



NSTDA



รายงานโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของ หอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์ ประจำปี 2024

นายญาณภัทร ลิ้มปรีชดาวงศ์
ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยศิลปากร



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐกร ลิ้มปรีชดาวงค์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

1 ความเป็นมาของโครงการ

โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์ (IceCube Summer Student Program) เป็นโครงการที่จัดขึ้นโดยความร่วมมือของ Wisconsin IceCube Particle Astrophysics Center: WIPAC ซึ่งเปิดโอกาสให้นักศึกษาไทยระดับปริญญาตรี และระดับบัณฑิตศึกษา (ปริญญาโทหรือปริญญาเอก) สาขาดาราศาสตร์ ฟิสิกส์ และสาขาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติที่เกี่ยวข้องมาเข้าร่วมโครงการดังกล่าว ณ University of Wisconsin-Madison ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นเวลา 10 สัปดาห์หรือประมาณ 2 เดือน โดยมีหนึ่งสัปดาห์ที่นักศึกษาไทยจะได้รับโอกาสเข้าร่วมหลักสูตรเข้มข้น และได้รับประกาศนียบัตรการเข้าร่วมทางด้านรังสีคอสมิกและนิวตริโนพลังงานสูงจากอวกาศ ภายใต้การอบรมเชิงปฏิบัติการ IceCube summer school ซึ่ง WIPAC ดำเนินการจัดขึ้นทุกปี

Wisconsin IceCube Particle Astrophysics Center: WIPAC ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ทูลเกล้าฯ ถวายทุนจำนวน 7,500 เหรียญสหรัฐแด่สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เพื่อพระราชทานแก่นักศึกษาสาขาดาราศาสตร์ ฟิสิกส์ และสาขาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติที่เกี่ยวข้องให้เข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์ “IceCube Summer Student Program” ณ มหาวิทยาลัยวิสคอนซิน-แมดิสัน ประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 2 คนต่อปี

สำหรับปี พ.ศ. 2567 Wisconsin IceCube Particle Astrophysics Center: WIPAC ทูลเกล้าฯ ถวายทุนโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อน เป็นจำนวน 2 ทุน โดย WIPAC จะสนับสนุนค่าใช้จ่ายรายเดือนและที่พักในช่วงที่นักศึกษาทำงานอยู่ที่มหาวิทยาลัยวิสคอนซิน-แมดิสัน (University of Wisconsin-Madison) ส่วนประเทศไทยโดยโครงการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและกำลังคนที่เกี่ยวข้องกับหอสังเกตการณ์นิวตริโนในทวีปแอนตาร์กติกา (Thai-Antarctic Neutrino Observatory: TANO) ตามพระราชดำริฯ จะสนับสนุนค่าใช้จ่ายในการเดินทาง เป็นค่าตัวเครื่องบินไป-กลับระหว่างประเทศ ค่าเบี้ยเลี้ยงเสริมจากที่ WIPAC สนับสนุนค่าที่พัก และค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม โดยคุณสมบัตินักศึกษาที่จะเข้าร่วมโครงการคือ กำลังศึกษาในชั้นปีที่ 3-4 ของการศึกษาระดับปริญญาตรี หรือกำลังศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา (ปริญญาโท หรือปริญญาเอก) ในสาขาที่เกี่ยวข้อง เคยได้ศึกษาในหลักสูตรใดหลักสูตรหนึ่ง ดังต่อไปนี้ (1) รังสีคอสมิก (cosmic rays), (2) ฟิสิกส์ดาราศาสตร์พลังงานสูง (high energy astrophysics) หรือฟิสิกส์พลังงานสูง (high energy physics) (3) ฟิสิกส์ดาราศาสตร์คอมพิวเตอร์ (computational astrophysics) หรือฟิสิกส์คอมพิวเตอร์ (computational physics) (4) ดาราศาสตร์ฟิสิกส์สังเกตการณ์ (observational astrophysics) ซึ่งโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อน สำหรับปี พ.ศ. 2567 จัดขึ้นระหว่างวันที่ 1 มิถุนายน - 31 กรกฎาคม 2567 ณ มหาวิทยาลัยวิสคอนซิน-แมดิสัน (University of Wisconsin-Madison) ประเทศสหรัฐอเมริกา



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐภัทร ลิ้มปรัชดวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

2 หอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์

ไอซ์คิวบ์ (IceCube) เป็นชื่อเรียกอย่างง่ายของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์ (IceCube Neutrino Observatory) ตั้งอยู่ ณ สถานีที่ขั้วโลกใต้ อัมคันด์เซน - สก็อตต์ ในทวีปแอนตาร์กติกา (Amundsen-Scott South Pole Station) หอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์สร้างเสร็จเมื่อวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2553 ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากมูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Foundation: NSF) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ไอซ์คิวบ์มีรูปแบบโครงสร้างการตรวจวัดอนุภาคนิวตริโนที่เป็นลักษณะเฉพาะ ซึ่งประกอบด้วยหน่วยตรวจวัดแสงจำนวน 5,160 ตัว กระจายอยู่ภายในน้ำแข็งขนาดหนึ่งลูกบาศก์กิโลเมตร ภายใต้ชั้นผิวของน้ำแข็งที่ขั้วโลกใต้ หน่วยตรวจวัดแสงแต่ละหน่วยนี้ มีรูปร่างเป็นทรงกลม หรือเรียกว่า ดอม (Digital Optical Modules: DOMs) ซึ่งประกอบด้วยหลอดทวีคูณแสง (Photo-Multiplier Tube: PMT) และเซ็นเซอร์ที่เชื่อมต่อกับแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เซ็นเซอร์เหล่านี้จะทำหน้าที่รับข้อมูลจากดอมแล้วแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลส่งไปยังระบบคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งอยู่ในห้องปฏิบัติการไอซ์คิวบ์บนพื้นผิวของทวีปแอนตาร์กติกา ดอมทั้งหลายจะแบ่งออกเป็นชุด ชุดละ 60 ตัว แขนงอยู่บนเส้นลวด (string) แต่ละเส้นลงไปใต้น้ำแข็งที่ทำให้ละลายด้วยสว่านน้ำร้อน ในระดับความลึกจากชั้นผิวหน้า ระหว่าง 1,450 ถึง 2,450 เมตร

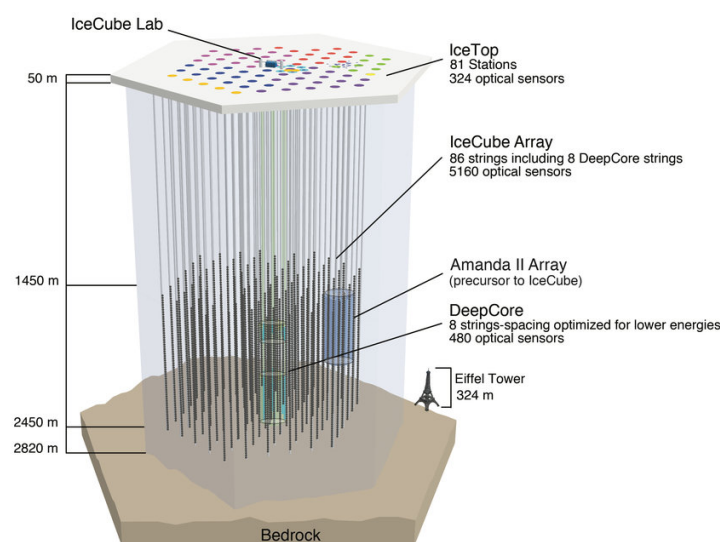


Figure 1: ภาพวาดแสดงการจัดวางตำแหน่งและความลึกของ DOM ในโครงการ IceCube

หลักการทำงานคร่าว ๆ ของดอม คือการตรวจจับแสงที่เกิดจากการแผ่รังสีเชเรนคอฟ (Cherenkov radiation) ซึ่งเป็นแสงที่เกิดขึ้นเมื่ออนุภาคมีการเคลื่อนที่เร็วกว่าความเร็วของแสงในตัวกลาง ซึ่งปรากฏการณ์ดังกล่าวเกิดขึ้นเมื่อนิวตริโนมีปฏิกิริยากับน้ำในรูปของน้ำแข็ง ทำให้เกิดเลปตอนมีประจุ (charged leptons) ที่สอดคล้องกับประเภทของนิวตริโนที่ตรวจพบ

ไอซ์คิวบ์ได้รับการออกแบบเพื่อค้นหาจุดกำเนิดของอนุภาคนิวตริโน ในเดือนพฤศจิกายน ค.ศ. 2013 ไอซ์คิวบ์ได้ประกาศการค้นพบนิวตริโนจำนวน 28 ซึ่งคาดว่ามาจากนอกระบบสุริยะจักรวาล ซึ่งหนึ่งในนิวตริโนที่ค้นพบนั้นมีพลังงานที่ระดับเพตะอิเล็กตรอนโวลต์ (peta-electron volt: PeV) ซึ่งเป็นระดับพลังงานสูงที่สุดเท่าที่เคยมีการตรวจพบ ณ เวลานั้น และในเดือนพฤศจิกายน ค.ศ. 2022 ไอซ์คิวบ์ประกาศถึงการค้นพบหลักฐานที่แน่นหนาเกี่ยวกับการปล่อยนิวตริโนจากนิวเคลียสดาวจักรกัมมันต์ (Active Galactic Nucleus: AGN) ของ Messier 77 ทำให้หอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์เป็นหนึ่งในโครงการทางด้านการตรวจจับนิวตริโนในระดับโลก



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐกร ลิ้มปรีชดาวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

2.1 กลุ่มการทำงานของไอซ์คิวบ์

ในการทำงานของความร่วมมือไอซ์คิวบ์จะแบ่งการทำงานหลัก ๆ ออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่ Analysis, Technical Working Groups, Detector and Simulation และ Research and Development Project นอกจากนี้แต่ละส่วนก็จะแบ่งออกเป็น ส่วนงานย่อยต่าง ๆ ออกไป

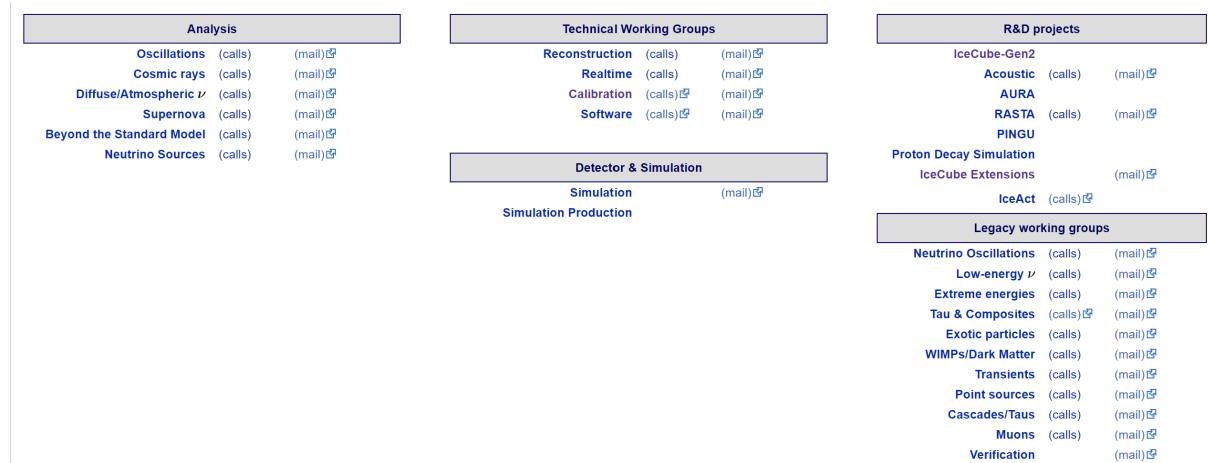


Figure 2: แผนภาพแสดงกลุ่มการทำงานของ IceCube Collaboration

โครงการในป็นนักศึกษาจากประเทศไทยจะได้ทำงานในกลุ่ม IceCube-Gen2 ซึ่งเป็นกลุ่มย่อยของ Research and Development Projects ซึ่งจะกล่าวถึงรายละเอียดในบทที่ 4 และ 7

2.2 IceCube-Gen2

IceCube-Gen2 เป็นก้าวต่อไปในการตรวจวัดนิวตริโน ซึ่งโครงการดังกล่าวจะเพิ่มความสามารถในการตรวจวัดนิวตริโนได้ในระดับตั้งแต่เมกะอิเล็กตรอนโวลต์ถึงเอกซะอิเล็กตรอนโวลต์ (MeV-EeV) และมีเทคโนโลยีการตรวจจับสองประเภท ได้แก่ การตรวจจับแสงและการตรวจจับทางวิทยุ ซึ่งเมื่อรวมกับอุปกรณ์ตรวจจับภาคพื้น (surface detector array) สำหรับการตรวจจับรังสีคอสมิกจะเพิ่มความสามารถให้กับการวิจัยได้เป็นอย่างดี

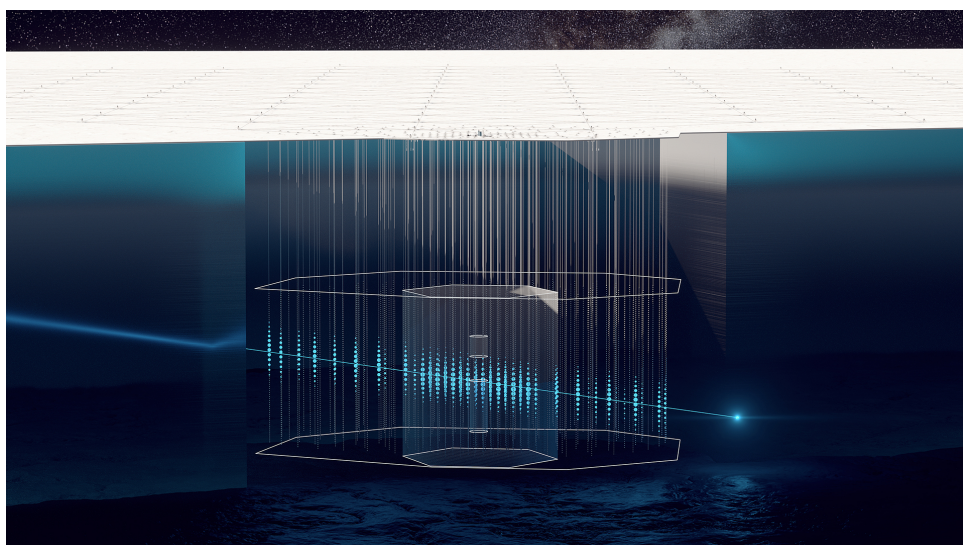


Figure 3: ภาพร่างของโครงการ IceCube-Gen2 เมื่อเสร็จสมบูรณ์



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายญาณภัทร ลิ้มปรีชดวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

การพัฒนาจะมีการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับแสงรวมไปถึงเพิ่มจำนวนของอุปกรณ์ให้ครอบคลุมในขนาด 8 ลูกบาศก์กิโลเมตร ทำให้คาดว่าจะสามารถตรวจจับอนุภาคนิวตริโนที่มีพลังงานสูงขึ้นกว่าเดิม นอกจากนั้นในการพัฒนา IceCube-Gen2 ในครั้งนี้ทำให้ IceCube กลายเป็นหอสังเกตการณ์นิวตริโนที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก การพัฒนา IceCube-Gen2 ดังกล่าว เกิดจากความร่วมมือจากนานาชาติซึ่งประกอบด้วยนักวิทยาศาสตร์ 400 คน จาก 15 ประเทศ



Figure 4: ความร่วมมือ IceCube-Gen2 เดือนสิงหาคม 2566



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวทรีโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐพร ลิ้มปรัชดวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

3 IceCube Summer School 2024 (IceCube Bootcamp)



การอบรมเชิงปฏิบัติการ IceCube Summer School ซึ่งดำเนินการจัดขึ้นทุกปีโดย WIPAC เป็นการอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตรเข้มข้น ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ของไอซ์คิวบ์ อาทิเช่น เครื่องมือวัดนิวทรีโนไอซ์คิวบ์ ดาราศาสตร์พหุพาหะ ฟิสิกส์ สติติ และรวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูลของหอสังเกตการณ์นิวทรีโนไอซ์คิวบ์ ณ ชั่วโลกใต้ การอบรมเชิงปฏิบัติการ IceCube Summer School จัดขึ้นทั้งหมด 5 วัน โดยเริ่มตั้งแต่วันที่ 3 มิถุนายน ถึง 7 มิถุนายน 2567



Figure 5: ภาพถ่ายนักศึกษาที่เข้าร่วมกิจกรรม IceCube Summer School 2024

การอบรมในครั้งนี้ เปิดโอกาสให้ได้เรียนรู้หลายอย่าง เช่น ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องมือวัดนิวทรีโนไอซ์คิวบ์ที่ชั่วโลกใต้ วิธีการเลือกข้อมูลจากเครื่องมือวัดและการจัดการกับข้อมูล รวมไปถึงวิธีการทางสถิติที่ใช้ในการจัดการข้อมูลของหอสังเกตการณ์นิวทรีโนไอซ์คิวบ์ ณ ชั่วโลกใต้ นอกจากนี้ ยังได้เรียนรู้เกี่ยวกับแผนการในอนาคตของหอสังเกตการณ์นิวทรีโนไอซ์คิวบ์ ณ ชั่วโลกใต้ ซึ่งจะมีการอัปเกรดอุปกรณ์เป็นไอซ์คิวบ์อัปเกรด (IceCube upgrade) และเจนเนอเรชัน 2 (IceCube-Gen2) และอื่น ๆ นับว่าเป็นประสบการณ์ที่มีค่ามากที่ได้เข้าร่วมการอบรมเชิงปฏิบัติการ IceCube Summer Student ในครั้งนี้ โดยกำหนดการอบรมมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐภัทร ลิ้มปรีชดาวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

3 มิถุนายน 2567

09.00 - 09.10	Introduction: Summer School and IceCube Organization
09.10 - 09.45	Physics: IceCube Science
09.45 - 10.15	Detector: IceCube Detector
10.45 - 11.45	Physics: Multimessenger Astrophysics and Cosmic Rays
13.00 - 14.00	Physics: Working Group Summaries
14.30 - 15.10	Physics: Working Group Summaries
15.10 - 17.20	Computing: Python Tutorial

4 มิถุนายน 2567

09.00 - 10.00	Detector: IceCube Upgrade and Gen2
10.30 - 11.00	Diversity, Equity, and Inclusion: IceCube Outreach
11.00 - 11.30	Software: Github, IceCube NPX/Grid
13.00 - 14.00	Computing: Software Setup: JupyterHub, NPX, Grid, Github
14.30 - 16.00	Workshop: Point Source Workshop
16.30 - 18.30	Social events: Terrace Hangout

5 มิถุนายน 2567

09.00 - 09.30	Statistics: Analyses Statistics
09.30 - 10.00	Detector: Life at the South Pole
10.30 - 11.30	Physics: IceCube Analyses and Event Selections
13.00 - 14.00	Software: IceTray Introduction
14.30 - 16.00	Software: I3 File Tools and SteamShovel
16.30 - 18.30	Social events: Hiking

6 มิถุนายน 2567

09.00 - 10.00	Physics: Machine Learning / Neural Networks and Neutrino Physics
10.30 - 11.30	Physics: Diffuse Neutrinos and Detector Physics
13.00 - 14.00	Workshop: Machine Learning Exercise
14.30 - 16.00	Workshop: Analysis Debugging
16.30 - 18.30	Social events: Board Game Night

7 มิถุนายน 2567

09.00 - 09.30	Physics: Radio Neutrinos
09.30 - 10.00	Physics: IceCube Simulation
10.30 - 11.30	Physics: Event Reconstruction and Ice Models
13.00 - 14.00	Workshop: Diffuse Exercise
14.30 - 16.00	Workshop: Analysis Debugging
16.30 - 18.30	Social events: Capital Tour

รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐภัทร ลิ้มปรีชดาวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

4 IceCube-Gen2 Optical Array

ในการออกแบบ IceCube-Gen2 จะทำการเพิ่มเส้นลวดซึ่งมีโมดูลในการตรวจจับจำนวน 120 เส้น จากหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์เดิม แผนภาพแสดงตำแหน่งของเส้นลวดเปรียบเทียบกับตำแหน่งเดิมเป็นไปตามแผนภาพที่ 6 โครงการ IceCube-Gen2 จะอยู่ภายในส่วนของ Dark Sector ของขั้วโลกใต้ ในการออกแบบครั้งนี้ได้มีการเปลี่ยนรูปร่างของการจัดเรียงเส้นลวดเป็นแบบ "ดอกทานตะวัน (sunflower geometry)" เพื่อหลีกเลี่ยงการมีเส้นลวดที่เรียงเป็นเส้นตรงซึ่งประพาดตัวเป็นเหมือนกับทางเดิน ซึ่งเมื่อมีอนุภาคมิวออนเดินทางเข้ามายังเครื่องตรวจวัดจะไม่สามารถตรวจวัดได้

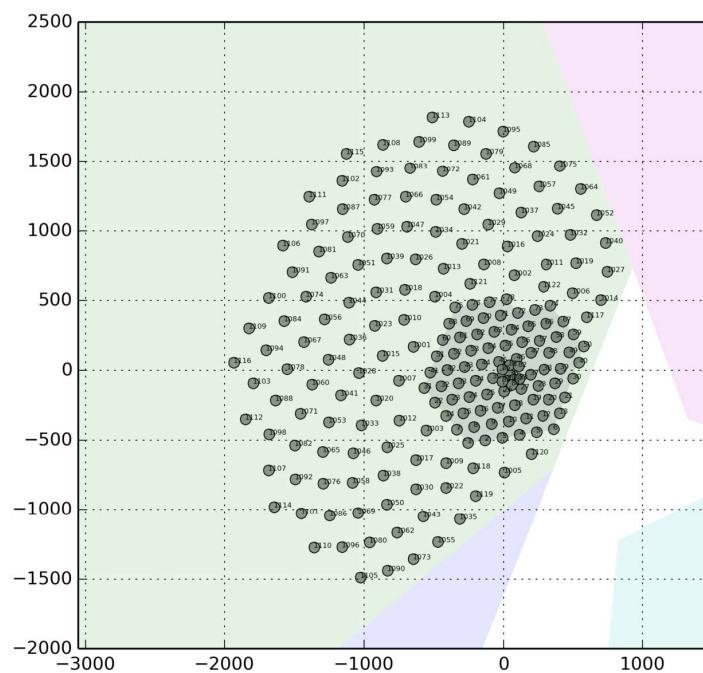


Figure 6: แผนภาพแสดงตำแหน่งของ IceCube-Gen2 เปรียบเทียบกับตำแหน่งเดิมของ IceCube (บริเวณสีเทา)

4.1 Photomultiplier Tubes

หลอดทวีคูณแสง (Photomultiplier tubes, PMTs) เป็นอุปกรณ์สำคัญในการตรวจจับการแผ่รังสีเชเรนคอฟ โดยความสามารถในการตรวจจับแสงนั้นขึ้นอยู่กับพื้นที่ของโฟโตแคโทดของ PMTs

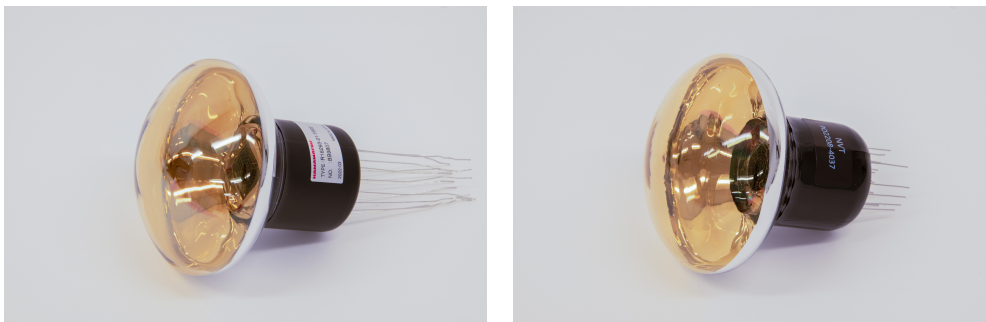


Figure 7: ภาพถ่ายของหลอดทวีคูณแสงจากผู้ผลิต (ซ้าย) Hamamatsu photonics (ขวา) NNVT

รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐกร ลิ้มประจักษ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

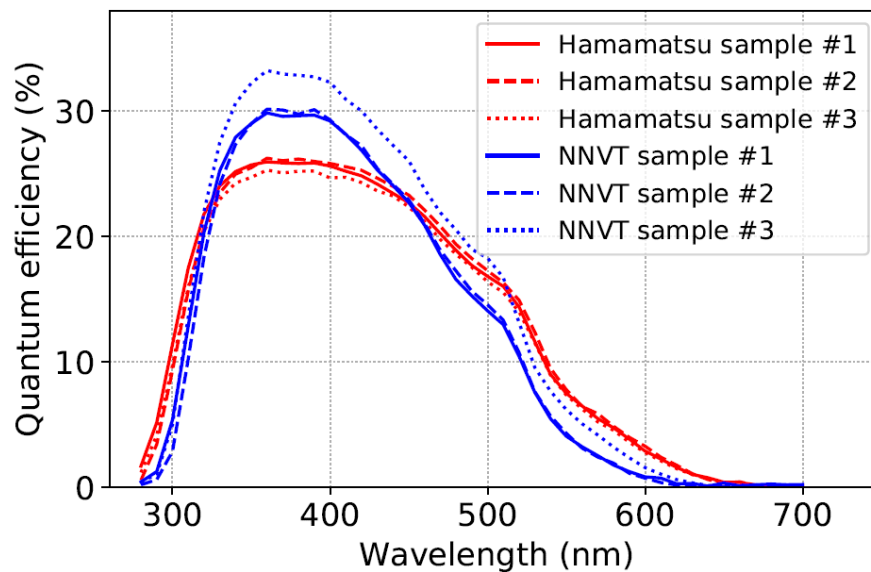


Figure 8: Quantum efficiency ของหลอดทวีคูณแสงของ Hamamatsu (แดง) และ NNVT (น้ำเงิน) เปรียบเทียบกับความยาวคลื่น

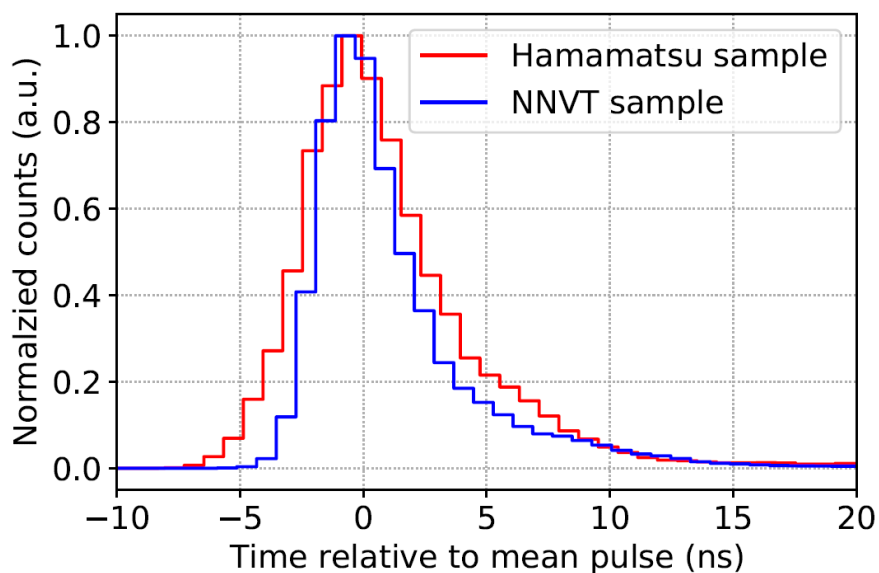


Figure 9: เวลาในการส่งข้อมูลของหลอดทวีคูณแสงจาก Hamamatsu และ NNVT

รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐกร ลิ้มปรีชดาวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

4.2 Optical Array

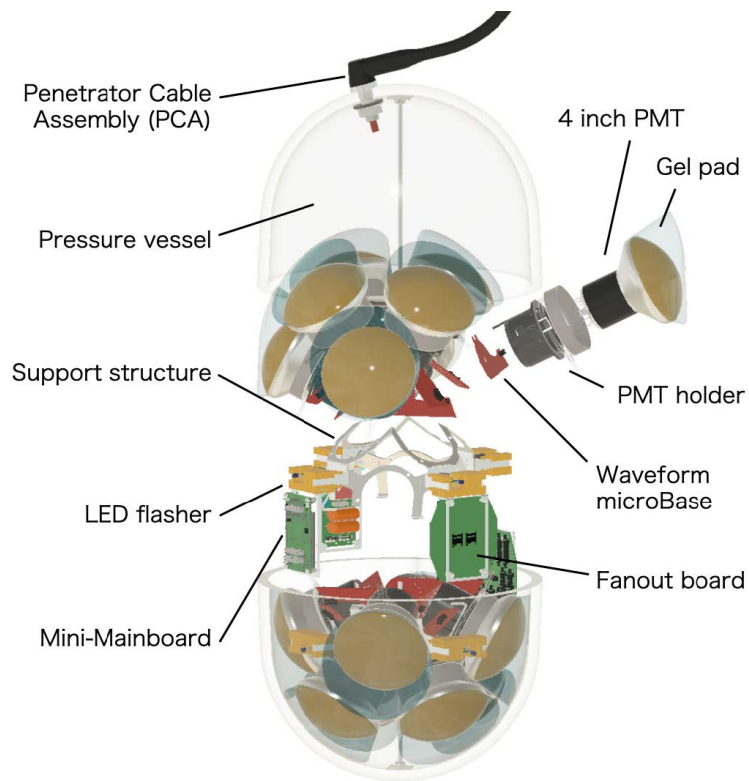


Figure 10: แผนภาพแสดง Gen2 DOM candidate (16 PMT model)

ในการพัฒนา IceCube-Gen2 ประสิทธิภาพการรับแสงนั้นขึ้นอยู่กับพื้นที่ที่สามารถรับแสงได้ โดยในขณะนี้เราได้แบ่งโมดูลออกเป็น 3 รุ่น ได้แก่

1. IceCube DOM ซึ่งมีหลอดทวิคูณแสดงเพียงหนึ่งอัน
2. IceCube Upgrade modules ได้แก่ D-Egg คือ อุปกรณ์ที่ประกอบด้วย PMT จำนวน 2 อัน ซึ่งมีการวางทิศทางขึ้นและลงตรงข้ามกัน และ mDOM คือโมดูลที่มี PMT จำนวนมากกว่า 1 อัน
3. IceCube-Gen2 DOMs ในการออกแบบครั้งนี้มี 2 ประเภท คือ 16 PMTs และ 18 PMTs



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐกร ลิ้มปรัชดวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

5 โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อน

โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์ในปีนั้น พวกเรามีโอกาสที่ได้เยี่ยมชมและศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์ในการตรวจจับแสงชนิด LOM-16 (Long Optical Module) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่จะใช้กับ IceCube Upgrade และ IceCube-Gen2 ในอนาคต โดยในการมายังสหรัฐอเมริกาในครั้งนี้ พวกเราได้เข้าร่วมทำงานกับทีม LOM โดยตลอดฤดูร้อนนี้เราทำหน้าที่ในการช่วยประกอบ และทดสอบ LOM-16 เพื่อให้มีประสิทธิภาพตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยพวกเรามี Yuya Makino เป็นผู้ดูแลพวกเราตลอดโครงการนี้

5.1 การประกอบ LOM-16 DVT2 (LOM-16-01)

พวกเราได้มีส่วนร่วมในการประกอบ LOM-16 โมดูลที่สอง (LOM-16-01) โดยการประกอบจะเกิดขึ้นที่ Physical Science Labs (PSL) เป็นส่วนใหญ่ และการทดสอบ Sub-Assembly PMT จะเกิดขึ้นที่ Chamberlin Hall พวกเราเริ่มสังเกตการณ์การประกอบ รวมถึงเป็นผู้ช่วยในการประกอบ LOM-16-01 จนเสร็จสิ้นในวันที่ 10 กรกฎาคม 2567 ภายใน Physical Science Labs (PSL)



Figure 11: การประกอบ LOM-16 DVT2 (LOM-16-01) ที่ Physical Science Labs

รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐภัทร ลิ้มปรัชดวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

5.2 การตรวจสอบ LOM-16 DVT2 (LOM-16-01)

หลังจากที่พวกเราได้รับ LOM-16-01 ที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยจาก Physical Science Labs (PSL) ขั้นตอนต่อไปคือการตรวจสอบการทำงานของ LOM-16 ให้เป็นไปตามที่ออกแบบไว้ หลังจากนั้น LOM-16 ที่จะถูกประกอบจาก PSL จะเป็นการทำการผลิตเพื่อส่งไปยังขั้วโลกใต้ เพราะฉะนั้นการตรวจสอบในขั้นตอนนี้มีความสำคัญมาก

5.2.1 Mechanical Testing

เมื่อได้รับ LOM-16 สิ่งที่เราทำคือการตรวจสอบความดัน (pressure) ภายใน LOM-16 เพื่อให้แน่ใจว่าการประกอบและซีลมีความสมบูรณ์ โดยการตรวจสอบสามารถใช้การเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เข้ากับสายเคเบิลเพื่อทำการตรวจสอบจากเซ็นเซอร์ที่อยู่ใน LOM-16 ได้ นอกจากนี้เรายังตรวจสอบความถูกต้องของการลงทะเบียนเลข PMT และหมายเลขการเชื่อมต่ออีกด้วย

ต่อมาเราทำการทดสอบที่อุณหภูมิต่ำเพื่อให้แน่ใจว่า LOM-16 จะสามารถทำงานได้ที่อุณหภูมิที่ -40°C และยังเป็น การตรวจสอบการยึดเกาะของเจลที่ใส่เข้าไปขณะประกอบว่าจะเกิดฟองอากาศหรือรอยแตกร้าวหรือไม่ โดยเราทำการแช่ LOM-16 ภายในตู้แช่แข็งเป็นเวลาประมาณ 2-3 วัน จากนั้นใช้กล้องเพื่อถ่ายภาพ timelapses จากนั้นนำมาประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อทำการประมวลผลและสังเกตการเปลี่ยนแปลงของ LOM-16

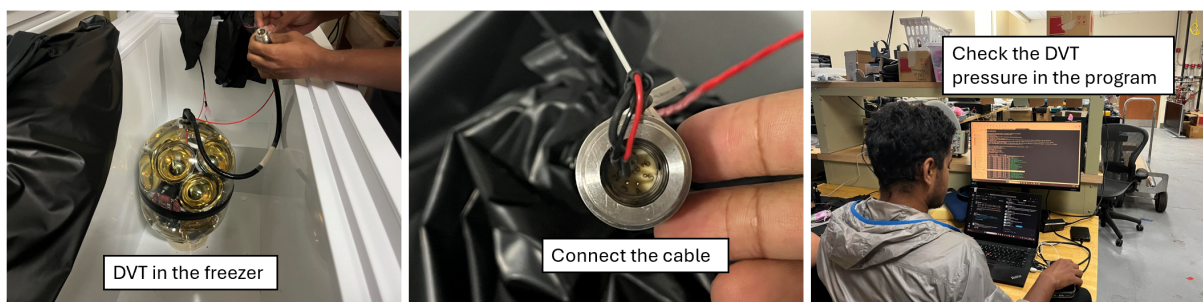


Figure 12: การทดสอบความดันภายใน LOM-16

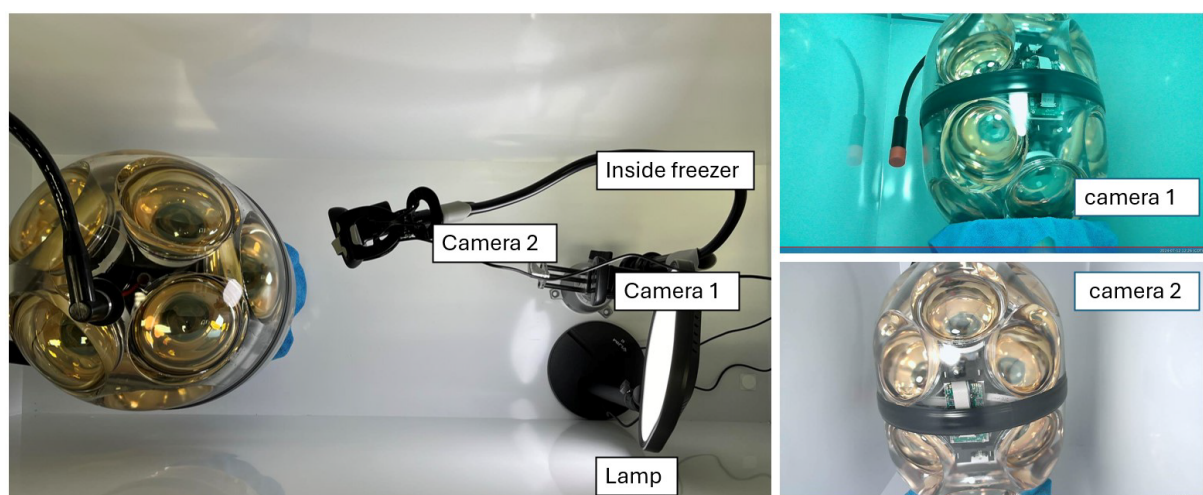


Figure 13: การทดสอบที่อุณหภูมิ -40°C



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐภัทร ลิ้มปรีชดาวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

5.2.2 Functionality Calibration and Single Photon Detection Studies

การทดสอบนี้เป็นการสอบเทียบ PMT เพื่อให้มีฟังก์ชันการใช้งานตามที่ออกแบบไว้ โดยประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ๆ ได้แก่ Threshold setting และ Gain calibration

Threshold Setting เป็นการทดสอบเพื่อกำหนดค่าพลังงานขั้นต่ำที่จะบันทึกว่าเป็น events โดยเราต้องการใช้ค่าน้อยพอที่จะสามารถตรวจจับ single photon events ได้ แต่ไม่น้อยจนเร้าบันทึก noise ที่เกิดขึ้นออกมา โดยระดับที่เราต้องการคือ 0.16 pC (0.2PE) ซึ่งสามารถปรับได้โดยการปรับ DAC setting ที่ค่าต่าง ๆ จากนั้นทำการคำนวณเพื่อหา optimal DAC setting

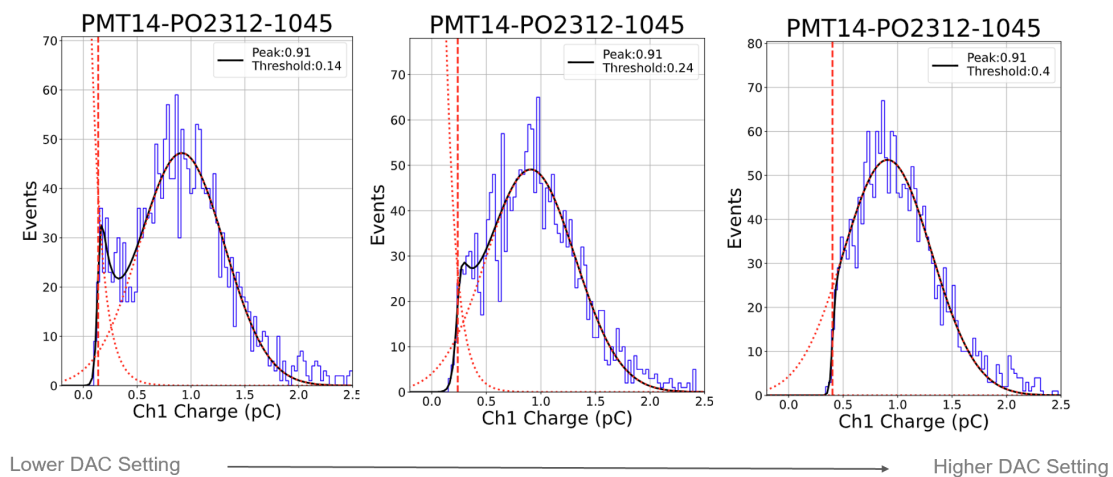


Figure 14: แผนภาพแสดง histogram ของ event และระดับพลังงานเมื่อเปลี่ยนค่า DAC setting

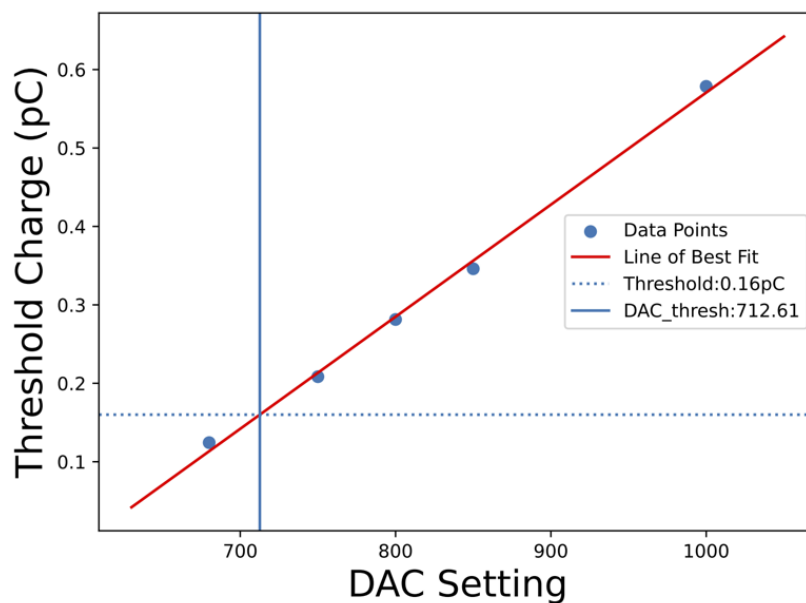


Figure 15: ภาพแสดงค่า threshold เทียบกับ DAC setting เพื่อหา optimal DAC setting



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐกร ลิ้มปรีชดาวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

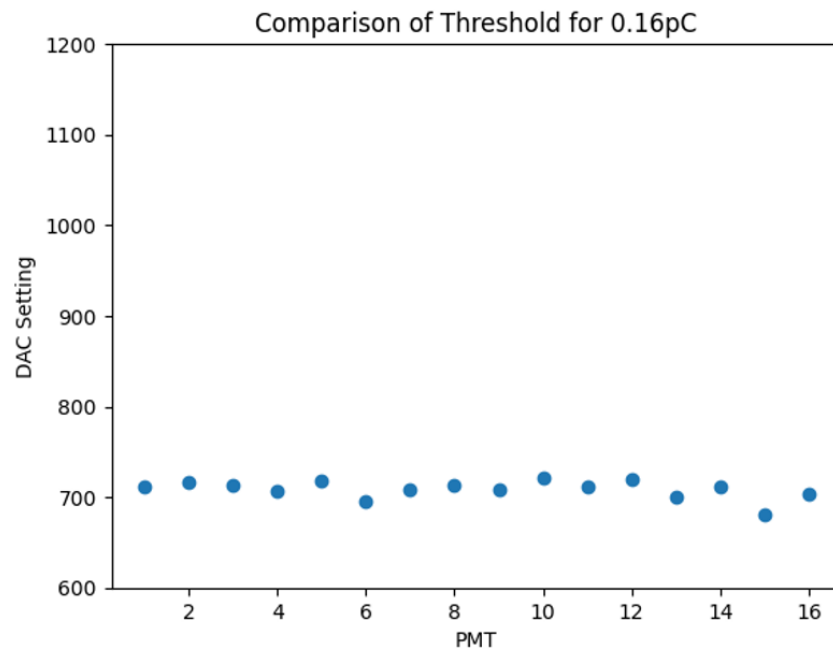


Figure 16: แผนภาพแสดง optimal DAC setting ของ PMT ภายใน LOM-16-01

Gain Calibration เป็นการปรับศักย์ไฟฟ้าภายใน PMT เพื่อให้มีค่า gain ตามที่กำหนดไว้ ซึ่งในการออกแบบเราต้องการ gain ที่ $5e6$ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.8 pC (1PE) การปรับสามารถทำได้ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ผ่านการเชื่อมต่อสายเคเบิลเช่นเดิม

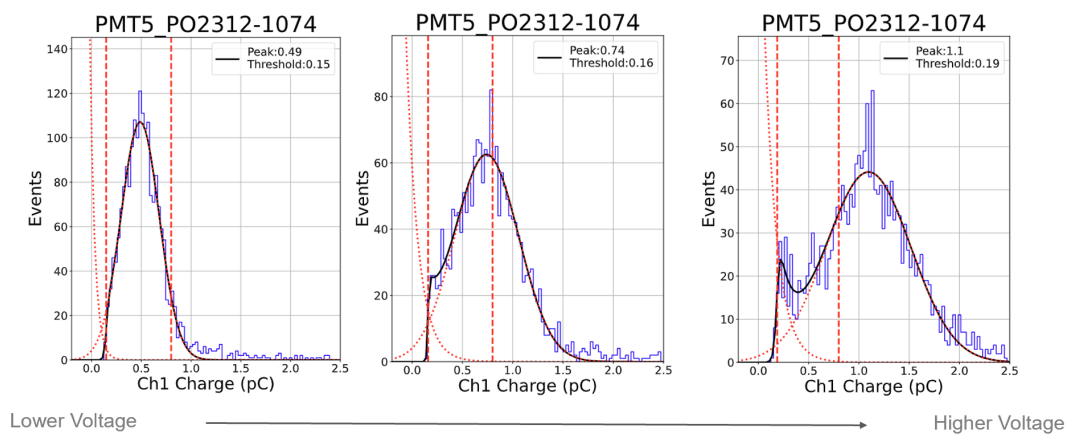


Figure 17: แผนภาพแสดง histogram ของ event เมื่อเปลี่ยนค่าศักย์ไฟฟ้า



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐกร ลิ้มปรีชดาวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

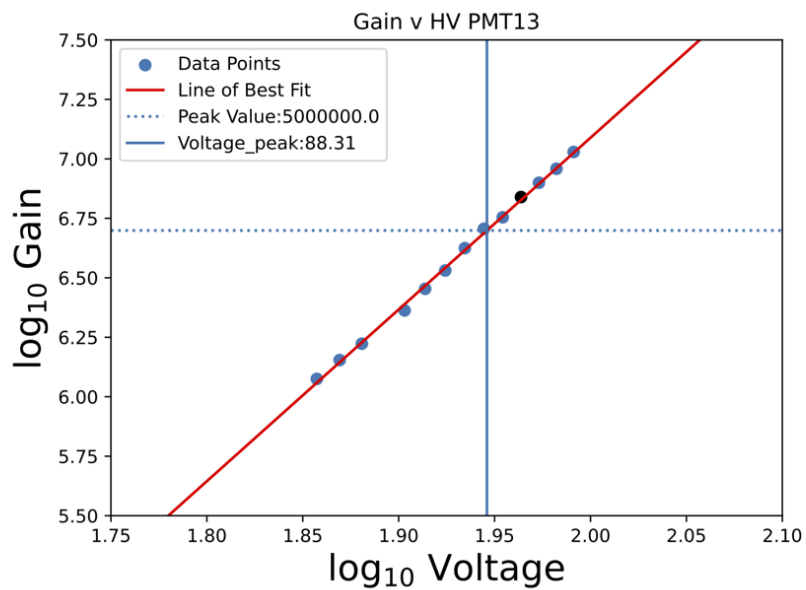


Figure 18: ภาพแสดงค่า gain เทียบกับศักย์ไฟฟ้าค่าต่าง ๆ เพื่อหา optimal voltage

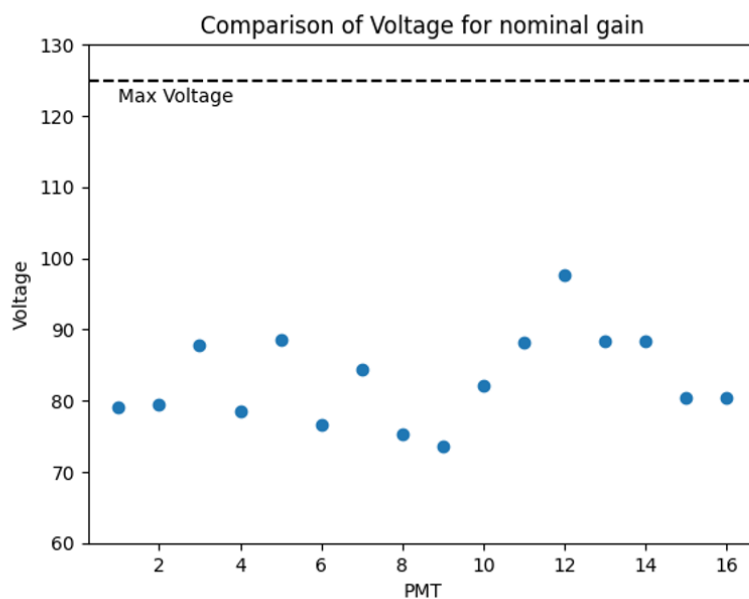


Figure 19: แผนภาพแสดง optimal voltage ของ PMT ภายใน LOM-16-01



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐกร ลิ้มปรีชดาวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

5.2.3 Dark Noise Measurement

เมื่อทำการสอบเทียบอุปกรณ์ทั้งหมดภายใน LOM-16-01 เสร็จสิ้น พวกเราจึงทำการทดสอบ Dark noise rate เพื่อหาการสลายตัวของอุปกรณ์ เนื่องจากเมื่อมีการสลายตัวเกิดขึ้นจะทำให้ PMT สามารถรับค่าได้ โดยความถี่ที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดของ PMT, ชนิดของ PV, อุณหภูมิ เป็นต้น

เมื่อทำการทดสอบพบว่า dark rate มีค่าเพิ่มขึ้นโดย Sub-assembly PMT มีค่า dark rate เฉลี่ยที่ 150 Hz แต่เมื่อนำมาประกอบเป็น LOM-16-01 แล้ว PMT จะมีค่า dark rate เฉลี่ยที่ 1,000 Hz

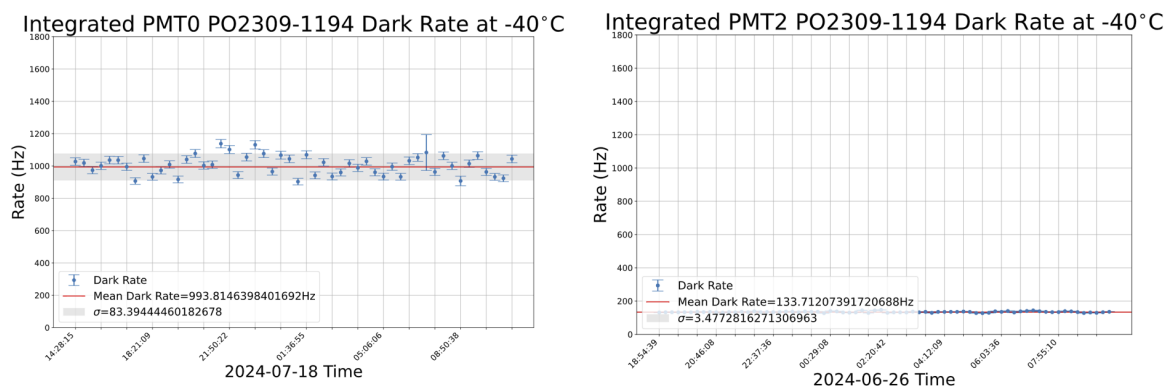


Figure 20: แผนภาพแสดงการวัด dark rate ของ PMT0 ก่อนและหลังการประกอบ LOM-16-01

5.2.4 Muon Detection Studies

Prof. Albrecht Karle ได้เสนอการทดสอบทางเลือก โดยใช้มิวออนที่เป็นรังสีคอสมิก โดยใช้ LOM-16 ในการตรวจจับมิวออน โดยเราทำการปรับค่า threshold ให้มีค่ามากที่สุด เพื่อลดการตรวจจับ single-photon event และเนื่องจากมิวออนมีพลังงานสูงกว่าโฟตอนมาก ทำให้เราต้องปรับค่าเช่นนั้น โดยผลการทดสอบพบว่าตำแหน่งของ PMT มีผลต่อการตรวจจับมิวออน โดย PMT ที่มีตำแหน่งอยู่บริเวณ upper hemisphere pole มีการตรวจจับได้มากกว่าบริเวณอื่น ๆ ของ LOM-16

รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐกร ลิ้มปรีชดาวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

PMT Numbering

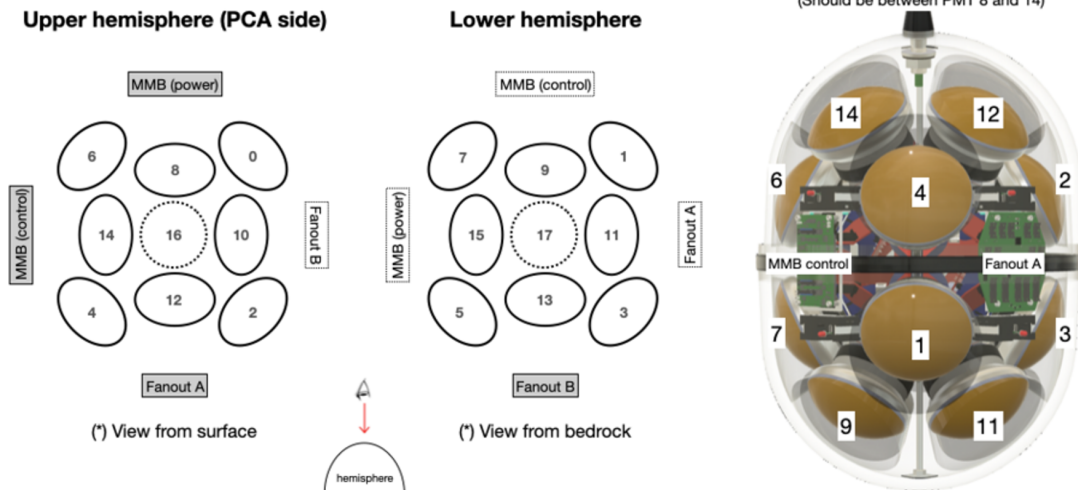


Figure 21: แผนภาพแสดงตำแหน่งของ PMT ภายใน LOM-16

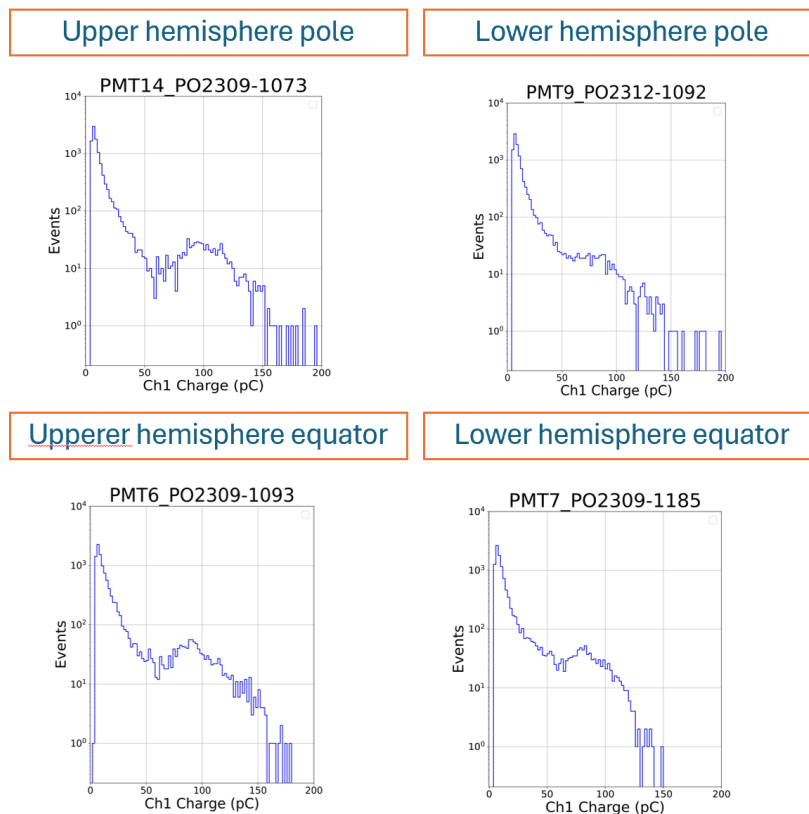


Figure 22: ผลของการศึกษา muon detection ที่ตำแหน่งแตกต่างกันภายใน LOM-16



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐาภัทร ลิ้มปรีชดาวงค์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

6 บันทึกการเดินทาง

1 มิถุนายน 2567 ตอนนี้อยู่เวลา 4.00 น. เป็นวันแรกที่เราต้องเริ่มต้นเดินทางไปยังวิสคอนซิน โดยมีครอบครัวของผมเดินทางมาส่งที่สนามบินสุวรรณภูมิ ในการเดินทางครั้งนี้มีแค่ผมกับพี่แนนที่เป็นนักศึกษาปริญญาเอกอีกคนที่เดินทางไปด้วย พวกเราออกเดินทางผ่านท่ามกลางอากาศในฤดูมรสุมของประเทศไทยเพื่อไปเปลี่ยนเครื่องที่สนามบินนาริตะ ประเทศญี่ปุ่น จากนั้นเดินทางต่อไปยัง O'Hare international airport, IL, USA พวกเราสองคนเดินทางถึงสนามบิน O'Hare จากนั้นใช้รถรางของทางสนามบินเพื่อตามหาซิมการ์ดสำหรับใช้โทรศัพท์ ซึ่งเราหาร้านค้าที่ขายซิมการ์ดไม่เจอ พวกเราจึงตัดสินใจว่าจะเดินทางไป Madison, WI ก่อนแล้วค่อยจัดการเรื่องโทรศัพท์ในวันพรุ่งนี้

พวกเราได้นั่งรถไฟฟ้าของสนามบินเพื่อไปยังที่จอดรถบัสซึ่งอยู่ไม่ไกลนัก ใช้เวลาประมาณ 2.30 ชั่วโมงในการเดินทางเพื่อมายัง Madison, WI โดยมี Caitlyn รถต้อนรับพวกเราและพาพวกเราไปเช็คอินที่ Adams residence hall ซึ่งจะเป็นเหมือนบ้านของพวกเราไปตลอด 2 เดือนต่อจากนี้ จากนั้นพวกเราได้ถาม Caitlyn เกี่ยวกับซิมโทรศัพท์ Caitlyn บอกว่าลองโทรถามทางร้าน Target เราสามารถเข้าไปซื้อซิมที่นั่นได้เลย พวกเราจึงตัดสินใจว่าจะไปซื้อซิมโทรศัพท์ในวันพรุ่งนี้ ส่วนวันนี้จะพักผ่อนเก็บแรงกันก่อนเนื่องจากกิจกรรม 2024 IceCube summer school กำลังจะเริ่มในวันจันทร์ที่จะถึง ผมรู้สึกตื่นเต้นกับการผจญภัยที่รออยู่และขอให้ทุกอย่างเป็นไปด้วยความราบรื่น



Figure 23: การเดินทางจากประเทศไทยไปยังวิสคอนซิน สหรัฐอเมริกา



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณณภัทร ลิ้มปรีชดาวงค์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

2 มิถุนายน 2567 วันนี้ผมและพี่แนนเดินทางไปยัง State st. เพื่อไปตามหาซิมการ์ดสำหรับโทรศัพท์และอินเทอร์เน็ต รวมไปถึงเพื่อใช้ในการลงทะเบียนจักรยานด้วย เมื่อเราเดินทางไปถึง Target ก็พบว่าซิมนั้นไม่สามารถใช้ได้ เราจึงต้องไปติดต่อกับทางผู้ให้บริการเครือข่ายโดยตรง แต่ว่าระหว่างนั้นเราแวะทานอาหารที่ The terrace ก่อนที่จะตามหาซิมการ์ดกันต่อ

The terrace เป็นพื้นที่สำหรับพักผ่อนของ UW-Madison ซึ่งบรรยากาศนั้นดีมาก ๆ มีนักศึกษาออกมารวมกลุ่มกันทำงาน บ้างก็มีครอบครัวพาลูก ๆ มาเยี่ยมชมมหาวิทยาลัย จากนั้นเราเดินทางไปร้านของ Verizon เพื่อทำการใช้งานซิมการ์ดและอินเทอร์เน็ต หลังจากได้โทรศัพท์ที่สามารถใช้งานได้เป็นปกติแล้ว เรากลับไปพักผ่อนที่หอพักและเปิดใช้งานบริการจักรยานของเมืองนี้ อาการ jetlag ของเราทั้งสองก็ทำงานทันที พวกเราหลับไปถึงเวลาประมาณ 1 ทุ่ม สิ่งที่แตกต่างกันระหว่างเมืองนี้และประเทศไทยคือ ท้องฟ้าก็ยังสว่างอยู่จนถึงประมาณ 3 ทุ่ม ผมและพี่แนนจึงทดลองใช้จักรยานและลองจับเวลาที่ใช้ในการเดินทางไปยัง Network222 ซึ่งเป็นอาคารที่ Wisconsin IceCube Particle Astrophysics Center (WIPAC) อยู่ เมื่อกลับมาถึง Adams residence hall พวกเราอุ่นพิซซ่าที่เหลือจากเมื่อกลางวันกิน จากนั้นแยกย้ายกันพักผ่อน เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับ workshop ในวันพรุ่งนี้



Figure 24: ภาพบรรยากาศบริเวณรอบ University of Wisconsin-Madison

3 มิถุนายน 2567 วันนี้เป็นวันแรกของ 2024 IceCube summer school หลังจากเมื่อวานเราพยายามตามหาอาหารเข้าของเราก็ยังไม่พบ เราจึงตัดสินใจซื้อของกินเล่นระหว่างทางที่ไปยัง Network222 ในโครงการนี้พวกเราได้มีโอกาสเข้าร่วมและพบเพื่อนนักศึกษาจากหลากหลายมหาวิทยาลัย ไม่ว่าจะเป็น University of Pennsylvania, University of Nevada และ Michigan State University

ในช่วงเช้าเราเรียนรู้เกี่ยวกับหลักการ แนวคิด และความเป็นมาของ IceCube และให้ดูอุปกรณ์รับสัญญาณ รวมไปถึง DOM ที่ใช้ในการทดลองด้วย ในช่วงบ่ายเป็นการอธิบายการทำงานของแต่ละ working group ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 กลุ่มย่อย ๆ แต่ละกลุ่มก็จะสนใจในการนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์และอธิบายแตกต่างกันออกไป ในช่วงเย็นพวกเราได้เดินทางไปยัง Target อีกสาขาบริเวณ Hilldale เพื่อซื้อของใช้เพิ่มเติมจากนั้นจึงเดินทางกลับหอพักพร้อมกับฝนที่ตกต้อนรับการมาของนักศึกษาชาวไทย

4 มิถุนายน 2567 วันนี้เราได้มาทานอาหารเข้ากันที่ Four lake market จากนั้นได้เดินทางไปยัง Network222 เพื่อเข้าร่วม workshop ในวันที่สองโดยหัวข้อการอบรมในวันนี้เกี่ยวกับการวิเคราะห์ likelihood ของ point-source ซึ่งต้องใช้ python ในการคำนวณ รวมไปถึงมีหัวข้อที่น่าสนใจอย่าง Diversity ในองค์กรของ IceCube อีกด้วย นอกจากนี้เรายังได้รับอนุญาตให้ใช้ resource ของ WIPAC เกือบทั้งหมด และได้สิทธิในการใช้งาน Cobalt ซึ่งเป็น HPC ที่ทางทีม IceCube ใช้ในการคำนวณ

เนื้อหาในการอบรมนั้นไว้มาก จนพวกเราแทบตามไม่ทัน ในช่วงพักกลางวันพวกเราได้ลองกิน Perogi พร้อมกับเพื่อน ๆ ที่ได้รู้จัก โดยแต่ละคนได้เดินทางจากสถานที่ต่าง ๆ กัน ในช่วงเย็นเราได้ไปทานอาหารกันที่ The terrace จากนั้นได้กลับที่พักเพื่อ



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐกร ลิ้มปรีชดาวงค์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

เตรียมพร้อมในการเรียนรู้ในวันพรุ่งนี้

5 มิถุนายน 2567 วันนี้พวกเราได้เดินทางไปยัง WIPAC ด้วยจักรยานโดยไม่ต้องเปิด Google Maps เป็นครั้งแรก เนื้อหาในการอบรมวันนี้เกี่ยวกับ Analysis Statistics, Life at South Pole, IceCube Analyses and Events Selections และในส่วน of ภาคบ่ายเป็นช่วงของการ workshops เรื่อง IceTray Introduction และ i3 files and StreamShovel ซึ่ง IceTray เป็นรากฐานของการพัฒนาโปรแกรมทั้งหมดของทาง IceCube ใช้ในการอ่านข้อมูล เลือกข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และ StreamShovel เป็น platform ในการทำ simulation ของ IceCube ซึ่งใช้งานผ่านทาง services ของ IceCube ด้วยความเหนื่อยเราจึงเลือกเดินกลับมาถึง Adams และทำอาหารเป็นมาม่าและนิชินจากไทยใส่อกไก่งวงพร้อมใส่ไข่ ซึ่งทำให้นึกถึงตอนที่อยู่ไทยขึ้นมา พอให้หาคิดถึงไทยได้บ้าง

6 มิถุนายน 2567 วันนี้เราได้เดินไปยัง WIPAC พร้อมกับเพื่อน ๆ เนื้อหาในการอบรมวันนี้เกี่ยวกับ Machine Learning / Neural Networks and Neutrino Physics, Diffuse Neutrinos and Detector Physics และในช่วงบ่ายเป็น Workshop เกี่ยวกับ Machine Learning ทุกอย่างผ่านไปได้อย่างดี วันนี้พวกเราเดินทางกลับและได้แวะซื้อของเล็กน้อยที่ Target จากนั้นเราทำอาหารไทยกัน เมนูวันนี้ก็คือกะเพราหมูสับและไข่ลวก ทำให้หาคิดถึงอาหารไทยขึ้นมาได้บ้าง จากนั้นเราแยกย้ายกันพักผ่อนเพื่อเตรียมสำหรับ workshop ในวันสุดท้าย

7 มิถุนายน 2567 วันนี้เราได้เจอกับเพื่อน ๆ ที่เข้าร่วมโครงการเดียวกัน เราจึงตัดสินใจเดินไปยัง Network222 พร้อม ๆ กัน เนื้อหาในวันนี้เกี่ยวกับ Radio neutrinos, IceCube simulation และ Event construction and ice model ในช่วงบ่ายเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับส่วนของ Diffuse working group

ในช่วงเย็นทาง IceCube นำโดย John Hardin ได้จัดให้เราไปทัวร์ที่ Capital of Madison ซึ่งเป็นเหมือนศาลาว่าการของเมืองซึ่งมีลักษณะเหมือนที่ Washington D.C. มาก ๆ ศิลปะที่อยู่ข้างในนั้นสวยงาม มีหลายคู่มายถ่ายภาพกันแต่กันภายใน เราได้ขึ้นไปดูส่วนของชั้น 6 ซึ่งเป็นหอสังเกตการณ์ แต่น่าเสียดายเรามาในช่วงที่เป็นช่วงของการ renovate พอดี เลยทำให้ได้แค่ถ่ายรูปบริเวณเมืองรอบ ๆ Madison เท่านั้น ตัวเมือง Madison นั้นมีผังเมืองที่สวยงาม มีลักษณะเป็น 8 แฉก ออกไปตามเส้นทางต่าง ๆ ขนาบด้วยทะเลสาบขนาดใหญ่ทั้งสองด้าน หลังจากนั้นเราแยกย้ายกับ John Hardin และไปทานอาหารเย็นด้วยกันกับเพื่อน ๆ เพราะว่าเป็นวันสุดท้ายที่จะได้เจอกันแล้ว เราจึงไปทานอาหารกันที่ The vintage ซึ่งอยู่บน University ave ที่นี้เสิร์ฟอาหารเหมือนกับ Classic American diner เราแลกเปลี่ยนกันว่าในอนาคตจะทำอะไร เรียนอะไรต่าง ๆ จากนั้นเราได้ไปทานของหวานกันที่ The terrace วันนี้มีนักร้องและมีการเต้นกันด้วย บรรยากาศตอนนี้เหมือน summer เหมือนกับที่เราเคยได้เห็นจากภาพยนตร์ hollywood หลังจากนั้นถึงเวลาที่เรจะต้องแยกย้ายกันไปทำหน้าที่ของตัวเอง ส่วนพวกเรานั้นยังมีอีก 7 สัปดาห์หรือเราอยู่



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐกร ลิ้มประจักษ์วงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

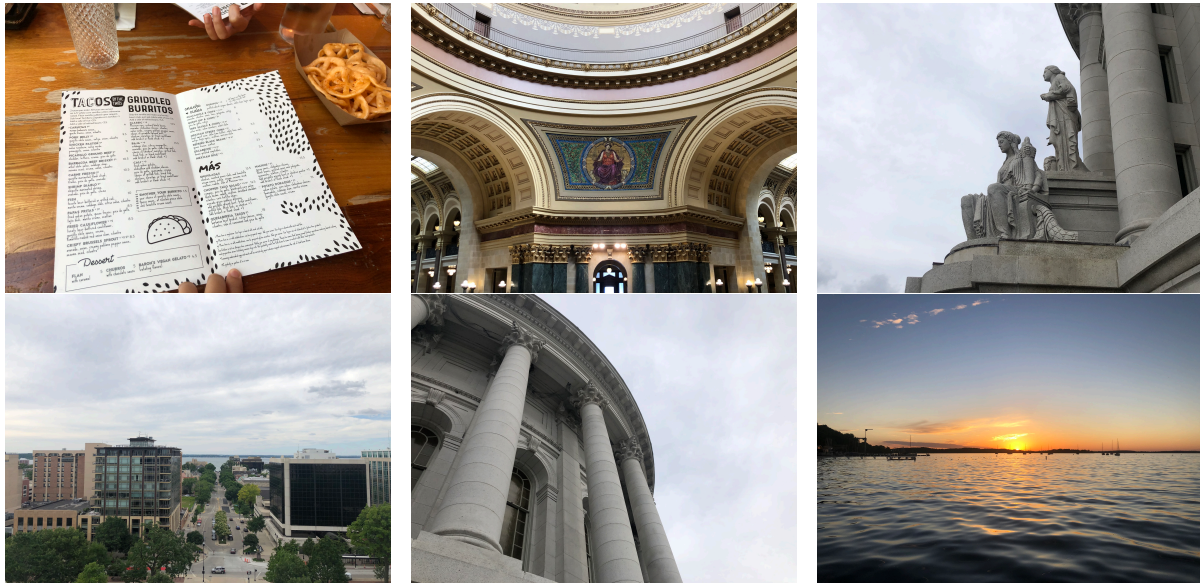


Figure 25: ภาพบรรยากาศวันสุดท้ายของ 2024 IceCube summer school และวิวจากทะเลสาบ Mendota

8 มิถุนายน 2567 วันนี้พี่แนนได้นัดกับอ้อมซึ่งเป็นนักศึกษาไทยที่อยู่ UW-Madison โดยอ้อมกำลังศึกษาปริญญาโท วันนี้อ้อมจึงได้นำเที่ยวให้กับเรา โดนเราได้เดินรอบ ๆ บริเวณ capital โดยวันนี้มี Farmer's market โดยมีการขายของต่าง ๆ อาทิ นมชีส ผัก และผลไม้ต่าง ๆ รวมไปถึงมีหน่วยงานต่าง ๆ ของรัฐไม่ว่าจะเป็นตำรวจ หน่วยฉุกเฉิน มาทำกิจกรรมกันรอบ ๆ บริเวณ capital อีกด้วย จากนั้นเราได้มานั่งพักผ่อนชานมไข่มุก อ้อมได้อธิบายหลาย ๆ อย่างในเมือง Madison เรานั่งคุยกันประมาณ 1-2 ชั่วโมง จากนั้นเราได้เดินทางกลับ ระหว่างทางเราก็ได้แวะ University Book Store ซึ่งขายเสื้อผ้าต่าง ๆ ของทางมหาวิทยาลัย และได้แวะ Target ก่อนกลับเพื่อซื้ออาหารเย็นสำหรับในสัปดาห์ต่อไป

10 - 14 มิถุนายน 2567 ช่วงนี้พวกเราเดินทางไปทำงานที่ WIPAC และได้ทำความรู้จักกับ Matt เกี่ยวกับเรื่องของ IceTop และ Scintillator และได้มีโอกาสเดินทางไป West Towne Mall เพื่อซื้อของใช้เพิ่มเติม นอกจากนี้ยังมีงาน Madison night market ซึ่งทางเมืองแมดิสันได้ปิดถนน State st. และมีร้านค้าตั้งแผงกันเรียงรายตลอดแนวถนน พวกเราได้เดินสำรวจร้านค้าต่าง ๆ ตลอดเส้นทาง นอกจากนี้ยังมีนักดนตรีมีแสดงโชว์ต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น xylophone, synthesizer รวมถึง DJ ต่าง ๆ ด้วย แต่ที่พวกเราชอบที่สุดคือวงร็อกที่มาเล่นที่บริเวณสวน จากนั้นเราได้เดินทางกลับหอพัก วันนี้เราเดินไปเยอะมากขนาดที่แอฟของโทรศัพท์วันครบ 3 รอบเลย



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐกร ลิ้มปรีชดาวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567



Figure 26: ภาพบรรยากาศงาน Madison night market

15 มิถุนายน 2567 วันนี้พวกเรา มี ผม พี่แนน และอ้อม ไปทานอาหารกลางวัน ที่ Raising Sons ซึ่งเป็นร้านอาหารไทยที่อยู่ State st. โดยพวกเราได้สั่งส้มตำ แกงมัสมั่น ลาบหมู และผัดไท เป็นครั้งแรกที่ได้กินอาหารไทยที่ไม่ใช่ที่พวกเราทำเอง เจ้าของร้านเป็นคนลาวที่สามารถพูดไทยได้ รสชาติอาหารอร่อยเหมือนกับที่ไทยเลย ทำให้ผมหายคิดถึงอาหารไทยไปบ้าง

ในช่วงเย็นผมได้ออกไปวิ่งโดยใช้เส้นทางที่ไปทาง Picnic point พอวิ่งไปสักพักเราได้ใช้ทางเลี้ยวเพราะว่าต้นไม้หักโค่นขวางทาง ทำให้เราต้องวิ่งเข้าป่ามืด ๆ ไปเพื่ออ้อมไปยัง Picnic point พอถึงที่หมายแล้ว วิวที่นี่สวยมาก น้ำใสจนมองเห็นพื้น จากนั้นผมเดินทางกลับที่พักเพื่อให้ออกจากป่าให้ทันก่อนมืด



Figure 27: (ซ้าย) ผม พี่แนน และอ้อม ที่ร้านอาหาร Raising Sons (ขวา) ภาพวิวของ state capital จาก picnic point



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐภัทร ลิ้มปรัชดวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

17 มิถุนายน 2567 วันนี้พวกเราได้เดินทางมาทำงานที่ Network222 เหมือนเดิม แต่วันนี้พิเศษกว่าคือเป็นวันคล้ายวันเกิดของพี่แนนซึ่งมีอายุครบ 28 ปี วันนี้เราศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับ icetrax ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ทาง IceCube สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการทำงาน วิเคราะห์ และอ่านข้อมูลทั้งหมดใน IceCube collaboration ซึ่งเราสามารถใช้งานได้จากทาง cobalt01 – 08 และสามารถลงโปรแกรมลงในเครื่องได้จาก GitHub

18 มิถุนายน 2567 วันนี้เราเดินทางไป Network222 เพื่อทำงานเหมือนเดิม ระหว่างที่ขึ้นลิฟต์เราได้เจอกับ Hannah ซึ่งเป็น Ph.D. student ที่ UW-Madison ซึ่งทำงานวิจัยกับทาง IceCube และได้ชวนเราให้เข้าร่วม X-meeting ซึ่งเป็นการนำเสนอของนักศึกษาและ postdoc โดยที่ไม่มีทางอาจารย์มาฟัง เหมือนเป็นการเตรียมความพร้อมก่อนที่จะออกไปพูดที่ conference หรือที่ต่าง ๆ และ Hannah ยังได้แนะนำ channels ที่คิดว่าเราอาจจะสนใจใน Slack เพิ่มอีกด้วย

ในช่วงเที่ยงเราได้เข้าร่วมฟัง X-meeting ซึ่งข้อดีอีกอย่างของ X-meeting ก็คือมี Ian's Pizza เสริฟพร้อมกับนั่งฟังบรรยายไปในเวลาเดียวกัน พวกเราได้แนะนำตัวกับนักศึกษาทุกคนใน X-meeting ด้วย เราไม่ค่อยเจอนักศึกษาคนอื่น ๆ เท่าไหร่เพราะว่าออฟฟิศของเราอยู่คนละมุมของสำนักงาน หลังจากนั้นเราก็กลับมาทำงานของเราเหมือนเดิม

20 มิถุนายน 2567 วันนี้พวกเราทำงานที่ Network222 และได้เข้าร่วม journal club ในช่วงเวลากลางวัน ในช่วงเย็นพวกเราได้ไปที่ The terrace เพื่อเลี้ยงส่ง Sarah เนื่องจากได้งานในตำแหน่ง postdoc ที่ประเทศเยอรมนีและกำลังจะบินไปในเร็ว ๆ นี้



Figure 28: ภาพบรรยากาศการเลี้ยงส่ง Sarah

21 มิถุนายน 2567 วันนี้ช่วงเช้าเราได้นัดกับ Hannah เพื่อไปสำรวจ Chamberlin hall ซึ่งเป็นอาคารของภาควิชาฟิสิกส์ของ UW-Madison ตอนที่เราจะออกจาก Network222 เราได้เจอกับ Vedant ซึ่งเขาได้แจ้งเราเกี่ยวกับงานใหม่ที่เราจะได้ทำเกี่ยวกับ Long Optical Modules (LOM) ต้องไปประชุมที่ Chamberlin hall เวลาบ่ายโมงพอดี

Hannah ได้พาเรามาที่ Chamberlin hall ในอาคารก็จะมีสำนักงานให้สำหรับของอาจารย์และนักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา นอกจากนี้ยังมี Physics Museum ที่มีการทดลองที่น่าสนใจให้เราได้เล่น จากนั้นเราได้เดินผ่าน The Helically Symmetric eXperiment (HSX) แต่ว่าช่วงนี้อยู่ในระหว่างการถอดประกอบใหม่ เราเลยไม่ได้เข้าไปดู จากนั้น Hannah ก็พาขึ้นไปชั้น 4 ซึ่งมี IceCube laboratory อยู่แล้วพาเราสำรวจห้องต่าง ๆ เช่น ห้องเซิร์ฟเวอร์ซึ่งใช้ระบบ CVMFS และ Cobalt นอกจากนี้ยังแนะนำการทดลองเกี่ยวกับ pencil beam และพาไปดูห้องที่ทำการ calibrate ตัว PMTs ซึ่งจะเป็นสิ่งที่เราจะได้รับฝึกชอบในการมา IceCube ในปีนี้



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณานภัทร ลิ้มปรัชดวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

ข้อจำกัดของเครื่องที่ใช้วัดและสอบเทียบ PMTs นั้นคือจำเป็นต้องใช้ freezer ในการทำให้ PMTs นั้นเย็นในระดับ -40°C จากนั้นมีการทดลองหลากหลายอย่างที่จำเป็นต้องทำให้มั่นใจว่าตัว PMTs จะสามารถตรวจจับ Cherenkov light ได้อย่างมีความละเอียดและมีเสถียรภาพ ตลอดเวลา ในการทดสอบ 1 ครั้งใช้เวลาประมาณ 2 วันในการทดสอบ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้อยู่สามารถทดสอบได้ทีละ 4 ตัวอย่างในโมดูลของ LOM-16 นั้นต้องใช้ PMTs จำนวน 16 ตัว จึงใช้เวลาประมาณ 8 – 10 วัน ในการตรวจสอบ PMTs ให้พอสำหรับการประกอบ LOM 1 โมดูล)

หน้าที่ของเราและทีมคือเพิ่มจำนวนการทดสอบ ให้เป็น 8 หรือ 12 และเพิ่มเสถียรภาพในการทดสอบ รวมไปถึงพัฒนา algorithm ที่ใช้ในการทดสอบให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ทีมงานของเรามีทั้งหมด 6 คน คือ ผม, พีแนน, Britta, Delaney, Vedant, และ Vasu ทุกคนต่างเป็นมืออาชีพในการทำงาน ส่วนแรกของเราคือการสั่งซื้อสาย fiber optics ซึ่งต้องใช้ในการส่งแสงเพื่อทดสอบ PMTs และในวันจันทร์ Yuya จะพาเราไปดู Physical Science Lab (PSL) ซึ่งเขามีการประกอบ LOM-16 ที่นั่นนั่นเอง



Figure 29: ภาพของอาคาร Chamberlin hall และภาควิชาฟิสิกส์

22 มิถุนายน 2567 จริง ๆ แล้ววันนี้ควรจะเป็นวันพักผ่อนของเราแต่วันนี้อากาศที่ Wisconsin มีฝนตกตั้งแต่เช้าตลอดทั้งวันและในช่วงเย็นนั้นมีฝนตกหนักตั้งแต่ 5 โมง ผมทำงานอยู่ในห้องแล้วดูสถานการณ์ฝน ทันใดนั้นเองก็มี widget เด็งขึ้นมาเป็น Tornado watch จนถึง 4 ทุ่ม เด็กไทยอย่างผมที่ไม่เคยประสบพบเจอมาก่อนก็รีบหาข้อมูลว่าต้องทำอย่างไรบ้างกับสถานการณ์นี้ ความรุนแรงของการเตือนจะเป็น 3 ระดับคือ Tornado watch, Tornado warning และ Tornado Emergency ตอนนี้ของเรายังอยู่ในระดับ Watch ซึ่งก็คือเตรียมเก็บของและเตรียมตัวให้พร้อมตลอดเวลา

เวลาประมาณ 18.30 มีประกาศเตือน Tornado warning และมี emergency alert ให้หาที่หลบภัยโดยด่วน ผมก็เลยคว้ากระเป๋าแล้วลงไปห้องใต้ดิน ซึ่งเมื่อผมลงไปก็พบว่าที่นี่มีครัวอยู่อีกแห่ง และมีห้องเหมือนกับห้องนั่งเล่นอยู่ด้วย ผมก็นั่งดู



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐภัทร ลิ้มปรัชดวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

สถานการณ์แล้วก็ทำงานไปด้วย โชคดีที่เมืองของเราไม่โดน Tornado แต่บริเวณรอบ ๆ ของรัฐก็ถูกถล่มด้วย Tornado ประมาณ 3-4 ลูก ความเสียหายก็มีตั้งแต่เล็กน้อยจนถึงปานกลาง

เรียกว่าวันนี้เป็นวันหยุดพักผ่อนที่เปลี่ยนจากพวกเราที่เป็นนักวิจัยให้กลายเป็นผู้ประสบภัยได้ภายในพริบตา



Figure 30: ภาพบรรยากาศวันที่ 22 มิถุนายน 2567

24 มิถุนายน 2567 วันนี้ Yuya มารับเราตั้งแต่ 9.30 น. เพื่อพาเราไปเยี่ยมชม Physical Science Laboratory (PSL) ซึ่งเป็นสถานที่ที่ใช้ในการประกอบชิ้นส่วนของ PMT รวมไปถึงการประกอบ Long-optical module (LOM) ก็ทำที่นี้ด้วยเช่นเดียวกัน ซึ่งที่นี่จะประกอบ LOM-16 เพื่อนำไปใช้สำหรับ IceCube Upgrade เพื่อเป็นการทดสอบก่อนที่จะทำ IceCube-Gen2 เพื่อดูว่าเราจะใช้ LOM-16 หรือ LOM-18 หรือโมเดลอื่น ๆ ก็เป็นได้

Yuya ได้อธิบายและให้พวกเราดูส่วนของ LOM ที่ประกอบไว้ครึ่งหนึ่งแล้ว ส่วนประกอบทั้งหมดต้องถูกจัดแล้วส่งทำเป็นพิเศษ เนื่องจากใน LOM จะต้องสามารถใส่ PMT เป็นจำนวน 16 ตัว เพราะฉะนั้นภายในของ LOM จะถูกจัดเรียงอย่างซับซ้อนและไม่มีเนื้อที่ให้สำหรับความผิดพลาดเลย การตรวจสอบ PMT และอุปกรณ์ทั้งหมดที่จะเข้าไปอยู่ภายใน LOM จึงมีความสำคัญเป็นอย่างมาก จากนั้นพวกเราได้ลองติดตั้งบอร์ดของ PMT เข้ากับตัวของ PMT เพื่อทำการบัดกรีและนำไปทดสอบที่ Chamberlin Hall

ในช่วงบ่ายเราได้กลับไป Chamberlin Hall เพื่อนำ PMT ที่ประกอบเสร็จไปทดสอบ นอกจากนี้ Vedant ยังได้อธิบายเกี่ยวกับหลักการและ process ในการทำการทดสอบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นใน freezer เพื่อให้เครื่องทดสอบอันใหม่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเราได้ประชุมกับ Yuya เกี่ยวกับเรื่องของสาย fiber optics ที่ต้องสั่งมาใช้ในการประกอบชุดการทดลองใหม่ ซึ่งเมื่อถามทางบริษัทแล้วพบว่าเขายังมีสายเดิมที่ใช้อยู่ใน stock ทำให้เราโล่งใจได้เพราะหนึ่งว่าอย่างน้อยสาย fiber optics ก็ยังเป็นเหมือนเดิมตั้งแต่ปี 2014



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐภัทร ลิ้มปรีชดาวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567



Figure 31: ภาพการทำงานภายใน Physical Science Labs (PSL) และอุปกรณ์ในการทดสอบ PMTs

25 มิถุนายน 2567 วันนี้เราเดินทางมาทำงานกันที่ Network222 โดยพวกเราได้รายละเอียดของชิ้นส่วนที่ต้องใช้สำหรับ big freezer จากนั้นนำมาใส่ใน google sheet เพื่อติดตามการส่งของต่าง ๆ นอกจากนี้ในช่วงเที่ยงเรายังได้เข้าร่วม X-meeting โดยข้อดีของ X-meeting ก็คือมีพิชชาฟรี

26 มิถุนายน 2567 วันนี้ในช่วงเช้าเราได้เข้าไปทำงานที่ Network222 ในช่วงเช้าเพื่อทำรายการสำหรับซื้อของต่อและสำรวจราคาจากทางผู้รับเหมาที่ WIPAC ได้จัดซื้อจัดจ้างไว้ด้วย ในช่วงบ่ายเราได้นัดประชุมความคืบหน้าเกี่ยวกับโครงร่างและแบบแปลนของ big freezer ที่ทีมได้ทำไว้ที่ Chamberlin hall เราพบว่าอุปกรณ์ทั้งหมดนั้นสามารถหาได้จากผู้รับเหมาของทาง WIPAC โดยตรง และใช้เวลาไม่นานหากส่งของแล้วถึงจะส่งถึงทาง Chamberlin hall

หลังจากที่ประชุมที่ Chamberlin Hall เสร็จ เรากลับมาที่ Network222 เพื่อทำการประชุมกับ Yuya เกี่ยวกับการดำเนินงานของโปรเจก big freezer และได้ปรึกษาเกี่ยวกับแบบแปลนที่วางไว้ ถึงข้อจำกัดในการโค้งตัว fiber optics รวมไปถึงการจัดเรียงสายไฟ และการจำกัด dark noise ที่จะเกิดขึ้นจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ทำให้เราต้องออกแบบแปลนใหม่ และมีการพัฒนาตัวจับ PMTs ใหม่ เพื่อให้สามารถรองรับ PMTs ได้มากขึ้นกว่าเดิม นอกจากนี้เรายังต้องพัฒนาตัวยึดสำหรับสาย fiber optics ทั้งสามอันใหม่ เพื่อให้มีความแข็งแรงและทนทานในการทำการ calibration ในแต่ละครั้ง



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณฐกร ลิ้มปรัชดวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

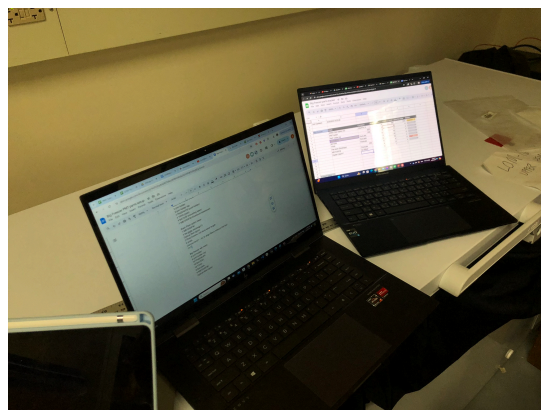


Figure 32: Yuya Makino และ Panutda Yakum ภายในห้องคอมพิวเตอร์ WIPAC

27 มิถุนายน 2567 วันนี้ Yuya ได้มารับพวกเราที่ Adams residence hall เพื่อพาไปดูการประกอบ LOM-16 แต่ก่อนที่เราจะไป PSL พวกเราได้แวะนำ PMT อีก 2 ตัวที่ทดสอบที่ Chamberlin halls ไปใช้ในการประกอบด้วย พวกเราใช้เวลาทั้งวันในการประกอบโครงร่างและบอร์ดของ LOM-16 และทำการทดสอบ bladder ที่ใช้สำหรับ pushing-mechanism ของ LOM-16 พบว่ามี bladder รั่วจำนวน 2 อัน ซึ่งต้องแก้ไขโดยการใส่ heat-shrink อุดรอยรั่ว วันนี้เราสามารถประกอบบอร์ดที่จำเป็นสำหรับ LOM-16 ได้ทั้งหมดและในพรุ่งนี้เราจะติดตั้ง PMT และนำโดมมาครอบเพื่อประกอบในส่วนบนให้เสร็จ

28 มิถุนายน 2567 วันนี้พวกเราเดินทางไปที่ PSL เพื่อประกอบ PMT เข้ากับบอร์ดต่าง ๆ และเดินสายไฟให้เรียบร้อย พร้อมกับใช้เจลในการดันให้ bladder ขยายให้ PMT ติดกับตัวโดมที่ครอบอยู่ เราใช้เวลาในการประกอบ PMT และประกอบโดมแก้วประมาณ 7 ชั่วโมง เรียกว่าเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน และทุกขั้นตอนนั้นต้องมีความละเอียดสุด ๆ เนื่องจากความซับซ้อนของโครงสร้าง LOM-16 นั้น แทบไม่มีพื้นที่เหลือให้กับความผิดพลาดเลย

1 กรกฎาคม 2567 วันนี้พวกเราเดินทางไปที่ Physical Science Labs (PSL) เพื่อทำการใส่เจลที่ PMT ที่ถูกติดตั้งกับ upper hemisphere และทำการนำไปเข้าเครื่องสุญญากาศเพื่อให้เจลและผนังนั้นสามารถยึดติดกันได้และมีคุณสมบัติทางแสงที่เหมือนกัน พวกเราได้ช่วยในการใส่เจลลงไป PMT กระบวนการทั้งหมดใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง จึงสามารถใส่เจลกับ PMT ทั้ง 8 อันได้ ปัญหาหลัก คือ การที่เราจะใส่เจลลงไปนั้นต้องระวังไม่ให้เจลนั้นรั่วไหลออกไปที่บริเวณอื่นของอุปกรณ์ เลยทำให้เราใช้เวลานานในการเติมเจลลงไป

จากนั้นเราได้กลับมาทำงานที่ Chamberlin hall เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำ big freezer เพื่อให้มีความถูกต้องมากที่สุด ระหว่างที่เราเดินทางกลับจาก PSL พวกเราได้แวะซื้อ KFC ที่อยู่ระหว่างทางกลับไปที่ UW-Madison เพราะว่า KFC ที่นี่ไม่มีสาขาไหนที่อยู่ใกล้กับ Downtown Madison เลย ทำให้เราตื่นเต้นมาก เพราะเหมือนกับว่า KFC เหมือนเป็น comfort food สำหรับผม การที่ได้มากิน KFC ที่ประเทศต้นตำหรับเรียกว่าเป็นเหมือน bucket lists หนึ่งในที่สามารถขีดฆ่าได้แล้วว่าสำเร็จ ผมสั่งไก่ 2 ชิ้น และเบอร์เกอร์ไก่ รสชาติของเบอร์เกอร์นั้นออกจะจัดไปสักนิดนึงสำหรับคนไทย แต่ที่ผมชอบคือไก่ของที่นี่นั้นความกรอบที่ไม่ต่างจากเมืองไทย เหมือนกับกินไก่ทอดสูตรผู้พันเลย

2 กรกฎาคม 2567 วันนี้ช่วงเช้ามีฝนตก พวกเราต้องเข้าประชุมกับทีม LOM-WIPAC แต่ว่าฝนตกหนักมากกว่าจะเข้าร่วมประชุมก็สายไปประมาณ 30 นาที การประชุมนี้ทุกคนมาออฟเอดงานที่ได้ทำไปในแต่ละสัปดาห์ หลังจากการประชุมกับทาง LOM-WIPAC เราได้เข้าร่วม X-meeting ต่อในทันที ในช่วงบ่ายเราทำงานของตัวเองสักพักแต่เหมือนวันนี้จะมีฝนตกหนักในช่วงเย็น เราจึงรีบทำงานให้เสร็จและกลับหอตั้งแต่ประมาณบ่าย 3 เมื่อเรากลับถึงหอพักแล้วฝนถึงตกทำให้อากาศร้อนและชื้นมาก ๆ



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐภัทร ลิ้มปรีชดาวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

3 กรกฎาคม 2567 วันนี้พวกเราเดินทางมาทำงานที่ Chamberlin hall และในช่วงบ่ายจะมีการประชุมสรุปอุปกรณ์ที่ต้องใช้สำหรับการทำ big freezer และเพื่อเป็นการส่งมอบงานให้กับทีมให้เรียบร้อย เราจึงต้องทำรายการของที่ต้องสั่งซื้อให้ครบถ้วน และส่งให้กับทีมเพื่อทำการสั่งซื้อต่อไป นอกจากนี้เรายังได้ช่วย Hannah ทำความสะอาดตู้ที่ใช้สำหรับ pencil beam project และเปลี่ยนอะไหล่บางส่วนให้เป็นสแตนเลส



Figure 33: บรรยากาศการทำงานภายใน Chamberlin hall

8 กรกฎาคม 2567 วันนี้พวกเราเดินทางมาทำงานที่ Network222 โดยเราได้ทำการใช้เครื่อง 3D Print ในการผลิตชิ้นส่วนสำหรับโปรเจก big freezer ซึ่งเราได้ทำการสั่งให้เครื่องพิมพ์ PMT holder ส่วนบน ซึ่งจะใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง ซึ่งทุกอย่างควรเสร็จก่อนที่เราจะเดินทางกลับหอพักในวันนี้ ผมคอยเดินไปเช็คการพิมพ์เป็นระยะ ๆ แต่แล้วหลังจากช่วงพักเที่ยงที่ผมได้เดินไปดูการพิมพ์ปรากฏว่า filament ที่ใช้สำหรับพิมพ์นั้นหมด ทำให้งานพิมพ์ของเราทั้งหมดเสียและใช้งานไม่ได้

เนื่องจากผมไม่แน่ใจว่าการเปลี่ยน filament ทำยังไง ผมเลยให้ Yuya มาช่วยสอนในการใช้งานด้วย จากนั้นเราได้เริ่มพิมพ์ใหม่ แต่ว่ารอบนี้ เราเลือกจะพิมพ์ส่วนล่างของ PMT holder ก่อน เนื่องจากจะต้องใช้เวลาประมาณ 25 ชั่วโมง ในการพิมพ์ฐาน PMT ทั้ง 4 อันออกมา

9 กรกฎาคม 2567 วันนี้พวกเราเดินทางมาทำงานที่ Network222 ในช่วงเช้าตามกำหนดเรามีประชุมเวลา 10.30 กับทีม แต่ว่าการประชุมถูกยกเลิกไป ระหว่างนั้นเราทำเตรียมสไลด์นำเสนอ พร้อมกับคอยเดินดู 3D Print ที่ทำการพิมพ์ฐานของ PMT ตั้งแต่เมื่อวาน ช่วงบ่ายตอนที่ฐาน PMT นั้นพิมพ์เสร็จแล้วเราใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมงในการนำชิ้นงานออกจากเครื่องพิมพ์ ซึ่งเอาออกยากมาก ๆ จนต้องขอความช่วยเหลือจากเพื่อน ๆ คนอื่น ๆ จากนั้นพวกเราเดินทางกลับที่พัก

10 กรกฎาคม 2567 วันนี้พวกเราเดินทางไป Physical Science Labs (PSL) เพื่อดูการประกอบนำ upper hemisphere และ lower hemisphere ประกอบเข้าด้วยกัน โดยการประกอบใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมงจึงเสร็จออกมาเป็น LOM-16 DVT (design validation test) ซึ่งจากนี้เราจะเรียกว่า LOM-16-01 ที่เราจะนำไปใช้ในการตรวจสอบความถูกต้องและคุณสมบัติของ LOM-16 ซึ่งเป็นโปรเจกหลักของเราในการเดินทางมาที่อเมริกาในครั้งนี้

ช่วงบ่ายเราเดินทางนำ LOM-16-01 มายัง Chamberlin hall เพื่อทำการเตรียมการทดสอบ โดยตอนนี้ตู้แช่ที่เราใช้นั้นยังมีการใช้งานเพื่อ debug โปรแกรมสำหรับ upper hemisphere อยู่ เราจึงยังไม่ได้ทดสอบอะไรในตอนนี้ และการทดสอบจะเริ่มในวันจันทร์



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐภัทร ลิ้มปรีชดาวงค์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567



Figure 34: การประกอบ LOM-16 DVT2 (LOM-16-01) ที่ Physical Science Labs

11 กรกฎาคม 2567 วันนี้พวกเราเดินทางมาทำงานที่ Chamberlin Hall เพื่อทำการประชุมกับ Yuya เกี่ยวกับแผนและโปรแกรมที่เราต้องการทดสอบเกี่ยวกับ LOM-16-01 รวมถึงทำการวางแผนทุกอย่างเพื่อให้เป็นไปตามแผนมากที่สุด และภาวนาไม่ให้มีเหตุอะไรขัดข้อง ในช่วงเย็นเราได้นำ LOM-16 DVT ไปทดสอบ pressure test เพื่อหาค่าความดันภายในของ LOM-16-01 เพื่อดูว่าการประกอบเรียบร้อยดีหรือไม่ โดยเราได้รับอนุญาตให้นำ upper hemisphere ออกมา และเชื่อมต่อ LOM-16-01 เข้าไปชั่วคราว จากนั้นเราจะเปลี่ยนกลับคืนในเช้าวันถัดไป

12 กรกฎาคม 2567 วันนี้พวกเราเดินทางมาที่ Chamberlin hall ก่อน เนื่องจากเราจะเปลี่ยนสลับนำเอา Upper hemisphere กลับเข้าไปเชื่อมต่อไว้ เพื่อให้ Sean ทำการ debug โปรแกรมที่มีปัญหาอยู่ จากนั้นเรานำ LOM-16-01 มาใส่ลงในตู้แช่ที่ได้มาใหม่ เพื่อทำการทดสอบ low temperature mechanical test โดยการตั้ง LOM-16 และใช้กล้องจำนวน 2 ตัว ถ่ายภาพ timelapse เพื่อดูว่าเจลของเรานั้นมีการแตกหรือร้าวเกิดขึ้นขณะที่กำลังเข้าสู่อุณหภูมิที่ต่ำเทียบเท่ากับขั้วโลกใต้

จากนั้นเราเดินทางมาทำงานที่ Network222 เราได้พูดคุยกับ Albrecht เล็กน้อยเกี่ยวกับการเก็บข้อมูลที่เราจะทำกับ LOM-16-01 ตั้งแต่วันจันทร์ ซึ่งเมื่อเราทำการเชื่อมต่อ LOM-16-01 แล้วเราก็สามารถทำงานจาก 222 ได้เลย ไม่จำเป็นต้องไปที่ Chamberlin hall เนื่องจากพื้นที่ที่นั่นมีขนาดเล็กและทำให้เราทำงานได้ลำบากมาก ๆ

13 กรกฎาคม 2567 วันนี้เป็นวันที่ผมเตรียมงานสัมมนาของทางมหาวิทยาลัยศิลปากร ตอนที่ทำงานอยู่นั้นผมได้ยินเสียงดังป๊อป เหมือนกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เล็ก ๆ ระเบิด จากนั้นคอมที่ผมทำงานอยู่ก็ดับไปแล้วก็เปิดไม่ติดอีกเลย ผมพยายามหาร้านซ่อม และติดต่ออาจารย์จากมหาวิทยาลัยศิลปากรเพื่อแจ้งเรื่องที่เกิดขึ้น อาจารย์ให้ผมเลื่อนการสัมมนาออกไปก่อนเนื่องจากเหตุสุดวิสัยนี้ จากนั้นผมต้องหาวิธีทำงานในเวลาที่อยู่ที่สหรัฐฯ หลังจากนี้อีกประมาณ 2 สัปดาห์

14 กรกฎาคม 2567 วันนี้ Hannah ได้มารับเราเพื่อไปยัง Devil's Lake State Park ซึ่งเป็นทะเลสาบที่อยู่ทางเหนือของเมือง Madison ประมาณ 1 ชั่วโมง ถือว่าเป็นเวลาที่ดีสำหรับการพักผ่อน เพราะเมื่อผมไม่มีคอม ผมก็ไม่ว่าจะทำอะไรเหมือนกัน พวกเราเดินทางถึง Devil's Lake จากนั้นเราได้ค้น Kevin ที่จะมาร่วมกิจกรรมของเราในวันนี้ด้วย

โดยวันนี้เราวางแผนว่าจะเดินป่ากัน ลองดูว่าเราจะไปได้ไกลขนาดไหน พวกเราเลือกเส้นทางที่เดินไปยัง Balanced Rock ซึ่งเราเปิดดูในแผนที่บอกว่าระยะทางประมาณ 0.4 ไมล์ เท่านั้นมันจะไปยากอะไร สุดท้ายแล้วเราก็ต้องพบกับความจริงว่า 0.4 ไมล์ นั้นเป็นตัวเลขหลอก เพราะว่าเราต้องปีนขึ้นเขาความสูงประมาณ 150 เมตร ซึ่งเรียกว่าว่าจะไปถึงยอดนั้นเราก็พักกันไปหลาย



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณฐกร ลิ้มประจักษ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

หอบเหมือนกัน เราได้ดูสิ่งสวยงามของธรรมชาติ เช่น Balanced Rock, Devil's Doorway และต้นไม้รอบ ๆ ที่เราเดินทางกัน เมื่อมาถึงยอดแล้วเรารู้สึกสนใจเดินทางไป CCC Trail ซึ่งจะใช้เวลาทางรวมทั้งหมดจนกลับไปทะเลสาบประมาณ 2 ไมล์ แต่พอเราเดินมาปรากฏว่ามีต้นไม้ล้มขวางทางเราอยู่จึงต้องใช้เส้นทางอื่นในการเดิน สรุปลงแล้วเราเดินไปประมาณ 6-7 ไมล์ พอกลับมาเราก็ให้รางวัลตัวเองด้วยไอติม และได้เล่นน้ำในทะเลสาบ ซึ่งน้ำในทะเลสาบนั้นเย็นมาก แต่บริเวณข้างบนก็ยังคงมีความอุ่นอยู่บ้าง Kevin ได้เล่าให้เราฟังว่าทะเลสาบกับภูมิศาสตร์ของที่นี่เกิดจากธารน้ำแข็งเมื่ออดีต ทำให้เกิดภาพของภูเขาที่ล้อมรอบทะเลสาบแบบนี้ และน้ำก็เย็นมากจริง ๆ แต่ว่าทะเลสาบไม่ได้ลึก จุดที่ลึกสุดมีความลึกประมาณ 16 เมตร เท่านั้นเอง จากนั้นเราเดินทางไปที่กิน BBQ กัน ก่อนเดินทางกลับมายัง Adams residence



Figure 35: บรรยากาศที่ Devil's Lake

15 กรกฎาคม 2567 วันนี้พวกเราเดินทางมาทำงานที่ Chamberlin halls เพื่อดูผลของการทดลอง Low temperature mechanical test โดยเราได้นำภาพจากกล้องทั้ง 2 ตัวที่ถ่ายไว้ตลอด 3 วันที่ผ่านมา มาทำการทำให้เป็น Timelapse เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของ LOM-16 ในอุณหภูมิที่ต่ำ เนื่องจากขณะที่ทีมเคยทำ D-Egg พบว่าเมื่ออุณหภูมิต่ำ เจลที่เราใช้นั้นสามารถเกิดการขยายตัวและแตกออกได้ ในการทดลองนี้เราทำเพื่อเป็นการเช็คว่าจะไม่มีเหตุการณ์แบบนั้นเกิดขึ้นกับ LOM-16

16 กรกฎาคม 2567 วันนี้ช่วงเช้าเราเดินทางมาที่ Network222 เพื่อประชุมร่วมกับทีม และอัปเดตการทำงาน ในช่วงเที่ยงมี X-meeting เหมือนเดิม และพิซซ่าที่นำกินเหมือนเดิม หลังจากนั้นเราได้คุยกับ Albrecht เกี่ยวกับการทดลองที่เราจะทำได้ในเวลา 2 สัปดาห์ต่อจากนี้ และได้จัด session ในการนำเสนอของทีมงาน LOM ในวันศุกร์หน้าเพื่อเป็นการอัปเดตงาน พร้อมทั้งเป็นการสรุปงานของเรา Thai-IceCube summer student ที่ได้มาทำทั้งหมดในช่วงเวลา 7 สัปดาห์ที่ผ่านมา

ในช่วงบ่ายเราเริ่มเก็บข้อมูลการทดลอง gain calibration กับ threshold measurement ซึ่ง Vedant ได้เก็บข้อมูลไว้บน ChamberLinux ซึ่งเป็นเซิร์ฟเวอร์ของ Chamberlin hall ซึ่งเราต้องเข้าไปเอาข้อมูลออกมา ซึ่งการเอาข้อมูลออกมานั้นเราเลือกใช้ WinSCP ในการเอาข้อมูลออกมาจาก ChamberLinux เนื่องจากเราต้องให้ ssh tunneling เพื่อเข้าเซิร์ฟเวอร์ผ่านทาง IceCube นั่นเอง



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐภัทร ลิ้มปรีชดาวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

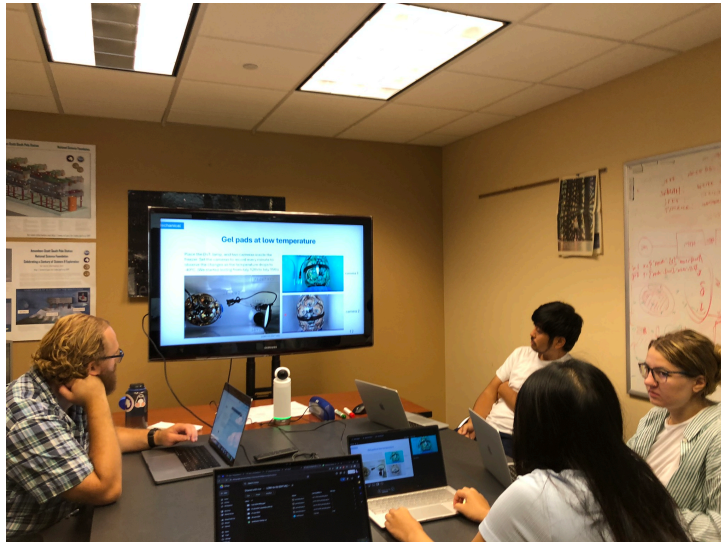


Figure 36: การประชุมทีม LOM-WIPAC

17 กรกฎาคม 2567 วันนี้พวกเราเดินทางมาทำงานที่ Chamberlin hall วันนี้เราได้นำผลการทดสอบ gain calibration กับ threshold measurement มาทำการประมวลผล เพื่อนำเสนอใน LOM session ในวันศุกร์หน้า และในวันนี้เราได้ทำการทดลอง dark noise measurement ที่จะใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมงในการทดสอบ คาดว่าพรุ่งนี้เราน่าจะได้ข้อมูลเพื่อมาประมวลผลการทดสอบของเรา

18 กรกฎาคม 2567 วันนี้พวกเราเดินทางมาทำงานที่ Chamberlin hall วันนี้เราได้นำผลการทดสอบ dark noise measurement มาประมวลผล จากนั้นเราได้ทำการทดสอบ timing resolution and flasher studies และเตรียมการนำเสนอในงานในวันศุกร์หน้าเช่นเดิม แต่ก็พบว่าการใช้งาน flasher นั้นมีความผิดปกติ พวกเราจึงตัดสินใจว่าจะนำ LOM-16-01 ออกมาจากตู้แช่เพื่อดูว่า flasher ทำงานผิดปกติ หรือว่าเป็นเหตุผลอื่น ๆ ที่ทำให้ค่าที่เราอ่านได้นั้นมีความเพี้ยนไป

19 กรกฎาคม 2567 วันนี้พวกเราเดินทางมาที่ Chamberlin hall เพื่อดูว่าทำไม flasher ถึงทำงานไม่ปกติทำให้เราไม่สามารถทำการทดสอบ timing resolution and flasher studies ได้ เราได้ตั้งอุณหภูมิให้สูงขึ้นเพื่อที่ LOM-16-01 จะไม่เสียหายจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกะทันหัน

ช่วงบ่ายเป็นเวลาที่อุณหภูมิขึ้นมาถึงอุณหภูมิห้อง เราได้นำ LOM-16-01 ออกมาเพื่อตรวจการทำงานของ Flasher แต่เราพบว่า PMT จำนวน 4-5 ตัว นั้นมีฟองอากาศเกิดขึ้น ซึ่งคาดว่าเกิดจากการที่อากาศภายในตัว LOM-16 นั้น มีแรงดันที่ประมาณ 0.25 atm ทำให้เกิดปัญหาในการยึดเกาะ เราจึงรีบแจ้ง Yuya ให้ทราบเรื่องที่เกิดขึ้น และแก้ปัญหาโดยการเปิดตัว LOM-16-01 ออกแล้วทิ้งไว้ต้องรอดูว่าผลการแก้ปัญหาจะเป็นอย่างไร

22 กรกฎาคม 2567 วันนี้พวกเราเดินทางมาทำงานที่ Chamberlin hall โดย Yuya ได้แก้ปัญหาเกี่ยวกับปัญหาฟองอากาศที่บริเวณเจลเรียบร้อยแล้ว แต่ LOM-16-01 ในตอนนี้มันต้องถูกประกบใหม่ แต่ว่าเราสามารถทำการทดลองอื่น ๆ ก่อนจะนำไปประกอบใหม่ได้ เราจึงทำการแช่ LOM-16-01 เข้าไปใหม่แล้วจากนั้น Vedant จะทำการทดสอบ flasher และรายการอื่น ๆ ที่เหลือให้เรา



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐกร ลิ้มปรีชดาวงค์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

23 กรกฎาคม 2567 วันนี้พวกเราเดินทางมาทำงานที่ Network222 และเข้าร่วมการประชุมทีมในช่วงเช้า เราได้นำเสนอสิ่งที่เราจะใช้ในการนำเสนอในวันศุกร์นี้ ในช่วงเที่ยงเราได้เข้าฟัง X-meeting หลังจาก X-meeting เราได้คุยกับ Albrecht เกี่ยวกับงานที่เขาอยากทำการทดสอบเพิ่มเติมกับ LOM-16 โดยผมได้แสดงกราฟที่ทำการคำนวณจากข้อมูลที่ได้จาก LOM-16 เมื่อเช้า พบว่ามีการ detect อย่างมีนัยยะสำคัญในช่วงระดับพลังงานสูง ประมาณ 50 – 80 pC ซึ่งเราคาดว่าเป็น cosmic rays muon จากนั้นเราก็นำเสนอเรื่องนี้ในการประชุมของ Albrecht พร้อมกับนำคำถามและข้อเสนอแนะไปปรับปรุงต่อไปในอนาคต เราพูดคุยกับ Albrecht จนถึง 6 โมง จากนั้นจึงเดินทางกลับหอพัก

24 กรกฎาคม 2567 วันนี้พวกเราเดินทางไปทำงานที่ Network222 โดยที่เราพยายามนำข้อมูล dark noise measurement มาทำเป็น histogram ตามที่ Albrecht แนะนำ ส่วนพี่แนนทำการคำนวณหาค่าการพบ muon จาก LOM-16 เพื่อเป็นหลักฐานในการทำ muon detection studies

ในช่วงเย็นเราได้เดินทางไป Delta Beer Labs เพื่อเข้าร่วมงาน All-hand Meeting ของ WIPAC และเป็นการฉลองการเกษียณของ Prof. Jim Madsen ที่เป็น Director ของ WIPAC เราได้เจอคนที่ทำงานทั้งกับ WIPAC และรวมไปถึง PSL เราเลยได้มีโอกาสพูดคุยกับหลาย ๆ คนที่เราเคยเจอทั้งจาก summer school และจากช่วงที่เราไปทำงานที่ physical science labs นั่นเอง ทำให้ผมคิดว่าเราก็คงอยู่ที่นี่มานานเกือบ 2 เดือน ทำให้รู้จักคนมากมายจริง ๆ

26 กรกฎาคม 2567 วันนี้เป็นวันสุดท้ายที่เราจะได้มาทำงานที่ Network222 และมีการนำเสนอในช่วงบ่าย ไม่น่าเชื่อว่าเราจะอยู่ที่แมดิสันมานานกว่า 7 สัปดาห์แล้ว ผมปรับตัวเข้ากับที่นี่ได้ไม่ลำบากนัก แต่ขณะเดียวกันผมก็คิดว่าคิดถึงอาหารไทยมาก ๆ อีกแค่ไม่กี่วันเราก็จะได้กลับประเทศไทยแล้ว

ในช่วงบ่ายเราทำการนำเสนอในการประชุม Group Meeting โดยมีสมาชิกของ Wisconsin IceCube Particle Astrophysics Center (WIPAC) มาเข้าฟัง โดยเนื้อหาส่วนใหญ่จะเกี่ยวกับกิจกรรมทั้งหมดที่เราทำไม่ว่าจะเป็นการประกอบ LOM-16 และการทำการทดสอบความถูกต้องของ LOM-16 โดยมีผู้เข้าร่วมเป็นนักศึกษา postdoc และอาจารย์ที่ทำงานที่ WIPAC เป็นผู้เข้าร่วมฟังการบรรยายของเรา

หลังจากการนำเสนอเสร็จสิ้นในช่วงเย็นทีม LOM ทั้งหมด รวมไปถึง Albrecht Karle ได้ไป hangout กันที่ Terrace เพื่อเป็นการฉลองให้การเดินทางกลับของเราราบรื่น จากนั้นเราแยกย้ายกันผมได้เดินไปตาม University ave เพื่อเดินทางกลับไปยัง Adam residence นี่คือการสุดท้ายที่จะได้อยู่ที่ Madison แล้ว ตอนนี้อยู่ที่ที่พักที่ใกล้กับบ้านไปกินอาหารไทย แต่ในขณะเดียวกันประสบการณ์ที่ได้รับที่นี่ล้วนเป็นประสบการณ์ที่ดีจริง ๆ

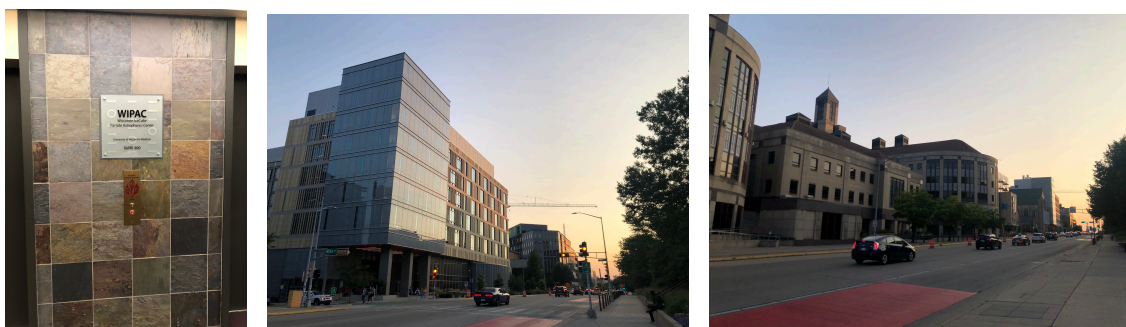


Figure 37: บรรยากาศยามค่ำคืนของเมืองแมดิสัน



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐกร ลิ้มปรีชดาวงค์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

27 กรกฎาคม 2567 วันนี้ผมทำการเก็บกระเป๋าและของใช้ต่าง ๆ เพื่อเตรียมตัวเดินทางไปยัง Chicago ในวันพรุ่งนี้ ผมได้เดินทางไปที่ West Towne Mall เพื่อซื้อของฝากและของใช้เพิ่มเติม โดยครั้งนี้ผมได้ใช้รถบัสในการเดินทาง และผมเพิ่งรู้ว่าเราสามารถขอใบ transit เพื่อใช้รถบัสต่อภายใน 2 ชั่วโมงได้ ทำให้ผมจ่ายค่ารถบัสไปเพียงแค่ 2 เหรียญเท่านั้น

คืนนั้นผมได้เจอกับเพื่อนที่เดินทางมาจากเยอรมนีเพื่อเข้าร่วมสัมมนาที่ UW-Madison ที่พักในอาคารเดียวกัน เราได้พูดคุยกันและลงความเห็นว่าจะกินอาหารประเทศตัวเอง จากนั้นผมเข้าห้องไปเพื่อเก็บกระเป๋าให้เสร็จ เตรียมพร้อมสำหรับการเดินทางวันพรุ่งนี้

28 กรกฎาคม 2567 วันนี้เราทั้งสองคนตื่นเช้าเพื่อนไปขึ้นรถบัสจากสถานี UW-Madison โดยเราเรียก Uber เพื่อไปขึ้นรถบัสที่สถานี เมื่อเราเดินทางออกจาก Adam residence มีหมอกและความเปียกของเมืองคอยส่งเราให้ออกจากเมือง พวกเราเดินทางถึง O'Hare International Airport ประมาณ 11.00 น. จากนั้นเราติดต่อ shuttle service ให้เพื่อเดินทางไปโรงแรม Holiday Inn เราติดต่อกันว่ารถจะมารับที่ประตู E5 เราเดินทางไปที่ประตูนั้นและขึ้นรถที่เขียนข้างประตูว่า Holiday Inn จากนั้นรถได้เดินทางออกจากสถานีไปยังโรงแรม เมื่อรถเลี้ยวเข้าโรงแรมเราก็พบว่าเรามาผิดโรงแรมที่ Holiday Inn Chicago O'Hare - Rosemont เรารอให้รถออกไปก่อน จากนั้นจึงเรียก Uber เพื่อเดินทางไปโรงแรมที่ถูกต้อง

พวกเราเดินทางถึง Holiday Inn Chicago-Elk Grove เวลาประมาณ 13.00 น. เราทำการฝากกระเป๋าและเดินทางไปสำรวจ downtown Chicago เราแวะกินอาหารที่ร้าน Soul and Smoke ซึ่งเป็น Brisket Sandwich ที่อร่อยมาก ๆ แต่บรรยากาศตอนนั้นร้อนและมีฝนตกเล็กน้อย ร้านอยู่ติดกับแม่น้ำ อารมณ์คล้าย ๆ คาเฟ่แถวเชียงใหม่เหมือนกัน

จากนั้นเราเดินทางไปยัง downtown Chicago โดยเราแวะไปที่ Starbucks reserved, Apple store, River walk และที่แน่นอนที่สุด The bean ซึ่งเปิดให้เข้าชมได้ช่วงนี้พอดี จากนั้นเราเดินไปที่ Navy's pier เพื่อดูทะเลสาบ Michigan จากนั้นเราเดินทางกลับโรงแรมเพื่อเตรียมตัวเดินทางกลับประเทศไทยในวันพรุ่งนี้



Figure 38: บรรยากาศของเมืองชิคาโก river walk และ the bean

29 กรกฎาคม 2567 วันนี้ผมตื่นมาทานอาหารเช้าของทางโรงแรม เวลาผ่านไปก็ยิ่งทำให้ผมอยากกลับบ้านไว ๆ เพื่อไปกินอาหารไทย เราใช้บริการ shuttle bus เพื่อเดินทางไป O'Hare international airport เรารอ check-in ประมาณ 2 ชม. จากนั้นเราเดินทางเข้าเกทเพื่อเตรียมขึ้นเครื่องบิน สิ่งที่แปลกก็คือเราไม่ต้องผ่าน ตม. ในตอนขาออก ซึ่งเป็นเรื่องที่ใหม่มากสำหรับผม ระหว่างรอเราได้เจอน้องคนไทยอีกคนหนึ่ง ชื่อน้องพลบ ซึ่งกำลังจะเดินทางกลับประเทศไทยเช่นเดียวกัน เราเลยร่วมเดินทางกลับด้วยกัน ตอนนี้น้องบนเครื่องบินพร้อมที่จะเดินทางกลับบ้านของเราแล้ว รอไม่ไหวแล้วที่จะได้กลับไปกินอาหารไทยที่ประเทศไทยจริง ๆ สักที



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณณภัทร ลิ้มปรัชดวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

31 กรกฎาคม 2567 พวกเราเดินทางถึงสนามบินสุวรรณภูมิ โดยสวัสดิภาพ เสียงประกาศของแอร์โฮสเตสที่ว่า ยินดีต้อนรับกลับบ้าน ทำให้ผมดีใจอย่างบอกไม่ถูก ผม พี่แนน และน้องพลับได้แยกย้ายกัน เนื่องจากพี่แนนจะต้องต่อเครื่องไปที่เชียงใหม่อีก ผมเดินออกจากประตูทางออกมาเจอทั้งแม่และพ่อที่รอรับ ผมเดินทางกลับถึงบ้านที่สุพรรณบุรีในช่วงเช้า

ในการเดินทางตลอด 2 เดือนที่ผ่านมา ในการเดินทางไปฝึกงานกับ IceCube collaboration ครั้งนี้ทำให้ผมได้รับประสบการณ์ต่าง ๆ มากมาย ได้พบเจอเพื่อนร่วมงาน ได้พบนักวิทยาศาสตร์เก่ง ๆ รวมไปถึงอาจารย์ที่อยู่ทั้งใน WIPAC และ UW-Madison ประสบการณ์และความทรงจำตลอด 2 เดือนที่ผ่านมา จะอยู่กับผมตลอดไป



Figure 39: เดินทางถึงสนามบินสุวรรณภูมิประเทศไทยโดยสวัสดิภาพ

รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐกร ลิ้มปรีชดาวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

7 ภาคผนวก: LOM-16-01 Design Validation Test

7.1 LOM-16-01 Validation Testing Results

7.1.1 Low Temperature Mechanical Testing

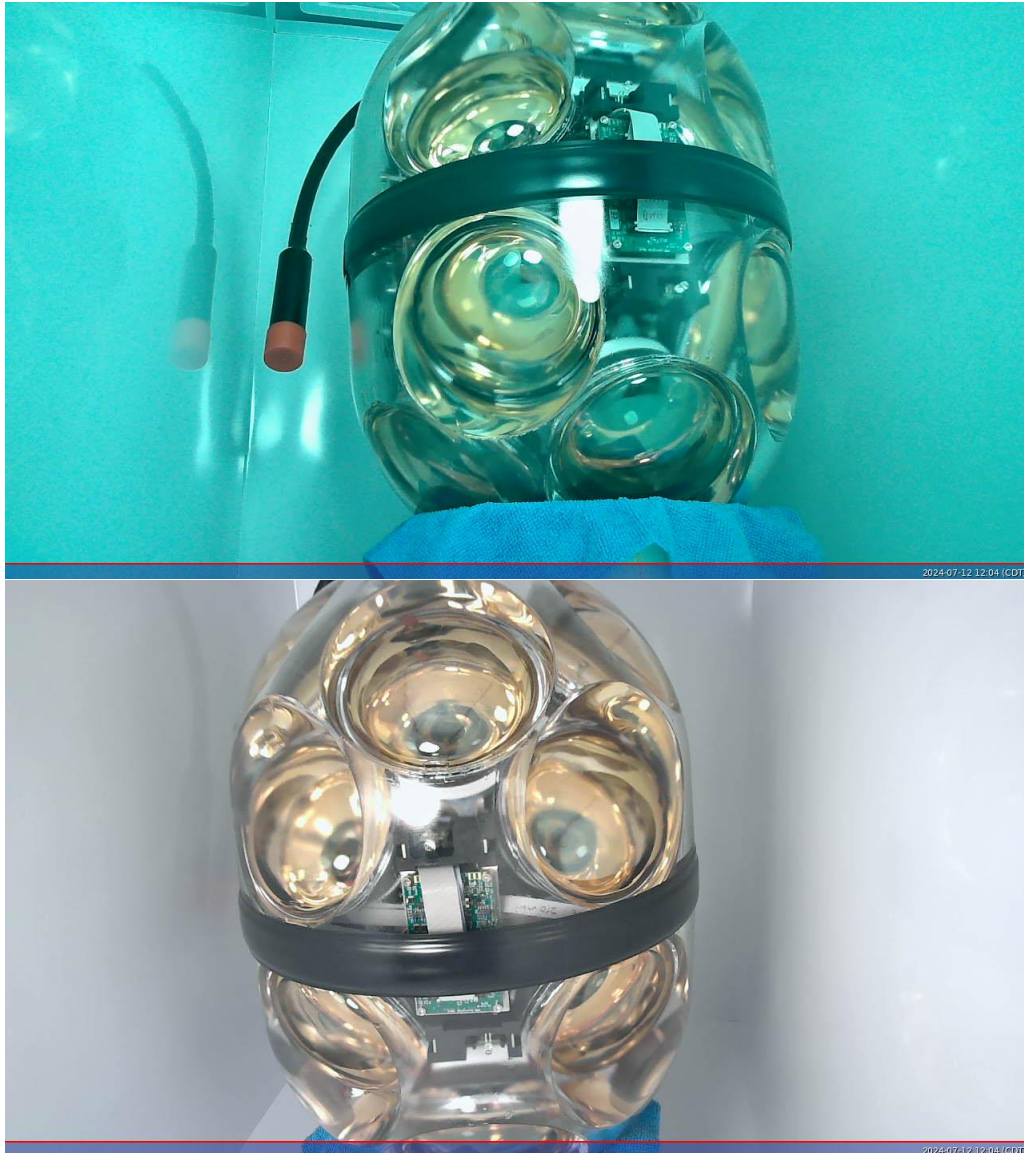


Figure 40: ภาพจากกล้องที่ 1 (บน) และ 2 (ล่าง) ในการทดสอบ Low Temperature Mechanical Test ที่อุณหภูมิห้อง



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐภัทร สิมปรัชดวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

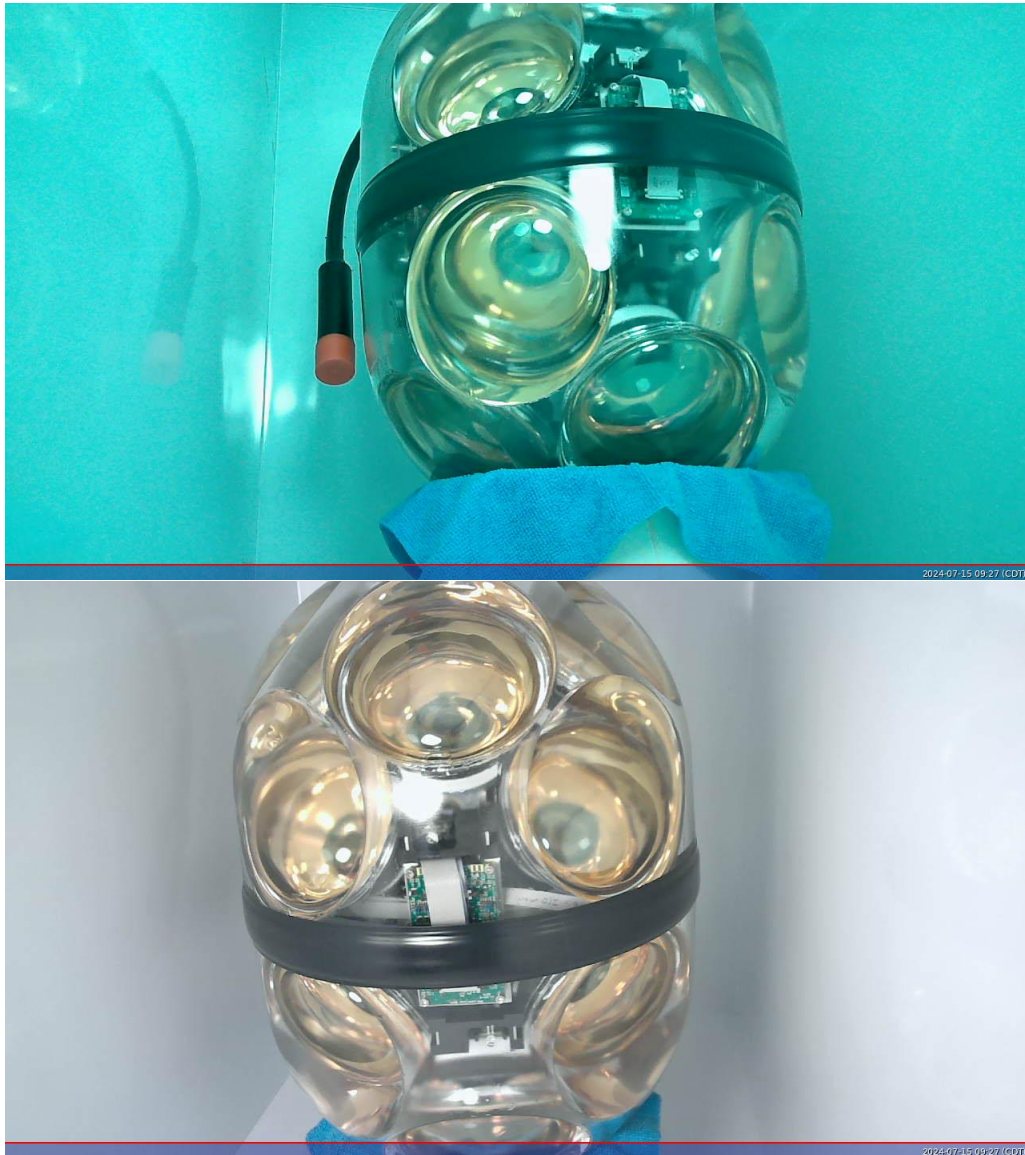


Figure 41: ภาพจากกล้องที่ 1 (บน) และ 2 (ล่าง) ในการทดสอบ Low Temperature Mechanical Test ที่อุณหภูมิ -40°C



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐภัทร ลิ้มปรีชดาวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

7.1.2 Threshold Setting

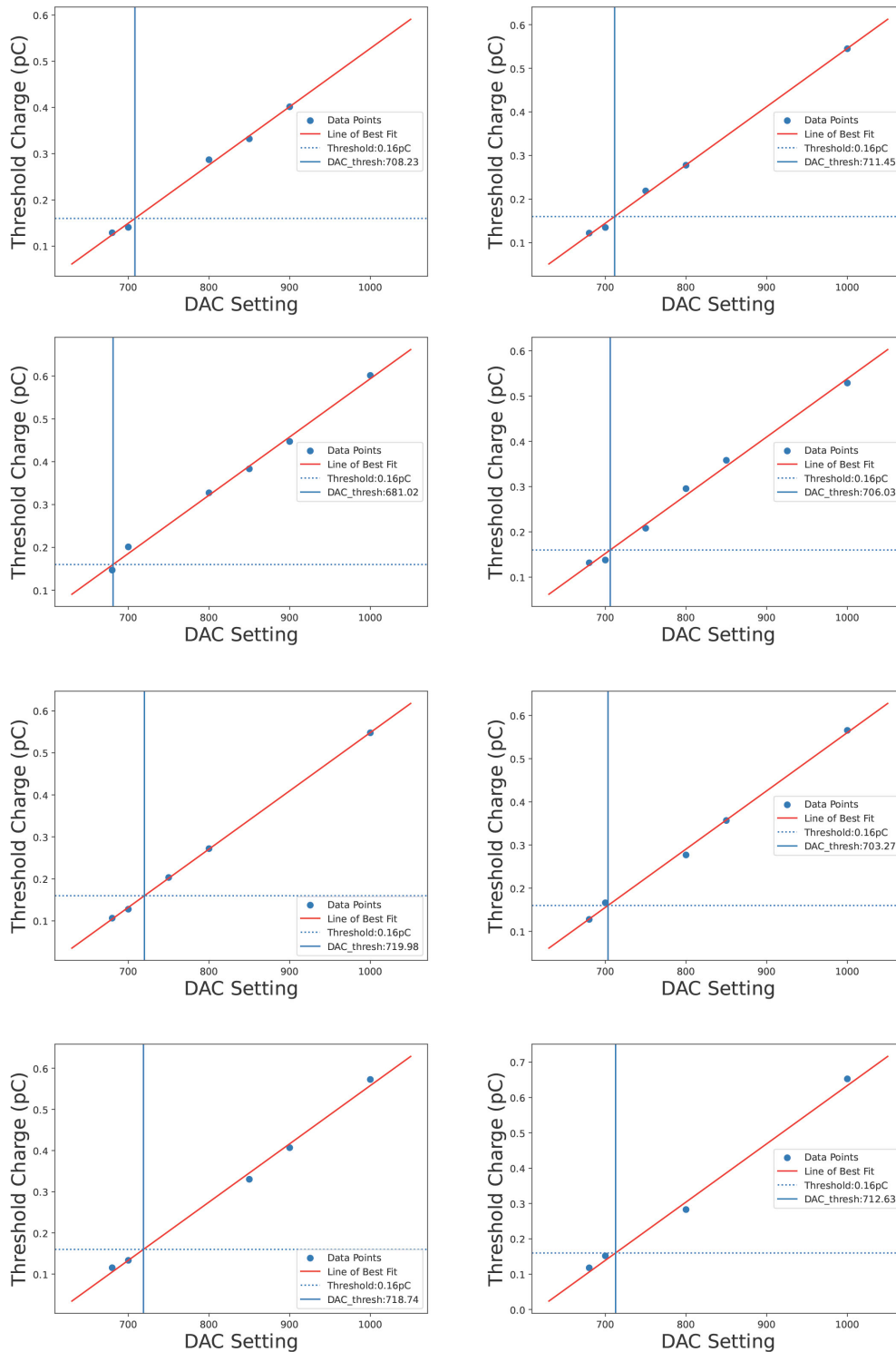


Figure 42: ผลการทดสอบ Threshold Setting ของ PMT หมายเลข 0-7 ภายใน LOM-16-01



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายญาณภัทร ลิ้มปรัชดวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

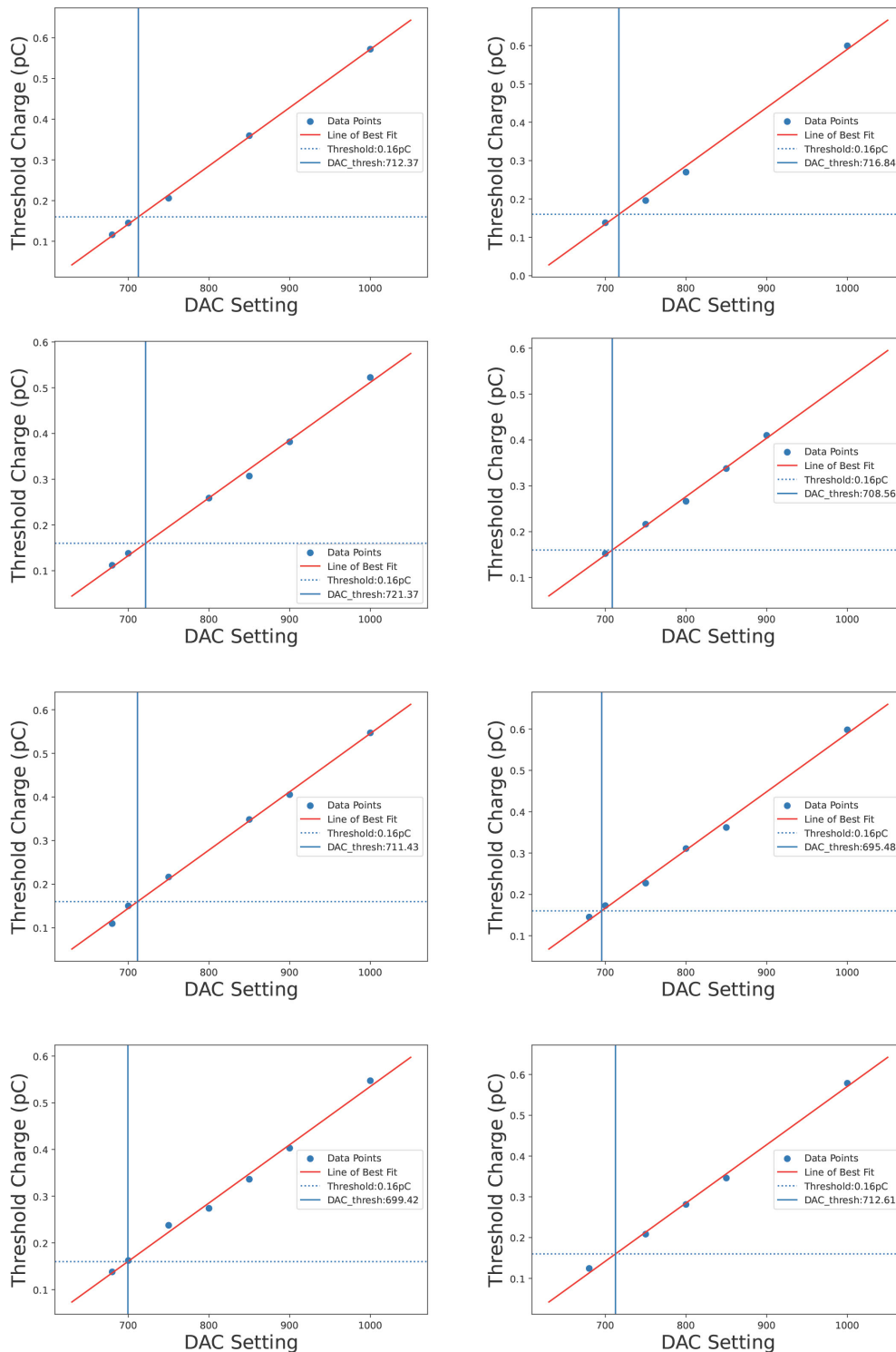


Figure 43: ผลการทดสอบ Threshold Setting ของ PMT หมายเลข 8-15 ภายใน LOM-16-01



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐภัทร ลิ้มปรัชดวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

7.1.3 Gain Calibration

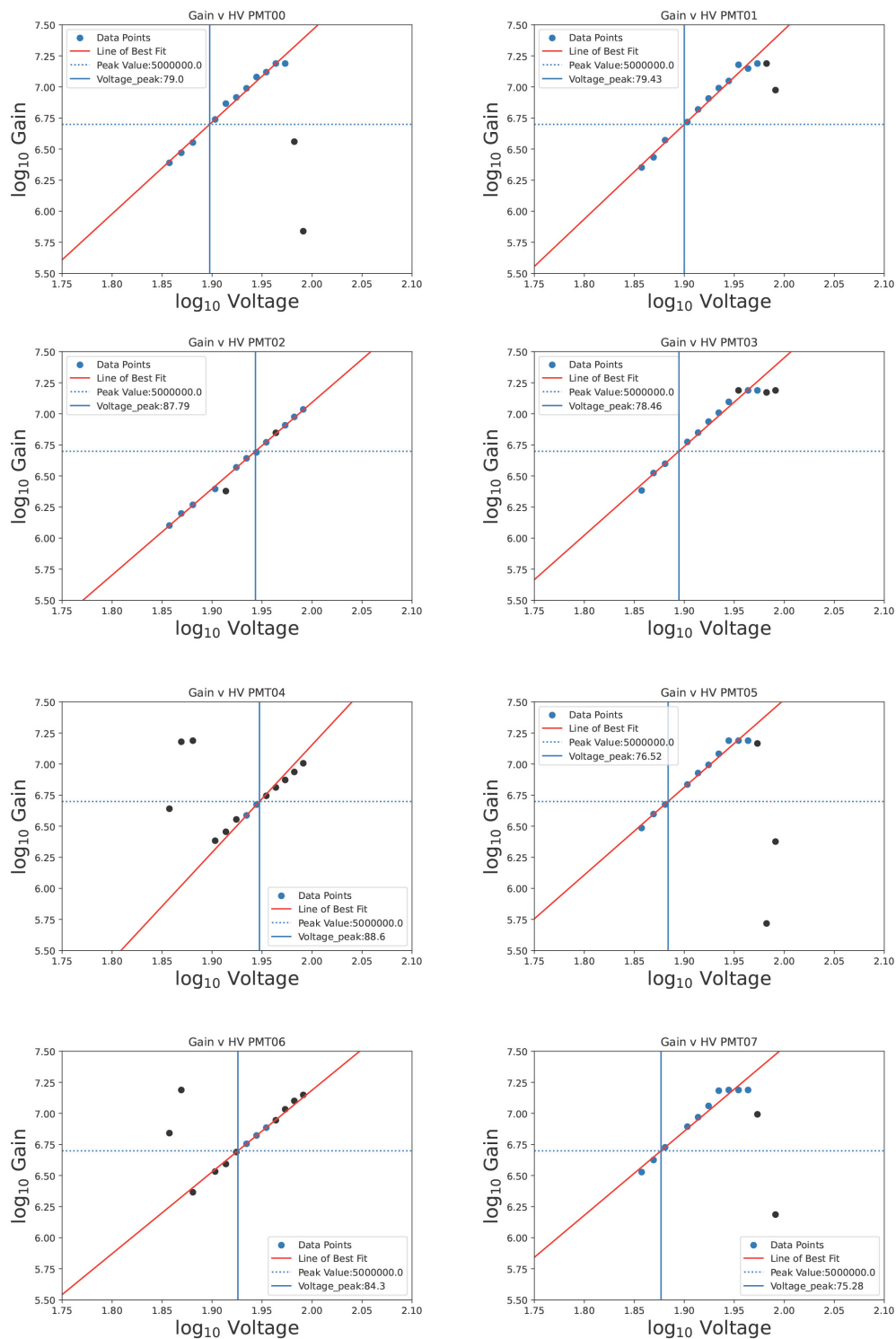
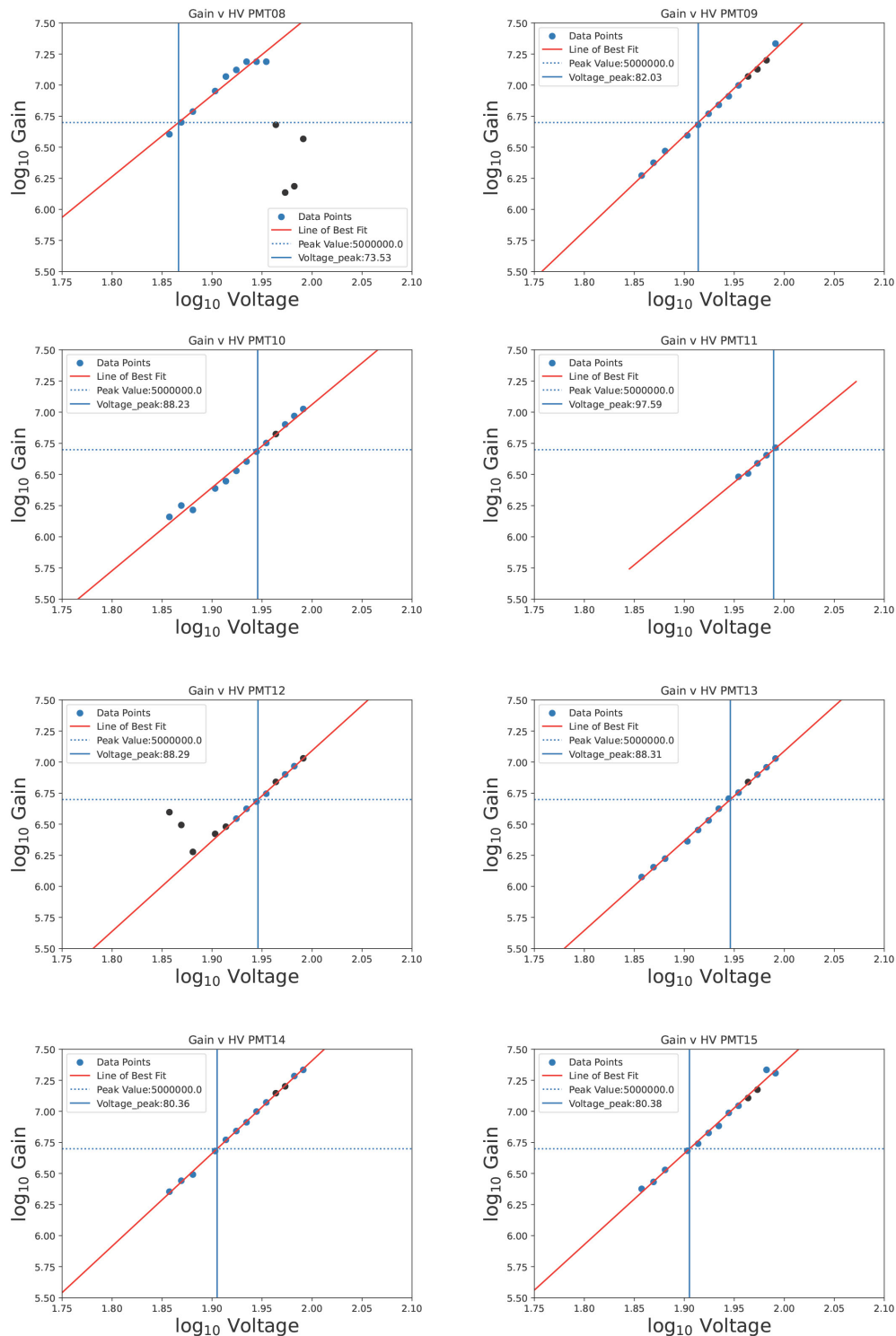
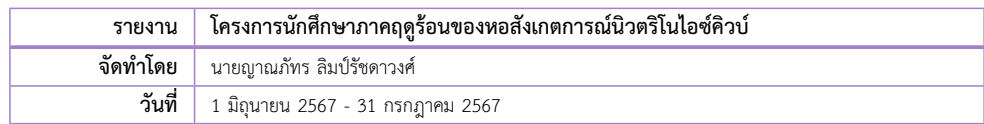


Figure 44: ผลการทดสอบ Gain Calibration ของ PMT หมายเลข 0-7 ภายใน LOM-16-01





รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณญาณภัทร ลิ้มปรีชดาวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

7.1.4 Dark Noise Measurement

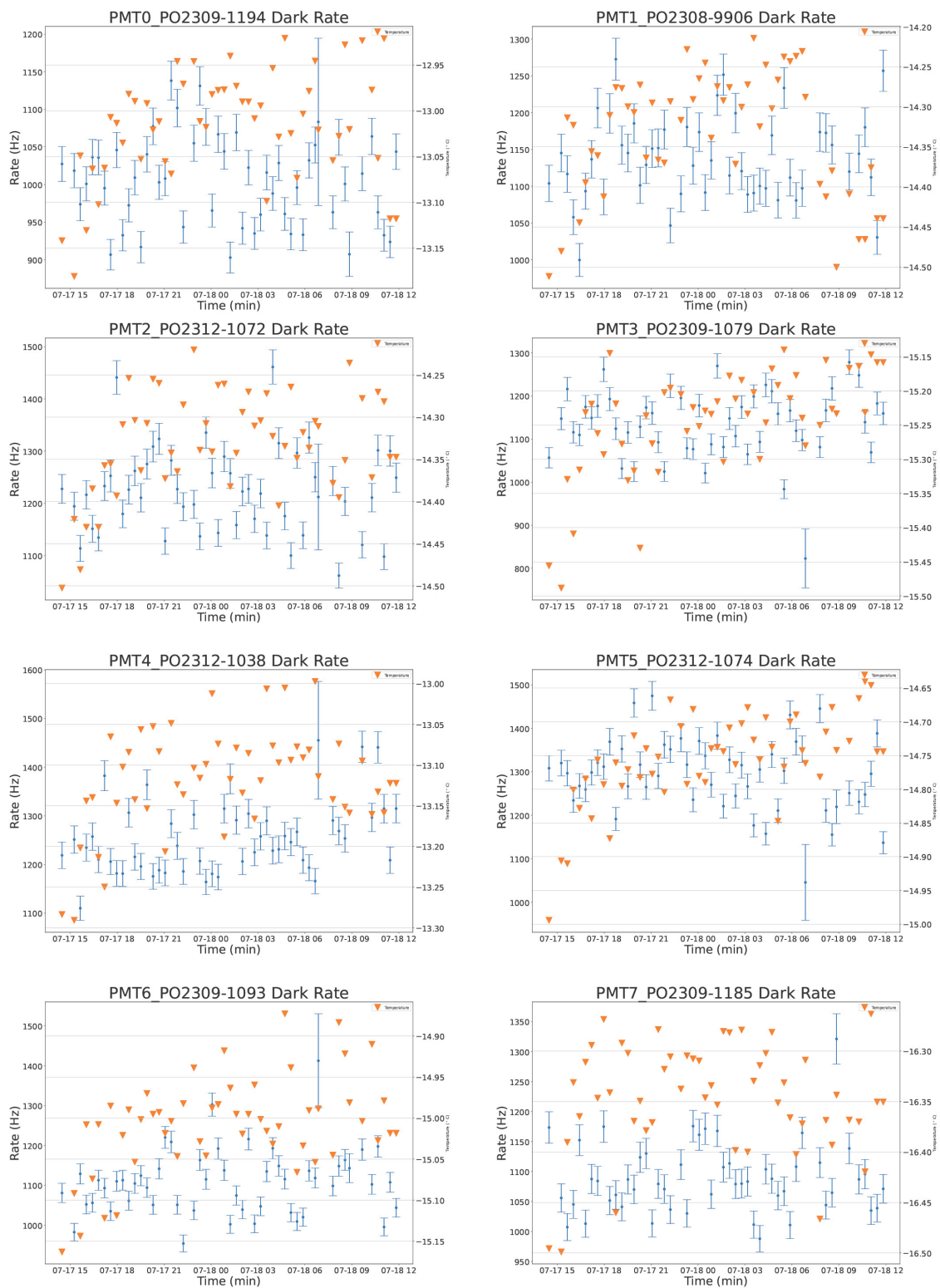


Figure 46: ผลการทดสอบ Dark Noise Measurement ของ PMT หมายเลข 0-7 ภายใน LOM-16-01



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐภัทร ลิ้มปรัชดวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

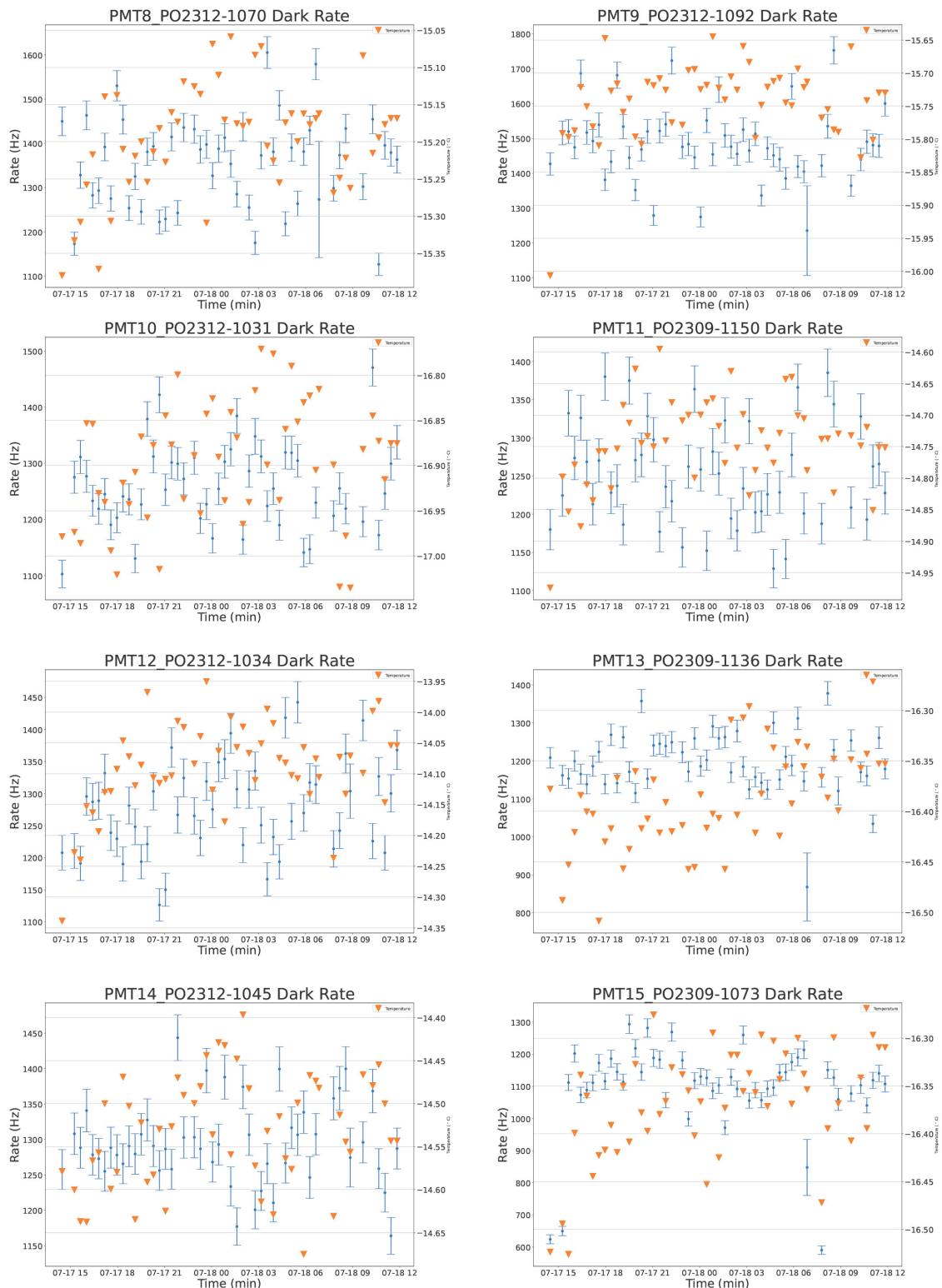


Figure 47: ผลการทดสอบ Dark Noise Measurement ของ PMT หมายเลข 8-15 ภายใน LOM-16-01



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐกร ลิ้มปรีชดาวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567

7.2 รายชื่อผู้ร่วมงาน

ตลอดการร่วมงานกับ Wisconsin IceCube Particle Astrophysics Center (WIPAC) ต้องขอบคุณผู้ร่วมงานทุกท่าน ไม่ว่าจะเป็น Professor Albrecht Karle ที่คอยดูแลพวกเราทั้งการทำงาน รวมไปถึงการใช้ชีวิตระหว่างที่อยู่ในสหรัฐ ขอขอบคุณ Yuya Makino ที่พาพวกเราเดินทางไปยัง Physical Science Lab (PSL) เพื่อดูการประกอบ LOM-16 รวมไปถึงให้คำแนะนำและดูแลการทำงานตลอดโครงการ ขอขอบคุณทีม LOM-WIPAC ไม่ว่าจะเป็น Chris Wendt, Sean Griffith ที่ให้คำแนะนำตลอดโครงการและช่วงเหลือเรื่องการวิเคราะห์ข้อมูลและระบบการทำงานของ LOM-16 ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทีม LOM ทั้ง Vedant Basu และ Delaney Butterfield ที่ช่วยดูแลให้คำแนะนำพวกเรา และเป็นเพื่อนร่วมงานที่ดีตลอดเวลา และขอบคุณ Britta Thompson และ Vasu Sahai สำหรับความสนุกสนานที่ทำงานร่วมกันในทีม LOM-WIPAC ขอขอบคุณ Hannah Erpenbeck ที่คอยดูแลพวกเราทั้งสองคน และพาเราไปเที่ยวยังสถานที่ต่าง ๆ อยู่เสมอ และท้ายที่สุด ขอขอบคุณ Caitlyn Daniel ที่คอยประสานงาน รวมทั้งจัดการเรื่องเอกสาร เพื่อให้เราทำงานตลอด 2 เดือนได้อย่างราบรื่น



รายงาน	โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนของหอสังเกตการณ์นิวตริโนไอซ์คิวบ์
จัดทำโดย	นายณัฏฐภัทร ลิ้มปรีชดาวงศ์
วันที่	1 มิถุนายน 2567 - 31 กรกฎาคม 2567



(a) Albrecht Karle - Professor



(b) Chris Wendt - Senior Scientist



(c) Yuya Makino - Assistance Scientist



(d) Sean Griffith - Instrumentation Specialist



(e) Vedant Basu - Research Assistant



(f) Delaney Butterfield - Research Assistant



(g) Hannah Erpenbeck - Research Assistant



(h) Caitlyn Daniel - Administrative Assistant