

แบบฟอร์มข้อเสนอแผนงานวิจัยเชิงหลักการ (Concept Proposal)
ประกอบการเสนอของงบประมาณ ด้านวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม

ข้อเสนอแผนงานวิจัยเชิงหลักการ (Concept Proposal)

รหัสโครงการ: 1318740

รหัสข้อเสนอการวิจัย: 25649999011559

สถานะงาน: PMU ได้รับข้อเสนอโครงการแล้ว
(14)

คำของบประมาณ Strategic Fund

แพลตฟอร์ม (Platform) 1. การพัฒนากำลังคนและสถาบันความรู้

โปรแกรม (Program) P5 ส่งเสริมการวิจัยขั้นแนวหน้า และการวิจัยพื้นฐานที่ประเทศไทยมีศักยภาพ

แผนงานหลัก ส่งเสริมการวิจัยขั้นแนวหน้า และการวิจัยพื้นฐานที่ประเทศไทยมีศักยภาพ (หน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนากำลังคน และทุนด้านการพัฒนาสถาบันอุดมศึกษา การวิจัยและการสร้างนวัตกรรม (บพค.))

แผนงานย่อย แผนงานสร้างโอกาสและความสามารถในการเข้าสู่ยุคเทคโนโลยีควอนตัม

เป้าหมาย (Objective) O1.5a พัฒนาระบบนิเวศการวิจัยพื้นฐานและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่ส่งเสริมและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยและนวัตกรรม

ผลสัมฤทธิ์ที่สำคัญ (Key Result) KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ

ชื่อโครงการวิจัย

(ภาษาไทย) ระบบนิเวศควอนตัมที่ยั่งยืน

(ภาษาอังกฤษ) Sustainable quantum ecosystem

งบประมาณเสนอขอ 2,139,164,238 บาท

ลักษณะโครงการวิจัย

ประเภทโครงการ ชุดโครงการวิจัย

โครงการใหม่ ดำเนินงานจำนวน 3 ปี

โครงการย่อย

โครงการภายใต้แผนงานวิจัย

ลำดับ	รหัสโครงการ	ชื่อโครงการ	หัวหน้าโครงการ	งบเสนอขอ (บาท)
1	1318748	การคำนวณควอนตัม (Quantum Computing)	วราณท์ อนุกุล	1,200,000,000
2	1318750	อุทยานซอฟต์แวร์ (Software Park)	ประภาส จงสฤษดิ์วัฒนา	78,464,238
3	1318752	ระบบเซ็นเซอร์ควอนตัมรวม (Integrated Quantum Sensing System)	รศ.ดร. อนุชา วัชรภาสกร	281,800,000
4	1318755	อินโนเวตไทยแลนด์ (Innovated in Thailand)	นายระดม พงษ์วุฒิธรรม	524,300,000
5	1318758	การศึกษาควอนตัม (Quantum Education)	นายณฤพนธ์ ฉัตรวิบูล	24,600,000

งบประมาณของแผนงานวิจัย

ประเภทงบประมาณ	รายละเอียด	ปี64	ปี65	ปี66	รวม
งบดำเนินงาน -งบบริหาร แผนงานวิจัย	ค่าเดินทางติดต่อ ติดตามผล ประชุมและ ประชาสัมพันธ์ ฯลฯ	10,000,000	10,000,000	10,000,000	30,000,000
รวม(บาท)		10,000,000	10,000,000	10,000,000	30,000,000

รายละเอียดของคณะผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล	ตำแหน่งในโครงการ	สัดส่วนการมีส่วนรวม
ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ดร. ถิรพัฒน์ วิลัยทอง หน่วยงาน : สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา(สกอ.) สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและ วิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การตรวจสอบของ วช. : ตรวจสอบเลขบัตรแล้ว โดยเจ้าหน้าที่ วช.	ที่ปรึกษาโครงการ	5.00
ดร. ประพงษ์ คล้ายสุบรรณ์ หน่วยงาน : สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) - การตรวจสอบของ วช. : ตรวจสอบเลขบัตรแล้ว โดยเจ้าหน้าที่ วช.	ที่ปรึกษาโครงการ	5.00
รศ.ดร. สัมพันธ์ สิงห์ราชวรพันธ์ หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ศูนย์บริหารงานวิจัย การตรวจสอบของ วช. : ตรวจสอบเลขบัตรแล้ว โดยเจ้าหน้าที่ วช.	ที่ปรึกษาโครงการ	5.00
ผศ.ดร. วรานนท์ อนุกุล หน่วยงาน : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คณะวิทยาศาสตร์ การตรวจสอบของ วช. : ตรวจสอบเลขบัตรแล้ว โดยเจ้าหน้าที่ วช. สถานะการติดค้าง : 1 โครงการ	ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หรือ ชุดโครงการวิจัย	65.00

หลักการและเหตุผล (ปัญหา/ความจำเป็น/ความต้องการ)

• ปัญหา/ประเด็นหลักที่เกิดผลกระทบ/แนวทางการจัดการ

ประเทศไทยมีประสบการณ์ในการกระตุ้นของเศรษฐกิจอย่างต่อเนื่องในช่วงสามทศวรรษที่ผ่านมา เศรษฐกิจของประเทศเปิดตัว อย่างรวดเร็ว และนักลงทุนจากประเทศอุตสาหกรรมแสดงความสนใจที่จะมาเปิดสถานประกอบการในลักษณะของเทคโนโลยีขั้นสูงในประเทศ แต่ยังมีจุดอ่อนหลายประการที่ทำให้ฐานเศรษฐกิจของไทยขาดความมั่นคงและไม่ยั่งยืน หนึ่งในนั้นที่อาจสำคัญที่สุดก็คือ การไม่มีเทคโนโลยีเป็นของตนเอง ผลจากการศึกษาของสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ พบว่า ความสามารถในการด้านนวัตกรรมของประเทศไทยอยู่ในระดับของการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเป็นหลัก ผ่านกรรมวิธีเชิงเคมีที่ไม่ซับซ้อน ทำให้เกิดการลอกเลียนแบบได้ง่าย ใกล้เคียงกับประเทศฟิลิปปินส์และอินโดนีเซีย แต่ต่ำกว่ามาเลเซียที่กำลังก้าวจากการใช้ประสิทธิภาพการผลิตไปสู่การใช้นวัตกรรมเป็นหลัก พร้อมไปกับเกาหลีใต้และไต้หวัน ที่สร้างการเจริญเติบโตแบบก้าวกระโดดด้วยการลงทุนในนวัตกรรม ในขณะที่สิงคโปร์เป็นประเทศ นวัตกรรมอย่างเต็มรูปแบบ อัตราการขยายตัวของประสิทธิภาพการผลิตรวม Total Factor Productivity (TFP) ด้วยทุนทางปัญญา (Intellectual Capital) หรือนวัตกรรมของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2561-62 อยู่ในระดับไม่สูง และยังไม่มีความหนักแน่นต่อการเพิ่มของการขยายตัวของเศรษฐกิจของไทย ความจริง ๆ กลาง ๆ ของผลกระทบเชิงนวัตกรรมนี้ ทำให้ประเทศไทยต้องอยู่ในสถานะที่เรียกว่า Nut Cracker กล่าวคือไม่สามารถแข่งขันด้านแรงงานกับประเทศที่ใช้แรงงานไม่มีทักษะและราคาถูก กับกลุ่มประเทศที่อยู่ด้านล่างของ S-curve เช่น อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ กัมพูชาและกัมพูชาและไม่สามารถแข่งขันด้วยทุนทางปัญญาเพื่อเพิ่มศักยภาพและรายได้เปรียบเทียบในการแข่งขัน กับกลุ่มประเทศที่อยู่ด้านบนของ S-curve เช่น จีน สิงคโปร์ ญี่ปุ่น เป็นต้น

สาเหตุที่ประเทศไทยยังติดกับดักรัฐที่มีรายได้ปานกลางก็เพราะว่า โครงสร้างการผลิตของไทยกระจุกตัวอยู่ที่กิจกรรมที่มีมูลค่าเพิ่มต่ำและใช้แรงงานที่มีทักษะน้อย และเป็นฐานการผลิตให้กับต่างชาติ แต่ให้ความสำคัญน้อยเกินไปกับการพัฒนาเทคโนโลยีขั้นสูงภายในประเทศ ที่ต้องอาศัยทักษะหลากหลายและการทำงานเชิงบูรณาการ ความรู้ที่เกิดขึ้นจากการวิจัยและพัฒนาของไทยก็ไม่ถูกนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ เพราะในอดีตการลงทุนวิจัยและพัฒนาไม่ได้คำนึงถึงความต้องการของภาคการผลิต ยิ่งไปกว่านั้นคุณภาพของงานวิจัยยังไม่มีดีพอ เนื่องจากขาดแคลนนักวิจัยและพัฒนาที่มีสมรรถนะสูง เป็นอุปสรรคต่อการปรับฐานการผลิตของประเทศไทยเพื่อให้สามารถพึ่งพาตนเองได้ในยุคสมัยแห่งเทคโนโลยีพลิกโฉมฉบับพลัน ในฐานะของเทคโนโลยีอุบัติใหม่ที่ได้รับการลงทุนทั่วโลกหลายหมื่นล้านบาทต่อปี เทคโนโลยีควอนตัม ซึ่งเป็นหนึ่งในผู้เล่นหลักในการกำหนดอนาคตและบทบาทของประเทศไทยในระบบเศรษฐกิจโลก อีกทั้งยังถูกจัดให้เป็น S-curve ชุดที่สองต่อขึ้นไปจาก เศรษฐกิจชีวภาพหมุนเวียนและเศรษฐกิจสีเขียว (Bio-Circular-Green Economy) ที่จะช่วยรักษาอัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจให้ต่อเนื่อง จึงเป็นเทคโนโลยีขั้นสูงที่ประเทศไทยต้องให้ความสำคัญ

ปัจจุบันงานวิจัยในสาขาวิทยาศาสตร์ควอนตัมมีความสนใจไปยุคควอนตัม 2.0 ที่สามารถบังคับควบคุมสถานะและอันตรกิริยาของหน่วยควอนตัม เช่น อะตอมและโฟตอน ได้อย่างแม่นยำ การปรากฏตัวของเซนเซอร์ควอนตัม การสื่อสารควอนตัม และเครื่องคำนวณควอนตัมซึ่งเริ่มมีให้เห็นในปัจจุบันบ้างแล้ว กำลังเอื้ออำนวยให้การวิวัฒนาการไปสู่เทคโนโลยีพลิกโฉมฉบับพลัน (disruptive technologies) อุบัติขึ้นด้วยอัตราเร่งมากกว่าเทคโนโลยีที่เคยมีมาในโลกทั้งหมดรวมกัน ความเป็นศูนย์กลางการขับเคลื่อนเทคโนโลยีอื่น ๆ ทั้งหมดที่จำเป็นสำหรับการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 (Thailand 4.0) ให้ทำงานได้อย่างเต็มศักยภาพของเทคโนโลยีควอนตัมนี้ เป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุค internet of things ที่ต้องจัดการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณมหาศาล (เครื่องคำนวณควอนตัม) อย่างปลอดภัย (การสื่อสารควอนตัม) ในโครงสร้างที่ผสมระบบดิจิทัลกับระบบกายภาพ (เซนเซอร์ควอนตัม) และชีวภาพ (ผู้ใช้งาน) อย่างกลมกลืน การออกแบบยาใหม่ ๆ ให้เร็วเท่าทันกับอัตราการกลายพันธุ์ของจุลชีพก่อโรค การเห็นและศึกษาระเบียงในระดับอะตอม การออกแบบและสังเคราะห์โปรตีนที่ไม่มีในธรรมชาติ การปรับเปลี่ยนโครงสร้างเซลล์ร่างกายมนุษย์เพื่อยืดอายุขัยหรือก่อให้เกิดความไม่เป็นโรค การออกแบบวัสดุที่มีสมบัติเฉพาะทาง หรือ อรรถประโยชน์สำหรับการใช้งานบนโลกและสภาวะรุนแรงในอวกาศ การคำนวณที่รวดเร็วอย่างสุดจินตนาการอันจะทำกำไรมากกว่าในระยะเวลาอันสั้นกว่าซึ่งจะตัดสินผู้ชนะในตลาดหลักทรัพย์ ความสามารถในการจัดการกับข้อมูลขนาดใหญ่อย่างรวดเร็วที่จะทำให้เกิดการล่มสลายของเศรษฐศาสตร์แบบดั้งเดิมที่อาศัยแบบจำลองในการคาดเดาตลาด การจะพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทยอย่างยั่งยืนตามนโยบาย Thailand 4.0 จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ประเทศไทยจะต้องมีเทคโนโลยีระดับสูงด้านเทคโนโลยีควอนตัมของตนเองเพื่อให้สามารถบรรลุผลกระทบแบบพลิกโฉมดังกล่าว สิ่งนี้กระทำได้โดยอาศัยงานวิจัยแบบบูรณาการจากนักวิจัยหลากหลายสาขาที่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใช้งานและภาคธุรกิจ จนในที่สุดโครงข่ายความเกี่ยวเนื่องและเชื่อมโยงที่ซับซ้อนจะประกอบกันขึ้นเป็นระบบนิเวศการวิจัยพื้นฐานและการวิจัยขั้นแนวหน้าซึ่งส่งเสริมและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัยและนวัตกรรม อันจะเป็นหลักประกันความเป็น Thailand 4.0 ได้อย่างเข้มแข็ง

ระบบนิเวศควอนตัมที่ยั่งยืน (sustainable quantum ecosystem) ดังกล่าว จะผสมผสานเทคโนโลยีควอนตัม 2.0 เข้ากับเทคโนโลยีที่สำคัญทั้งหมด เช่น ควอนตัม 1.0 ปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence, AI) การเรียนรู้จักรกล (machine learning) จนถึงระเบียบวิธีการทางชีวภาพ เศรษฐศาสตร์ และสังคมศาสตร์ อันจะสนับสนุนการทำงานแบบมีเป้าหมายของบุคลากรเหล่านี้ ทั้งในด้านทุน อุปกรณ์การวิจัย การผลิตนวัตกรรมระดับสูง และการเพิ่มจำนวนนักวิจัยผ่านหลักสูตรวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมควอนตัม นอกจากนี้ยังจะเปิดโอกาสให้นักวิจัยได้ทำงานอย่างเต็มความสามารถเพื่อนำเอาองค์ความรู้มาสร้างนวัตกรรมฐานเทคโนโลยีควอนตัมให้เป็นรูปธรรมและก่อให้เกิดผลกระทบเชิงบวกกับสังคม ให้เคียงบ่าเคียงไหล่พร้อมกับโลกในยุคสมัยแห่งควอนตัมนี้

หมายเหตุ ควอนตัม 1.0 คือยุคของอิเล็กทรอนิกส์ ทรานซิสเตอร์ ระบบสร้างภาพจากการสั่นพ้องของคลื่นสนามแม่เหล็ก (MRI) เครื่องถ่ายภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ (Computed Tomography) ฯลฯ ที่อาศัยปรากฏการณ์ผลรวมกลุ่ม (collective phenomena) ของหน่วยควอนตัม

• แนวทางการดำเนินการ

การดำเนินงานจะเป็นรูปแบบของเครือข่ายวิจัยพหุวิทยาการที่มีการออกแบบโครงการวิจัยโดยอาศัยความต้องการของผู้ใช้ (demand-based) และขนาดของผลกระทบ โดยในเบื้องต้นจะประกอบไปด้วย 13 สถาบันการศึกษา และ 9 สถาบันวิจัย (ดูหัวข้อ หน่วยงานร่วมดำเนินงาน) ซึ่งล้วน

เป็นหน่วยงานที่มีความพร้อมเชิงวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ที่จำเป็นต้องใช้ในทุก 5 โครงการวิจัยย่อย กล่าวคือ การคำนวณควอนตัม (Quantum Computing) อุทยานซอฟต์แวร์ (Software Park) ระบบเซ็นเซอร์ควอนตัมรวม (Integrated Quantum Sensing System) อินโนเวตไทยแลนด์ (Innovated in Thailand) และการศึกษาคอนตัม (Quantum Education) ชุดโครงการวิจัยระบบนิเวศควอนตัมที่ยั่งยืนนี้ ได้เลือกใช้ระบบเชิงกายภาพที่เหมาะสมกับศักยภาพการประยุกต์ ความเป็นจุดแข็งของประเทศ และความสามารถในการพัฒนาต่อยอดเทคโนโลยีได้ ดังสรุปได้ตามตารางที่ 1 โดยมีแผนยุทธศาสตร์ทั้งในระยะสั้นและระยะยาวที่ต่อเนื่อง เช่น แผนการใช้คอมพิวเตอร์ IBM Q เพื่อจัดการกับปัญหาที่ย่อยากซับซ้อนเพื่อสร้างผลกระทบเชิงเศรษฐกิจและสังคมซึ่งทีมวิจัยมีความพร้อมที่จะสามารถกระทำได้ทันที แผนการสร้างเซ็นเซอร์ควอนตัมในด้านที่เร่งด่วน และแข่งขันได้ แผนการรวมซอฟต์แวร์ควอนตัมที่พัฒนาขึ้นมาเป็นเทคโนโลยีของตนเอง แผนการแลกเปลี่ยนแบ่งปันทรัพยากรบุคคลระหว่างสถาบันเพื่อเติมเต็มกระบวนการขั้นตอนวิจัย แผนการแชร์โครงสร้างพื้นฐานด้านเครื่องมือ กล่าวคือ ออกแบบ ผลิต และขึ้นรูป จนกระทั่งองค์ความรู้ และต้นแบบระดับห้องปฏิบัติการได้รับการพัฒนาไปเป็นนวัตกรรมฐานเทคโนโลยีควอนตัม และแผนจัดการกระบวนการบ่มเพาะเชิงธุรกิจ ทั้งนี้การดำเนินงานเพื่อให้ได้ระบบนิเวศควอนตัมที่ทำงานได้ ยังรวมถึง แผนงานในการผลิตนักวิจัยที่มีองค์ความรู้และความสามารถทางเทคโนโลยีควอนตัม และแผนการบริหารกำลังนักวิจัยที่ต่อเนื่องจนสามารถสนับสนุนกิจกรรมวิจัยแบบเครือข่ายให้มีความยั่งยืน อันจะทำให้เกิดความเกี่ยวพัน การสนับสนุนกันและกันบนทรัพยากรอันจำกัด และก่อให้เกิดความเชื่อมโยงระหว่างโครงการย่อยและกลุ่มวิจัยต่าง ๆ ให้สามารถผลิตผลงานที่ต้องการทักษะหลากหลายขั้นสูง และมีผลกระทบสูงได้อย่างต่อเนื่อง

ผลที่คาดว่าจะได้รับที่สามารถวัดได้และระยะเวลาที่จะเกิดผล

1. เครือข่ายนักวิจัยเทคโนโลยีควอนตัม ผู้ใช้งาน และผู้ประกอบการ 1 เครือข่าย ในปี ที่ 1
2. หลักสูตรการศึกษาเทคโนโลยีควอนตัมเพื่อผลิตวิศวกรควอนตัม 1 หลักสูตร ในปี ที่ 2
3. โรงประลองเชิงวิศวกรรมเพื่อสร้างนวัตกรรมฐานเทคโนโลยีควอนตัม ในปี ที่ 2
4. อุทยานซอฟต์แวร์สำหรับอุปกรณ์ควอนตัม 1 แห่ง ในปี ที่ 3
5. ระบบเซ็นเซอร์ควอนตัมรวม (หลายเซ็นเซอร์) 1 ระบบ ในปี ที่ 4
6. คอมพิวเตอร์ควอนตัมแบบสภาพนำยวดยิ่งขนาด 100 คิวบิตที่โปรแกรมได้ 1 เครื่อง ในปี ที่ 5

กรอบการวิจัย

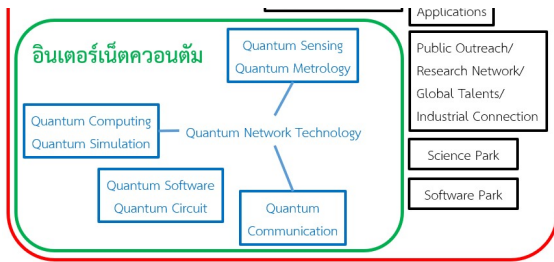
เครือข่ายเน็ตเวิร์กควอนตัม (quantum network) เป็นส่วนสำคัญในระบบการสื่อสารควอนตัม (quantum communication) และคำนวณควอนตัม (quantum computing) ซึ่งจะทำหน้าที่รับส่งข้อมูลในรูปแบบบิตควอนตัม (quantum bit) ระหว่างหน่วยประมวลผลควอนตัม (quantum processor) เน็ตเวิร์กควอนตัมย่อยในแต่ละที่จะสื่อสารกันและประกอบเข้าเป็นอินเทอร์เน็ตควอนตัม (ภาพที่ 1) เนื่องจากอินเทอร์เน็ตควอนตัมไม่ต้องการหน่วยประมวลผลควอนตัมขนาดใหญ่จึงทำให้มีความเป็นไปได้สูงที่จะสามารถใช้งานได้จริงในไม่กี่ปีข้างหน้า ด้วยเหตุที่ว่าข้อมูลควอนตัมจะไม่สามารถถูกคัดลอกทั้งการคำนวณควอนตัม การจำลองควอนตัม (quantum simulation) และการวัดเชิงควอนตัมรูปแบบต่าง ๆ (quantum sensing and metrology) ทั้งหมดดังกล่าวจึงประกอบเป็น 3 เสาหลักของเทคโนโลยีควอนตัม 2.0 ที่จะทำให้วิทยาศาสตร์ควอนตัมมีโอกาสนำไปใช้ได้ (ดูภาพที่ 1)

อย่างไรก็ดี การทำให้ภาพในความคิดเกิดเป็นจริงขึ้นได้จำเป็นต้องมี ภาคสนับสนุนจาก ผู้ใช้งานที่ปลายทาง นักเขียนอัลกอริทึมควอนตัม นักออกแบบวงจรควอนตัม การบริหารการศึกษาเพื่อเตรียมกำลังนักวิจัยควอนตัม การสื่อสารกับสาธารณะและภาคอุตสาหกรรม และที่ขาดไม่ได้เลยคือ นักวิศวกรที่มีทักษะในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีควอนตัม 1.0 อันเป็นเทคโนโลยีต้นกำเนิดของโลกแห่งซิลิกอนและระบบดิจิทัลซึ่งถือว่าการปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 3 ในอดีต ชุดโครงการวิจัยนี้จึงถูกออกแบบมาเพื่อดำเนินงานผ่านเครือข่ายวิจัยเครือข่ายวิจัยพหุวิทยาการในการสร้างทีมวิจัยแกนนำภายใน 22 สถาบันภาคี เพื่อเติมเต็ม ทั้ง 3 เสาหลัก และ 4 ภาคสนับสนุน ให้สามารถปฏิบัติการกิจวิจัยร่วมกันอันจะก่อให้เกิด ระบบนิเวศควอนตัมที่ยั่งยืน (sustainable quantum ecosystem) ภายในระยะเวลาดำเนินการ 3-5 ปี อันจะทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางที่จะเร่งการอุบัติของเทคโนโลยีใหม่ทั้งหมด ที่จะช่วยขับเคลื่อนโลกสู่การปฏิวัติอุตสาหกรรมครั้งที่ 4 ในเร็ววันนี้

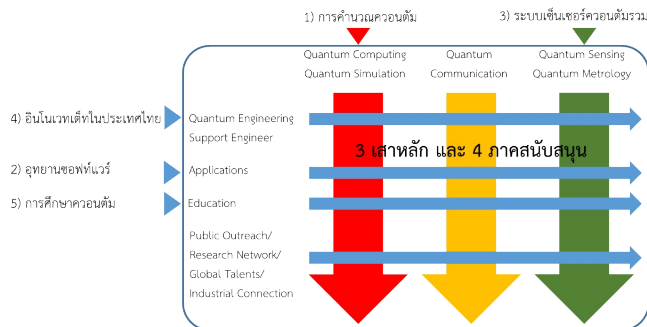
ระบบนิเวศควอนตัมที่ยั่งยืน

Quantum Engineering
Support Engineer

Education



ภาพที่ 1 แสดงความเชื่อมโยงของงานวิจัยแกนหลักภายใต้ขอบเขตของอินเทอร์เน็ตควอนตัม (กรอบใน) ซึ่งจะประกอบเข้ากับส่วนสนับสนุนเพื่อให้ได้ระบบนิเวศควอนตัม (กรอบนอก)



ภาพที่ 2 แสดงโครงสร้างของงานวิจัยและพัฒนาด้านเทคโนโลยีควอนตัมในประเทศไทย (ในกรอบ) และโครงการวิจัยย่อย จำนวน 5 โครงการ เพื่อเติมเต็ม ทั้ง 3 เสาหลัก และ 4 ภาคสนับสนุน (นอกกรอบ) อ้างอิงตาราง 1

ชุดโครงการวิจัยประกอบไปด้วย 5 โครงการย่อย ประหนึ่งเป็นจิ๊กซอว์ประกอบกันขึ้นเป็นภาพใหญ่ นั่นก็คือ ระบบนิเวศควอนตัมที่ยั่งยืน โดยมีหน้าที่สำคัญดังนี้

1. โครงการวิจัยย่อย การคำนวณควอนตัม (Quantum Computing) เพื่อจัดตั้งเครือข่ายและห้องวิจัยการคำนวณควอนตัมแบบสภาพนำยวดยิ่ง ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่มีศักยภาพสูงที่บริษัทยักษ์ใหญ่ เช่น Google IBM D-wave ใช้เป็นเทคโนโลยีฐานในการสร้างคอมพิวเตอร์ควอนตัม อย่างไรก็ตาม ด้วยระยะเวลาคาดหวังถึงการสร้างผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมที่ยังประเมินได้ยาก ประเทศไทยจำเป็นต้องมีเป้าหมายการประยุกต์ใช้ในระยะสั้นและระยะกลาง นั่นก็คือ การคำนวณควอนตัมขั้นรองและระบบหลายหน่วยประมวลผล (noisy Intermediate-scale quantum computing and multiprocessing system) และการจำลองควอนตัม (quantum simulation) ที่สามารถสร้างขึ้นมาโดยใช้เวลาเพียง 3-5 ปี งานวิจัยดังกล่าวจะใช้วงจรสภาพนำยวดยิ่ง และระบบบอตะมเย็นเป็นระบบทางกายภาพหลัก โดยจะมีการเชื่อมโยงกันผ่านทีมวิจัยด้านการออกแบบวงจรควอนตัม (quantum circuit) ซึ่งจะสัมพันธ์กับกระบวนการควบคุมและเรียกข้อมูลเชิงกายภาพ (quantum gate operation and readout) อันเป็นภาษาการคำนวณระดับล่างสุด
2. โครงการย่อย อุทยานซอฟต์แวร์ (Software Park) จะเอื้อให้เกิดชุมชนนักประยุกต์ใช้งานตั้งแต่ระดับการออกแบบอัลกอริทึมควอนตัม ซอฟต์แวร์ควอนตัม จนกระทั่งการสร้างและรวบรวมซอฟต์แวร์ควอนตัมที่พัฒนาขึ้นมาให้เป็นกลุ่มก้อนเทคโนโลยีของตนเอง (Quantum Software Library) ให้เหมาะสมกับระบบฮาร์ดแวร์ที่พัฒนาคู่ขนานกันไปในประเทศไทย ซึ่งเป็นส่วนจำเป็นต่อการใช้งานคอมพิวเตอร์ควอนตัม และทุกอุปกรณ์ควอนตัมทุกชนิดในทั้ง 3 เสาหลัก (ภาพที่ 2) อย่างไรก็ตาม เพื่อส่งเสริมให้เกิดความตระหนักกับสังคม และส่งเสริมความเชี่ยวชาญพิเศษเฉพาะด้านของนักวิจัย จึงได้เกิดโครงการจัดตั้งเครือข่ายและห้องวิจัยหุ่นส่วนกับเครือข่ายไอบีเอ็มคิว (Establishment of Thailand academic partner in the IBM Q Network) เพื่อให้สามารถเข้าใช้คอมพิวเตอร์ควอนตัมขนาด 53 คิวบิตของบริษัท IBM โดยมุ่งหวังไปที่การประยุกต์ใช้งานในด้าน การออกแบบตัวยานชนิดใหม่ การคาดการณ์ภาวะพลิกผันของตลาดหลักทรัพย์ การเงิน และเชิงเศรษฐศาสตร์ ด้านโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน รวมถึงการยกเทคโนโลยีควอนตัมขึ้นไปอีกระดับด้วยกระบวนการปัญญาประดิษฐ์ (artificial intelligence) และการเรียนรู้จักรกล (machine learning)
3. โครงการย่อย ระบบเซ็นเซอร์ควอนตัมรวม (Integrated Quantum Sensing System) นั้นจะประกอบไปด้วยเซ็นเซอร์ควอนตัมหลากหลายชนิดที่ถูกคัดเลือกมาตามขนาดของผลกระทบคาดหวังเชิงการแพทย์ พลังงานและความมั่นคง และความสามารถในการรวมกันเข้าร่วมกันทำงาน

เป็นระบบเดียว ซึ่งได้พิจารณาจากระบบทางการภาพและเทคโนโลยีฐานที่ต้องใช้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประดิษฐ์อุปกรณ์ตรวจสอบจับสัญญาณที่มีความไวสูงอันเนื่องมาจากปรากฏการณ์เชิงควอนตัมที่เกี่ยวข้องกับแต่ละระบบ และพัฒนาเซ็นเซอร์ควอนตัมรวมแบบเคลื่อนที่ได้ ตัวอย่างเช่น เครื่องวัดสนามแม่เหล็กเชิงอะตอมแบบพกพา และเครื่องวัดความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกด้วยอะตอมแบบเคลื่อนย้ายได้ จะสามารถทำงานร่วมกันในการสำรวจและนำทางแบบตรวจจับไม่ได้ที่รู้จักกันในชื่อของเข็มทิศควอนตัม (quantum compass) เป็นต้น แม้จะมีทิศทางในการประยุกต์ใช้เซ็นเซอร์ควอนตัมที่หลากหลายตามที่ทีมวิจัยได้เสนอไว้ แต่เทคโนโลยีฐานนั้นไม่ได้มีความแตกต่างประการใดกับ โครงการวิจัยย่อย การคำนวณควอนตัม (Quantum Computing) เพราะต่างก็ต้องใช้งานสถานะควอนตัม (superposition state and entangled state) ต้องเริ่มต้นจากการสร้างบิตควอนตัมเดี่ยว และต้องพัฒนาอัลกอริทึมควอนตัมขึ้นมาเพื่อเป็นระบบปฏิบัติการ เฉกเช่นเดียวกัน นอกจากนี้ ยังได้วางแผนกิจกรรมเพื่อพัฒนาวัสดุควอนตัมสำหรับเซ็นเซอร์ควอนตัมอีก 3 กิจกรรม อันมีรากฐานมาจากการศึกษาสมบัติของวัสดุตั้งแต่ในระดับอะตอม ควอนตัมดอท เส้นลวดควอนตัม ฟิล์มบางสองมิติหรือโครงสร้างแบบวงแหวนของวัสดุกึ่งตัวนำ เพื่อใช้โครงสร้างเหล่านี้ ที่สามารถตอบสนองต่อสัญญาณที่มีความเข้มต่ำมาก ๆ เช่น สัญญาณในรูปแบบของแสง (photon) กระแสทะลุผ่าน (tunneling current) สนามแม่เหล็กและแรงโน้มถ่วง เป็นต้น ซึ่งการที่สามารถวัดสัญญาณระดับต่ำเหล่านี้ จะทำให้อุปกรณ์ดังกล่าว ถูกนำไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายแขนง โดยขึ้นอยู่กับว่าจะใช้การตอบสนองใน mode ไหนของวัสดุนั้น ๆ

4. โครงการย่อย อินโนเวทไทยแลนด์ (Innovated in Thailand) มีเป้าหมายที่จะสร้างศูนย์ออกแบบและผลิตนวัตกรรมเทคโนโลยีควอนตัมที่ทำงานร่วมกับเครือข่ายของนักฟิสิกส์เพื่อช่วยแก้ปัญหาในเชิงวิศวกรรม และเพื่อเสริมสร้างปฏิสัมพันธ์และทำงานร่วมกัน ระหว่าง นักฟิสิกส์ควอนตัม (quantum physicist) นักฟิสิกส์วิศวกรรม (engineering physicist) วิศวกรระบบ (system engineer) วิศวกรอัลกอริทึมและวงจรควอนตัม (quantum circuit and algorithm engineer) กับ วิศวกรอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูง (high-frequency electronic engineer) และ วิศวกรผลิตแผ่นไมโครชิพ (wafer fabrication engineer) อันจะส่งผลให้เกิดสิ่งประดิษฐ์จากเทคโนโลยีควอนตัมที่พร้อมใช้งานในภาคอุตสาหกรรม การค้า และบริการ งานวิจัยที่พึงพางบประมาณจากภาครัฐน้อยลงจะส่งเสริมความเป็นมืออาชีพของนักวิจัยที่ต้องสามารถแปลงการลงทุนด้านนวัตกรรมให้เกิดเป็นผลลัพธ์ให้ได้ นอกจากนี้ยังทำให้การดำเนินงานวิจัยมีความยั่งยืน (sustainability) ซึ่งจะช่วยให้ผลิตผลงานวิจัยได้อย่างต่อเนื่อง โครงการย่อยนี้ได้รวบรวมวิศวกรที่มีทักษะในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีควอนตัม 1.0 ในสถาบันการศึกษาและหน่วยงานวิจัย ผ่านเครือข่ายพันธมิตรมหาวิทยาลัยเพื่อการวิจัย (Research University Network) ไว้มากกว่า 70 คน พร้อมทีมทำงานภาคสนับสนุนสำหรับทุกโครงการวิจัย ตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงการขึ้นอยู่กับจำนวนอุปกรณ์พื้นฐาน อุปกรณ์อำนวยความสะดวก งานวิศวกรรม ต้นแบบ และผลิตภัณฑ์ที่ศูนย์ออกแบบฯสามารถผลิต รวมถึงการสร้างระบบนิเวศของงานวิศวกรรมที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีควอนตัมเพื่อเพิ่มขีดความสามารถทางวิศวกรรมในประเทศและลดการพึ่งพาจากภายนอกผ่านการสร้างเครือข่ายเครือข่ายของศูนย์ออกแบบและผลิตนวัตกรรมเทคโนโลยีร่วมกับอุทยานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภาคเหนือ
5. โครงการการศึกษาควอนตัมมุ่งเน้นในการสร้างกำลังคนผู้สอน ผู้พัฒนาและผู้ใช้เทคโนโลยีควอนตัม, หลักสูตรและการบริหารจัดการการศึกษาที่เอื้อต่อการส่งเสริมศักยภาพบุคลากรด้านเทคโนโลยีควอนตัม เพื่อเตรียมความพร้อมด้านกำลังคนเพื่อรองรับ ระบบนิเวศควอนตัมที่ยั่งยืน ทั้งนี้ แบ่งการดำเนินงานย่อยที่แยกจากกันอย่างอิสระในช่วงต้นไปสู่การผนวกรวมกันในระยะสุดท้ายของโครงการ โดยการดำเนินโครงการประกอบด้วย การออกแบบการจัดการการศึกษาและการประเมินผล ในหลายระดับขั้นตั้งแต่ มัธยมศึกษาจนถึงอุดมศึกษา และ หลากหลายระดับการเรียนรู้ตามโครงสร้างการเรียนรู้ของบลูมส์ แบ่งเป็น 1) การใช้ ไมโครเครดิต เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ระยะสั้นด้านฟิสิกส์และเทคโนโลยีควอนตัมสำหรับนักเรียนและนักศึกษา 2) การใช้ ไมโครครีเดนเชียลส์ สำหรับส่งเสริมการพัฒนาศักยภาพครู หรือ บุคลากรด้านการศึกษาคควอนตัม 3) หลักสูตรเบื้องต้นระยะกลางและระยะยาว การสัมมนา และการประชุมวิชาการการศึกษาคควอนตัม เพื่อกระตุ้นความสนใจ ปูพื้นฐานความรู้ สร้างความเชื่อมั่น และ สร้างแรงบันดาลใจ และ 4) การประเมินผลการศึกษาคควอนตัม และ ศักยภาพผู้เรียน เพื่อนำกลับไปปรับปรุงการจัดการศึกษา และระดับขั้นการเรียนรู้จริงของผู้เรียน 5) การใช้เทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์เพื่อสร้างหลักสูตรและการประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง โดยเทคโนโลยีการจัดการศึกษาด้วยปัญญาประดิษฐ์จะเป็นส่วนหลักในเชื่อมโยงโครงการย่อยในระยะยาว

ตารางที่ 1 แสดงกิจกรรมการดำเนินงานของเครือข่ายสถาบันวิจัยที่รับผิดชอบ ทิศทางงานวิจัยด้านเทคโนโลยีควอนตัม ระบบเชิงฟิสิกส์ที่เหมาะสม และหัวหน้าโครงการ

ระบบนิเวศควอนตัมที่ยั่งยืน (Sustainable Quantum Ecosystem)				
โครงการวิจัยย่อยลำดับที่	เป้าหมาย	ระบบทางกายภาพ	กิจกรรมวิจัย	หน่วยงานรับผิดชอบ
1) การคำนวณควอนตัม (Quantum Computing) (CMU+CU+MUT+NARIT+SLRI) ผศ.ดร.วรานนท์ อนุกุล	1) โครงการจัดตั้งเครือข่ายและห้องวิจัยการคำนวณควอนตัมแบบสภาพนำยวดยิ่ง (Establishment project for superconducting quantum computing) ผศ.ดร.วรานนท์ อนุกุล	วงจรรวมรอยต่อโจเซฟสัน	จัดตั้งห้องวิจัยการคำนวณควอนตัมแบบสภาพนำยวดยิ่ง ผศ.ดร.วรานนท์ อนุกุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
			ออกแบบและผลิตระบบทำความเย็นแบบเจือจาง $^3\text{He}/^4\text{He}$ สำหรับคอมพิวเตอร์ควอนตัมแบบสภาพนำยวดยิ่ง รศ.ดร.สมภพ ภูริวิกรัยพงศ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
			สร้างวงจรรสภาพยวดยิ่งสำหรับคอมพิวเตอร์ควอนตัมขนาด 100 คิวบิตโดยใช้เทคนิคลิโทกราฟีลำอิเล็กตรอน ดร.รุ่งเรือง พัฒนากุล	สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)
			ออกแบบและผลิตระบบอิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูงสำหรับประตูทรานซิสตรควอนตัมและการเรียกข้อมูลของหน่วยประมวลผลควอนตัม ผศ.ดร.พิเชษฐ กิจธรรา	สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
			วงจรควอนตัมสำหรับการควบคุมคิวบิตและซอฟต์แวร์ควอนตัม ศ.ดร.ประภาส จงสฤษดิ์วัฒนา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
	2) การคำนวณควอนตัมขั้นรองและระบบหลายหน่วยประมวลผล (Noisy	อะตอมเย็น	Fast algorithm for 2D single atom	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

	Intermediate-scale quantum computing and multiprocessing system) ผศ.ดร.วรานนท์ อนุกุล		rearrangement. ดร.พิมลพรรณ สัมเพชร	
		อะตอมเย็น	Delocalized Bell-state generation via interferometric Forster interaction. ผศ.ดร.วรานนท์ อนุกุล	มหาวิทยาลัย เชียงใหม่
		วงจรรวมรอยต่อโจเซฟสัน / อะตอมเย็น	Hybrid computing: nondestructive individual feedback error suppression. ผศ.ดร.วรานนท์ อนุกุล	มหาวิทยาลัย เชียงใหม่
		วงจรรวมรอยต่อโจเซฟสัน / อะตอมเย็น	Quantum circuit designs for NISQ / NISQ-MP รศ.ดร.สรพวรธรณ์ กันตะบุตร	มหาวิทยาลัย เชียงใหม่
	3) การจำลองควอนตัม (Quantum Simulation) ดร.นิธิวดี ไทยเจริญ	อะตอมเย็น	Creation and Destruction of Topological edge state in linear single atom array. ดร.นิธิวดี ไทยเจริญ	มหาวิทยาลัย เชียงใหม่
		อะตอมเย็น	Massive single atom traps for analog quantum chemistry simulation. ดร.นิธิวดี ไทยเจริญ	มหาวิทยาลัย เชียงใหม่
		วงจรซิลิคอน	Hardware Accelerator for Quantum Simulation. ผศ.ดร.เกริก ภิรมย์โสภา	จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย
2) อุทยานซอฟต์แวร์ (Software Park)	1) โครงการจัดตั้งเครือข่ายและห้องวิจัยร่วมกับเครือข่ายไอบีเอ็มคิว (Establishment of Thailand	IBM Q	Thailand Quantum Algorithm Design Network Project.	มหาวิทยาลัย เชียงใหม่

(CMU+CU) ศ.ดร.ประภาส จงสฤษดิ์วัฒนา	academic partner in the IBM Q Network.)		ศ.เกียรติคุณ ดร.ทรงศักดิ์ ศรีบุญจิตต์	
	ศ.ดร.ประภาส จงสฤษดิ์วัฒนา	IBM Q	Python-based scalable modelling and simulations to explore chemical systems for drug discovery. รศ.ดร.ปิยรัตน์ นิยมานพิกัด	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ศ.เกียรติคุณ ดร.ทรงศักดิ์ ศรีบุญจิตต์	IBM Q	Material design using IBM Q นายสุจินต์ ว่างสุยะ	มหาวิทยาลัยมหิดล
		IBM Q	Quantum finance using IBM Q รศ.ดร.เรจชัย ต้นสุชาติ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
		IBM Q	Quantum Econometrics using IBM Q ดร.วรพล ยะมะกะ	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
		IBM Q	Logistics & supply chain using IBM Q ผศ.ดร.อนันต์ ศรีสุภาพ	มหาวิทยาลัยมหิดล
	2) Quantum Software Library ผศ.ดร.ธนะศักดิ์ หมวกทองหลาง	เครื่องคำนวณคลาสสิก	Development of Quantum Software Library (for self-built quantum computing hardware) ผศ.ดร.ธนะศักดิ์ หมวกทองหลาง	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	3) Quantum AI รศ.ดร.คันสนีย์ เอื้อพันธ์วิริยะกุล	เครื่องคำนวณคลาสสิก	Quantum AI รศ.ดร.คันสนีย์ เอื้อพันธ์วิริยะกุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
		ซอฟต์แวร์	Algorithm and software for	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

			Artificial intelligence and Machine learning on quantum computers ผศ.ดร.สุกรี สิ้นธุริญโญ	
3) ระบบเซ็นเซอร์ควอนตัมรวม (Integrated Quantum Sensing System) (CMU) รศ.ดร.อนุชา วัชรภาสกร	1) โครงการพัฒนาเซ็นเซอร์ควอนตัมเคลื่อนที่ Development of Highly mobile Quantum Sensors ผศ.ดร.สุเมธ สกุลเสริมสุข	อะตอมร้อน	เครื่องวัดสนามแม่เหล็กเชิงอะตอมแบบพกพาสำหรับตรวจวัดสัญญาณแม่เหล็กจากหัวใจและสมอง ผศ.ดร.สุเมธ สกุลเสริมสุข	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
		อะตอมร้อน	การตรวจจับวัดระเบิดโดยวิธีสั่นพ้องควอดรูโพล์นิวเคลียร์ร่วมกับเทคนิคการวัดสนามแม่เหล็กเชิงอะตอม ผศ.ดร.ชัยยะ เหลืองวิริยะ	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
		อะตอมเย็น	เครื่องวัดความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกด้วยอะตอมแบบเคลื่อนย้ายได้เพื่อการสำรวจปิโตรเลียม นายณัฐนันท์ ธนสัญชัย	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
		อะตอมเย็น	เครื่องวัดสนามแม่เหล็กแบบเคลื่อนย้ายได้ด้วยการใช้สารควบแน่นโบส-ไอน์สไตน์ ดร.ธนภูมิ ภูมิรัตน์	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
		อะตอมเย็น	การสร้างเซ็นเซอร์เชิงควอนตัมวัดสนามโน้มถ่วงของโลกด้วยอินเตอร์เฟียร์โอมิเตอร์ของคลื่นสสารแบบสนามใกล้สำหรับการสำรวจ	มหาวิทยาลัยบูรพา

			ทางธรณีวิทยา มาตร วิทยา และ การเฝ้า ระวังภัยพิบัติธรรมชาติ รศ.ดร.สรายุธ เดชะ ปัญญา	
		อะตอม จำลอง	อุปกรณ์ซิลิคอนโฟโตนิก สำหรับการตรวจวัด สารชีวภาพ รศ.ดร.อุกฤษฏ์ มั่นคง	มหาวิทยาลัย เชียงใหม่
		2) โครงการพัฒนาวัสดุควอนตัมสำหรับ เซ็นเซอร์ควอนตัม Quantum material designs for integrated quantum sensing system รศ.ดร.อนุชา วัชรภาส	สสารนำ ยวดยิ่ง อุปกรณ์นาโนคอมโพสิต ตัวนำยิ่งยวดอุณหภูมิสูง โดยใช้ปรากฏการณ์โจ เซฟสันและการตรึงวอ เท็กซ์สำหรับการวัด สัญญาณในระดับต่ำ มากและการวินิจฉัย ทางการแพทย์ที่ไม่รุกราน ร่างกาย รศ.ดร.อนุชา วัชรภาส ร	มหาวิทยาลัย เชียงใหม่
			นาโนฟลูอิด ิกส์ การถอดรหัสสาย พันธุกรรมในระบบนา โนฟลูอิดิกส์โดยใช้ การทะลุผ่านเชิงควอน ตัม ผศ.ดร.นิรุฒ ผุสดี	มหาวิทยาลัย เชียงใหม่
			ผลึก เพอร์อฟสไกต์ อุปกรณ์ตรวจวัดรังสี ชนิดเพอร์อฟสไกต์ที่ถูก ออกแบบโดยกระบวนการ ทางควอนตัม รศ.ดร.ดวงมณี ว่อง รัตน์ไพศาล	มหาวิทยาลัย เชียงใหม่
4) อินโนเวทประเทศไทยแลนด์ (Innovated in Thailand) (CMU+RUN) รศ.ดร.ระดม พงษ์	1) โครงการจัดตั้งโรงประลองสำหรับ นวัตกรรมฐานเทคโนโลยีควอนตัม Establishment of fabrication laboratory for quantum-	ศูนย์ผลิตและ ขึ้นรูป	- High precision manufacturing lab - High frequency electronic	มหาวิทยาลัย เชียงใหม่

วุฒิชัยธรรม	technology-based innovation รศ.ดร.ระดม พงษ์วุฒิชัยธรรม		fabrication lab - Optic and optical coating fabrication lab - Optoelectronic fabrication lab - Vacuum and cryogenic fabrication lab - Material modification and coating lab รศ.ดร.ระดม พงษ์วุฒิชัยธรรม	
	2) โครงการออกแบบอุปกรณ์และพัฒนานวัตกรรมเพื่อเทคโนโลยีควอนตัม รศ.ดร.Matthew O T Cole	ศูนย์ออกแบบอุปกรณ์และพัฒนานวัตกรรม	- Structural Analysis Lab - Fluid and Thermal Lab - Control, Dynamic and Vibration Lab - R F a n d Electromagnetic Lab - Circuit design and Power Electronics Lab รศ.ดร.Matthew O T Cole	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
			Optimization and Artificial Intelligence Lab ศ.ดร.สุเทพ สอนใต้	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	5) การศึกษาควอนตัม (Quantum Education) (CMU+NU) ดร.นฤพนธ์ ฉัตรทิพากร	1) โครงการสร้างหลักสูตรและบริหารจัดการการศึกษาเทคโนโลยีควอนตัม ดร.นฤพนธ์ ฉัตรทิพากร	นักศึกษา-นักวิจัย 1) โครงการไมโคร-เครดิต และ ไมโคร-ครีเดนเชียลส์ สำหรับการศึกษาควอนตัม ดร.นฤพนธ์ ฉัตรทิพากร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

		นักศึกษา-นักวิจัย	2) โครงการการประเมินผลการศึกษาคอนตัมและ ศักยภาพผู้เรียน รศ.ดร.อนุชา วัชรภาสกร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
		นักศึกษา-นักวิจัย	3) โครงการปัญญาประดิษฐ์สำหรับการออกแบบหลักสูตรและการบริหารจัดการการศึกษาคอนตัม ดร.นฤพนธ์ ฉัตรทิพากร	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
		นักศึกษา-นักวิจัย	4) โครงการหลักสูตรเบื้องต้นระยะกลางและระยะยาว การสัมมนา และการประชุมวิชาการการศึกษาคอนตัม รศ.ดร.บุรินทร์ กำจัดภัย	มหาวิทยาลัยนเรศวร

หน่วยงานร่วมดำเนินการ/ภาคเอกชนหรือชุมชนที่ร่วมลงทุนหรือดำเนินการ

ชื่อหน่วยงาน/ บริษัท	ปี	แนวทางร่วมดำเนินการ	การร่วมลงทุนในรูปแบบตัวเงิน (in-cash)	การร่วมลงทุนในรูปแบบอื่น (in-kind)
สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)	2564	สร้างระบบอิเล็กทรอนิกส์ RF MW สำหรับการควบคุมและ เรียกค่าจากหน่วยประมวลผลคอนตัม	0	นักวิจัย และวิศวกรด้าน THz Technology, mechatronic, high precision machining, RF MW engineer, electromechanics
สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)	2564	สร้างหน่วยประมวลผลคอนตัมแบบสถาปัตยกรรมขนาด 5-100 คิวบิต	0	นักวิจัย และวิศวกรด้าน Optical-MW convergence, e-beam lithography, RF-MW technology, vacuum technology, cryogenic technology

มหาชน)				
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร	2564	ออกแบบและผลิตระบบทำความเย็นแบบเจือจาง 3He/4He รวมถึง feed-through และระบบควบคุม RF MW สำหรับคอมพิวเตอร์ควอนตัมแบบสภาพนำยวดยิ่ง	0	นักวิจัย และวิศวกรด้าน High-frequency electronic, refrigerating technology
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	2564	- ออกแบบและสร้างวงจรควอนตัมสำหรับการควบคุมคิวบิตและซอฟต์แวร์ควอนตัม ทำการเชื่อมต่อระหว่างภาษาระดับสูง-สร้างวงจรควอนตัม-การดำเนินการประตูตรรกะควอนตัมเชิงกายภาพ - ออกแบบโครงสร้างและระบบควบคุม วิเคราะห์ความแข็งแรง และการถ่ายเทความร้อนของอุปกรณ์พื้นฐานและนวัตกรรม	0	นักวิจัย และวิศวกรด้าน Quantum circuit, quantum software, hardware accelerator, quantum AI, bioinformatic, machine learning, control, finite element method, computational fluid dynamics
มหาวิทยาลัยมหิดล	2564	ร่วมก่อตั้ง เครือข่ายและห้องวิจัยร่วมกับเครือข่ายไอบีเอ็ม คิว และใช้ไอบีเอ็มคิวเพื่อออกแบบวัสดุใหม่ รวมถึงศึกษาระบบโลจิสติกส์และห่วงโซ่อุปทาน คำนวณกระบวนการสร้างประตูตรรกะควอนตัมเชิงกายภาพในระบบอะตอมเย็น	0	นักวิจัย และวิศวกรด้าน Applied mathematics, operations research, optimization, artificial intelligence, machine learning, neural network, data mining, nanotechnology, high-performance computing, PDE optimization, tomography, image processing
อุทยานวิทยาศาสตร์ภาคเหนือ	2564	อำนวยความสะดวกด้านกิจกรรม อาคารสถานที่ปฏิบัติงานด้านโรงทดลอง สำนักงาน และกระบวนการบ่มเพาะเชิงธุรกิจ	0	นักวิชาการ นักบริการ และวิเคราะห์การตลาด
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2564	ร่วมพัฒนาเซ็นเซอร์ควอนตัมเคลื่อนที่แบบรวม และมาตรวิทยาควอนตัม	0	นักวิจัยด้าน Quantum physics, magnetism, computer feedback control
มหาวิทยาลัยนเรศวร	2564	ร่วมสร้างหลักสูตรและบริหารจัดการการศึกษาเทคโนโลยีควอนตัม จัดการสัมมนา และการประชุมวิชาการการศึกษาควอนตัม	0	นักวิจัยด้านเทคโนโลยีควอนตัม ด้านการศึกษาคควอนตัม และนักการศึกษา
มหาวิทยาลัยบูรพา	2564	ร่วมก่อตั้งเครือข่ายห้องวิจัยด้านเซ็นเซอร์ควอนตัม และมาตรวิทยาควอนตัม ร่วมพัฒนาเซ็นเซอร์ควอนตัมเคลื่อนที่แบบรวม และมาตรวิทยาควอนตัม	0	นักวิจัย และวิศวกรด้าน quantum technology, computer feedback control, laser spectroscopy, matter-wave
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2564	ร่วมออกแบบอุปกรณ์สำหรับการผลิตฟิล์มบางนาโนคอมโพสิตเพื่อศึกษาผลจลจลและสั่นและการตรึงวอเท็กซ์	0	นักวิจัย และวิศวกร ด้านระบบสุญญากาศ และด้านการปลูกฟิล์มบางที่มีโครงสร้างระดับนาโน การให้บริการเครื่องมือวิเคราะห์ฟิล์มบาง
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	2564	ร่วมสร้างหลักสูตรและบริหารจัดการการศึกษาเทคโนโลยีควอนตัม จัดการสัมมนา และการประชุมวิชาการการศึกษาควอนตัม	0	นักบริหารหลักสูตรการศึกษา และนักการศึกษา

เทคโนโลยี				
ศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์	2564	ร่วมออกแบบอุปกรณ์สำหรับการทำ microfabrication ของอุปกรณ์นาโนคอมโพสิตที่แสดงผลจอเซ็ปสันและการตรึงวอเท็กซ์สำหรับวัสดุฐานระดับต่ำและการวินิจฉัยทางการแพทย์	0	นักวิจัย และเครื่องมือทางด้าน microfabrication และให้ความเชื่อมโยงเครือข่ายกับ nanofabrication facility ในต่างประเทศ
ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ	2564	ร่วมออกแบบอุปกรณ์สำหรับการวิเคราะห์สมบัติทางไฟฟ้าและแม่เหล็กของวัสดุนาโนคอมโพสิตที่แสดงผลจอเซ็ปสันและการตรึงวอเท็กซ์	0	นักวิจัยและเครื่องมือวิเคราะห์สมบัติทางไฟฟ้าและแม่เหล็ก รวมถึงระบบคอนโทรลทางอิเล็กทรอนิกส์ ในส่วนของวงจรวัดสมบัติแบบอัตโนมัติ
ศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ	2564	ร่วมออกแบบอุปกรณ์สำหรับการทำ nanostructure ในรูปแบบต่างๆ เช่น self-assembly สำหรับวัสดุนาโนคอมโพสิตที่แสดงผลจอเซ็ปสันและการตรึงวอเท็กซ์	0	นักวิจัย และเครื่องมือทางด้านการผลิตวัสดุนาโนชั้นสูง และให้ความเชื่อมโยงเครือข่ายกับ nanofabrication facility ในต่างประเทศ
มหาวิทยาลัยพะเยา	2564	ร่วมก่อตั้ง เครือข่ายและห้องวิจัยร่วมกับเครือข่ายไอบีเอ็มคิว และใช้ไอบีเอ็มคิวเพื่อออกแบบวัสดุใหม่ รวมถึงศึกษาระบบโลจิสติกส์	0	นักวิจัยและความร่วมมือด้านการพัฒนาการใช้ไอบีเอ็มคิวเพื่อออกแบบวัสดุใหม่ รวมถึงศึกษาระบบโลจิสติกส์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน	2564	ร่วมสร้างหลักสูตรและบริหารจัดการการศึกษาเทคโนโลยีควอนตัม จัดการสัมมนา และการประชุมวิชาการการศึกษาควอนตัม	0	นักบริหารหลักสูตรการศึกษา และนักการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลเพชรบูรณ์	2564	ร่วมสร้างหลักสูตรและบริหารจัดการการศึกษาเทคโนโลยีควอนตัม จัดการสัมมนา และการประชุมวิชาการการศึกษาควอนตัม	0	นักบริหารหลักสูตรการศึกษา และนักการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี	2564	ร่วมสร้างหลักสูตรและบริหารจัดการการศึกษาเทคโนโลยีควอนตัม จัดการสัมมนา และการประชุมวิชาการการศึกษาควอนตัม	0	นักบริหารหลักสูตรการศึกษา และนักการศึกษา
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2564	- ร่วมออกแบบวัสดุนาโนคอมโพสิตในส่วน nano insulating junction สำหรับแสดงผลจอเซ็ปสันและการตรึงวอเท็กซ์ - วิเคราะห์และเลือกวัสดุ รวมถึงกระบวนการปรับปรุงโครงสร้างและผิวของอุปกรณ์พื้นฐานและนวัตกรรม	0	- นักวิจัย และความร่วมมือด้านการออกแบบชิ้นงาน (materials design and simulation) เพื่อให้เกิดชิ้นงานที่มีสมบัติเหมาะสมที่สุด - นักวิจัย และวิศวกรด้านวัสดุศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	2564	วิเคราะห์และเลือกวัสดุ รวมถึงกระบวนการปรับปรุงโครงสร้างและผิวของอุปกรณ์พื้นฐานและนวัตกรรม	0	นักวิจัย และวิศวกรด้านวัสดุศาสตร์

สถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ	2564	ร่วมพัฒนาเซ็นเซอร์ควอนตัมเคลื่อนที่แบบรวม และมาตรวิทยาควอนตัม	0	นักวิจัยด้านสเปกโตรสโกปีเลเซอร์ และพัลส์เลเซอร์หัววงแคบ
-------------------------	------	---	---	---

แผนการดำเนินงาน

รูปแบบ/วิธีการ	โครงการวิจัย ย่อยลำดับที่	กิจกรรม (เดือน)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
วางแผนรายรอบต่อใจเซฟสัน อะตอมเย็น วงจรรีเสคควอน	1) การคำนวณควอนตัม (Quantum Computing)	ศึกษา												
		เทคโนโลยีทั้งหมดที่มีศักยภาพในปัจจุบัน												
		สำหรับแต่ละระบบทางกายภาพที่เลือกใช้												
	ออกแบบและจำลองด้วยคอมพิวเตอร์	โครงสร้างและกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับระบบเชิงการภาพและแต่ละประเภท												
		จัดสร้างระบบเชิงกายภาพแต่ละส่วน												
		ย่อยในห้องปฏิบัติการเครือข่าย												
	ตรวจสอบการทำงาน													

[illegible]

รวม (Integrated Quantum Sensing System)	กับอะตอม													
	เย็น อะตอม													
อะตอม อะตอมจำลอง สถานีนำวัดอิง นาโนฟลูอิดิกส์ ผลึกเพอรอฟสไกต์	จำลอง วิธี													
	การทดลอง													
	และการแปล													
	ผล													
	- ข้อมูลเกี่ยว													
	กับการ													
	สังเคราะห์													
	วัสดุนาโน													
	คอมโพสิต													
	ระบบนาโน													
	ฟลูอิดิกส์และ													
	วัสดุ													
	เพอรอฟสไกต์													
	ออกแบบ													
	- ระบบ													
	เลเซอร์													
	ระบบ													
	สุญญากาศ													
	ระบบผลิต													
	สนามแม่													
	เหล็ก ระบบ													
	กักขังอะตอม													
	เชิงแม่เหล็ก													
	และแสง													
	ระบบ													
	ทำความเข้าใจ													
	และซิลิกอน													
	นาโนโตนิกส์													
	เซ็นเซอร์													
	- วัสดุและ													
	ระบบผลิต													
	นาโนคอมโพ													
	สิต นาโนฟลู													
	อิดิกส์และค													
	วอนต์มดอท													

ศูนย์ผลิตและขึ้นรูป
ศูนย์ออกแบบอุปกรณ์และ
พัฒนานวัตกรรม

วิชาการ												
สร้าง โครงสร้างเก็บ คลังความรู้ ตามลำดับ ความสัมพันธ์ และ ความ ซับซ้อนข้อมูล ตามลำดับขอ งบลุ่มส์, ระบ ข้อมูลปฐม ภูมิ และ ทุติยภูมิ, ระบ น้ำหนักความ เชื่อมโยง ข้อมูล และ ติดป้ายกำกับ ข้อมูลเพื่อการ สืบค้น และ จัดการด้วย ปัญญา ประดิษฐ์												
สร้างเนื้อหา สำหรับไมโคร เครดิต ไมโครครีเดน เชียล เนื้อหา สำหรับ หลักสูตร ระยะกลาง และ หลักสูตร ระยะยาว และจัดอบรม												
จัดประเมิน ผลสัมฤทธิ์												

ผลผลิต (ตัวชี้วัดหลัก)

KR	ปี	จำนวน	หน่วยนับ	ผลสำคัญที่จะเกิดขึ้น	ผู้ที่ได้รับผลกระทบ	แนวทางการนำผลงานไป ขยายผล/ใช้ประโยชน์
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้น	2564	12	ห้องปฏิบัติการ การควอนตัม 2.0	เกิดห้องวิจัยระดับโลก ด้าน 1) การคำนวณควอน ตัมแบบสภาพนำยวดยิ่ง	ประชาคมวิจัยเทคโนโลยี ควอนตัมของประเทศ	เป็นพื้นฐานที่จำเป็นต่อ การสร้างคอมพิวเตอร์ควอน ตัม คอมพิวเตอร์

แนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ				2) การคำนวณควอนตัม ชั้นรองและระบบหลาย หน่วยประมวลผล และ 3) การจำลองควอนตัมด้วย อะตอมเย็น 4) เซนเซอร์ควอนตัมที่มีความแม่นยำสูง 5) อินเทอร์เน็ตควอนตัม		ควอนตัมชั้นรองและเครื่องจำลองควอนตัม เช่น เซอร์ควอนตัมที่มีความแม่นยำสูง
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	4	ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีสนับสนุน	เกิดห้องวิจัยระดับโลก ด้าน 1) การทำความเย็นแบบเจือจาง $3\text{He}/4\text{He}$ 2) โทกราฟีลัทธิอิเล็กตรอนเพื่อผลิตวงจรรวมรอยต่อโจเซฟสัน 3) อิเล็กทรอนิกส์ความถี่สูงสำหรับประตูรอกควอนตัมและการเรียกข้อมูลของหน่วยประมวลผลควอนตัม และ 4) วงจรควอนตัมสำหรับการควบคุมคิวบิตและซอฟต์แวร์ควอนตัม	ประชามวิจัยเทคโนโลยีควอนตัมของประเทศ	เป็นพื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนาไปสู่นวัตกรรมขั้นสูงและงานวิจัยในอนาคต
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	4	ผลงานตีพิมพ์ (นานาชาติ) - องค์ความรู้ใหม่/กระบวนการใหม่	ยกระดับความน่าเชื่อถือและความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ด้วยงานตีพิมพ์ในวารสารระดับ Q1 ด้านเทคโนโลยีควอนตัม	นักวิจัย ผู้ใช้งาน ภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม	เป็นพื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนาไปสู่นวัตกรรมขั้นสูงและงานวิจัยในอนาคต
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	1	สิทธิบัตร	ฮาร์ดแวร์เร่งความเร็วการจำลองควอนตัม	นักเรียน นักศึกษา นักวิจัย และประชาชนผู้สนใจทั่วไป	ขยายการเข้าถึงได้ (accessibility) ของการจำลองควอนตัมให้กับภาคประชาชน สร้างความตระหนักต่อผลกระทบของเทคโนโลยีควอนตัมต่อสังคม
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	6	การประชุมเชิงปฏิบัติการ	เครือข่ายวิจัยเทคโนโลยีควอนตัมระดับชาติ /	นักเรียน นักศึกษา และนักวิจัย	ได้เผยแพร่องค์ความรู้ใหม่ และแลกเปลี่ยนความ

ประเทศและการวิจัยขั้น แนวหน้าที่เพียงพอที่มี กระบวนการประเมิน ประสิทธิภาพและคุณภาพ			/ สัมมนา	นานาชาติ		เข้าใจล่าสุดผ่านเครือข่าย วิจัย
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	25	จำนวนนักวิจัย ป. ตรี / โท / เอก / postdoc	เตรียมความพร้อมด้านกำลังคนเพื่อรองรับ ระบบนิเวศควอนตัมที่ยั่งยืน	เตรียมความพร้อมด้านกำลังคนเพื่อรองรับ ระบบนิเวศควอนตัมที่ยั่งยืน	เป็นกำลังที่จำเป็นต่อการสร้างนวัตกรรมฐานควอนตัม และงานวิจัยในอนาคต
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	5	เครือข่ายความร่วมมือด้านวิจัยต่างประเทศ	งานวิจัยใหม่ ๆ กับ กลุ่มเครือข่ายวิจัย Asia-Pacific Physics (รวมเกาหลีใต้ และสิงคโปร์), กลุ่มประเทศทวีปยุโรป, สหรัฐอเมริกาและแคนาดาผ่านกลุ่ม ATPAC, จีน, นิวซีแลนด์, อิสราเอล, แอฟริกาใต้	ประชาคมวิจัยเทคโนโลยีควอนตัมของประเทศ	ได้องค์ความรู้ใหม่ และเครือข่ายวิจัย
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	1	อุทยานซอฟต์แวร์สำหรับอุปกรณ์ควอนตัม	บ่มเพาะธุรกิจซอฟต์แวร์ เพิ่มความรู้ความเข้าใจให้ตรงกับความสามารถของผู้เข้าร่วม เพื่อนำไปสู่การกำหนดทิศทางในการพัฒนาความสามารถ ทางด้านการสร้างและพัฒนาซอฟต์แวร์	นักศึกษา นักวิจัยควอนตัมและผู้เข้าร่วมโครงการ	เป็นพื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนาไปสู่นวัตกรรมขั้นสูงและงานวิจัยในอนาคต
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	1	กระบวนการวิเคราะห์ควอนตัม ปัญญาประดิษฐ์	ได้องค์ความรู้เชิงลึกในเรื่องควอนตัมปัญญาประดิษฐ์ เพื่อใช้ในการพัฒนานวัตกรรมและเทคโนโลยีทางควอนตัม	นักศึกษา นักวิจัยควอนตัมและผู้เข้าร่วมโครงการ	เป็นพื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนาไปสู่นวัตกรรมขั้นสูงและงานวิจัยในอนาคต
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้น	2564	2	นักศึกษา ระดับบัณฑิตศึกษา	ได้บุคลากรทางควอนตัม ปัญญาประดิษฐ์ มาช่วยในการสร้างและพัฒนา	นักวิจัยและวิศวกรควอนตัม	เป็นการต่อยอดและเสริมพื้นฐานของบุคลากรทางควอนตัม

แนวหน้าที่เพียงพอที่มี กระบวนการประเมิน ประสิทธิภาพและคุณภาพ				เทคโนโลยีเชิงควอนตัม		
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้น แนวหน้าที่เพียงพอที่มี กระบวนการประเมิน ประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	2	บทความทาง วิชาการ	เป็นองค์ความรู้ใหม่ที่ได้ จากการศึกษาและการ ประยุกต์ใช้ IBM Q	นักวิจัยและวิศวกรควอน ตัม	เป็นพื้นฐานที่จำเป็นต่อ การพัฒนาไปสู่นวัตกรรม ขั้นสูงและงานวิจัยใน อนาคต
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้น แนวหน้าที่เพียงพอที่มี กระบวนการประเมิน ประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	2	ครั้ง ถ่ายทอด เทคโนโลยี	จัดอบรมถ่ายทอดความรู้ ด้านเทคโนโลยี ควอนตัม software	นักศึกษา และนักวิจัยควอน ตัม	มีการแลกเปลี่ยนความรู้ และสร้างเครือข่าย
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้น แนวหน้าที่เพียงพอที่มี กระบวนการประเมิน ประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	2	ครั้ง ถ่ายทอด เทคโนโลยี	จัดอบรมถ่ายทอดความรู้ ด้านเทคโนโลยี ควอนตัม software	นักศึกษา และนักวิจัยควอน ตัม	มีการแลกเปลี่ยนความรู้ และสร้างเครือข่าย
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้น แนวหน้าที่เพียงพอที่มี กระบวนการประเมิน ประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	2	ครั้ง จัด ประชุมเชิง ปฏิบัติการ	จัดประชุมเชิงปฏิบัติการ ด้านเทคโนโลยี ควอนตัม software ได้ความรู้ และ ได้ถ่ายทอดความรู้ เชิงปฏิบัติ การณ์	นักศึกษา และนักวิจัยควอน ตัม	มีการแลกเปลี่ยนความรู้ และสร้างเครือข่าย
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้น แนวหน้าที่เพียงพอที่มี กระบวนการประเมิน ประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	3	ครั้ง ที่ไป ศึกษาดูงานใน ประเทศ	แลกเปลี่ยนเรียนรู้ เกี่ยว กับ เทคโนโลยี ควอนตัม software เพิ่มเครือข่าย วิจัยระหว่างประเทศ	นักศึกษา และนักวิจัยควอน ตัม	ได้ความรู้และเครือข่าย วิจัย
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้น แนวหน้าที่เพียงพอที่มี กระบวนการประเมิน ประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	3	ครั้ง ที่ไป ศึกษาดูงาน ต่างประเทศ	แลกเปลี่ยนเรียนรู้ เกี่ยว กับ เทคโนโลยี ควอนตัม software เพิ่มเครือข่าย วิจัยระหว่างประเทศ	นักศึกษา และนักวิจัยควอน ตัม	ได้ความรู้และเครือข่าย วิจัย

กระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ						
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	3	อุปกรณ์พื้นฐานใช้ในการทดลองทางควอนตัม	เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีของตนเองและลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากภายนอก	นักฟิสิกส์ควอนตัมทั้ง 3 สาขาหลัก	เป็นพื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนาไปสู่นวัตกรรมขั้นสูงและงานวิจัยในอนาคต
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	30	อุปกรณ์จับยึดที่ใช้นาโนเทคโนโลยีทดลอง	เป็นการพัฒนาเทคโนโลยีของตนเองและลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากภายนอก	นักฟิสิกส์ควอนตัมทั้ง 3 สาขาหลัก	เป็นพื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนาไปสู่นวัตกรรมขั้นสูงและงานวิจัยในอนาคต
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	1	ฐานข้อมูลสำหรับแบบจำลองของอุปกรณ์ในการทำการทดลองและงานด้านฟิสิกส์ควอนตัม บนเทคโนโลยีแบบคลาวด์	เป็นกลไกที่ช่วยนักฟิสิกส์ควอนตัมทั้ง 3 สาขาหลักและวิศวกรได้มีการแลกเปลี่ยนและใช้องค์ความรู้ร่วมกันได้	นักฟิสิกส์ควอนตัมทั้ง 3 สาขาหลักและวิศวกรที่ทำงานทางด้านควอนตัม	ฐานข้อมูลจะเป็นแหล่งรวบรวมความรู้ที่นักวิจัยและวิศวกรทั้งประเทศสามารถใช้ร่วมกันทำให้งานระยะเวลาในการพัฒนาเทคโนโลยีระดับสูง
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	1	เครือข่ายศูนย์ออกแบบและผลิตนวัตกรรมเทคโนโลยีควอนตัม	เป็นโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนาไปสู่ eco-system ของการพัฒนาอุตสาหกรรมขั้นสูงและงานวิจัยในอนาคต	นักฟิสิกส์ควอนตัมทั้ง 3 สาขาหลักและวิศวกรที่ทำงานทางด้านควอนตัม	เครือข่ายเป็นกลไกที่ใช้ขับเคลื่อนการพัฒนาอุตสาหกรรมที่ยั่งยืนและสนับสนุนการเคลื่อนย้ายบุคลากรวิจัยและผู้เชี่ยวชาญทั้งในและต่างประเทศ อีกทั้งยังเป็นแหล่งดูดซับองค์ความรู้และเทคโนโลยี
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	1	โครงสร้างเก็บคลังความรู้	ฐานข้อมูล ลำดับข้อมูล ป้ายกำกับข้อมูล และ	อาจารย์ นักเรียน และ นักศึกษา	รวบรวม บันทึกเนื้อหา และ เผยแพร่ผ่านสื่อเครือข่าย

ประเทศและการวิจัยขั้น แนวหน้าที่เพียงพอที่มี กระบวนการประเมิน ประสิทธิภาพและคุณภาพ			ตามลำดับ ความสัมพันธ์ และ ความซับซ้อนข้อมูล ตามลำดับขอ งบอุดหนุน, ระบุ ข้อมูลปฐมภูมิ และ ทดสอบ, ระบุ น้ำหนัก ความเชื่อมโยงข้อมูล และ ติดป้าย กำกับข้อมูล เพื่อการ สืบค้น และ จัดการด้วย ปัญญา ประดิษฐ์	ระบบประมวลผลที่มี ประสิทธิภาพในการสร้าง และประเมินการศึกษาค วอนตัม		ขายสังคม
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้น แนวหน้าที่เพียงพอที่มี กระบวนการประเมิน ประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	1	เนื้อหาสำหรับ ไมโครเคเรตติ ไมโครครีเดน เซียล เนื้อหา สำหรับ หลักสูตร ระยะกลาง และ หลักสูตร ระยะยาว	เนื้อหาขนาดสั้น ระยะ กลางและระยะยาว และ เนื้อหาสำหรับการสร้าง และประเมินหลักสูตรการ ศึกษาควอนตัม	ผู้ออกแบบหลักสูตร อาจารย์ นักเรียน และ นักศึกษา	คัดกรองข้อมูลผ่าน อาจารย์ หรือ นักวิจัย และ ระบบประมวลผล ปัญญาประดิษฐ์
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้น แนวหน้าที่เพียงพอที่มี กระบวนการประเมิน ประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	2	หลักสูตรการ ศึกษา เทคโนโลยีค วอนตัมเพื่อ ผลิตนักวิทยา ศาสตร์ควอน ตัม	หลักสูตรการศึกษา เทคโนโลยีควอนตัมเพื่อ ผลิตนักวิทยาศาสตร์ค วอนตัม	นักเรียน และ นักศึกษา	สร้างหลักสูตรโดยผู้ เชี่ยวชาญการออกแบบ หลักสูตร และ ระบบ ประมวลผลปัญญา ประดิษฐ์
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้น	2564	80	จำนวน นักเรียนมัธยม ที่ผ่านการ	ฐานผู้ใช้งานเทคโนโลยีค วอนตัมขั้นพื้นฐาน	นักเรียนมัธยม	จัดโรงเรียนระยะสั้น และ ออนไลน์ ผ่านสำนักงาน คณะกรรมการการศึกษา

แนวหน้าที่เพียงพอที่มี กระบวนการประเมิน ประสิทธิภาพและคุณภาพ			เรียนตามหลัก สูตรควอนตัม พื้นฐาน			ขั้นพื้นฐาน และ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	20	จำนวนนักศึกษาปริญญาตรีที่ผ่านการเรียนตามหลักสูตรควอนตัมพื้นฐาน	ฐานผู้ใช้งานเทคโนโลยีควอนตัมขั้นพื้นฐาน และผู้มีความรู้ในการพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัม	นักศึกษาปริญญาตรี	จัดการเรียนการสอนผ่านมหาวิทยาลัย
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	10	จำนวนนักศึกษาปริญญาโท-เอกที่ผ่านการเรียนตามหลักสูตรควอนตัมพื้นฐาน	ฐานผู้ใช้งานเทคโนโลยีควอนตัมขั้นพื้นฐาน และผู้มีความรู้ในการสร้างและพัฒนาเทคโนโลยีควอนตัม	นักศึกษาปริญญาโท-เอก	จัดการเรียนการสอนผ่านมหาวิทยาลัย
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	9	ชิ้นงาน/เครื่อง	ต้นแบบระดับ proof of concept ของเครื่องวัดสนามแม่เหล็กเชิงอะตอมในการวัดสนามแม่เหล็กที่มีระดับต่ำพอในระดับเดียวกับสัญญาณแม่เหล็กจากหัวใจได้ สามารถพัฒนาต่อยอดให้ความไวในการวัดมีค่ามากขึ้นต่อไปได้ • Cateyes laser system • Tapered amplifier • ต้นแบบเครื่องวัดความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกด้วยอะตอมภายในห้องปฏิบัติการที่มีความละเอียดมากพอที่จะใช้ตรวจหาปิโตรเลียมได้ • ต้นแบบเครื่องวัดสนามแม่	นักวิจัยฟิสิกส์ควอนตัมทั้ง 3 สาขาหลัก นักวิจัยด้านอะตอมเย็นและอะตอมจำลอง นักวิจัยด้านวัสดุศาสตร์ วิศวกรในโรงงานอุตสาหกรรม • บุคลากรทางการแพทย์ หน่วยงานทางสาธารณสุข ผู้ป่วย • อุตสาหกรรมเหมืองแร่ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี	พัฒนาให้เครื่องมีความไวในการวัดสัญญาณมากขึ้น เพื่อพัฒนาการวัดให้เหมาะกับการวัดสัญญาณจากหัวใจ สามารถออกแบบและพัฒนาโปรแกรมให้เหมาะสมต่อไปได้ • เป็นอุปกรณ์พื้นฐานสำหรับการวิจัยทางด้าน cold atoms และเป็นพื้นฐานสำหรับการสร้างเครื่องวัดความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกด้วยอะตอมแบบเคลื่อนย้ายได้ • นำไปสู่ ultra-cold atom magnetometer ซึ่งมีความละเอียดและความไวมากกว่า atom

				เหล็กโดยใช้ Bose-Einstein Condensate (BEC) • ต้นแบบผลิตภัณฑ์ แบบใหม่ที่ใช้ในการตรวจวินิจฉัยโรคพิษสุนัขบ้า 1 ต้นแบบ D8 โดยใช้เทคโนโลยีซิลิกอนโฟโตนิกส์ • ต้นแบบชิ้นงานนาโนคอมโพสิตแสดงผลจอเซ็นและการตรึงวอร์เท็กซ์สำหรับตรวจวัดสัญญาณระดับต่ำ • อุปกรณ์ตรวจวัดรังสีชนิดเพอร์อฟสไกต์ที่พร้อมนำไปใช้งานจริง ซึ่งเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีของตนเองลดการพึ่งพาจากภายนอก		magnetometer ทั่วไป • นำ lab prototype ไปขยายผลเป็น commercial prototype และสามารถให้หน่วยงานสาธารณสุขนำไปใช้ในหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ • สามารถนำไปใช้ในการวัดสัญญาณระดับต่ำได้ • นำอุปกรณ์ไปรวมกับระบบตรวจวัดอื่น หรืออุปกรณ์อื่นที่จำเป็นต้องทำงานเกี่ยวกับรังสี เพื่อให้อุปกรณ์ตรวจวัดรังสีแล้วส่งสัญญาณไปยังระบบควบคุม ซึ่งเป็นพื้นฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนาไปสู่นวัตกรรมขั้นสูงและงานวิจัยในอนาคต
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	7	ผลงานตีพิมพ์ (นานาชาติ) - องค์ความรู้ใหม่/กระบวนการใหม่	• บทความวิชาการเกี่ยวกับหลักการทางการบีบเชิงแสงในระบบที่ออกแบบขึ้นเองโดยเฉพาะ • บทความวิชาการเกี่ยวกับหลักการของ atom gravimeter ที่ออกแบบขึ้นมาเอง • องค์ความรู้เกี่ยวกับชนิดและโครงสร้างของวัสดุนาโนคอมโพสิตที่สามารถแสดงผลจอเซ็นและการตรึงวอร์เท็กซ์ • การเผยแพร่ผลงานวิจัยในระดับสากลที่มีความน่าเชื่อถือสูง ซึ่งเป็นการเผยแพร่องค์ความรู้ในวงการวิชาการด้านควอนตัมคอต	นักวิจัยฟิสิกส์ควอนตัมทั้ง 3 สาขาหลัก นักวิจัยด้านวัสดุศาสตร์ นักวิจัยด้านเคมี นักวิจัยด้านอื่นที่เกี่ยวข้องและนักศึกษา	• สามารถนำองค์ความรู้ไปพัฒนาการบีบเชิงแสงที่เป็นพื้นฐานสำหรับการวัดสัญญาณแม่เหล็กภายนอกได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น • สามารถวัดค่า g ที่ความละเอียดสูง เพื่อใช้ในการหาปิโตรเลียมและสามารถต่อยอดเพื่อการตรวจหาสิ่งอื่นๆได้ • สามารถนำข้อมูลไปใช้ในการออกแบบวัสดุคอมโพสิตตัวนำยิ่งยวดและฉนวนอื่นๆเพื่อประยุกต์ใช้ในการวัดสัญญาณระดับต่ำได้ • นำองค์ความรู้ไปต่อยอดเพื่อพัฒนาระบบตรวจวัดรังสี หรือระบบอุปกรณ์ที่

						ซับซ้อนยิ่งขึ้น
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	1	ทรัพย์สินทางปัญญา (สิทธิบัตร, อนุสิทธิบัตร)	อนุสิทธิบัตร(ยื่นขอจด)เกี่ยวกับการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดรังสีซึ่งเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีของตนเอง ลดการพึ่งพาจากภายนอก	มหาวิทยาลัย ภาครัฐ นักฟิสิกส์ควอนตัม นักวิจัยด้านอื่นที่เกี่ยวข้องและนักศึกษา	ส่งต่อให้กับอุตสาหกรรมเพื่อนำไปพัฒนาต่อยอดในการผลิตขนาดใหญ่
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	9	ผลงาน (conference / workshop / สัมมนา)	• เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย สร้างความรู้ถึงการพัฒนางานวิจัยเครื่องวัดสนามแม่เหล็กเชิงอะตอม เครื่องวัดความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกด้วยอะตอม • เผยแพร่ผลงานวิจัยทางด้านการออกแบบการทดลองและผลการทดลองด้านโบสไอน์สไตน์คอนเดนเสทครั้งแรกในประเทศไทย • เผยแพร่ผลงานทางวิชาการ ต่อสาธารณชน นำเสนอผลงานทางวิชาการด้านวัสดุนาโนคอมโพสิตที่แสดงผลโจเซฟสันและการตรึงวอเท็กซ์	• นักวิจัยฟิสิกส์ควอนตัม ทั้ง 3 สาขาหลัก นักวิจัยด้านวัสดุศาสตร์ นักวิจัยด้านเคมี นักวิจัยด้านอื่นที่เกี่ยวข้องและนักศึกษา • ภาครัฐและเอกชนที่ดำเนินการด้านการแพทย์ และสำรวจทรัพยากร • นักวิจัย บุคลากรทางการแพทย์ และหน่วยงานทางสาธารณสุข นักวิจัยด้านวัสดุศาสตร์	• สร้างเครือข่ายนักฟิสิกส์ที่สนใจงานวิจัยด้านนี้หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพิ่มโอกาสในการจะได้ นักศึกษาและนักวิจัยที่สนใจมาเข้าร่วมงานวิจัยอย่างจริงจัง • เปิดโอกาสในการสร้างความร่วมมือกับนักวิจัยที่มีความสนใจในงานวิจัยนี้ และเพิ่มโอกาสในการมีนักศึกษาหรือนักวิจัยที่สนใจในงานวิจัยนี้ • การนำเสนอผลงานใน conference ทั้งในประเทศ และต่างประเทศจะเป็นการดึงดูดผู้มีความสนใจทั้งในส่วน of วิชาการสามารถช่วยในการแลกเปลี่ยนประสบการณ์และแนวทางการพัฒนาต่อยอดการทดลอง และ ส่วนของภาคเอกชนที่อาจมีความสนใจให้ทุนสนับสนุนเพิ่มเติมแก่กลุ่มวิจัย
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมิน	2564	13	กำลังคน (ปตรี / โท / เอก / postdoc)	• นักวิจัยระดับปริญญาโท เอกและหลังปริญญาเอก จะมีโอกาสพัฒนาทักษะและได้รับองค์ความรู้ในการพัฒนาเครื่องวัดสนาม	นักวิจัยฟิสิกส์ควอนตัมทั้ง 3 สาขาหลัก การผลิตบุคลากรด้านวัสดุศาสตร์ และการประยุกต์ปรากฏการณ์ควอนตัม ภาครัฐ	• นักวิจัยสามารถนำความรู้ความสามารถไปต่อยอดพัฒนาเครื่องวัดใหม่ได้เอง มีการเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับเครื่องวัดสนามแม่เหล็ก

ประสิทธิภาพและคุณภาพ				แม่เหล็กเชิงอะตอม เครื่องวัดสนามโน้มถ่วงเชิงอะตอม การพัฒนาเทคโนโลยีซิลิกอนโฟโตนิกส์ การสังเคราะห์วัสดุนาโนคอมโพสิตและเพอรอฟสไกต์ควอนตัมดอท	และเอกชน มีกำลังคนที่เชี่ยวชาญทางด้านควอนตัมมากขึ้น	เชิงอะตอม การวัดสนามโน้มถ่วงเชิงอะตอม การผลิตเทคโนโลยีซิลิกอนโฟโตนิกส์ ไปในประชาคมนักฟิสิกส์ไทยมากขึ้น • เป็นการพัฒนาบุคลากรทางด้านวิทยาศาสตร์และนวัตกรรมของประเทศ และนำไปสู่อุตสาหกรรมการผลิตเซ็นเซอร์ความไวสูง
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	7	เครือข่ายความร่วมมือด้านวิจัย (ในประเทศ/ต่างประเทศ)	มีโอกาสร่วมมือทำงานวิจัยกับนักวิจัยต่างสถาบัน แลกเปลี่ยนและเรียนรู้จากนักวิจัยที่มีความเชี่ยวชาญด้านเครื่องวัดสนามแม่เหล็กเชิงอะตอม เช่น ร่วมมือกับ กลุ่มวิจัย Renzoni research group, University College London (UCL) เป็นต้น สร้างเครือข่ายกับหน่วยงานทั้งในและนอกประเทศ เพื่อออกแบบพัฒนาวัสดุและอุปกรณ์ควอนตัม ที่จะมีการแลกเปลี่ยนบุคลากรและองค์ความรู้ เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีของประเทศต่อไป	• นักวิจัยฟิสิกส์ควอนตัมทั้ง 3 สาขาหลัก สร้างความเชื่อมโยงนักวิจัยด้านวัสดุศาสตร์ที่อาศัยปรากฏการณ์ควอนตัมในการออกแบบวัสดุ • ภาครัฐและเอกชนที่ต้องการเครือข่ายนักวิจัยที่เข้มแข็ง มีการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้	• นางอค์ความรู้ที่ได้มาพัฒนาเครื่องวัดสนามแม่เหล็กเชิงอะตอม การวัดสนามโน้มถ่วง การผลิตอุปกรณ์ซิลิกอนโฟโตนิกส์ ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น มีการแลกเปลี่ยนนักวิจัยหรือนักศึกษาไปเข้าร่วมวิจัยเพื่อสร้างความเชี่ยวชาญ มีความร่วมมือในการทำงานวิจัยร่วมกับนักวิจัยต่างสถาบัน/ต่างประเทศและมีผลงานวิจัยเผยแพร่ร่วมกัน • การสร้างความร่วมมือด้านการวิจัยทางด้านกระบวนการผลิตขั้นสูงสำหรับวัสดุนาโนคอมโพสิตและเพอรอฟสไกต์ควอนตัมดอท จะส่งผลให้เกิดนวัตกรรมในประเทศได้รวดเร็วขึ้นและส่งผลกระทบต่ออุตสาหกรรมที่ใช้องค์ความรู้ที่สร้างขึ้นในประเทศได้ • เครือข่ายฯเป็นกลไกที่ใช้ขับเคลื่อน

						เคลื่อนการพัฒนา นวัตกรรมที่ยั่งยืนและ สนับสนุนการเคลื่อนย้าย บุคลากรวิจัยและผู้ เชี่ยวชาญทั้งในและต่าง ประเทศ อีกทั้งยังเป็น แหล่งดูดซับองค์ความรู้ และเทคโนโลยี
KR1.5a.2 โครงสร้างพื้นฐานการวิจัยพื้นฐานของประเทศและการวิจัยขั้นแนวหน้าที่เพียงพอที่มีกระบวนการประเมินประสิทธิภาพและคุณภาพ	2564	1	ความร่วมมือกับเอกชน	สร้างความร่วมมือในการ วิจัยการสร้างโมเดลแหล่ง ปิโตรเลียมด้วยข้อมูลจาก เครื่องวัดความเร่ง เนื่องจากแรงโน้มถ่วงของ โลกด้วยอะตอมแบบ เคลื่อนย้ายได้ ซึ่งมีความ ละเอียดสูง	อุตสาหกรรมเหมืองแร่ อุตสาหกรรมปิโตรเคมี	ลดความผิดพลาดในการ ตัดสินใจขุดเจาะหา ปิโตรเลียมเนื่องจากมีการ สำรวจข้อมูลที่แม่นยำมาก ขึ้น

เอกสารแนบ

ชื่อไฟล์	ประเภทเอกสาร	ประเภทไฟล์
หนังสือเชิญเข้าร่วมงาน MOU Quantum CMU-MUT-CU-NARIT-SLRI.pdf	หนังสือแสดงเจตนาความร่วมมือวิจัยพัฒนา	
MOU - CMU-SLRI (final).pdf	หนังสือแสดงเจตนาความร่วมมือวิจัยพัฒนา	
ร่าง MOU-มช+NARIT WA03.pdf	หนังสือแสดงเจตนาความร่วมมือวิจัยพัฒนา	
ร่าง MOU-มช+MUT WA03.pdf	หนังสือแสดงเจตนาความร่วมมือวิจัยพัฒนา	
ร่าง MOU-มช+CU WA03.pdf	หนังสือแสดงเจตนาความร่วมมือวิจัยพัฒนา	
MUT - ตอบรับหนังสือเชิญ มช. ที่ มทม 62-1471.pdf	หนังสือแสดงเจตนาความร่วมมือวิจัยพัฒนา	
NARIT - ตอบรับหนังสือเชิญ มช.28พ.ย.62.pdf	หนังสือแสดงเจตนาความร่วมมือวิจัยพัฒนา	
รายนามที่ปรึกษา และนักวิจัย.pdf	หนังสือรับรองการเป็นที่ปรึกษาโครงการวิจัย	