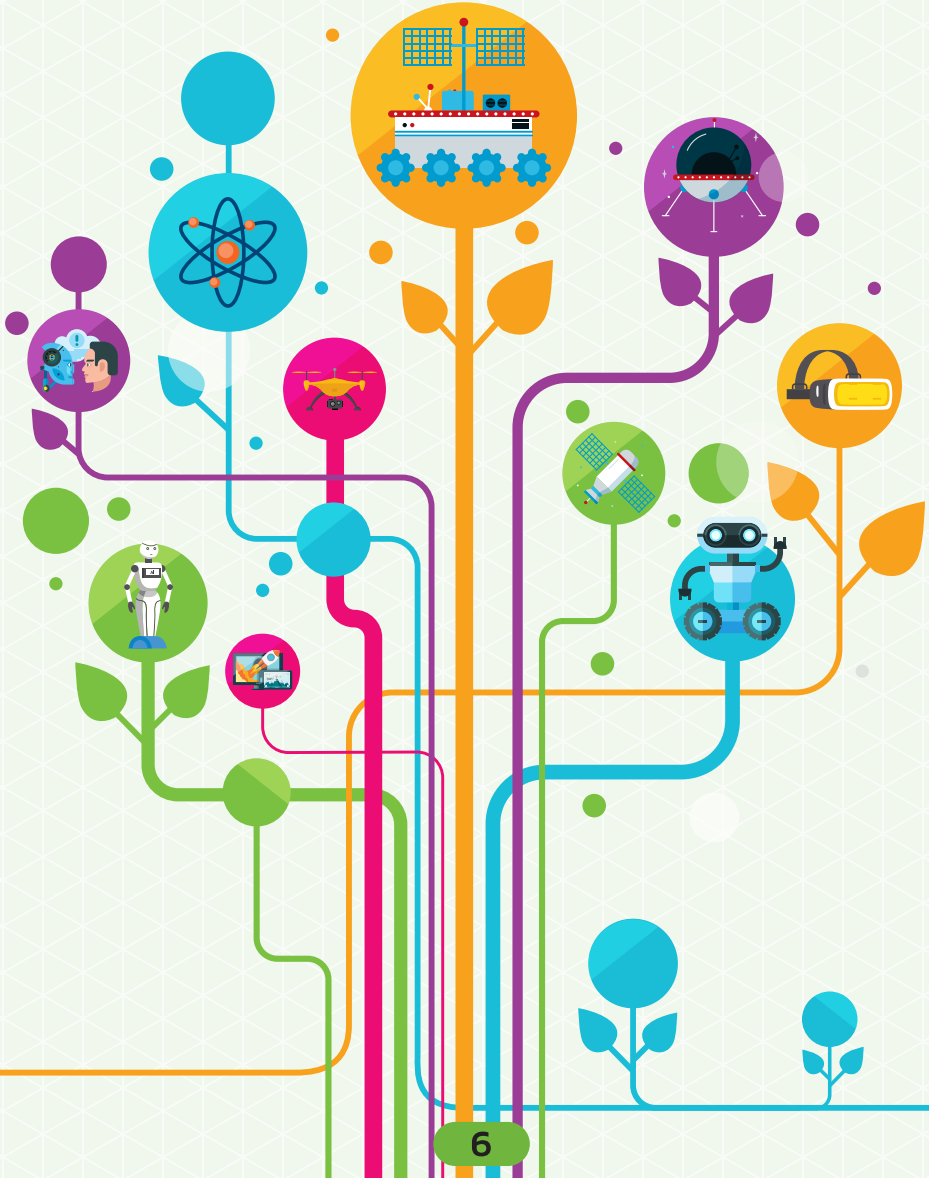
มาตรวิทยากับการพัฒนาประเทศ 26

มาตรวิทยา...วิทยาศาสตร์แห่งการวัด 27
หน่วยเอสไอ...หน่วยวัดเดียวกันยอมรับทั่วโลก 28
100 ปี...มาตรวิทยาไทย 30
ทิศทางการขับเคลื่อนภารกิจของ มว. เพื่อก้าวสู่ประเทศไทย 4.0 32

มาตรวิทยาส่งมอบวัฒนธรรมคุณภาพสู่สังคมไทย 34

มาตรวิทยาเพื่อผลิตภาพและศักยภาพอุตสาหกรรม 35
มาตรวิทยาพื้นฐานสร้างสรรค์เทคโนโลยีใหม่ 36
มาตรวิทยาเพื่อสังคมคุณภาพ 38

บทนำแห่งนวัตกรรมอัจฉริยะ



นวัตกรรมอัจฉริยะสร้างสรรค์อนาคต

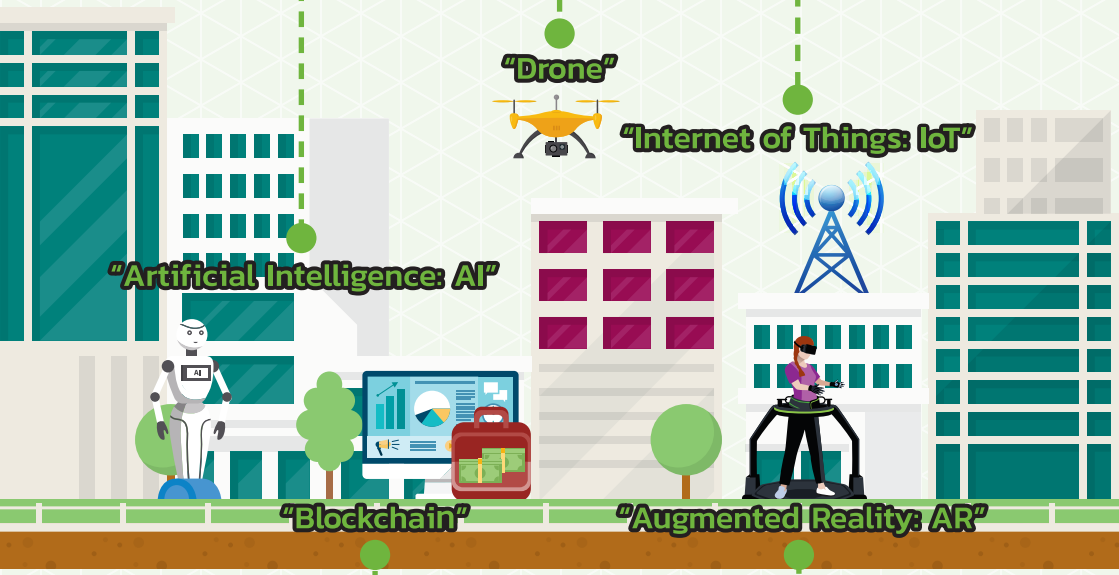
นวัตกรรม คือ สิ่งที่ประดิษฐ์คิดค้นขึ้นมาใหม่ของศาสตร์สาขาต่างๆ ที่มีความคิดสร้างสรรค์ให้เกิดประโยชน์ต่อเศรษฐกิจและสังคม ปัจจุบันเรามักเริ่มเห็นนวัตกรรมเหล่านี้มากขึ้น ซึ่งเป็นแนวโน้มของโลกอนาคตอันใกล้นี้ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ดังนั้น จึงมีการสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ขึ้นมาอยู่เสมอ โดยเฉพาะ **"นวัตกรรมอัจฉริยะ"** ที่มีความเป็นเลิศในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีความล้ำสมัยบนพื้นฐานความเป็นวิทยาศาสตร์ที่สามารถประยุกต์ใช้งานได้จริงตามธรรมชาติ

ปัจจุบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อการสร้างนวัตกรรม ไม่ว่าจะเป็นนวัตกรรมในรูปของผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ กระบวนการใหม่ๆ หรือระบบบริการใหม่ๆ ทั้งในระดับมหภาคหรือระดับจุลภาคก็ตาม ซึ่งนวัตกรรมส่วนใหญ่มุ่งเน้นที่จะอำนวยความสะดวกและตอบสนองความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นของมนุษย์เรา จนอาจกลายเป็นนวัตกรรมที่จะมีอิทธิพลต่อการปรับเปลี่ยนวิถีการดำเนินชีวิตของเราในอนาคตก็เป็นได้ ตัวอย่างของนวัตกรรมล้ำสมัยที่น่าจับตามอง และสามารถสัมผัสได้ อาทิ ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI), Internet of Things (IOT) เป็นต้น

ปัญญาประดิษฐ์ที่มีความฉลาดอย่าง
อัจฉริยะสามารถทำงานเหมือนมนุษย์

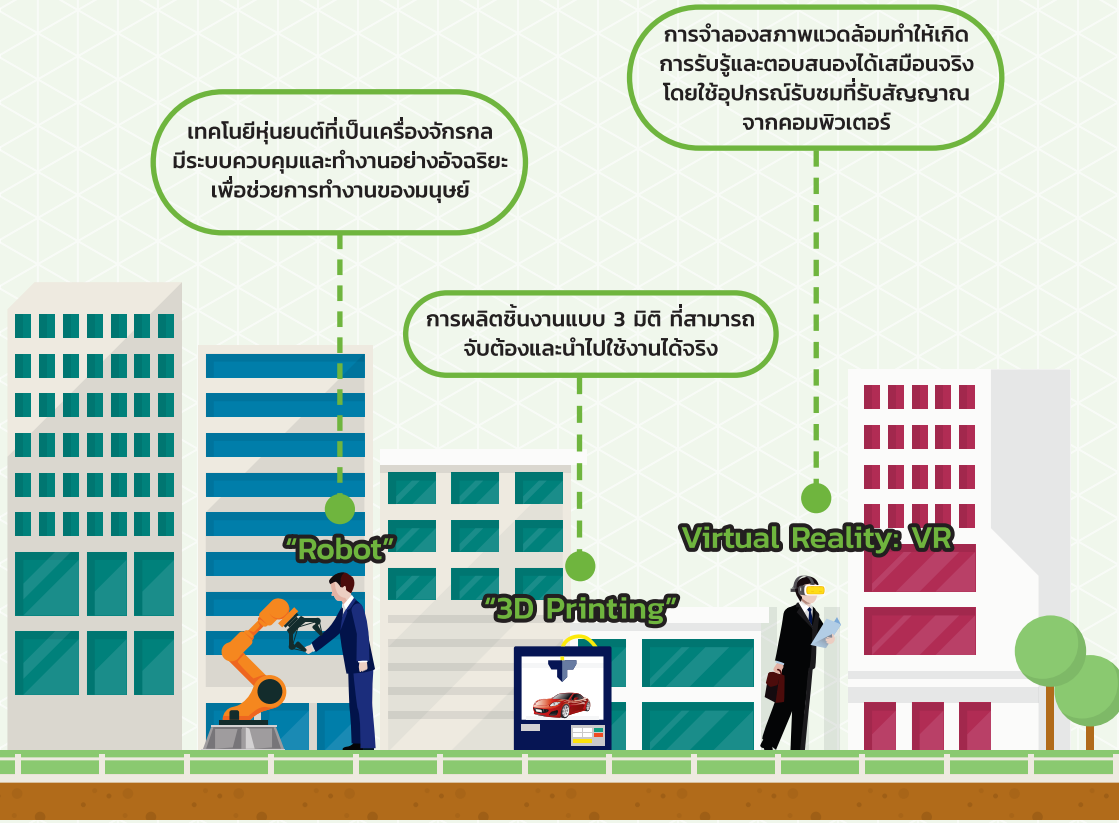
ความสามารถสั่งการควบคุมใช้งาน
อุปกรณ์และสิ่งต่างๆ ผ่านทาง
เครือข่ายอินเตอร์เน็ต

อากาศยานไร้คนขับ
(Unmanned Aerial Vehicle: UAV)



การเชื่อมโยงระบบโครงข่าย
การทำธุรกรรมต่างๆ โดยไม่ต้อง
ผ่านสถาบันการเงินเป็นตัวกลาง

ภาพเสมือน 3 มิติ จำลองสู่โลก
เสมือนจริงดูผ่านกล้องโดยตรง



การสร้างนวัตกรรมอัจฉริยะเหล่านี้ นอกจากจะต้องใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการสร้างสรรค์ผลงานแล้ว องค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญและขาดไม่ได้ในการสร้างนวัตกรรม คือ **"มาตรวิทยา"** หรือ **"วิทยาศาสตร์แห่งการวัด"** เพื่อให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์หรือบริการที่มีคุณภาพ ได้มาตรฐานสากล สร้างความได้เปรียบเมื่อเปรียบเทียบกับคู่แข่งขันในอุตสาหกรรมหรือกลุ่มธุรกิจเดียวกัน เปรียบเสมือนว่า... เมื่อคุณวัดได้ ก็สามารถสร้างได้ และพัฒนาต่อยอดได้ ดังนั้น การวัดจึงเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการสร้างนวัตกรรม

ขับเคลื่อนประเทศด้วยนวัตกรรม

สังคมมนุษย์เรานั้นมีความต้องการที่หลากหลายเพื่อการดำรงชีวิตให้มีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นตามยุคสมัยที่จะพัฒนาให้ประเทศมีความเจริญรุ่งเรือง ดังเช่น ในปัจจุบันที่ประเทศไทยมีการพัฒนาประเทศในรูปแบบของการขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรม เราเชื่อว่าการมีนวัตกรรมที่ดีนั้นจะเป็นประโยชน์ต่อประชาชนและการพัฒนาประเทศ ดังนั้น การผลิตนวัตกรรมจะต้องมีความมุ่งมั่นในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ อันเป็นหัวใจสำคัญในการแก้ไขหรือสามารถพัฒนาด้วยนวัตกรรม โดยเฉพาะ **"นวัตกรรมอัจฉริยะ"** ที่มีความเป็นเลิศโดยการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยบนพื้นฐานความเป็นวิทยาศาสตร์ที่สามารถประยุกต์ใช้งานได้จริง

ประเทศไทย 4.0

THAILAND 4.0

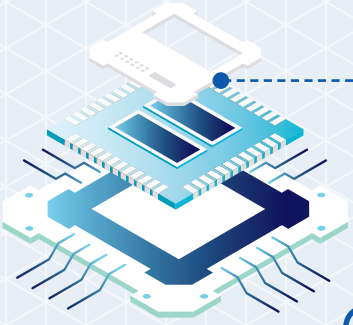
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญอย่างมากต่อการพัฒนานวัตกรรม วิทยาศาสตร์เป็นการศึกษาเรื่องราวของปรากฏการณ์ธรรมชาติที่นักวิทยาศาสตร์หรือบุคคลสำคัญๆ ของโลกสามารถไขความลับของธรรมชาติ จนเป็นพื้นฐานความคิดที่สร้างเครื่องมือต่างๆ เพื่อพัฒนาให้เป็นเทคโนโลยีที่มีความทันสมัยจากการนำเอาวิทยาการที่เกี่ยวกับศิลปะในการใช้วิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางปฏิบัติได้จริงจนสามารถพัฒนาเป็นอุตสาหกรรมต่างๆ ในการผลิตผลิตภัณฑ์และบริการดีๆ มาถึงทุกวันนี้ และสามารถตอบโจทย์ของมนุษย์เราที่นำไปสู่การมีคุณภาพชีวิตที่ดีขึ้น อันเป็นส่วนสำคัญต่อการพัฒนาประเทศของเรา

สร้างสรรค์การวัด สู่นวัตกรรมอัจฉริยะ

วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม

Quantum Technology

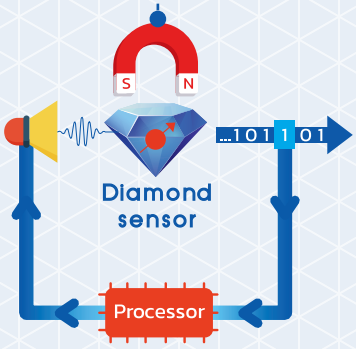
ควอนตัมเทคโนโลยี เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ปรากฏการณ์ทางควอนตัมฟิสิกส์ ปัจจุบันเรานำมาประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ เช่น ทรานซิสเตอร์ในหน่วยประมวลผล เครื่องสแกน MRI เป็นต้น ในอนาคตนักวิทยาศาสตร์จะสามารถควบคุมปรากฏการณ์ทางควอนตัมฟิสิกส์ได้ ทำให้การประยุกต์ใช้งานทำได้มากขึ้น เช่น



Computer Quantum
ควอนตัมคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการประมวลผลได้รวดเร็วกว่าคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันเป็นอย่างมาก

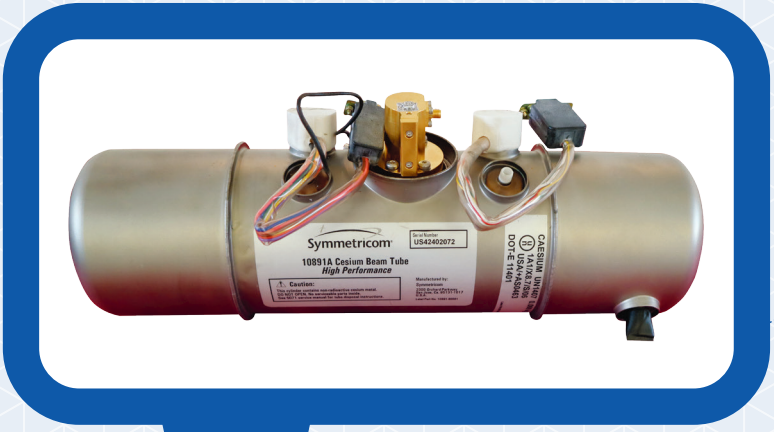
Quantum Sensor
ตัวรับรู้เชิงควอนตัม เป็นอุปกรณ์ที่สามารถตรวจวัดค่าต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น สนามแม่เหล็ก แรงโน้มถ่วง สนามไฟฟ้า เป็นต้น ทำได้อย่างแม่นยำมากยิ่งขึ้น

Quantum Key Distribution
การแจกจ่ายรหัสควอนตัม ทำให้การติดต่อสื่อสารมีความปลอดภัยมากขึ้น การโจรกรรมข้อมูลทำได้ยากขึ้น



นาฬิกาอะตอมซีเซียม

นาฬิกาอะตอมซีเซียมของประเทศไทย มีความแม่นยำในระดับ 3×10^{-14} หรือจะต้องใช้เวลาถึง 1 ล้านปีนาฬิกาถึงจะเดินคลาดเคลื่อน 1 วินาที

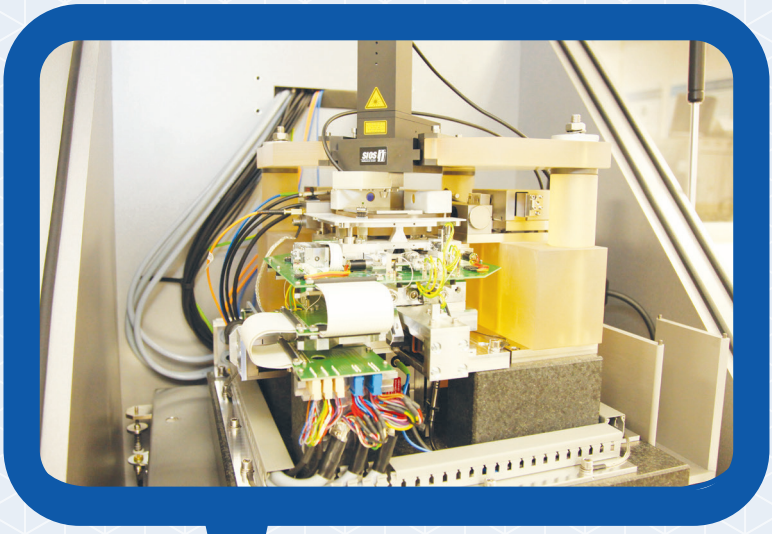


"วัดได้ สร้างได้ พัฒนาได้"

ความสามารถการวัดเวลาอะตอมซีเซียมเป็นส่วนสำคัญต่อเทคโนโลยี GNSS (Global Navigation Satellite System) ต่อการพัฒนาการประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

นาโนเทคโนโลยี

เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการจัดการ การสร้างหรือการวิเคราะห์วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องจักรหรือผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดเล็กในระดับนาโนเมตร (ประมาณ 1-100 นาโนเมตร) รวมถึงการออกแบบและการประดิษฐ์เครื่องมือ เพื่อใช้สร้างหรือวิเคราะห์วัสดุในระดับที่เล็กมากๆ ส่งผลให้โครงสร้างของวัสดุ หรืออุปกรณ์ มีสมบัติพิเศษขึ้นและสามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้



“วัดได้ สร้างได้ พัฒนาได้”

ขนาด 1 นาโนเมตรนั้นมีขนาดเล็กกว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นผมมนุษย์ถึง 80,000 - 100,000 เท่า โดยขนาดสิ่งของที่เล็กที่สุดที่มนุษย์สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่านั้นมีขนาดประมาณ 10,000 นาโนเมตร ดังนั้น ขนาด 1 นาโนเมตร จึงเป็นสิ่งที่เราไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหรือแม้แต่เครื่องมือวัดทั่วๆ ไป ดังนั้น การที่จะสามารถมองเห็นและวัดขนาดของวัสดุที่มีขนาดระดับนาโนเมตรได้นั้น จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดที่มีความเฉพาะทางและต้องอาศัยกระบวนการมาตรวิทยาขั้นสูง จึงจะได้ผลการวัดที่มีความถูกต้องและแม่นยำ

ก้าวไกลไปกับเทคโนโลยีการวัดแสง

การบริหารจัดการด้วยเทคโนโลยีการวัด

อาคารอัจฉริยะ

อาคารอัจฉริยะออกแบบโดยอาศัยแนวคิดของการใช้ประโยชน์จากพลังงานสะอาดที่สามารถหมุนเวียนได้ในธรรมชาติให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและผลิตของเสียน้อยที่สุด โดยอาศัยเทคโนโลยีทางการวัดในการควบคุมและติดตามกระบวนการต่างๆ ภายในอาคารอย่างเหมาะสม

Smart Farm

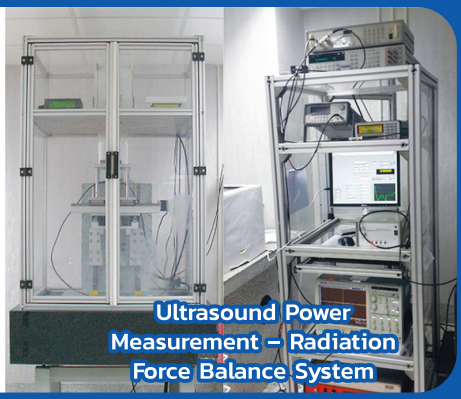
เป็นการทำการเกษตรในรูปแบบใหม่ที่มีการบริหารจัดการข้อมูลต่างๆ อาทิ อุณหภูมิ ความชื้น (ในดินและในอากาศ) แสง ลม น้ำฝน เป็นต้น เพื่อใช้ประกอบการตัดสินใจและวางแผนการทำเกษตรยุคใหม่ ด้วยเครื่องมือหรือเทคโนโลยีการวัดที่ต้องเชื่อถือได้ โดยมาตรวิทยาจะเป็นพื้นฐานสำคัญให้สามารถบริหารจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

สร้างศักยภาพด้วยการวัด Ultrasound

"คลื่นเหนือเสียง" หรือเป็นที่รู้จักกันดีในอีกชื่อหนึ่งว่า "อัลตราซาวนด์" เป็นคลื่นเสียงชนิดหนึ่ง ที่มีความถี่สูงเกินกว่า 20,000 เฮิรตซ์ ซึ่งเกินกว่ามนุษย์จะสามารถได้ยิน การใช้ประโยชน์จากคลื่นอัลตราซาวนด์ จะอาศัยหลักการเดินทางของคลื่นและการสะท้อนกลับเมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางคนละชนิดกัน โดยความสามารถในการทะลุผ่านวัตถุนั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดความถี่ที่ใช้งาน ด้วยเหตุนี้เอง คลื่นอัลตราซาวนด์จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในด้านเครื่องมือการทดสอบแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing) ของวัสดุชนิดต่างๆ ในระบบอุตสาหกรรม รวมทั้งเครื่องมือทางด้านการแพทย์ที่ใช้ในการตรวจวินิจฉัยและรักษาโรค

Ultrasound Power Meter

Ultrasound Pressure Measurement



Ultrasound Power Measurement – Radiation Force Balance System

"วัดได้ สร้างได้ พัฒนาได้"

การเสริมสร้างศักยภาพด้วยการวัด Ultrasound สามารถรองรับมาตรฐานความถูกต้องด้านการตรวจวัดการสึกกร่อน รอยรั่ว การแตกร้าว รองรับงานด้านอุตสาหกรรมคมนาคมและระบบโลจิสติกส์ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมก๊าซธรรมชาติผ่านระบบท่อส่งพลังงาน อุตสาหกรรมระบบแรงดันไอน้ำ (Boiler) และอุตสาหกรรมการบินและอากาศยาน รวมทั้งโรงไฟฟ้า เป็นต้น เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและสร้างมูลค่าเพิ่มของการส่งออกสินค้าให้ได้มาตรฐานเป็นที่ยอมรับในตลาดโลก รวมทั้งรองรับงานด้านอุตสาหกรรมการแพทย์ครบวงจร ที่เป็นการยกระดับคุณภาพชีวิตของคนไทยให้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้ประเทศไทยสามารถเป็นศูนย์กลางสุขภาพนานาชาติ (Medical Hub) สร้างความน่าเชื่อถือและความมั่นใจให้แก่ลูกค้าชาวไทยและชาวต่างชาติ ด้วยการเป็นผู้นำด้านมาตรฐานทางการแพทย์แบบครบวงจรได้อย่างยั่งยืน

มาตรฐานวิธีการทดสอบระบบรางรถไฟด้วย Ultrasonic Rail Inspection รองรับอุตสาหกรรมด้านคมนาคมและระบบโลจิสติกส์

มาตรฐานวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลายด้วย Non-Destructive Ultrasonic Inspection รองรับงานอุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมก๊าซผ่านระบบท่อส่งพลังงาน อุตสาหกรรมด้านระบบแรงดันไอน้ำและอุตสาหกรรมการบินและอากาศยาน

มาตรฐานวิธีการทดสอบ/สอบเทียบเครื่องมือวัด High Intensity Focused Ultrasound และมาตรฐานวิธีการทดสอบ/สอบเทียบเครื่องมือวัด Diagnostic Ultrasound เพื่อรองรับงานด้านอุตสาหกรรมการแพทย์ครบวงจร

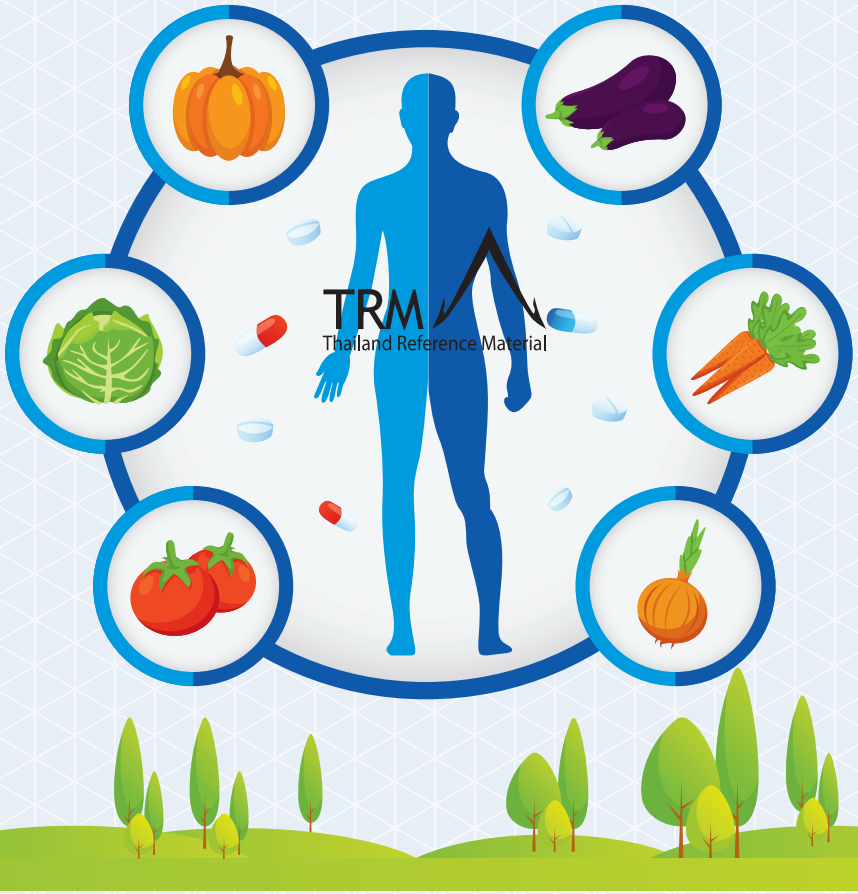
TRM (Thailand Reference Material)

TRM คือ ชื่อทางการค้าของวัสดุอ้างอิงรับรองที่ผลิตโดยสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ หรือหน่วยงานอื่นภายในประเทศที่สถาบันมอบหมาย

วัสดุอ้างอิง/วัสดุอ้างอิงรับรองเป็นส่วนหนึ่งที่มีความสำคัญต่อห้องปฏิบัติการวิเคราะห์และทดสอบ ใช้สำหรับ 1) สอบเทียบเครื่องมือ 2) ตรวจสอบความใช้ได้/ยืนยันความถูกต้องของวิธีทดสอบ และ 3) ควบคุมคุณภาพของวิธีการทดสอบ ทำให้ห้องปฏิบัติการของประเทศไทยสามารถวิเคราะห์ทดสอบได้อย่างถูกต้องและมีคุณภาพตามมาตรฐานในระบบสากล

Functional Food ทางเลือกใหม่เพื่อสุขภาพ

Functional Food จะมีส่วนประกอบ หรือที่เรียกว่า functional ingredients ที่ให้ผลโดยตรงในการเสริมการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกาย และป้องกันโรคต่างๆ ได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์ต่างๆ ต้องมีการผลิตที่ถูกสุขอนามัย มีคุณภาพและปลอดภัย ต้องมีการระบุชนิดและปริมาณของสารประกอบที่ให้ผลดีต่อสุขภาพร่างกายของผู้บริโภค ซึ่งต้องอาศัยวัสดุอ้างอิงรับรองในการตรวจวัดให้มีความถูกต้องแม่นยำ เป็นที่น่าเชื่อถือ



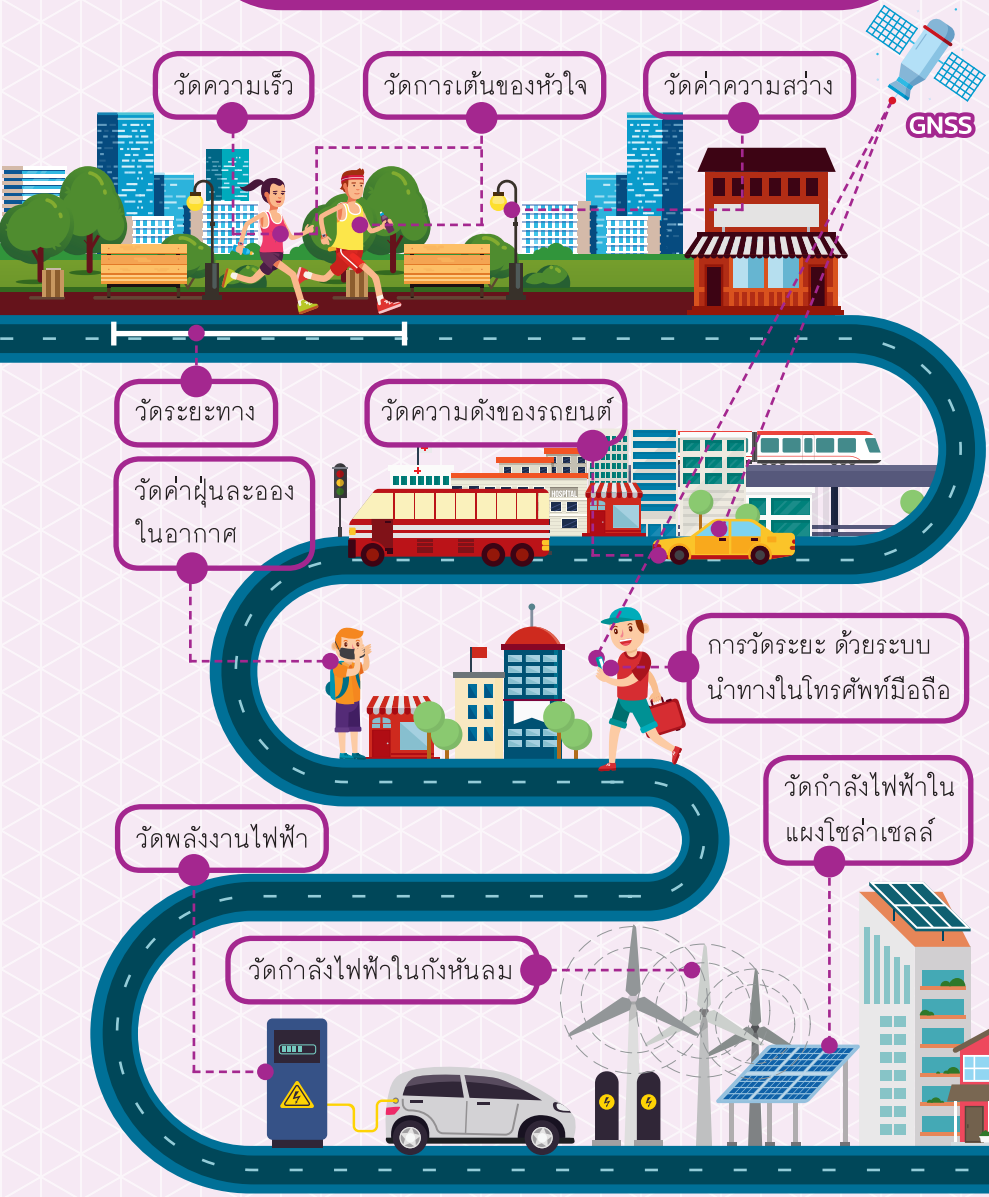
TRM เพื่อสุขภาพอนามัยที่ดี

ค่าของผลการวัดจากห้องปฏิบัติการทางการแพทย์ จะถูกนำไปใช้ในการวินิจฉัยโรค การรักษา และตรวจติดตามผลการรักษา ซึ่งค่าที่ได้อาจมีการเบี่ยงเบนจากค่าจริง ดังนั้น วัสดุอ้างอิงรับรองทางด้านการแพทย์จึงมีความสำคัญในการสนับสนุนการปรับเทียบมาตรฐานการวัดทางการแพทย์ของประเทศ ให้มีความถูกต้อง แม่นยำ และสามารถเปรียบเทียบผลการวัดกันได้ ซึ่งสามารถช่วยในการรักษาผู้ป่วยที่เกิดจากการวินิจฉัยโรคผิดพลาดจากค่าการวัดไม่ถูกต้องได้

TRM ยกระดับคุณภาพสิ่งแวดล้อม

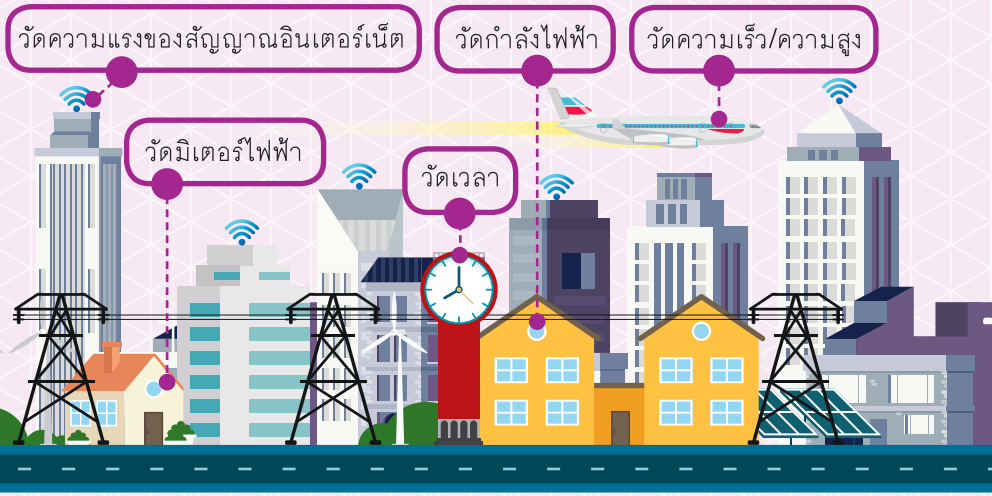
วัสดุอ้างอิงรับรองสำหรับการตรวจวัดทางด้านสิ่งแวดล้อม ทางวัสดุ และสารมาตรฐาน เป็นวัสดุอ้างอิงรับรองมาตรฐานที่ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์และทดสอบใช้ในการวิเคราะห์และทดสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม อาทิ สารปนเปื้อนในแม่น้ำ การปล่อยควันดำของโรงงาน ยานพาหนะในเมืองหลวง เป็นต้น เพื่อให้ผลการวัดที่ถูกต้องและเป็นการยกระดับคุณภาพชีวิตที่ดี

มาตรวิทยากับการพัฒนาประเทศ



มาตรวิทยา...วิทยาศาสตร์แห่งการวัด

มาตรวิทยา หรือ วิทยาศาสตร์แห่งการวัดที่ถูกต้องและแม่นยำ เป็นวิชาว่าด้วยการวัดที่มีมาช้านานและมีความสำคัญมากในชีวิตประจำวันของมนุษย์ หากไม่มีการวัดก็คงไม่สามารถอธิบายลักษณะหรือปรากฏการณ์ต่างๆ ได้ ไม่สามารถทำการค้าขายแลกเปลี่ยนสินค้าซึ่งกันและกันได้ ในการวัดต้องใช้เครื่องมือต่างๆ แล้วแต่ปริมาณที่ต้องการจะวัด เช่นเมื่อต้องการวัดความยาวก็อาจใช้ตลับเมตร ไม้เมตร หรือไม้บรรทัด ถ้าจะชั่งน้ำหนักก็ใช้เครื่องชั่ง หรือถ้าจะจับเวลาก็ใช้นาฬิกา เครื่องมือแต่ละชนิดมีหน่วยวัดหรือสเกลที่ได้รับการเทียบมาตรฐานแล้วต่างๆ กันขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ว่าจะใช้วัดปริมาณของสิ่งใด ผู้วัดควรเลือกเครื่องมือและสเกลให้เหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด เช่น ในการวัดความยาวของเชือกเส้นสั้นๆ อาจใช้ไม้บรรทัดที่มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร แต่ถ้าต้องการวัดระยะทางยาวๆ ก็ควรใช้ตลับเมตรหรือสายวัดที่มีหน่วยเป็นเมตรหรือเซนติเมตร เมื่อโลกพัฒนาขึ้นมาตรวิทยาก็มีพัฒนาการตามไปด้วย เช่น ความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีทำให้มนุษย์สามารถสร้างเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูง ใช้ศึกษาวัสดุที่มีขนาดเล็กมากๆ ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและวัดขนาดได้ในระดับนาโนเมตร ซึ่งมีค่าเท่ากับหนึ่งในพันล้านส่วนของเมตร ไปจนถึงสิ่งต่างๆ ที่มีขนาดใหญ่ที่เราพบเห็น อาทิ อาคาร บ้านเรือน ตึกสูง สะพาน กำแพงเมืองจีน ปิรามิด เป็นต้น



หน่วยเอสไอ...หน่วยวัดเดียวกันยอมรับทั่วโลก

การค้าขายระหว่างประเทศเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ประเทศมีการพัฒนา เนื่องจากมีเศรษฐกิจที่ดีจากการค้าขาย และองค์ประกอบหนึ่งที่ทำให้เกิดความเป็นธรรมในการค้าขาย คือ หน่วยวัด การชั่งตวงวัด และความถูกต้องแม่นยำของเครื่องมือที่ได้รับการยอมรับทั่วโลก

ในปี ค.ศ 1875 ได้มีการจัดตั้ง **สำนักงานชั่งตวงวัดระหว่างประเทศ** ชื่อภาษาฝรั่งเศส **"Bureau International des Poids et Mesures: BIPM"** และภาษาอังกฤษ **"International Bureau of Weights and Measures"** เป็นองค์กรมาตรวิทยาระดับโลกที่ทำหน้าที่เป็นสถาบันมาตรวิทยาระหว่างประเทศ เพื่อดำเนินงานทางด้านวิชาการให้กับที่ประชุมใหญ่ของสนธิสัญญาเมตริก ตั้งอยู่ในชุมชน Sèvres ใกล้กรุงปารีส ประเทศฝรั่งเศส มีความรับผิดชอบที่เกี่ยวข้องกับมาตรฐานการวัดระหว่างประเทศของประเทศสมาชิก

ได้มีการประชุมร่วมกันระหว่างประเทศสมาชิกและนำไปสู่สนธิสัญญาเมตริก ที่มีใจความสำคัญว่าให้สร้างมาตรฐานต้นแบบที่มีคำจำกัดความชัดเจนสำหรับเป็นหน่วยวัดพื้นฐาน 7 หน่วย ที่ได้ตั้งชื่อระบบของหน่วยวัด ประกอบด้วยหน่วยวัดพื้นฐาน ที่เรียกว่า **"International System of Units"** หรือ **"SI Units"** มีมาตรฐานและหน่วยวัดในระบบเดียวกันที่สามารถอ้างอิงกลับมาได้หรือที่เรียกว่าความสามารถสอบกลับได้ทางการวัด (Measurement Traceability)

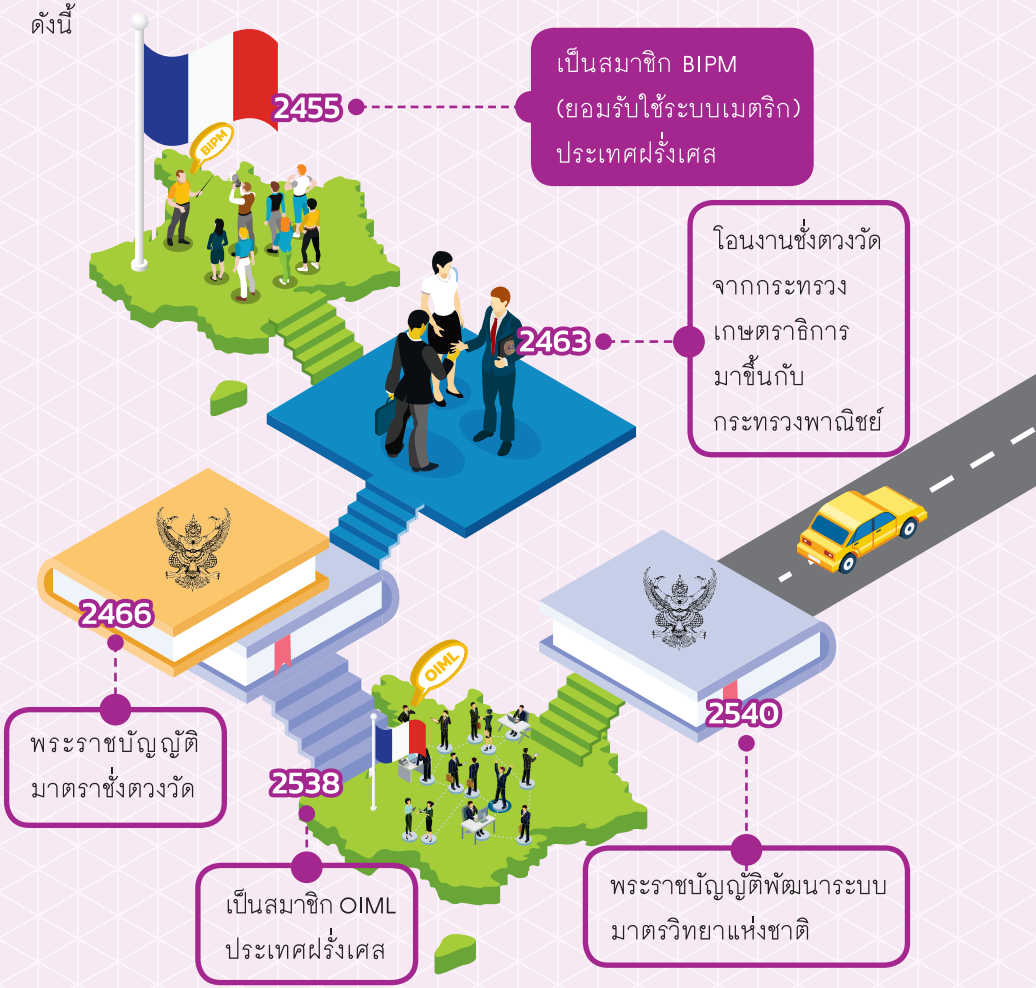
หน่วยเอสไอ คือ หน่วยของการวัดที่มีพื้นฐานมาจากปริมาณของหน่วยวัด โดยการทำให้เป็นจริงจากคำจำกัดความของแต่ละปริมาณพื้นฐาน

ตารางระบบของหน่วยวัดพื้นฐาน (Base Units)

ปริมาณ	หน่วยรากฐาน	สัญลักษณ์
ความยาว (Length)	เมตร (metre)	m
มวล (Mass)	กิโลกรัม (kilogram)	kg
เวลา (Time)	วินาที (second)	s
กระแสไฟฟ้า (Electric Current)	แอมแปร์ (ampere)	A
อุณหภูมิอุณหพลวัต (Thermodynamic Temperature)	เคลวิน (kelvin)	K
ความเข้มของการส่องสว่าง (Luminous Intensity)	แคนเดลา (candela)	cd
ปริมาณสาร (Amount of Substance)	โมล (mole)	mol

100 ปี...มาตรวิทยาไทย

ปี พ.ศ. 2555 มาตรวิทยาไทยครบรอบ 100 ปี หน่วยงานที่เกี่ยวข้องของประเทศไทยได้มีการพัฒนามาตรวิทยาอย่างต่อเนื่องทั้งในและต่างประเทศ เพื่อสร้างความน่าเชื่อถือและยอมรับซึ่งกันและกัน ให้เกิดความถูกต้องและเป็นธรรมอันเนื่องมาจากการแลกเปลี่ยนหรือการค้าขายระหว่างกันในโลกปัจจุบัน โดยมีเหตุการณ์ที่สำคัญดังนี้



BIPM : สำนักงานชั่งตวงวัดระหว่างประเทศ OIML : องค์การระหว่างประเทศว่าด้วยกฎหมายชั่งตวงวัด

1 มิถุนายนเป็นวันสถาปนาการก่อตั้งสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (มว.)

ลงนาม MRA (Mutual Recognition Arrangement) ประเทศฝรั่งเศส

พระราชบัญญัติมาตราชั่งตวงวัด (ฉบับปรับปรุงและแก้ไข)

1st CMC (Calibration Measurement Capability)

สาขาไฟฟ้าและความถี่เป็นสาขาแรก

เปิดอาคารห้องปฏิบัติการ "อาคารผดุงมาตร" จ.ปทุมธานี

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ออกประกาศในราชกิจจานุเบกษาเรื่องกำหนดมาตรฐานแห่งชาติเกี่ยวกับหน่วยการวัดปริมาณเครื่องมืออุปกรณ์ และวัสดุอ้างอิงที่ใช้ในการวัดปริมาณ

พระราชบัญญัติพัฒนาระบบมาตรวิทยาแห่งชาติ (ฉบับที่ 2)

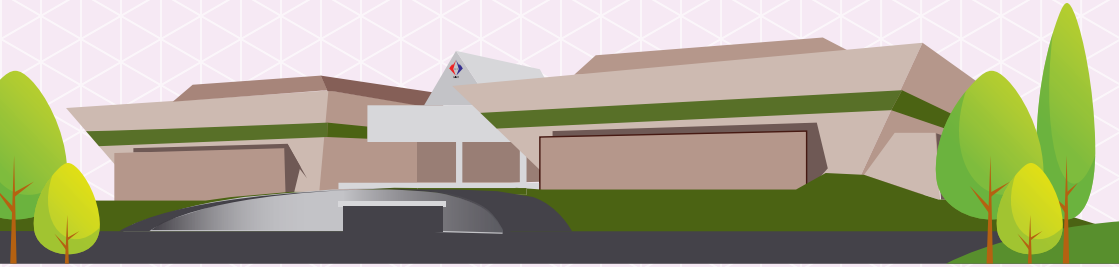
มว. เข้าร่วมพิจารณาและลงมติยอมรับการเปลี่ยนนิยามใหม่ ณ ประเทศฝรั่งเศส เพื่อความก้าวหน้าของวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรมในอนาคต

เปิดอาคารห้องปฏิบัติการทางเคมีและชีวภาพ "อาคารมาตรธำรง" จ.ปทุมธานี

ทิศทางการขับเคลื่อนภารกิจของ มว. เพื่อก้าวสู่ประเทศไทย 4.0

ประเทศไทย 4.0 นับเป็นรูปแบบใหม่ในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศสู่เศรษฐกิจที่ ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม ด้วยความมุ่งหวังที่จะหลุดพ้นจากประเทศรายได้ปานกลาง ด้วยบริบทดังกล่าวโครงสร้างเศรษฐกิจอุตสาหกรรมของประเทศที่ใช้นวัตกรรมเป็นตัวนำ จึงจำเป็นต้องมุ่งเน้นการเพิ่มมูลค่าเพื่อสู่การสร้างมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์และบริการเพื่อศักยภาพการแข่งขันที่สูงขึ้น นวัตกรรมและบริการที่มีมูลค่าเหล่านั้นจะเกิดขึ้นไม่ได้ ถ้าปราศจากโครงสร้างพื้นฐานทางคุณภาพของประเทศ อันประกอบด้วย การมาตรฐาน การทดสอบ การตรวจสอบ รับรอง การกำกับดูแลตลาดเพื่อสิทธิประโยชน์ของผู้บริโภค และที่สำคัญคือระบบมาตรวิทยาของประเทศ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ มีบทบาทในการสร้างความสามารถด้านการวัดของประเทศ เพื่อถ่ายทอดมาตรฐานการวัดที่ถูกต้องสู่ภาคการผลิตและบริการ พร้อมๆ กับการสร้างการยอมรับความเท่าเทียมกันของมาตรฐานการวัดประเทศไทยกับมาตรฐานการวัดระหว่างประเทศ ขณะเดียวกันกับการก้าวสู่ยุคอุตสาหกรรม 4.0 ของภาคการผลิต ที่เกิดขึ้นพร้อมกับการปรับเปลี่ยนนิยามของระบบหน่วยวัดระหว่างประเทศ อันเป็นผลมาจากการวิจัยวิธีการวัดใหม่ที่อาศัยปรากฏการณ์ควอนตัมเป็นพื้นฐานสำหรับมาตรฐานของหน่วยมูลฐาน เพื่อรองรับงานค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์และนวัตกรรม อุตสาหกรรมการผลิตและการค้าระหว่างประเทศ ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตและการปกป้องสิ่งแวดล้อมโลก



ทิศทางการดำเนินงานของสถาบันจึงต้องมุ่งสร้างความเข้มแข็งด้านการพัฒนามาตรฐานการวัดเพื่อรองรับการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ที่ต้องการความถูกต้องทางการวัด การตรวจสอบที่แม่นยำยิ่งขึ้น อาทิ การพัฒนานาฬิกาอะตอมเชิงแสง การพัฒนานวัตกรรมการวัดทางมิติสำหรับอุตสาหกรรมยุคใหม่ มาตรฐานการวัดสำหรับรองรับระบบยานยนต์อัจฉริยะ และระบบขนส่งสมัยใหม่ โครงการผลิตวัสดุอ้างอิงสำหรับตรวจสอบคุณภาพและความปลอดภัยของอาหาร ระบบการวัดอัตโนมัติสำหรับสนับสนุนผู้ประกอบการวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อมเพื่อเพิ่มผลิตภาพผู้ประกอบการ การพัฒนามาตรฐานเพื่อสนับสนุนการประเมินและรับรองผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์และนวัตกรรมที่กำลังจะเกิดขึ้นในอนาคต และสถาบันยังต้องเน้นการสร้างความสามารถและศักยภาพของบุคลากรด้านมาตรวิทยาของประเทศอีกประการหนึ่ง

ด้วยแนวทางการขับเคลื่อนดังกล่าวสถาบันหวังเป็นอย่างยิ่งว่ามาตรวิทยาที่เป็นส่วนหนึ่งในโครงสร้างพื้นฐานทางคุณภาพ จะเป็นกลไกสำคัญในการส่งเสริมประเทศให้ไปสู่เป้าหมายการปรับเปลี่ยนสู่ประเทศไทย 4.0 อย่างสัมฤทธิ์ผลในที่สุด

นางอัจฉรา เจริญสุข
ผู้อำนวยการสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ

มาตรวิทยาส่งมอบวัฒนธรรมคุณภาพสู่สังคมไทย

มาตรวิทยาเพื่อสร้างผลิตภาพและศักยภาพอุตสาหกรรม

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติมีความมุ่งมั่นในการสร้างมาตรฐานการวัดเพื่อถ่ายทอดความถูกต้องของการวัดไปสู่ภาคการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อสร้างผลิตภาพ (เพิ่มความสามารถทางการผลิต) และศักยภาพอุตสาหกรรมที่ได้นำเทคโนโลยีมาตรวิทยาไปเพิ่มผลิตภาพการผลิต เพิ่มผลิตภาพแรงงาน และเพิ่มศักยภาพผู้ประกอบการ

พัฒนาระบบการวัดที่เหมาะสม เพื่อลดการใช้พลังงาน และลดของเสียจากกระบวนการผลิต

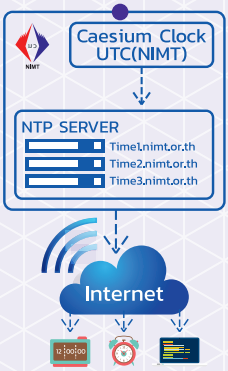
การปรับปรุงกระบวนการผลิตด้วยเทคโนโลยีมาตรวิทยา

การสร้างทักษะทางการวัดให้กับแรงงาน

มาตรวิทยาพื้นฐานสร้างสรรค์เทคโนโลยีใหม่

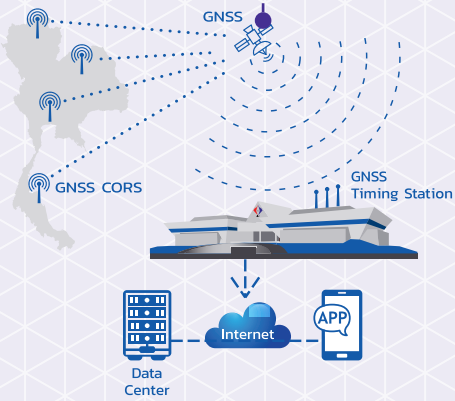
สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติมีการพัฒนาศักยภาพทางการวัดให้มีมาตรฐานการวัดที่เป็นที่ยอมรับในระดับสากล เพื่อรองรับเทคโนโลยีใหม่ที่เป็นส่วนสำคัญในการสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ให้กับประเทศ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

การถ่ายทอดเวลามาตรฐานประเทศไทยผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เพื่อสนับสนุนการพัฒนาประเทศเข้าสู่สังคมดิจิทัล

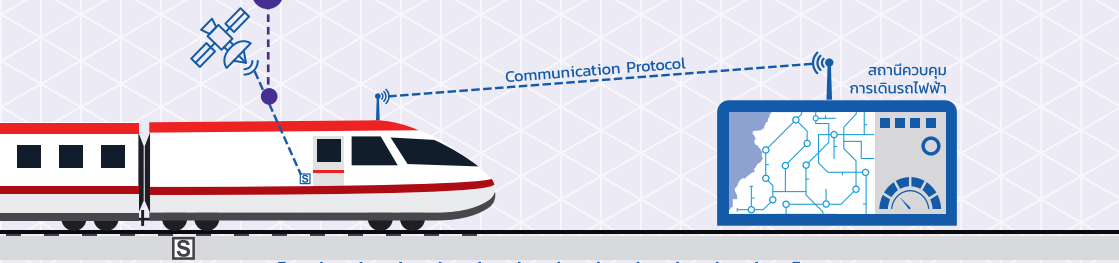


วิธีการถ่ายทอดเวลาผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

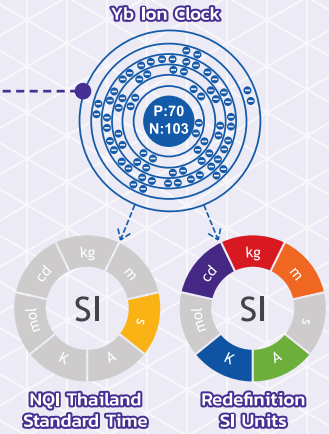
สร้างสถานีเวลารับสัญญาณดาวเทียมนำทางสากล (Global Navigation Satellite System Timing Station) เพื่อรองรับระบบโลจิสติกส์ และระบบข้อมูลการบริหารจัดการน้ำ



การพัฒนามาตรฐานการวัดเพื่อรองรับระบบราง



การพัฒนานาฬิกาอะตอมเชิงแสงด้วยไอออนเย็นของธาตุ Ytterbium (Yb) เพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงนิยามของหน่วยฐาน (SI Units) และเป็นพื้นฐานที่สำคัญของหน่วยฐานต่างๆ เช่น ความยาว มวล อุณหภูมิ กระแสไฟฟ้า และความสว่าง นอกจากนี้ยังใช้เป็นเวลามาตรฐานประเทศไทย ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญของเศรษฐกิจดิจิทัล (Digital Economy)



ผลิตวัสดุอ้างอิง TRM เพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมพลังงานและอุตสาหกรรมอาหาร

มาตรวิทยาเพื่อสังคมคุณภาพ

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ได้ประยุกต์ใช้งานด้านมาตรวิทยา เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต ความปลอดภัย ความเป็นธรรม และสุขอนามัยของประชาชน

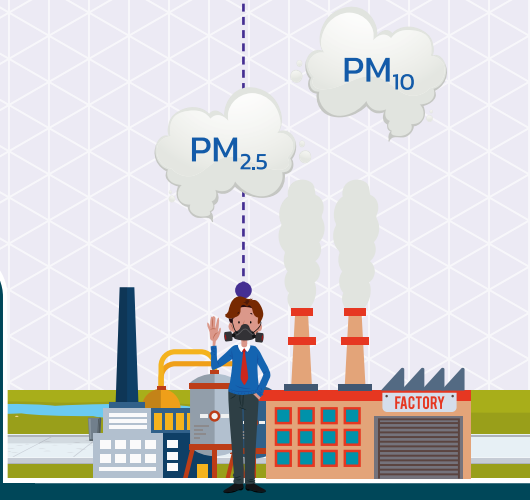
ผลิตวัสดุอ้างอิง เพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนในอาหาร

สร้างมาตรฐานการชั่งน้ำหนักร่วมกับสำนักงานกลางชั่งตวงวัด กรมการค้าภายใน

พัฒนามาตรฐานการทดสอบอาหารฮาลาล ผลิตวัสดุอ้างอิงสำหรับการผลิตอาหารภายใต้มาตรฐานอาหารฮาลาล

จัดทำคู่มือการทดสอบเครื่องมือวัดทางการแพทย์ร่วมกับกรมสนับสนุนบริการสุขภาพ และกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

ตรวจวัดความถูกต้องของเครื่องตรวจวัดคุณภาพอากาศ (ฝุ่นละอองในอากาศ) ร่วมกับกรมควบคุมมลพิษ



ด้านการบังคับใช้กฎหมายร่วมกับสำนักงานตำรวจแห่งชาติ และกรมควบคุมมลพิษ อาทิ ตรวจวัดเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดโดยวิธีเป่าลมหายใจ ตรวจวัดเครื่องตรวจวัดเสียง / เครื่องตรวจวัดควันดำ (ยานพาหนะ)

เอกสารอ้างอิง

Metrology for Intelligent Innovation

มาตรวิทยา...เพื่อนวัตกรรมอัจฉริยะ

- สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดช เล่ม 35 เรื่อง มาตรวิทยา
- มาตรวิทยาเบื้องต้น, สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ, กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
- 100 ปี...มาตรวิทยาไทยเปิดทางสู่อาเซียน 2015, Metrology Info, July-August 2012, Vol 14, No. 68
- หนังสือครบรอบ 20 ปี แห่งการสถาปนาสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ
- สมุดปกขาวโครงสร้างพื้นฐานทางคุณภาพของประเทศ
- หนังสือนวัตกรรมมาตรวิทยา 2561
- หนังสือ TRM (Thailand Reference Material)
- https://th.wikipedia.org/wiki/วิทยาศาสตร์
- https://th.wikipedia.org/wiki/เทคโนโลยี
- https://th.wikipedia.org/wiki/นวัตกรรม
- https://www.youtube.com/watch?v=M2Tsbzf1vgc
- https://www.bipm.org/en/about-us/