

วาระที่ ๓ เรื่องสืบเนื่องเพื่อพิจารณา : ผลการดำเนินงานปี ๒๕๖๓ และแผนการดำเนินงานปี ๒๕๖๔
โครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามพระราชดำริสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า
กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี

๓.๑ โครงการความร่วมมือไทย - สิงคโปร์เรื่องนาฬิกาอะตอมเพื่อพัฒนากำลังคนและการวิจัยพัฒนาตามพระราชดำริฯ
(ผู้ถวายรายงาน : นายไพรัช รัชชพงษ์)

๑. ความเป็นมา

เมื่อวันที่ ๒๐ มกราคม ๒๕๖๒ สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เสด็จพระราชดำเนินเยือนศูนย์เทคโนโลยีควอนตัม มหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์ ทรงเป็นประธานในการลงนามความร่วมมือด้านการวิจัยทางด้านเทคโนโลยีควอนตัม ระหว่างสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (NIMT: National Institute of Metrology of Thailand) กับ มหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์ (NUS : National University of Singapore)

ศูนย์เทคโนโลยีควอนตัม (Centre for Quantum Technologies : CQT) มหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์ (NUS) ก่อตั้งเมื่อเดือน ธันวาคม ค.ศ. ๒๐๐๗ เพื่อเป็นศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติแห่งแรกของสิงคโปร์ ตั้งอยู่ในพื้นที่มหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์ (NUS) ภารกิจมุ่งเน้นการพัฒนาบุคลากรในสาขาเทคโนโลยีควอนตัมเพื่อสนับสนุนงานวิชาการและภาคอุตสาหกรรม และงานวิจัยทางด้าน เทคโนโลยีควอนตัม ๓ ด้าน คือ Quantum Communication & Security, Quantum Computation & Simulation และ Quantum Sensing & Metrology มีบุคลากร ๑๗๕ คน เป็นนักวิทยาศาสตร์และนักศึกษา ๑๕๐ คน และมีงบประมาณปีละราว ๗๑๖ ล้านบาท (๒๔.๐๔ ล้านดอลลาร์สหรัฐ) (<https://www.quantumlah.org/media/presentation/annualreport2019.pdf>)

๒. โครงการ/กิจกรรมที่ดำเนินงาน

แผนความร่วมมือระหว่างสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ (NIMT) และ ศูนย์เทคโนโลยีควอนตัม (CQT)

๒.๑ การพัฒนานาฬิกาอะตอมเชิงแสง

วัตถุประสงค์ เพื่อใช้เป็นนิยามของหน่วยวินาทีในอนาคตของประเทศไทย รวมทั้งพัฒนาบุคลากรด้านเทคโนโลยีควอนตัม โดย NIMT ใช้ไอออนของธาตุอิธเรียม (Yb⁺) และ CQT ใช้ไอออนของธาตุลูทีเทียม (Lu⁺)

ระยะเวลา ดำเนินการ ๗ ปี

งบประมาณ ทั้งโครงการ ๘๓.๓๘ ล้านบาท ขณะนี้อนุมัติแล้ว ๓ ปีจำนวน ๑๙.๒๒ ล้านบาท (เดิมเพียง ๒ ปีจำนวน ๑๕.๓๘ ล้านบาท)

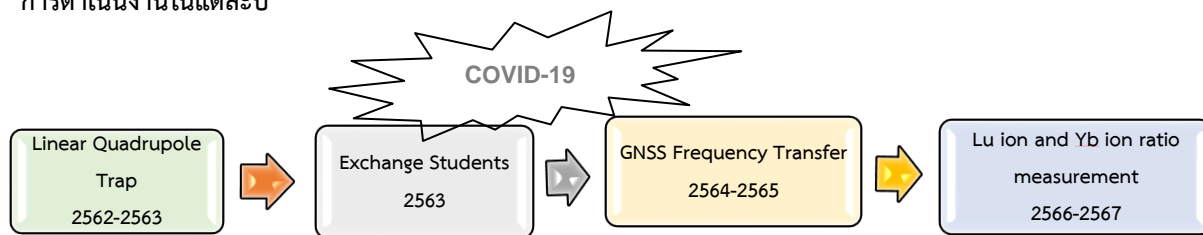
นักวิจัยไทย

- ดร. ปิยพัฒน์ พูลทอง NIMT
- ดร. ธเนศ พงษ์พิริยสิน อาจารย์ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
- ดร. ชารา เฉลิมทรงศักดิ์ อาจารย์ วิทยาลัยนานาชาติ มหาวิทยาลัยมหิดล
- นายนครินทร์ จายโจง นักศึกษาปริญญาโท มหาวิทยาลัยมหิดล

นักวิจัยสิงคโปร์

- Dr. Murray Barrett CQT

การดำเนินงานในแต่ละปี



- ปี ๒๕๖๒ – ๒๕๖๓ ประเทศไทยร่วมวิจัยและสร้างอุปกรณ์กักขังไอออนของธาตุอิธเรียม (Yb+) ซึ่งเป็นหัวใจของนาฬิกาอะตอมที่ NIMT โดยในปลายปี ๒๕๖๒ ได้ร่วมกันพัฒนาเทคนิคในการเคลือบฟิล์มบางทองคำบนแผ่นเซรามิกอะลูมินาไนไตรด์ที่ COT สิงคโปร์ (ผลงานยังไม่สมบูรณ์)
- ปี ๒๕๖๓ ประเทศไทยไม่สามารถส่งนักศึกษาทุนปริญญาโท (พสวท.) ไป COT ได้เพราะสถานการณ์โควิด-๑๙ จึงต้องเลื่อนการส่งนักศึกษาไปหลังจากสถานการณ์โควิด-๑๙ ดีขึ้น ดังนั้นในปี ๒๕๖๓ จึงพัฒนาชั้นทองแดงบนแผ่นเซรามิก MACOR เองในประเทศไทยจนสมบูรณ์
- ปี ๒๕๖๔ – ๒๕๖๕ ติดตั้งระบบดาวเทียมนำทาง GNSS (Global Navigation Satellite System) ที่ COT เพื่อทำการเปรียบเทียบความถี่ของนาฬิกาอะตอมระหว่าง NIMT (มี GNSS แล้ว) และ COT นอกจากนี้ในอนาคตจะเจรจาขยายความร่วมมือไปยัง สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ ของประเทศไทย และ the National Institute of Information and Communications Technology (NICT) ประเทศญี่ปุ่นต่อไป เพื่อใช้ระบบ VLBI (very large base interferometer) ในการเปรียบเทียบความถี่เพื่อให้แม่นยำมากกว่าระบบ GNSS
- ปี ๒๕๖๖ – ๒๕๖๗ ทำการวัดความถี่ของนาฬิกาอะตอมเชิงแสงของทั้ง ๒ หน่วยงาน ซึ่งการใช้ทั้งสองธาตุ คือ ไอออนของธาตุอิธเรียม (Yb+) และไอออนของธาตุลูทีเทียม (Lu+) นี้ คาดว่าจะเป็นส่วนหนึ่งในการกำหนดมาตรฐานหน่วยวินาทีใหม่ของโลกในอนาคต
- ปี ๒๕๖๘ จะเริ่มมีพิจารณาานิยามใหม่ของหน่วยวินาที

๒.๒ การพัฒนาอุปกรณ์กักขังไอออน (Linear Quadrupole Trap ในปี ๒๕๖๓)

(๑) การดำเนินงานก่อนช่วงโควิด-๑๙ กับสิงคโปร์

- ปลายปี ๒๕๖๒ นักวิจัยไทยเดินทางไปร่วมกับ COT ที่สิงคโปร์ทำวิจัยเคลือบชั้นทองคำด้วยวิธี Electroplating บนแผ่นเซรามิกอะลูมินาไนไตรด์โดยใช้สารละลาย Gold-SF ซึ่งมีความปลอดภัยสูง และควบคุมค่า pH และความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสม ผลการวิจัยพบว่ายังต้องปรับปรุงตัวแปรต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความเรียบสม่ำเสมอ ที่ชั้นทองคำก่อนและหลังทำ Electroplating
- มีนาคม ๒๕๖๓ ประเทศไทยไม่สามารถส่งนักศึกษาปริญญาเอกไปปฏิบัติงานวิจัยที่ COT ต่อได้อีกเพราะเหตุการณ์ โควิด-๑๙ ต้องเลื่อนออกไป ต่อมาสิงคโปร์แจ้งว่าสามารถเดินทางได้ในเดือนสิงหาคม ๒๕๖๔ **ส่งผลทำให้เกิดแนวความคิดการสร้างและพัฒนาอุปกรณ์กักขังไอออนขึ้นเอง โดยเทคโนโลยีการผลิตในประเทศไทย**

(๒) การดำเนินงานในช่วงสถานการณ์โควิด-๑๙ ในประเทศไทย ดำเนินการเปลี่ยนแผ่นรองรับฉนวนซึ่งทำจากแผ่นเซรามิก MACOR จากการเคลือบทองคำมาเป็นการวางชั้นทองแดงบริสุทธิ์ 99.99% บนแผ่นเซรามิก โดยใช้เครื่อง Wire Cut EDM ตัดชิ้นงาน เพื่อให้ได้รูปร่างแม่นยำตามต้องการ

เมื่อเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองการกักขังไอออนพบว่าระบบของไทยและสิงคโปร์มีความสามารถในการควบคุมและกักขังไอออนที่ใกล้เคียงกันทำให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ในการผลิตชิ้นส่วนที่เป็นองค์ประกอบสำคัญของนาฬิกาอะตอม

(๓) แผนดำเนินงานปี ๒๕๖๔ – ๒๕๖๕

- ทดสอบอุปกรณ์กักขังไอออน (Linear Quadrupole Trap)
- ติดตั้งระบบดาวเทียมนำทาง GNSS (Global Navigation Satellite System) ที่ CQT เพื่อทำการเปรียบเทียบความถี่ของนาฬิกาอะตอม ระหว่าง NIMT (ซึ่งมี GNSS แล้ว) และ CQT
- ขยายความร่วมมือไปยังสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ ของประเทศไทย และ the National Institute of Information and Communications Technology (NICT) ประเทศญี่ปุ่นต่อไป เพื่อใช้ระบบ VLBI (very large base interferometer) ในการเปรียบเทียบความถี่เพื่อให้แม่นยำมากกว่าระบบ GNSS

๓. ประโยชน์และผลที่ประเทศไทยได้รับ

- เป็นส่วนหนึ่งในการกำหนดนิยามของหน่วยวินาที
- งานวิจัยของประเทศไทยเป็นที่ยอมรับในเวทีนานาชาติ
- สร้างนักวิจัยและนักศึกษาไทยที่มีคุณภาพและมีศักยภาพในการทำงานวิจัยเทียบเคียงสถาบันวิจัยชั้นนำ
- ความถี่ที่ได้จากนาฬิกาอะตอมเชิงแสงจะเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญให้กับประเทศไทย นำไปใช้งานในด้านการสื่อสารโทรคมนาคม (5G network) (รักษาเวลาของ cell site ให้ตรงกัน) ระบบ (ลงเวลา) การทำธุรกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Financial Technology) ระบบโครงข่ายพิกัดพิกัดหลักฐานแห่งชาติ (ในการรังวัดที่ดิน) เป็นต้น

๔. การนำนาฬิกาอะตอมเชิงแสงไปใช้งานนาฬิกาอะตอม

ปัจจุบันใช้นาฬิกาอะตอมซีเซียมเป็นมาตรฐานเวลาและความถี่ของประเทศไทย UTC [NIMT] คลาดเคลื่อน ๑ วินาทีในระยะเวลาหนึ่งร้อยล้านปีในอนาคตโครงการวิจัย Ytterbium Ion Clock จะได้นาฬิกาอะตอมสมรรถนะสูง เป็นมาตรฐานเวลาและความถี่ของประเทศไทย โดยจะมีความคลาดเคลื่อน ๑ วินาที ในระยะเวลาหนึ่งพันล้านปี พิกัดและเวลามาตรฐาน สถานีเวลาที่สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ เป็นการเทียบเวลาระหว่างประเทศด้วย GNSS พร้อมบ่งชี้คุณภาพของผลการวัด การประยุกต์ใช้พิกัด และเวลามาตรฐานประเทศไทยเพื่อประเมินความเสียหายในพื้นที่เสี่ยงภัยที่ลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ร่วมกับการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย กระทรวงมหาดไทย สถาบันสารสนเทศทรัพยากรน้ำ (องค์การมหาชน) และกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

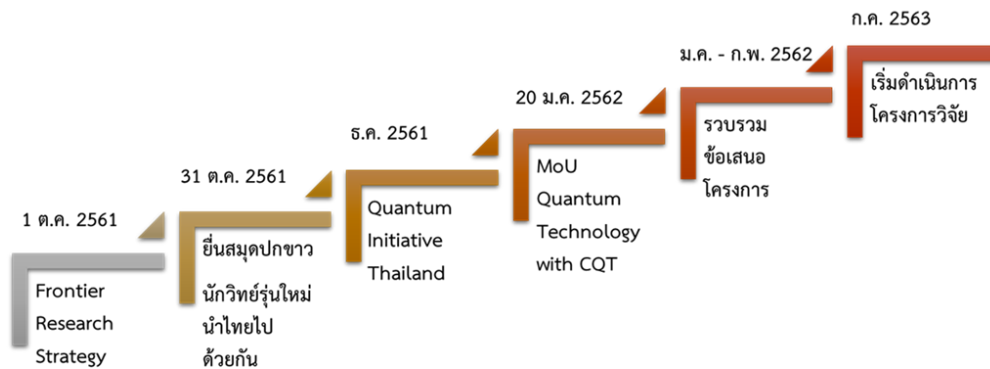
การเปรียบเทียบเวลาผ่านอินเทอร์เน็ต ผู้ใช้งานได้แก่

- สำนักพระราชวัง
- ธนาครแห่งประเทศไทย
- ตลาดหลักทรัพย์
- บริษัทวิทยุการบิน
- การทำอากาศยานแห่งประเทศไทย
- กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ
- กองบัญชาการกองทัพไทย
- สำนักงานพัฒนาธุรกรรมทางอิเล็กทรอนิกส์ (สพธอ.) และ สำนักงานพัฒนารัฐบาลดิจิทัล (องค์การมหาชน) (สพร.)
- Laos Standard Time
- ระบบโทรคมนาคม

การปรับเทียบเวลาผ่านวิทยุ (FM-RDS) กระจายสัญญาณเวลามาตรฐานประเทศไทย ผ่านสถานีวิทยุของกองทัพอากาศและอสมท. จำนวน ๔๐ สถานี ทั่วประเทศไทย ผู้ใช้งานได้แก่

- กรมสื่อสารทหารอากาศ
- กองทัพอากาศ
- เวลาบนวิทยุติตรถยนต์
- นาฬิกาในระบบ FM-RDS

๕. แผนควอนตัมประเทศไทย (Quantum Initiative Thailand)



ช่วงปลายปี ๒๕๖๑ ได้มีการรวมกลุ่มของนักวิจัยในไทยเพื่อร่วมกันร่างข้อเสนองานวิจัยทางด้าน Quantum Technology ภายใต้ข้อเสนอโครงการวิจัยการสร้างและเสริมความแข็งแกร่งระบบนิเวศแบบบูรณาการสำหรับการวิจัยทางเทคโนโลยีควอนตัมระดับประเทศ โดยมี รศ.ดร.วรวุฒิ นีวีนา คณบดีสำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย ได้รับทุนวิจัยในปีแรก จำนวน ๖๒.๖๔ ล้านบาท จากหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนากำลังคน และทุนด้านการพัฒนาสถาบันอุดมศึกษา การวิจัยและการสร้างนวัตกรรม โดยมุ่งเน้นงานวิจัย ๓ ด้านคือ (๑) Quantum Metrology and Sensing (๒) Quantum Communication (๓) Quantum Simulation and Algorithm

๖. สรุป

- เมื่อวันที่ ๒๐ มกราคม ๒๕๖๒ สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เสด็จพระราชดำเนินไปยังศูนย์เทคโนโลยีควอนตัม มหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์ ทรงเป็นประธานในการลงนามความร่วมมือด้านการวิจัยทางด้านเทคโนโลยีควอนตัม ระหว่างสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติกับมหาวิทยาลัยแห่งชาติสิงคโปร์ (NUS : National University of Singapore)
- ภารกิจมุ่งเน้นการพัฒนาบุคลากรในสาขาเทคโนโลยีควอนตัมเพื่อสนับสนุนงานวิชาการและภาคอุตสาหกรรม และงานวิจัยทางด้านเทคโนโลยีควอนตัม ๓ ด้าน คือ Quantum Communication, Quantum Computing และ Quantum Metrology/Precision Measurement
- ประเทศไทยและประเทศสิงคโปร์จะร่วมกันวิจัยและพัฒนาภาคต่อมเพื่อใช้เป็นนิยามของหน่วยวินาทีในอนาคตของประเทศไทย รวมทั้งการพัฒนาศูนย์ด้านเทคโนโลยีควอนตัมระยะเวลา ๗ ปีงบประมาณฝ่ายไทย ๘๓.๓๘ ล้านบาท
- สิ่งที่ประเทศไทยได้รับคือ (๑) เป็นส่วนหนึ่งของการกำหนดนิยามของหน่วยวินาที (๒) งานวิจัยไทยเป็นที่ยอมรับในเวทีนานาชาติ (๓) สร้างนักวิจัยและนักศึกษาไทยที่มีคุณภาพและมีศักยภาพในการทำงานวิจัยเทียบเคียงสถาบันวิจัยชั้นนำ (๔) ความถี่ที่ได้จากนาฬิกาอะตอมเชิงแสงจะเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญให้กับประเทศไทย นำไปใช้งานใน

ด้านการสื่อสารโทรคมนาคม (5G network) ระบบการทำธุรกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Financial Technology) ระบบ
โครงข่ายพิกัดพิกัดหลักฐานแห่งชาติ เป็นต้น

- นาฬิกาที่พัฒนาใหม่นี้จะแม่นยำกว่านาฬิกาซีเซียมของประเทศในปัจจุบันถึง ๑๐,๐๐๐ เท่า ให้ประโยชน์หลากหลาย
แก่งานต่าง ๆ ในประเทศไทย

๗. ประเด็นเสนอต่อที่ประชุม

เพื่อรับทราบผลการดำเนินงานปี ๒๕๖๓ และเห็นชอบแผนการดำเนินงานปี ๒๕๖๔
