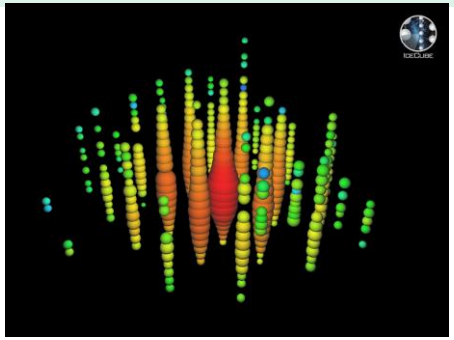
วาระที่ ๓.๑
โครงการความร่วมมือไอซ์คิวบ์
ตามพระราชดำริสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี
(ประจำปี ๒๕๖๔)

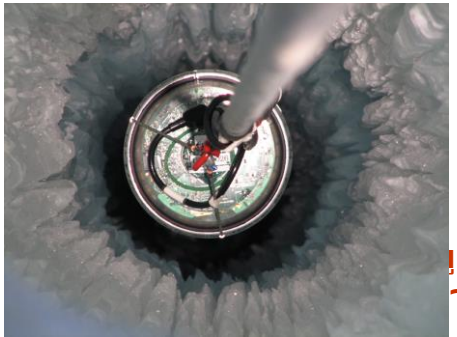
รายงานเมื่อ
๑ มีนาคม ๒๕๖๕

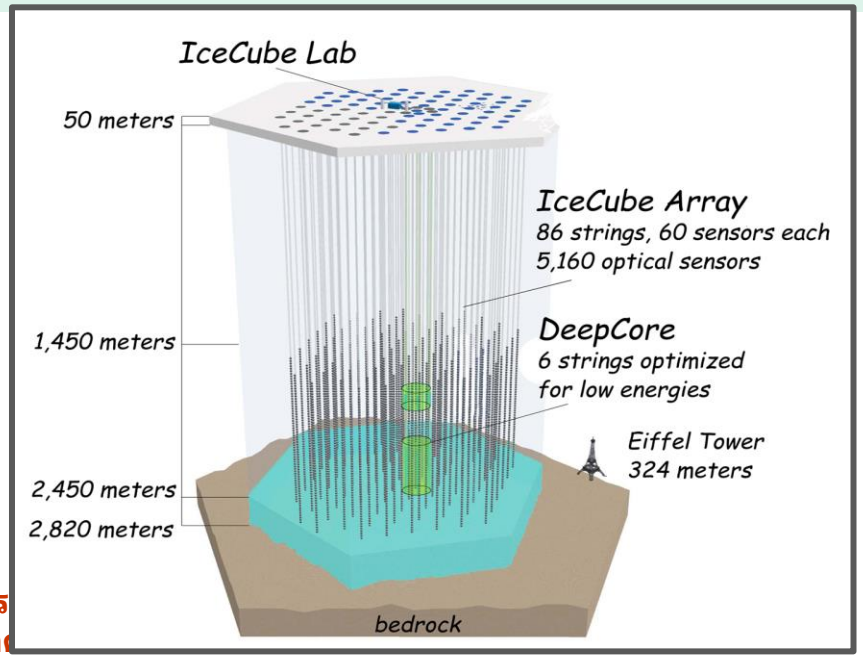
หน่วยงานร่วมโครงการ
- มูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริฯ
- สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ(องค์การมหาชน)
- มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- U. of Wisconsin-River Falls
- U. of Wisconsin-Madison
- U. of Delaware

1.ไอซ์คิวบ์ (IceCube) คืออะไร? (1/2)

- ไอซ์คิวบ์ (IceCube) เป็นชื่อเรียกอย่างง่ายของสถานีตรวจวัดนิวทริโนไอซ์คิวบ์ (IceCube Neutrino Observatory)
- สถานีดังกล่าวตั้งอยู่ที่สถานีขั้วโลกใต้อมันด์เซน-สก็อตต์ในทวีปแอนตาร์ติก (Amundsen–Scott South Pole Station) และได้รับการยอมรับ (recognition) จากเซิร์น สร้างเสร็จเมื่อ18 ธันวาคม ค.ศ.2010 ซึ่งมูลนิธิวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (NSF : National Science Foundation) ทำหน้าที่บริหารสภานีไอซ์คิวบ์
- อุปกรณ์ประกอบด้วยหน่วยตรวจวัดแสงนับพันตัวกระจายอยู่ภายในหนึ่งลูกบาศก์กิโลเมตรของน้ำแข็งใต้พื้นผิวหน้าของแอนตาร์ติก
- นิวทริโนจะทำอันตรกิริยากับโมเลกุลของน้ำแข็งทำให้เกิดอนุภาคเลปตอน(อิเล็กตรอน มิวออน ทาว)เคลื่อนที่เร็วกว่าแสงทำให้เกิดแสงสีน้ำเงินเรียกว่าแสงเชอเรนคอฟ(Cherenkov) ตราจสอบได้ด้วยหน่วยตรวจวัดแสงดังกล่าว
- หน่วยตรวจวัดแสงแต่ละหน่วยนี้มีลักษณะทรงกลมเรียกว่า **ดอม (DOMs:Digital Optical Modules)** ซึ่งประกอบด้วยหลอดทวีคูณแสง (photomultiplier tube :PMT) และคอมพิวเตอร์อยู่บนแผ่นวงจรอิเล็กทรอนิกส์แผ่นเดียว คอมพิวเตอร์นี้ทำหน้าที่รับข้อมูลจากดอมแล้วส่งเป็นดิจิทัลไปยังคอมพิวเตอร์ตั้งอยู่บนพื้นผิวหน้าของแอนตาร์กติก
- เชือก(string)แต่ละเส้นจะแขวนดอมจำนวน 60 ตัวลงในช่องน้ำแข็งที่ทำให้ละลายด้วยสว่านน้ำร้อนลึกจากผิวหน้าระหว่าง 1,450 ถึง 2,450 เมตร
- ไอซ์คิวบ์ได้รับการออกแบบเพื่อทำหน้าที่ตรวจหา**<u>จุดกำเนิดนิวทริโนนอกระบบสุริยะ (ซุปเปอร์โนวา,หลุมดำ,พัลซาร์,ฯลฯ)</u>** ใน "ย่านพลังงานเทระอิเล็กตรอนโวลต์ (ล้านล้านอิเล็กตรอนโวลต์)" เพื่อศึกษากระบวนพลังงานสูงทางฟิสิกส์ดาราศาสตร์ที่ผลิตนิวทริโนดังกล่าวนี้
- **<u>เมื่อพฤศจิกายน ค.ศ.2013</u>** ได้มีการแถลงว่าไอซ์คิวบ์ตรวจพบ**<u>นิวทริโนจำนวน 28 ตัวที่มาจากแหล่งนอกระบบสุริยะ</u>**







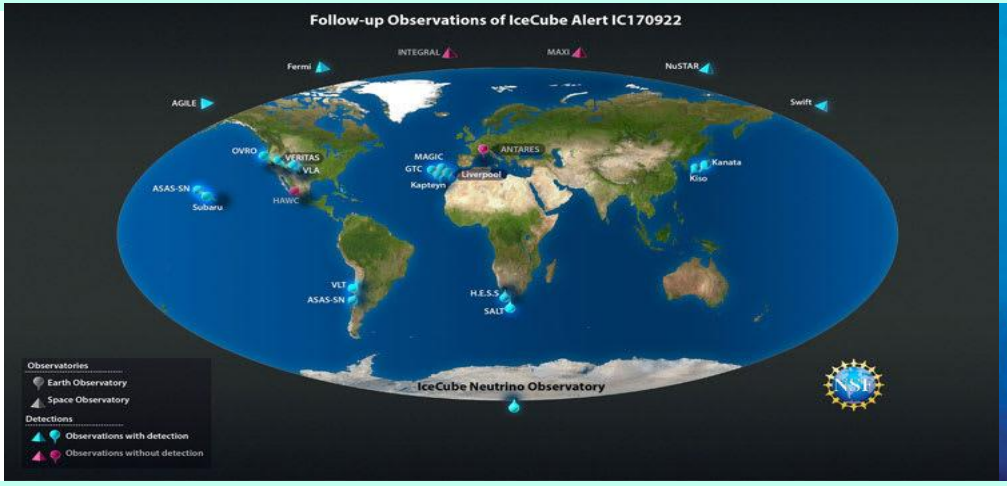
http://www.astro.wisc.edu/~middlema/IceCube.html

1.ไอซ์คิวบ์ (IceCube) คืออะไร? (2/2)

IceCube neutrinos point to long-sought cosmic ray accelerator

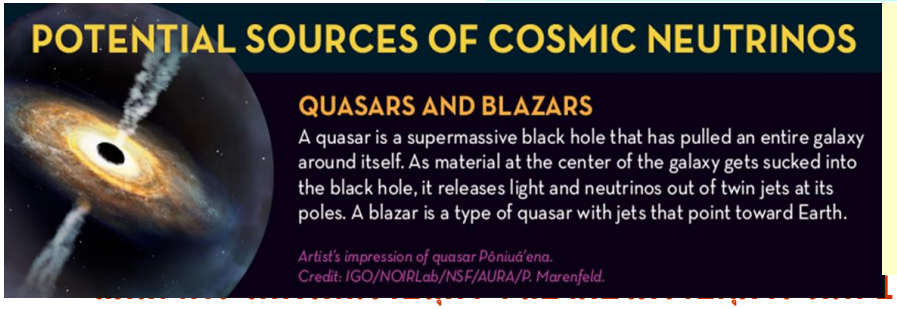
- บทความวิชาการ 2 บทความในวารสารวิชาการScience (13 JUL 2018) บ่งหลักฐานเป็นครั้งแรกของเบลซาร์ (blazar) TXS 0506+056 ว่าเป็นแหล่งกำเนิดนิวทริโนพลังงานสูง อยู่ห่างประมาณ 5.7 พันล้านปีแสงจากโลก
- ไอซ์คิวบ์ตรวจสอบการเกิดนิวทริโนนี้ได้ก่อน**เมื่อ 22 กันยายน ค.ศ 2017**แล้วแจ้งด่วนทันทีไปยังบรรดาหอสังเกตการณ์ดาราศาสตร์ทั่วโลก หอเหล่านี้ซึ่งสามารถตรวจวัดด้วยกล้องโทรทัศน์ที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่างๆกัน 20 แห่งบนผิวโลกจึงเข้าไปติดตาม และพบว่าเป็นเบลซาร์ดังกล่าวนี้
- ปัจจุบันการตรวจสอบวัตถุในท้องฟ้านอกเหนือจากนิวทริโนแล้วยังมีรังสีแกมมา รังสีเอกซ์ ความถี่ที่เห็นด้วยสายตา และคลื่นวิทยุอีกด้วย หอสังเกตการณ์เหล่านี้บริหารโดยคณะนักวิทยาศาสตร์นานาชาติรวมกันมากกว่า 1000 คนสนับสนุนโดยแหล่งทุนในประเทศ และรอบโลก

เบลซาร์ตามจินตนาการของศิลปิน. Credit: IceCube/NASA



เครือข่ายหอสังเกตการณ์หอสังเกตการณ์ดาราศาสตร์ทั่วโลก หอเหล่านี้สามารถตรวจวัดด้วยกล้องโทรทัศน์ที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่ต่างๆกัน 20 แห่งบนผิวโลกจึงเข้าไปติดตามและพบว่าเป็นเบลซาร์ที่ปลดปล่อยนิวทริโน

วารสารวิชาการ Science



เควซาร์(Quasar:Quasistellar Radio Sources) คือหลุม ดำมวลยิ่งยวด (supper massive black hole)ที่ทั้งกาแลกซีหมุนไปรอบตัวมัน สสารทั้งหลายที่กลางกาแลกซีที่อยู่ใกล้จะถูกกลืนเข้าไปแล้วปลดปล่อยแสง(คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า)และนิวทริโนออกมาจากเจ็ท 2 ลำที่พุ่งออกมาคล้ายแกน ระยะทางราว 100-1000ล้านปีแสงจากโลก

เบลซาร์(Blazar) คือ เควซาร์ที่เจ็ทมีทิศทางชี้ตรงมาที่โลกเรา

มี https://icecube.wisc.edu/news/press-releases/2018/07/icecube-neutrinos-point-to-long-sought-cosmic-ray-accelerator/

2.การประสานงาน

IceCube's Associate Membership**จากไทย**

ผศ.ดร.วราภรณ์ นันทิยกุล
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Institutional lead

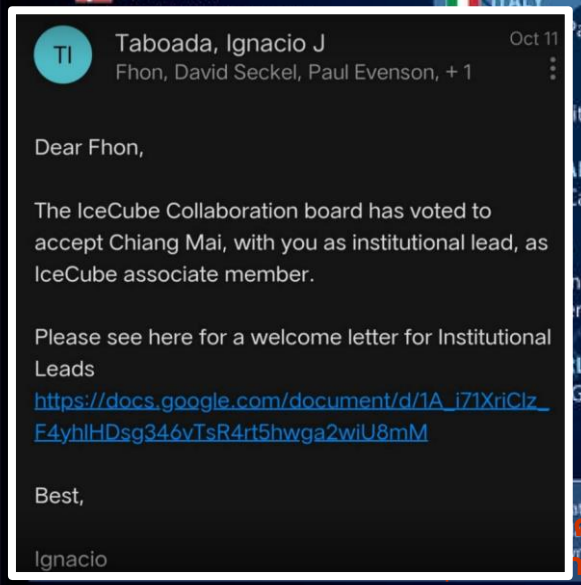
ดร.อัจฉรา เสรีเพียรเลิศ
สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
Postdoctoral Fellowship

น.ส.ญานี ต่างใจ
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
นักศึกษาปริญญาเอก

IceCube-Thai Contact Persons

1. Prof. James Madsen – Executive Director, Wisconsin IceCube Particle Astrophysics Center (WIPAC), UW-Madison **(outreach)**
2. Prof. Paul Evenson – ICECUBE and ICECUBE-PINGU and IceCube-Gen2 @ U. Delaware **(reseach)**
3. David Seckel – ICECUBE and ICECUBE-PINGU and IceCube-Gen2, ARA @ U. Delaware **(research)**
4. Assoc. Prof Dr. Suruj Seunarine @ UW – River Falls **(outreach)**
5. Mike DuVernois – Senior Scientist @ WIPAC, UW-Madison **(ice-drill technique)**
6. Jim Haugen – Instrumentation Project Manager @ WIPAC, UW-Madison **(electronics)**
7. Prof. Ignacio Taboada – IceCube's Spokesperson
8. Prof. Francis Halzen – Principal Investigator of IceCube, UW-Madison
9. Prof. Vladimir Papitashvili – IceCube NSF Office of Polar Programs (OPP) program manager
10. Prof. Albrecht Karle – IceCube associate director for science and instrumentation, UW-Madison

ความร่วมมือ
- 53 สถาบันจาก 12 ประเทศ
- นักวิจัยกว่า 300 คน



3.กิจกรรมความร่วมมือที่เคย IceCube Collaboration

3.1การพัฒนากำลังคน:ค่ายฤดูร้อน

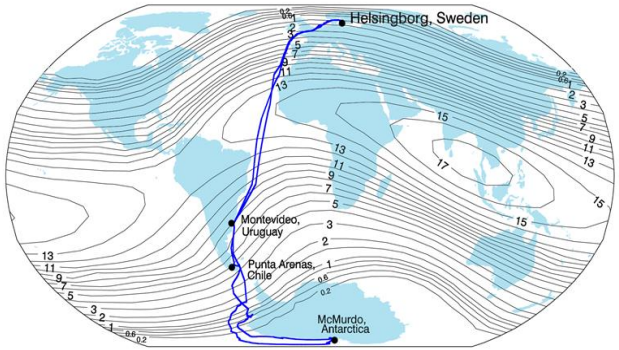
ค่ายฤดูร้อน (Summer Workshop) ปี พ.ศ.2561

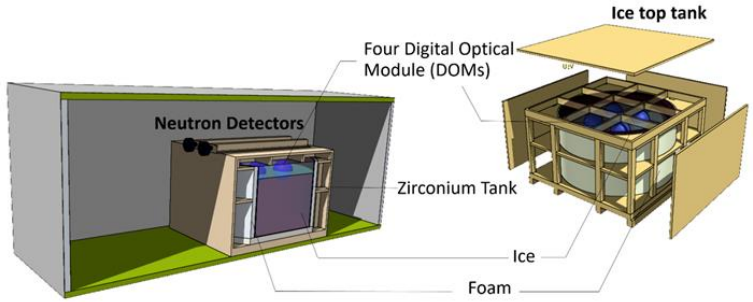
- นักศึกษา : นายหาญณรงค์ จันทรเลิศ ป.ตรี ปี 4 ม.มหิดล
- ระยะเวลา : 4 มิถุนายน – 10 สิงหาคม 2561
- สถานที่ : University of Wisconsin-River Falls
- ค่าใช้จ่าย : U. of Wisconsin-River Falls สนับสนุน (1) ค่าตั๋วเครื่องบินไป-กลับ (2) ค่าที่พัก และ (3) ค่าใช้จ่ายรายเดือน

ค่ายฤดูร้อน (Summer Workshop)ปีพ.ศ.2562

- นักศึกษา : (1) น.ส.อัจฉราภรณ์ ผักหวาน ป.ตรี ปี 4 ม.เชียงใหม่และ(2) น.ส.ญานี ต่างใจ ป.ตรี ปี 4 ม.เชียงใหม่
- ระยะวลา : 8 มิถุนายน – 3 สิงหาคม 2562
- สถานที่ : U.of Wisconsin-River Falls และ U. of Wisconsin-Madison
- ค่าใช้จ่าย : (1) สดร. สนับสนุนค่าตั๋วเครื่องบินไป-กลับ (2) U of Wisconsin-River Falls สนับสนุน ค่าที่พักและค่าใช้จ่ายรายเดือน

3.2การวิจัยและพัฒนา





- คณะวิจัย : ที่ปรึกษา:ผศ.ดร.วราภรณ์ นันทิยกุล นักวิจัย:(1) ดร.อัจฉรา เสรีเพียรเลิศ นักวิจัยหลังป.เอก (2) น.ส.ญานี ต่างใจ นักศึกษาป.เอก
- โครงการวิเคราะห์ข้อมูล IceTop Tank (ความร่วมมือะหว่าง U.of Delaware, U. of Wisconsin River FallsและUppsala University)ที่ติดตั้งในคอนเทนเนอร์ฉนวน(insulated shipping container)ประกอบด้วยดอม 4 ตัวที่อยู่ในน้ำแข็งภายในภาชนะทรงสี่เหลี่ยมซึ่งล่องจาก **Helsingborg สวีเดนไปยังทวีปแอนตาร์กติกา**ระหว่าง พฤศจิกายน 52 – เมษายน 53
- วัตถุประสงค์ เพื่อหาฟังก์ชันแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง**อัตราการนับอนุภาค(เช่นมิวออน อิเล็กตรอน ฯลฯ)ในตัวกลางที่เป็นน้ำแข็ง**ในคอนเทนเนอร์บนผิวโลกกับ **ฟลักซ์อนุภาคในบรรยากาศชั้นบน** ฟังก์ชันนี้เรียกว่า Yield Functionซึ่งทำให้เราทราบสเปกตรัมของรังสีคอสมิกปฐมภูมิ
- ฟังก์ชันนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องตรวจวัด และระดับความสูงที่ติดตั้งอุปกรณ์
- การหาฟังก์ชันนี้นั้นสามารถทำได้ด้วยวิธีการสำรวจการตัดข้ามละติจูด (Latitude Survey) หรือการสร้างแบบจำลองมอนติคาร์โล (Monte-Carlo)
- ผลที่ได้จากฟังก์ชันนี้ใน IceTop Tank สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับ IceTop Tank ของ IceCube ที่ติดตั้งอยู่ ณ ขั้วโลกใต้ได้

4. แผนการดำเนินการโครงการ

คำสั่งสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)แต่งตั้ง **คณะกรรมการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและกำลังคนที่เกี่ยวข้องกับหอสังเกตการณ์นิวตริโนในทวีปแอนตาร์กติกา (Thai-Antarctic Neutrino Observatory : TANO)** 2 สิงหาคม 2564

1.	ศาสตราจารย์ ดร.ไพรัช ธัชยพงษ์	ประธานกรรมการ
2.	รองศาสตราจารย์บุญรักษา สุนทรธรรม	รองประธานกรรมการ
3.	ดร.ชฎามาศ ธุวะเศรษฐกุล	กรรมการ
4.	ดร.วิภู รุโจปการ	กรรมการ
5.	ศาสตราจารย์ ดร.สุชนา ชวนิชย์	กรรมการ
6.	ศาสตราจารย์ ดร.วรณพ วิยกาญจน์	กรรมการ
7.	ผศ. ดร. ศิรามาศ โกมลจินดา	กรรมการ
8.	ผศ.ดร. สุวิชา วรรณวิเชียร	กรรมการ
9.	ดร.ชญานิษฐ์ อัศวตั้งตระกูลดี	กรรมการ
10.	ดร.อัจฉรา เสรีเพียรเลิศ	กรรมการ
11.	ผศ. ดร.วราภรณ์ นันทิยกุล	กรรมการและเลขานุการ
12.	เจ้าหน้าที่สดร.	ผู้ช่วยเลขานุการ
13.	เจ้าหน้าที่มูลนิธิไอทีตรามพระราชดำริฯ	ผู้ช่วยเลขานุการ

1

<u>การเข้าร่วม IceCube Collaboration จะแบ่งเป็น 3 ส่วน</u>

2

1. งานวิจัย
   - Latitude survey with Ice Cherenkov Detector
   - IceTop Tank Simulation & Analysis
   - Develop IceTop Tank (Gen 2) Database
2. Education & Outreach
   - คัดเลือกนักศึกษาที่มีศักยภาพสูงเข้าร่วมwork shopภาคฤดูร้อน ณ UW-Madison, USA
   - คัดเลือกนักศึกษาเข้าร่วม IceCube Bootcamp เป็นเวลา 1 สัปดาห์
3. งานวิศวกรรม
   - ผลิตและตรวจสอบแผงวงจรของ IceCube's DOM
   - ฝึกฝนทักษะการขุดเจาะน้ำแข็งที่ขั้วโลกใต้ วิศวกรจำเป็นต้องฝึกทักษะที่ UW-Madison ประเทศสหรัฐฯ และเดินทางไปขั้วโลกใต้ได้
   - อื่น ๆ

<u>โครงการสำรวจข้ามละติจูด</u>

1. Changvan ทำงานกับ PRIC ของจีนระหว่างพ.ศ.2561-
2. Thimon ทำงานกับสหรัฐอเมริกา (U. of Hawii และU. Of New Hampshire) ความร่วมมือใหม่ราว พ.ย. 2564-66
3. วัตถุประสงค์ เพื่อตรวจวัดนิวตรอนในชั้นบรรยากาศในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสเปกตรัมของพลังงานช่วงGeV

การประชุมคณะกรรมการมูลนิธิเทศ
สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยา

3

- สร้างอุปกรณ์ตรวจวัดรังสีคอสมิก Changvan & Thimon สำหรับส่งไปยังทวีปแอนตาร์กติกา
  - ร่วมมือหลักกับ **Polar Research Institute of China (PRIC)**
  - ร่วมมือหลักกับ U. Hawaii และ U. New Hampshire

  นักวิจัยไทย 3 คน ได้รับการแต่งตั้งเป็น Associate membership อย่างเป็นทางการในวันที่ 11 ต.ค. 64
- นักวิจัยไทยเป็น Steering Committee ใน Scientific Committee on Antarctic Research (SCAR)-AAA
- เผยแพร่ Rosie & Gibbs (ไทย) ของ IceCube https://icecube.wisc.edu/outreach/activities/rosie-gibbs/

เข้าร่วม IceCube Upgrade (2564-2566)

จัดโครงการ Outreach เพื่อยกระดับงานวิจัยของประเทศไทย

- Neutron Monitor Bootcamp (ระดับปริญญาตรี/โท/เอก) ซึ่งเป็นโครงการต่อเนื่องตั้งแต่ ปี ค.ศ. 2018 แต่จะอัปเกรดให้เป็นระดับนานาชาติ
- เริ่มดำเนินกิจกรรมนำวิจัยไปสู่โรงเรียน (ระดับมัธยมต้น/ปลาย)
- จัดเวิร์คชีอป/งานประชุมเชิงวิชาการร่วมกับนานาชาติ เช่น IceCube meeting
- อื่น ๆ

2564 2565 2566 2567 2568

ICECUBE UPGRADE

ICECUBE GEN2

- **ตั้งกลุ่มวิจัยเพื่อสร้างความเข้มแข็งด้านงานวิจัยของ IceCube**
- **จัดโครงการ Summer Workshop สำหรับเยาวชนไทย**
  ผลักดันให้เกิดโครงการอบรมเชิงปฏิบัติการภาคฤดูร้อน ณ U. Wisconsin-Madison ประเทศสหรัฐอเมริกา

ผลักดันให้สถาบันในประเทศไทยเป็น Full Membership ของ IceCube ในช่วง GEN 2 (2566 เป็นต้นไป)

5.งบประมาณ

เสนอโครงการไอทีตามพระราชดำริฯประมาณ **150,000บาท** สำหรับนักศึกษา 2 คนเป็นค่าตั๋วเครื่องบินไป-กลับ

No.	รายละเอียดของกิจกรรม	จำนวน	หน่วยนับ	ประมาณการงบประมาณ	หมายเหตุ
1	ศึกษาวิจัยภาคฤดูร้อน ณ Madison ประเทศสหรัฐอเมริกา • ค่าที่พัก UW-Madison residential hall • ค่าตั๋วเครื่องบินไป-กลับ ไทย-สหรัฐฯ • ค่าเบี้ยเลี้ยงรายเดือนสำหรับผู้เดินทาง	2	คน	1,000 USD/คน/เดือน 70,000 บาท/round-trip 1,500 USD/คน/เดือน	กำลังเจรจาการสนับสนุนระหว่างIceCubeและไทย (ไทย:ค่าตั๋วเครื่องบิน IceCube:ที่พักและเบี้ยเลี้ยง)
2	การจัดกิจกรรมต่างๆ ภายใต้โครงการฯ เช่น การจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ การจัดงานประชุมต่าง ๆ ฯลฯ				วางแผนจัดงานร่วมในไทยกับโครงการอื่น(เซิร์น เดซี ลินเดา ฯลฯ)

EmailจากJim Madsenถึง ดร.วารภรณ์ แจ้งการสนับสนุนค่าใช้จ่ายอาหารและที่พัก 2 คนไม่เกิน $7500 เป็นเวลา 2 เดือนที่Madison

หาจากแหล่งอื่น

3	การดำเนินการด้านงานวิจัยและการพัฒนาด้านวิชาการ เช่น ควรมี author ไทยที่เป็นอาจารย์/นักวิจัย/โพสต์ด็อกที่เข้าร่วมโครงการวิจัย IceCube 1 author สามารถมี นศ. ที่ทำโครงการวิจัย IceCube กี่คนก็ได้	2	คน	13,650 USD /คน/ปี *หมายเหตุ* ประกาศเป็นทางการและบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน 2010	วางแผนให้เป็นความรับผิดชอบของงบวิจัยโครงการ และ/หรือ มหาวิทยาลัยที่มีนักวิจัยร่วมกับ IceCube สังกัดอยู่
4	ตั้ง Thai Space Radiation Consortium (SpaRC) เพื่อเพิ่มความเข้มแข็งงานวิจัยทางด้าน space radiation ของประเทศไทย และยกระดับความร่วมมือทางด้านงานวิจัยกับนานาชาติ	1	ภาคีความร่วมมือฯ	ประมาณ 30-50 ล้านบาท โครงการ 5 ปี ระหว่าง 2566 – 2570	วางแผนยื่นข้อเสนอทุน PMU ร่วม GISTDA และ PMU-B P5, PMU-B P16
5	กิจกรรมทางด้าน Instrumentation และ electronics	2	โครงการ	~ 200,000 บาท/ปี	อาจมีการเปลี่ยนแปลง

6.สรุป

1. สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารีทรงพระราชดำริว่าควรหาทางที่จะร่วมมือกับไอซ์คิวบ์ที่ขั้วโลกใต้
2. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) จึงได้แต่งตั้งคณะกรรมการขึ้นเมื่อ วันที่ 2 สิงหาคม 2564 โดยมี ศ.ดร.ไพรัช ธัชยพงษ์เป็นประธาน และผศ.ดร.วราภรณ์ นนทิยกุลแห่ง ม.เชียงใหม่ซึ่งมีประสบการณ์เรื่องไอซ์คิวบ์เป็นเลขานุการ
3. การเข้าร่วม IceCube Collaboration จะแบ่งเป็น 3 ส่วน (i) งานวิจัย (ii) Education & Outreach และ (iii) งานวิศวกรรมศาสตร์
4. ประเทศไทยมีประสบการณ์การร่วมงานกับ IceCube Collaborationในการส่งนักศึกษาไปเข้าค่ายฤดูร้อนใน ค.ศ.2561 ที่ U. of Wisconsin-River Falls และ ค.ศ.2562 ทั้งที่ U. of Wisconsin-River Falls และ U. of Wisconsin-Madison ในการเข้าร่วมค่ายฤดูร้อนทั้ง 2 ปี
5. ในปี 2565 ก็ได้รับการเชิญชวนให้เข้าร่วมอีกที่ U. of Wisconsin-Madisonโดยมูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริฯให้การสนับสนุนร่วมกับทาง IceCube Collaboration
6. นักวิจัยไทยมีประสบการณ์งานวิจัยที่สอดคล้องกับงานของ IceCube กล่าวคือ (i) Changvan กับ PRIC ของจีนระหว่าง พ.ศ.2561-2563 บนเรือ Xuelong (ii) Thimon กับสหรัฐ อเมริกา (U. of Hawaii และ U. Of New Hampshire)ราว พ.ย.2564-2566 และ (iii)โครงการวิเคราะห์ข้อมูล IceTop Tank ที่ติดตั้งในคอนเทนเนอฉนวนซึ่งล่องจาก Helsingborg สวีเดนไปยังทวีปแอนตาร์กติการะหว่าง พฤศจิกายน 2552 – เมษายน 2553
7. ประสบการณ์ทั้งใน 4 และ 5 ข้างต้นจะทำให้เราสามารถให้ประโยชน์ต่อเข้าร่วม IceCube Collaborationได้เป็นการเพิ่มโอกาสที่จะร่วมมือกันในอนาคต

จบ