วาระที่ ๓.๒

โครงการความร่วมมือไทย – KATRIN และ KIT

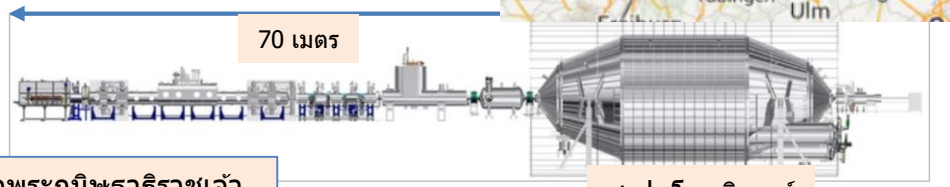
ตามพระราชดำริสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี
(ประจำปี ๒๕๖๒)

รายงานเมื่อ
๑๓ มีนาคม ๒๕๖๓

หน่วยงานร่วมโครงการ
1. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
3. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
4. เนคเทค/สวทช

1. KATRIN (KArlsruhe TRItium Neutrino experiment)(1/4)

- เพื่อวัด**มวลของอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโน** (electron antineutrino) ที่ปลดปล่อยออกมาจากการสลายตัวแบบบีตาของทริเทียมด้วยความแม่นยำที่ระดับต่ำกว่าอิเล็กตรอนโวลต์(sub-eV)
- ตั้งอยู่ที่สถาบันเทคโนโลยีคาร์ลสรู (Karlsruhe Institute of Technology) เมืองคาร์ลสรู เยอรมนี
- มีนักวิทยาศาสตร์ วิศวกร ช่างและนักศึกษามากกว่า 150 คนจาก 12 สถาบัน**ใน 5 ประเทศ ได้แก่ เยอรมนี สหราชอาณาจักรรัสเซีย สาธารณรัฐเช็ก ฝรั่งเศส และ สหรัฐอเมริกา**
- อุปกรณ์สำคัญ**คือ สเปกโทรมิเตอร์ หนัก 200 ตัน** ติดตั้งและผ่านทดสอบจนสมบูรณ์เมื่อค.ศ. 2015
- การทดลองเริ่มเมื่อปลายปีค.ศ. 2016 และเปิดตัวเป็นทางการราวกลางปีค.ศ. 2018 ด้วยการสลายตัวของทริเทียมเป็นครั้งแรกและมี**การวัดผลทางวิทยาศาสตร์ครั้งแรกเมื่อเมษายน 2019** คาดว่าจะทดลองต่อไปอีก 5 ปี (wikipedia)

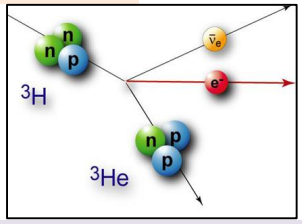


สเปกโทรมิเตอร์

สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตน ราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เสด็จทอดพระเนตร KATRIN Experiment, KIT, Karlsruhe, Germany วันที่ 28 มิ.ย. 2562

การสลายตัวแบบบีตาของทริเทียม

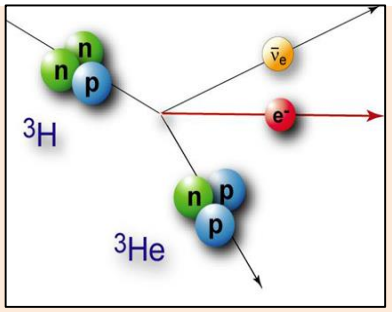
$$^{3}\mathrm{H} \rightarrow {}^{3}\mathrm{He} + e^{-} + \bar{\nu}_e$$



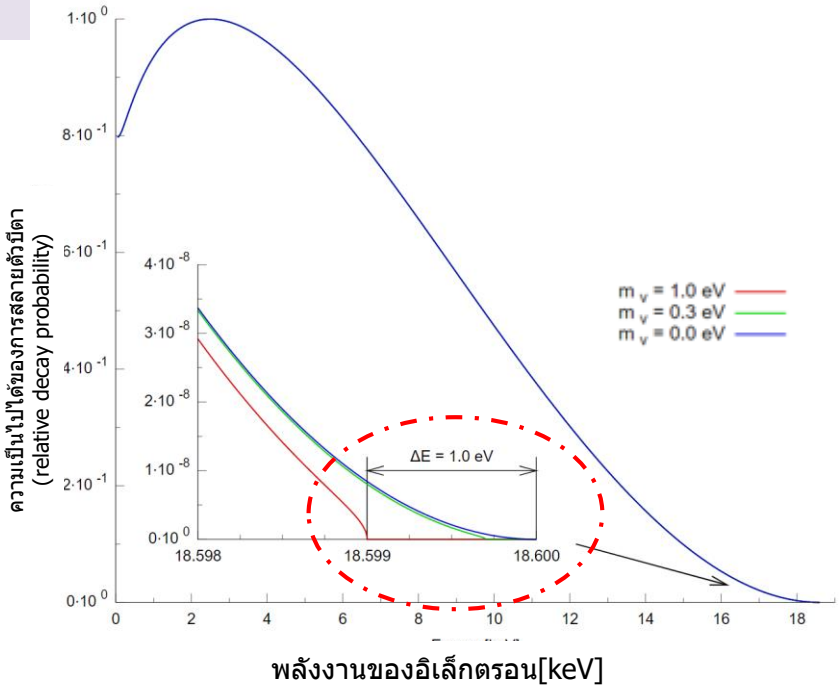
มวลนิวทริโน

- นิวทริโนมีมากมายในเอกภพนี้ที่มีมากกว่าก็เพียงโฟตอนของแสงเท่านั้น หากเรามีแว่นตาวิเศษมองเห็นนิวทริโนได้ เราก็จะเห็นนิวทริโนเหมือนเห็นแสงเต็มไปหมด
- นิวทริโนจากนอกโลกมาจากดวงอาทิตย์ ซูเปอร์โนวา และจากแหล่งอื่นที่ยังไม่ทราบอีก บนโลกเรามาจากโรงไฟฟ้าปรมาณูเป็นสำคัญ
- เดิมนักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า นิวทริโนไร้มวลเหมือนโฟตอนจึงทำให้เราพบมากมายคล้ายแสงเพราะความไร้มวลจึงเคลื่อนเร็วเท่าแสงไปทั่วเอกภพ
- แต่ใน ค.ศ.2015 มีผู้ได้รับรางวัลโนเบลสาขาฟิสิกส์ที่พบว่า นิวทริโนขณะเดินทาง เช่นจากดวงอาทิตย์มายังโลกเรา เป็นต้น สามารถเปลี่ยนชนิดไปมาได้ (นิวทริโนมี 3 ชนิด คือ อิเล็กตรอนนิวทริโน มิวออนนิวทริโน และทาวนิวทริโน) ปรากฏการณ์นี้แสดงว่านิวทริโนมิได้ไร้มวล
- มวลของนิวทริโนนั้นน้อยมาก ต่ำกว่าอิเล็กตรอนราว 500,000 เท่า(electron mass 0.511 MeV/c^2) วัดได้ยากและยังไม่ทราบค่าที่แท้จริง
- การทดลองก่อนหน้านี้ที่ **Mainz (เยอรมนี) และ Troitsk (รัสเซีย) พบเพดานของมวลของอิเล็กตอนแอนตินิวทริโนว่าไม่เกิน 2.3 eV/c^2**
- KATRIN ซึ่งจะใช้วิธีการวัดที่คล้ายกันจะค้นหา **(1) เพดานมวลที่ต่ำลงไปอีก 10 เท่า กล่าวคือที่ 0.2 eV/c^2 (90% CL(Confidence Interval)) หรือ(2) พบค่าที่แท้จริงหากมวลมากกว่า 0.35 eV/c^2** อุปกรณ์การทดลองที่ KATRIN จึงต้องสร้างให้มีสมรรถนะสูงกว่าอดีตขึ้นไป 20 เท่าจึงจะทำได้
- **การเผยแพร่เมื่อ 13 กันยายน 2019 พบว่า เพดานมวลของอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโนอยู่ที่ 1.1 eV/c^2**

1.KATRIN:หลักการคิดในการหามวลของนิวทริโน(2/4

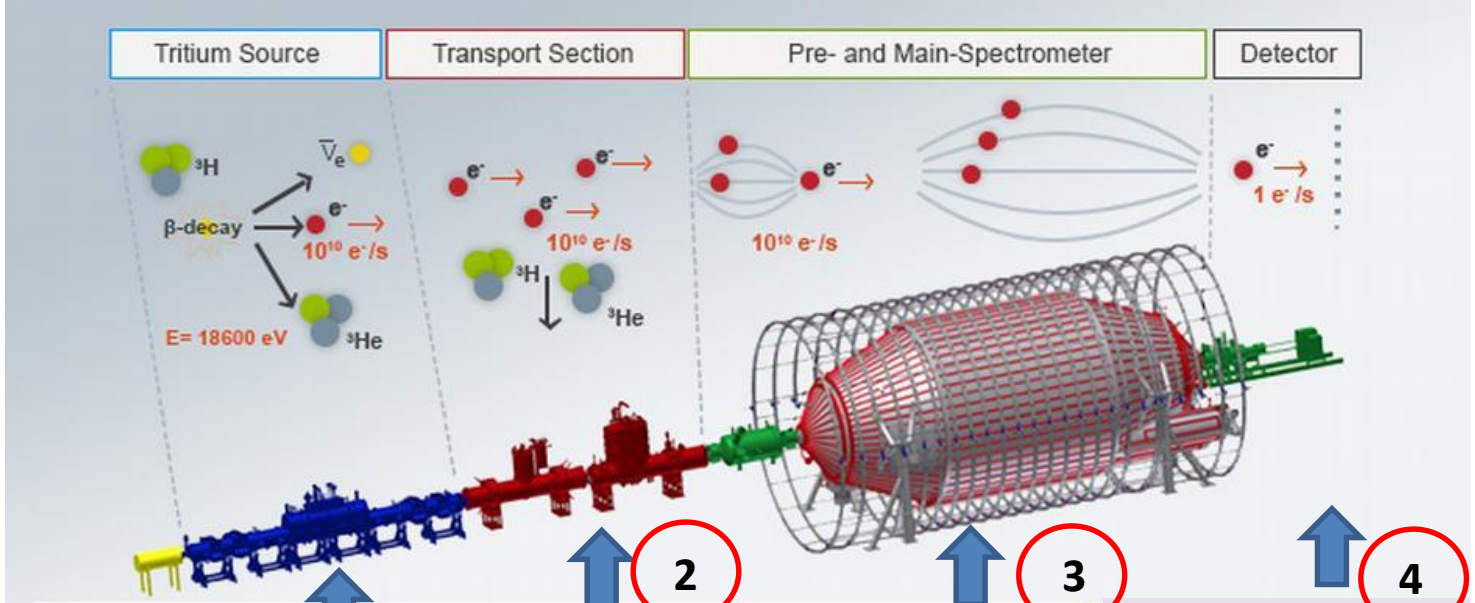


- ทริเทียม(ไฮโดรเจน-3)สลายตัวได้ ฮีเลียม-3 อิเล็กตรอน และอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโน
- พลังงานส่วนใหญ่จากการสลายตัวของทริเทียมรวม **18.6 keV จะอยู่ในรูปพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโน** (ส่วนฮีเลียมได้รับน้อยมาก)
- เมื่อเกิดการสลายตัวอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโนจะหายตัวไปจากสเปกโทรมิเตอร์ทันทีจนเราไม่อาจวัดมวลโดยตรงของมันได้ จึงเหลือแต่อิเล็กตรอนที่เราจะวัดพลังงานแล้วนำไปประเมินมวลของอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโน
- จากการการสลายตัวจำนวนมากหลาย ๆ ครั้ง นักวิทยาศาสตร์สามารถบันทึกเป็นสถิติของการสลายตัว (แกนตั้ง) และพลังงานของอิเล็กตรอน(แกนนอน) ที่เกิดขึ้นแสดงออกมาได้ดังในรูปด้านขวา



- เราจะเห็นว่าจากรูปว่า อิเล็กตรอนที่มีพลังงานต่ำ ๆ นั้นมีโอกาสเกิดสูง แต่อิเล็กตรอนที่มีพลังงานสูงใกล้ค่า 18.6 keV นั้นมีโอกาสเกิดน้อย (ราว 1 ในล้านล้านของการสลายตัว) และจะเป็นบริเวณ ที่เราสนใจเป็นพิเศษเพราะว่าเป็นบริเวณที่อิเล็กตรอนเอาพลังงานไปเกือบหมดจนแทบไม่เหลือให้อิเล็กตรอนแอนตินิวทริโนเลย
- หากอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโนไร้มวลมันก็ไร้พลังงาน ดังนั้นอิเล็กตรอนจะได้พลังงานทั้งหมดไปจนถึง 18.6 keV หรือนั่นคือเส้นสเปกตรัมของอิเล็กตรอนจะไปชนแกนนอนที่ 18.6 keV (ดังแสดงด้วยเส้นสีน้ำเงินในรูป) แต่หากมันมีมวล มันก็จะมีพลังงานอย่างน้อยเท่ากับพลังงานมวลนิ่งของมัน (ตามสูตร $E = mc^2$) ส่งผลให้เส้นสเปกตรัมไปชนแกนนอนที่จุดต่ำกว่า 18.6 keV เช่นที่ 18.599 keV (เส้นสีแดง) ต่ำลงไป 1 eVเป็นต้น แสดงว่าอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโนมีมวล 1 eV (หรืออีกตัวอย่างหนึ่งคือ 0.3 eV (เส้นสีเขียว) บริเวณตรงนี้นี่แหละที่นักวิทยาศาสตร์จะทำการวัดหลาย ๆ ครั้งแล้วไปสร้างสถิติหามวลที่แสนจะน้อยนิดของนิวทริโน
- อุปกรณ์ของ KATRIN จะมีสเปกโทรมิเตอร์ทำหน้าที่กรอง (ด้วยศักย์ไฟฟ้า) อิเล็กตรอนพลังงานต่ำ ๆ ออกไปให้มากที่สุด เหลือเพียงอิเล็กตรอนจากกรณีพิเศษที่พลังงานสูงพอ (ใกล้ 18.6 keV) เท่านั้นที่จะข้ามศักย์ไฟฟ้านี้ไปถึงหน่วยตรวจวัดได้
- นักวิทยาศาสตร์ของ KATRIN จะใช้วิธีทางสถิติให้หน่วยตรวจวัดนับหลาย ๆ ครั้ง (ที่บริเวณใกล้ 18.6 keV) เรียกว่า การรณรงค์เพื่อหาค่ามวลของอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโน **ผลจากการรณรงค์ครั้งแรก (10 เมษายน - 13 พฤษภาคม ค.ศ. 2019) เผยแพร่เมื่อ 13 กันยายน 2019 พบว่า เพดานมวลของอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโนอยู่ที่ 1.1 eV**

1.KATRIN:การทำงานของอุปกรณ์(3/4)



1
- การสลายตัวของทริเทียมจะปลดปล่อยอิเล็กตรอนและอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโน
- อิเล็กตรอนแอนตินิวทริโนหายตัวไปจากสเปกโทรมิเตอร์อย่างรวดเร็วตรวจวัดไม่ได้
- อิเล็กตรอนเริ่มเดินทางไปสู่หน่วยตรวจวัด

2
- อิเล็กตรอนจะเดินทางต่อไปยังสเปกโทรมิเตอร์โดยมีสนามแม่เหล็กนำไป
- ทริเทียมจะถูกสูบออกไปเพื่อไม่ให้เดินทางเข้าไปในในสเปกโทรมิเตอร์

3
- กำแพงศักย์ไฟฟ้าสถิตจะกรองไม่ให้อิเล็กตรอนพลังงานจลน์ต่ำผ่านไปได้
- อิเล็กตรอนที่มีพลังงานจลน์สูงมากพอเท่านั้นจึงจะสามารถผ่านสเปกโทรมิเตอร์ไปยังหน่วยตรวจวัดที่อีกปลายหนึ่งของสเปกโทรมิเตอร์ได้

4
- อิเล็กตรอนมาถึงปลายทางและถูกนับจำนวนด้วยเครื่องตรวจวัด
- จำนวนที่นับได้ต่อวินาทีขึ้นอยู่กับศักย์ไฟฟ้าในสเปกโทรมิเตอร์ที่ยอมให้อิเล็กตรอนผ่านได้
- ผลลัพธ์สุดท้ายจะได้สเปกตรัมพลังงานของอิเล็กตรอน

การผจญภัยของKATRIN

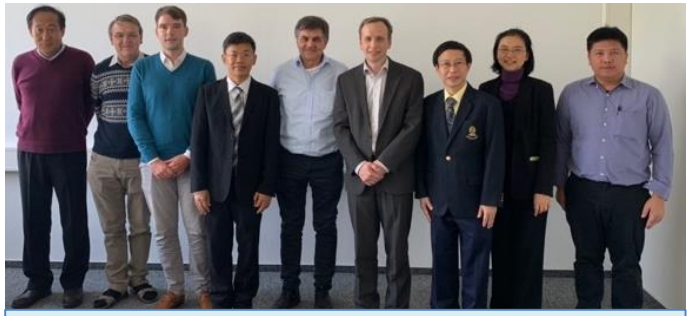
- สเปกโทรมิเตอร์หนัก 200 ตันผลิตที่โรงงานในเมืองเด็กเก็นดอร์ฟ (Deggendorf) ซึ่ง**ห่างจากคาร์ลสรูเพียง 400 กม.**แต่ความใหญ่โตทำให้ขนส่งทางถนนไม่ได้ต้องใช้ทางน้ำ
- เริ่มจากแม่น้ำดานูบไปยังทะเลดำผ่านทะเลเมดิเตอร์เรเนียนออกสู่มหาสมุทรแอทแลนติกเพื่อไปยังท่าเมืองแอนทเวิร์ปจากนั้นจึงทางแม่น้ำไรน์ไปยังเมืองคาร์ลสรู
- **การขนส่งอ้อมระยะทางเกือบ 9000 กม.**ดังกล่าวนี้ทำให้เหลือทางบกช่วงสุดท้ายเพียง7กมจากอู่เรือลีโอโพลด์ชาเฟ(Leopoldshafen) ไปยังสถานีทดลองที่สถาบันเทคโนโลยรคาร์ลสรูใช้เวลาทั้งสิ้น63วัน

https://www.dw.com/en/the-katrin-tritium-neutrino-experiment-a-giant-scale-for-the-tiniest-particles-starts/a-36044018

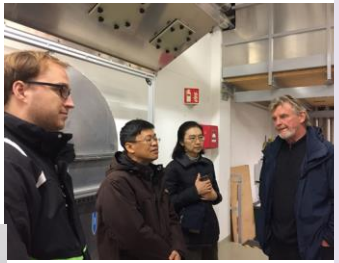
1.KATRIN:ความร่วมมือ(4/4)

ความร่วมมือวิจัย

- จุฬา มทส.และมช.ได้รวมตัวกันเป็นภาคีไทย-แคทริน (Thai-KATRIN Consortium) ที่จะเข้าร่วมทำงานวิจัยกับ KATRIN
- เบื้องต้นคาดว่าเป็นการศึกษาและตรวจวัด สนามแม่เหล็ก (เนื่องจากมีความเชี่ยวชาญมาแล้วจาก JUNO)
  - ✓ ศึกษาการจำลองสนามแม่เหล็ก (magnetic field modeling)
  - ✓ การประเมินค่าสนามแม่เหล็ก (evaluation of B field)
  - ✓ เซนเซอร์วัดสนามแม่เหล็กแบบเคลื่อนที่และแบบอยู่ประจำที่ (mobile/stationary sensors)
  - ✓ การวิเคราะห์ข้อมูล (data analysis)
  - ✓ แผนระยะยาวในการเฝ้าติดตามค่าสนามแม่เหล็ก (long term monitoring)
- ขณะนี้ยังไม่มีประเด็นด้านการเงินในการเป็นสมาชิก
- เข้าร่วมเก็บผลการทดลอง (คิดสัดส่วนตามจำนวนสมาชิก ในแต่ละปีจะทำการทดลอง 3 ครั้ง ๆ ละ 60 วัน)
- เข้าร่วมการประชุมความร่วมมือ (collaboration meeting) ปีละ 2 ครั้ง (ช่วงฤดูใบไม้ผลิ และ ช่วงฤดูใบไม้ร่วง)
- มีการประชุมร่วมกัน2ครั้งแล้วในปีพศ2562เมื่อพฤษภาคมและกันยายนที่KIT

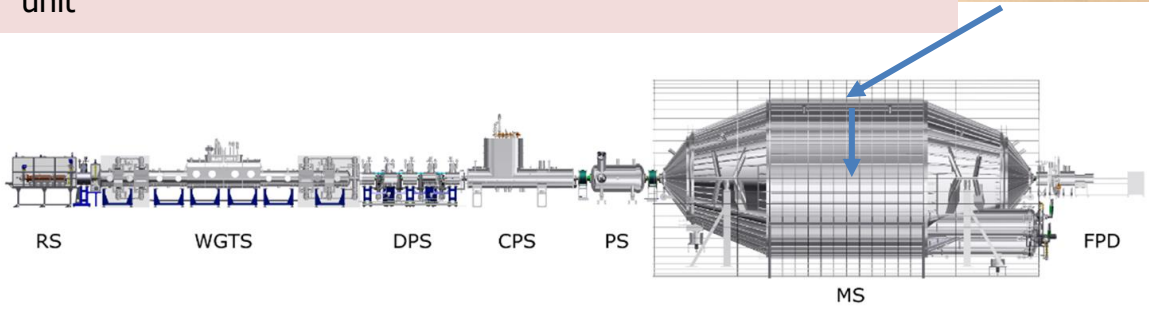


ครั้งที่1:นักวิจัยจากจุฬา (บุรินทร์และนฤมล) และ มทส. (ชิโนรัตน์,ยุเป็ง แยน) เดินทางไป KATRIN เมื่อ 17 พ.ค. 2562 ณ KIT (คนที่สองจากซ้ายคือ Prof. Ference Glück (ผู้ศึกษาการป้องกันสนามแม่เหล็กโลก) คนที่ห้าจากซ้ายคือ Prof. Guido Drexlin (KATRIN spokesperson & project leader) คนที่หกจากซ้ายคือ Prof. Markus Steidl (KATRIN deputy project leader)



ครั้งที่2:บุรินทร์ นฤมลและชิโนรัตน์เข้าร่วมการประชุม 37th KATRIN Collaboration meeting วันที่ 4-8 พ.ย. พ.ศ.2562 ณ KIT และได้รับรองจาก Colla boration Board ให้เข้าร่วมเป็นสมาชิกของ KATRIN ในนาม Thai-KATRIN Consortium

- **<u>ภาคีไทย-แคทรินจะ รับผิดชอบการวัดและคำนวณค่าสนามแม่เหล็กใน Main Spectrometer (MS) โดยเป็นการรับช่วงต่อจาก Prof. Alexander Osipowicz ซึ่งกำลังจะเกษียณอายุ</u>**
- Prof. Alexander Osipowicz ได้สาธิต Mobile sensor unit ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดสนามแม่เหล็กแบบอัตโนมัติที่สามารถเคลื่อนที่ในแนวเส้นรอบวงตามแนวดิ่งของ MS
- คาดว่าจะส่งนักวิจัยและ/หรือนักศึกษาเข้าร่วมศึกษาและเรียนรู้การทดลอง Run III ที่จะเริ่มในมีนาคม พ.ศ. 2563 พร้อมทั้งศึกษาการทำงานของระบบวัดสนามแม่เหล็กแบบอัตโนมัติของ Mobile sensor unit

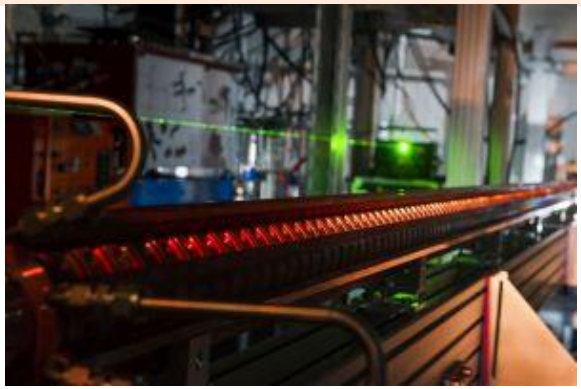


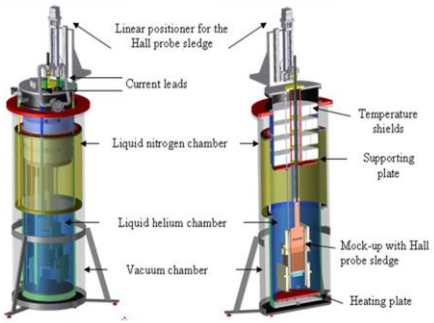
การพัฒนากำลังคน

- KIT มีโปรแกรมการบรรยาย การประชุมเชิงปฏิบัติการ และการฝึกอบรม สำหรับนักศึกษา ป.โท เอก เป็นหลักสูตรระยะสั้น 2-3 สัปดาห์ รับจำนวน 20-30 คนต่อหลักสูตร (ไม่มีทุนให้) โดยทาง KATRIN สามารถแนะนำให้นักศึกษาไทยเข้าร่วมได้ ในแต่ละปีจะมีหัวข้อที่แตกต่างกันไป https://www.kseta.kit.edu/trainingprogram.php
- การฝึกงานวิจัย (internship) ของนักศึกษา ป.โท และ เอก โดยการติดต่อผ่านอาจารย์ที่เป็นผู้ร่วมวิจัยด้วยกัน

2. สถาบันฟิสิกส์และเทคโนโลยีลำอนุภาค(Institute for Beam Physics and Technology : IBPT)สังกัดสถาบันเทคโนโลยีคาร์ลสรู(Karlsruhe Institute of Technology : KIT)(1/2)

- IBPT บริหารระบบลำอนุภาคและเครื่องเร่งอนุภาคเพื่อใช้ในการทดลองทางฟิสิกส์เพื่อให้สถาบันเทคโนโลยีคาร์ลสรูซึ่งเป็นมหาวิทยาลัยเป็นผู้นำด้านเครื่องเร่งอนุภาคและเทคโนโลยีตรวจวัดอนุภาค ระบบที่สำคัญมี 3ระบบคือ KARA, FLUTEและ MCF

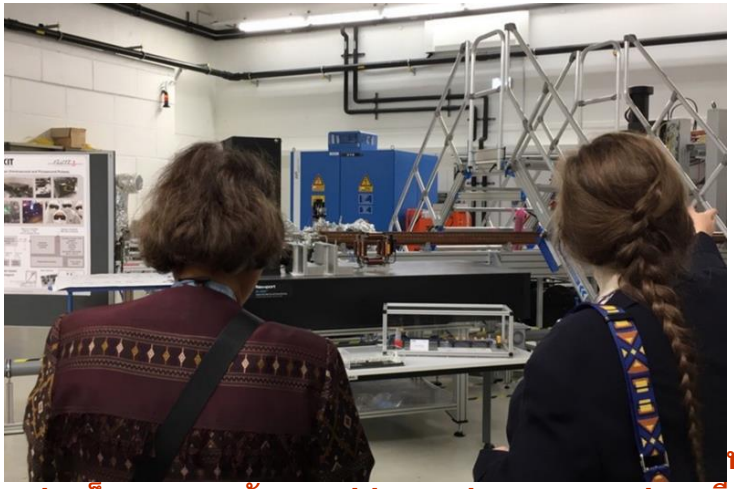




KARA (จาก **KA**rlsruhe **R**esearch **A**ccelerator)เป็นวงแหวนกักเก็บอิเล็กตรอนยาว 110เมตรพลังงาน2.5 GeV ใช้เป็นแพลตฟอร์มสำหรับพัฒนาและทดสอบเทคโนโลยีของลำอนุภาคและเครื่องเร่งอนุภาคใหม่ๆ วิจัยค้นหาแนวคิดใหม่ทางเครื่องเร่งอนุภาคและหน่วยตรวจรับอนุภาคแนวใหม่

FLUTE (จาก **F**ar-infrared **L**inac and(**U**nd) **T**est **E**xperiment)สำหรับทดสอบอุปกรณ์ที่ใช้ในเครื่องเร่งอนุภาคด้านฟิสิกส์ต่างๆตลอดจนให้รังสีที่ในเฟสเดียวกัน(เช่นเลเซอร์เป็นต้น)เป็นห้วงสั้นและเข้มข้นของแสงในย่านที่รวม**terahertzและ far-infrared**

MCF (จาก **M**agnet **C**haracterization **F**acilities) มีอุปกรณ์ทดสอบแม่เหล็กที่เกิดจากตัวนำยิ่งยวดและตัวนำปกติที่อุณหภูมิห้อง อุณหภูมิต่ำกว่าห้องและอุณหภูมิของของฮีเลียม ทดสอบแม่เหล็กถาวร ขดลวดต้นแบบ การพันขดลวด การปรับสนาม แม่เหล็กและอันดูเลเตอร์



สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารีเสด็จเยือน FLUTE เมื่อ 28 มิถุนายน 2562

2. สถาบันฟิสิกส์และเทคโนโลยีลำอนุภาค (Institute for Beam Physics and Technology : IBPT)สังกัดสถาบันเทคโนโลยีคาร์ลสรู (Karlsruhe Institute of Technology : KIT)(2/2)

การพัฒนาความสามารถเทคโนโลยี terahertz เพื่อการใช้ประโยชน์(เนคเทคร่วมกับ KIT)

วัตถุประสงค์

- พัฒนาองค์ความรู้ ความสามารถด้านเทคโนโลยีเทราเฮิรตซ์ (terahertz) เพื่อให้สามารถสร้างต้นแบบที่เป็นตัวส่งและตัวรับสัญญาณคลื่นเทราเฮิรตซ์ และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในย่านคลื่นเทราเฮิรตซ์
- พัฒนาให้เกิดเป็นเครื่องสเปคโตรสโคปีเทราเฮิรตซ์ (terahertz spectroscopy) และระบบสร้างภาพเทราเฮิรตซ์ (terahertz imaging) เพื่อประโยชน์เชิงอุตสาหกรรมในประเทศ

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- ต้นแบบเครื่องตรวจวัด (detector) ในการตรวจวัดสัญญาณเทราเฮิรตซ์
- สร้างเสาอากาศแบบตัวนำเชิงแสง (photoconductive antenna) เพื่อพัฒนาเครื่องสเปคโตรสโคปีเทราเฮิรตซ์ และระบบสร้างภาพเทราเฮิรตซ์

งบประมาณ: ระยะ 1 (1-2 เดือน) งบประมาณไม่เกิน 500,000 บาท

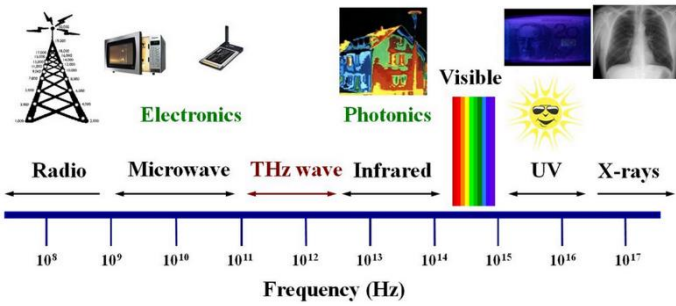
นักวิจัย:ดร. เกียรติวุฒิ ประเสริฐสุข ดร.ชยุตม์ ถานะภิรมย์ ดร. รุ่งโรจน์ จินดเมธาสวัสดิ์

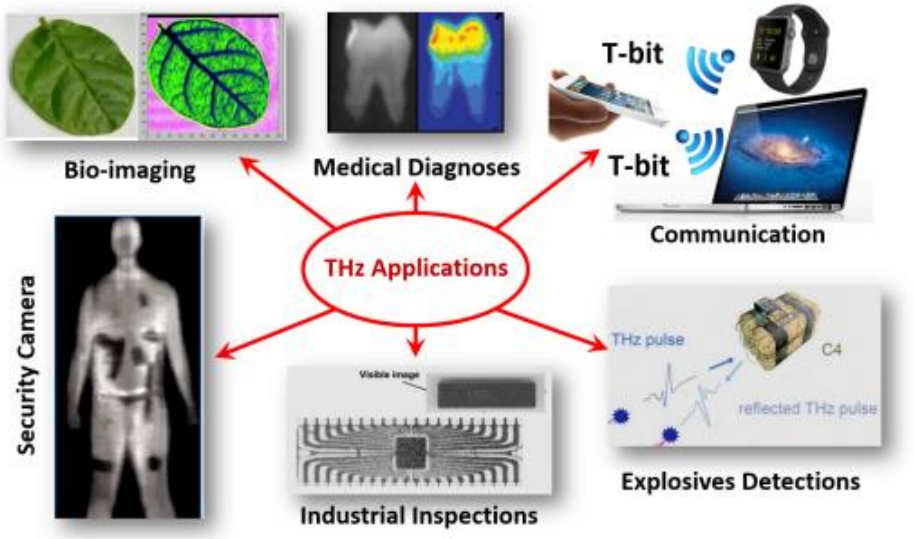
แผนงานวิจัยระยะ 1:

เดือนที่ 1: ทีมวิจัย NECTEC นำต้นแบบที่กำลังพัฒนา ไปทดสอบกับแหล่งผลิตคลื่นเทราเฮิรตซ์ที่ KIT วิเคราะห์ประสิทธิภาพของต้นแบบเครื่องตรวจวัด และเสาอากาศแบบตัวนำเชิงแสง

เดือนที่ 2: พัฒนาข้อเสนอโครงการร่วมกับ KIT สำหรับ**ความร่วมมือในเฟสที่ 2** เพื่อพัฒนาต่อยอดให้เป็นเครื่องสเปคโตรสโคปีเทราเฮิรตซ์และระบบสร้างภาพเทราเฮิรตซ์ เพื่อการอุตสาหกรรม

Dr. rer. nat. Dipl.-Phys. Erik Bründermann





หมายเหตุ: คลื่นเทราเฮิรตซ์ (terahertz)เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ครอบ คลุมย่านความถี่ตั้งแต่ 0.3-10 เทราเฮิรตซ์ (1 เทราเฮิรตซ์เท่ากับ 10^{12}เฮิรตซ์) มีสมบัติเช่นเดียวกับคลื่นวิทยุที่สามารถทะลุผ่านวัสดุต่าง ๆ หลาก หลายชนิด รังสีเทราเฮิรตซ์มีสมบัติเดียวกับรังสีเอกซ์ แต่แตกต่างจากรังสีเอกซ์ คือ เทราเฮิรตซ์ ไม่ทำอันตรายต่อสิ่งของที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่าน มีการดูดกลืนปานกลาง ส่วนรังสีเอกซ์มีอำนาจการทะลุผ่านที่สูงกว่า แรงกว่า

การประชุมคณะกรรมการมูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราช
สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี วันที่ ๑๓ มีนาค

3.สรุป

1. การทดลอง KATRIN (KArlsruhe TRItium Neutrino experiment) ตั้งอยู่ที่สถาบันเทคโนโลยีคาร์ลสรู (Karlsruhe Institute of Technology) เมืองคาร์ลสรู เยอรมนี เริ่มเก็บผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์เมื่อเดือนเมษายน พ.ศ.2562
2. วัตถุประสงค์หลัก เพื่อหาค่ามวลของอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโน ที่ได้จากการสลายแบบบีตาของทริเทียม (ไอโซโทปหนึ่งของไฮโดรเจน)
3. นิวทริโนเป็นอนุภาคที่มีอยู่มากเป็นอันดับสองในเอกภพรองจากโฟตอน ไม่มีประจุไฟฟ้า มีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด โดยสามารถเปลี่ยนกลับไปกลับมาจากชนิดหนึ่งไปเป็นอีกสองชนิดได้ขึ้นอยู่กับพลังงานและระยะทางที่มันเคลื่อนที่ (เป็นพฤติกรรมที่ไม่ปรากฏในอนุภาคชนิดอื่น) จากพฤติกรรมนี้ทำให้ทราบว่านิวทริโนมีมวลที่น้อยมาก(น้อยกว่ามวลอิเล็กตรอนราว 5 แสนเท่า) แต่ยังไม่ทราบว่ามีค่าเท่าไรแน่
4. การทราบมวลของนิวทริโนจะทำให้เราเข้าใจว่า เหตุใดนิวทริโนจึงมีมวลที่น้อยนิดและมีที่มาอย่างไร นอกจากนี้ ยังอาจช่วยไขปริศนาเกี่ยวกับสสารมืดและพลังงานมืดที่เป็นองค์ประกอบหลักของเอกภพด้วยก็ได้
5. นักวิจัยจากจุฬาฯ มทส. และ มช. มีความสนใจที่จะเข้าร่วมการทดลอง KATRIN โดยในเบื้องต้นจะร่วมศึกษาเกี่ยวกับการประเมินค่าสนามแม่เหล็กในสเปกโทรมิเตอร์และการป้องกันการรบกวนจากสนามแม่เหล็กโลก (ทั้งสามสถาบันมีประสบการณ์จากการทดลองอื่น เช่น JUNO และ PITZ เป็นต้น)
6. นักศึกษาระดับ ป.โท และเอก สามารถเข้าร่วมรับฟังการบรรยาย การประชุมเชิงปฏิบัติการ และการฝึกงานวิจัยที่ KIT ได้ ซึ่งมีลักษณะเป็นหลักสูตรระยะสั้น 2-3 สัปดาห์
7. สถาบันฟิสิกส์และเทคโนโลยีลำอนุภาค(Institute for Beam Physics and Technology : IBPT)เป็นอีกหน่วยงานหนึ่งในสังกัดสถาบันเทคโนโลยีคาร์ลสรู
8. IBPT บริหารระบบลำอนุภาคและเครื่องเร่งอนุภาคเพื่อใช้ในการทดลองทางฟิสิกส์เพื่อให้สถาบันเทคโนโลยีคาร์ลสรูเป็นผู้นำด้านเครื่องเร่งอนุภาคและเทคโนโลยีตรวจวัดอนุภาค ระบบที่สำคัญมี 3ระบบ คือ KARA, FLUTE และ MCF
9. คณะนักวิจัยของ เนคเทค/สวทช. จะร่วมมือวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีในย่านคลื่นเทราเฮิรตซ์กับ IBPT/ KIT

จบ

การประชุมคณะกรรมการมูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศ ตามพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี

ระเบียบวาระที่ 3 เรื่องสืบเนื่องเพื่อพิจารณา : ผลการดำเนินงานปี 2562 และแผนดำเนินงานปี 2563
โครงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีตามพระราชดำริฯ

3.1 โครงการพัฒนานาฟิกาอะตอมเชิงแสงด้วยไอออนเย็นของธาตุอิธเธอเบียม

3.2 โครงการความร่วมมือไทย – KATRIN ตามพระราชดำริฯ

3.3 โครงการความร่วมมือไทย – GSI/FAIR ตามพระราชดำริฯ

3.4 โครงการไทย-เดซีเพื่อพัฒนากำลังคนและการวิจัยพัฒนา

3.5 โครงการความสัมพันธ์ไทย-เซิร์น ตามพระราชดำริฯ

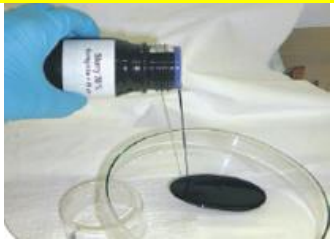
3.6 โครงการความร่วมมือกับสภาวิทยาศาสตร์แห่งชาติจีน (Chinese Academy of Sciences: CAS) เพื่อพัฒนากำลังคนและการวิจัยพัฒนา

Backup Slides

3. Bioliq: The Pilot Plant ที่ Karlsruhe Institute of Technology (KIT)

- KIT พัฒนากระบวนการผลิตที่ใช้เทคโนโลยี thermochemical process จากชีวมวล (biomass)
- Bioliq pilot plant เริ่มสร้างในปี 2005 และพร้อมสำหรับการผลิตในเชิงพาณิชย์ในปี 2015 BTL (biomass to liquid) fuels ผลิตจากของเหลือทิ้งทางการเกษตรที่หลากหลาย เช่น ฟางข้าว

https://www.bioliq.de/english/166.php

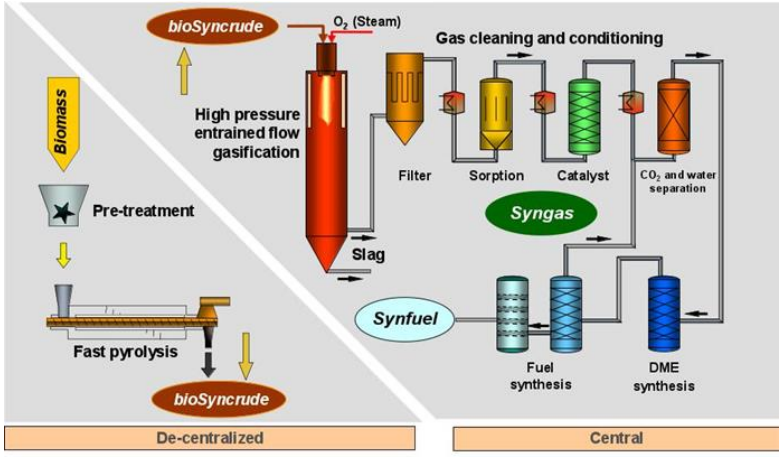


เชื้อเพลิงสังเคราะห์ (Synthetic fuel) มีความบริสุทธิ์สูง สามารถใช้กับเครื่องยนต์ได้หลากหลาย

สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีเสด็จเยี่อน BIOLIQเมื่อ 28 มิถุนายน 2562

กิจกรรมBTLในประเทศไทย

1. ศูนย์เชื้อเพลิงและพลังงานจากชีวมวล คณะวิทยาศาสตร์ ศูนย์สระบุรี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. ศูนย์ความเลิศทางชีวมวล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
3. มูลนิธิพัฒนาเทคโนโลยีพลังงานทดแทนแห่งเอเชียแปซิฟิก
4. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



การผลิต BTL หรือ Biomass-to-Liquid มีขั้นตอนดังนี้

1. นำชีวมวลมาผ่านกระบวนการไพโรไลซิส (Pyrolysis ซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยาทางความร้อนแบบอับหรือไร้อากาศ) เพื่อเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของของเหลวที่มีค่าความหนาแน่นพลังงานสูง ซึ่งเรียกว่าไบโอซินครูด (BioSynCrude)
2. นำไบโอซินครูดไปผ่านกระบวนการแปรสภาพแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification ซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยาทางความร้อนแบบควบคุมปริมาณอากาศ) ให้เป็นแก๊สสังเคราะห์ (Syn-Gas หรือ synthesis gas) ที่ปราศจากทาร์ที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส
3. ทำให้แก๊สสังเคราะห์ที่ได้รับมีความบริสุทธิ์ปราศจากสิ่งเจือปน ได้แก่ สารประกอบคลอไรด์ ไนโตรเจน และซัลเฟอร์ เป็นต้น
4. เปลี่ยนแก๊สสังเคราะห์ให้เป็นพลังงานเชื้อเพลิงคุณภาพสูงโดยผ่านกระบวนการทางเคมี

แนวทางการดำเนินงาน(รอข้อมูลที่ชัดเจนอีกครั้ง)

- การไฟฟ้าฝ่ายผลิต มีความสนใจที่จะไปเยี่ยมชม และหารือกับ Bioliq เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีในการเปลี่ยนขยะให้เป็นน้ำมัน

KATRIN's odyssey

03/01/07 By Alison Drain

In late 2006, a component of the Karlsruhe Tritium Neutrino Experiment (KATRIN) traveled from Deggendorf, Germany, to a laboratory in Karlsruhe, only 400 kilometers away. The trip wouldn't have been a notable event, except that the spectrometer, an instrument used to measure the masses of particles, followed a near-9000-kilometer route to get from one town to the other. To say it was difficult to move the spectrometer would be an understatement. Measuring almost 10 meters at its widest point and weighing 200 tons, the device was too large and too heavy to be transported along the roads between the two towns. Because the design of the detector called for a half-mile of specialized vacuum-tight welding between sheets of stainless steel, it had to be shipped from the Deggendorf site in one piece.

Starting in 2010, the KATRIN experiment will take on the challenge of directly determining the mass of the neutrino, an elusive particle without electric charge. Because neutrinos cannot be detected directly, KATRIN will look for how much mass is missing when tritium decays, a process known to emit neutrinos. To do this, the experiment will rely on the capabilities of the specially-designed large spectrometer.

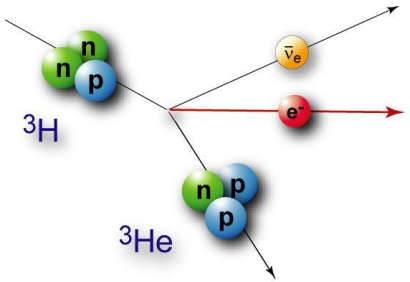
As it traversed the course of its European odyssey, a team of a dozen scientists fretted over the spectrometer's every move. They watched, guided, worried, and then celebrated when, having navigated a carefully choreographed route across water and land, the instrument finally arrived in Karlsruhe after 63 days of travel.

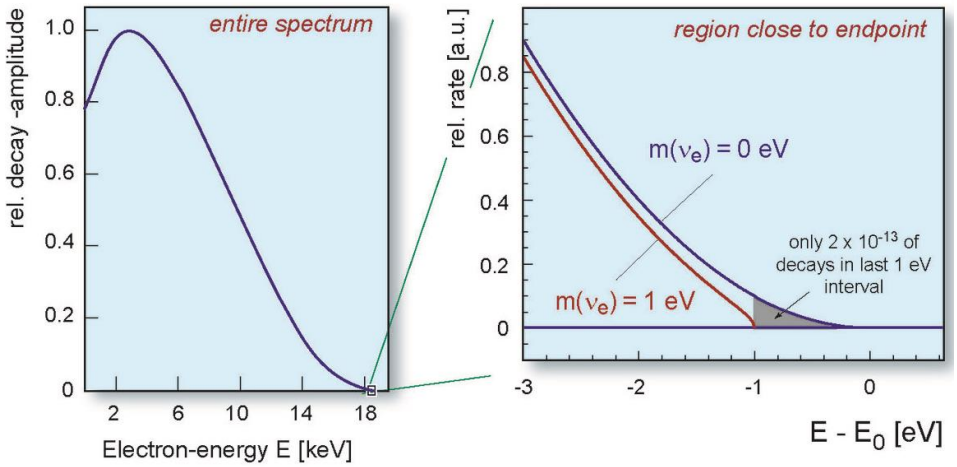
https://www.symmetrymagazine.org/article/march-2007/deconstruction-katrin

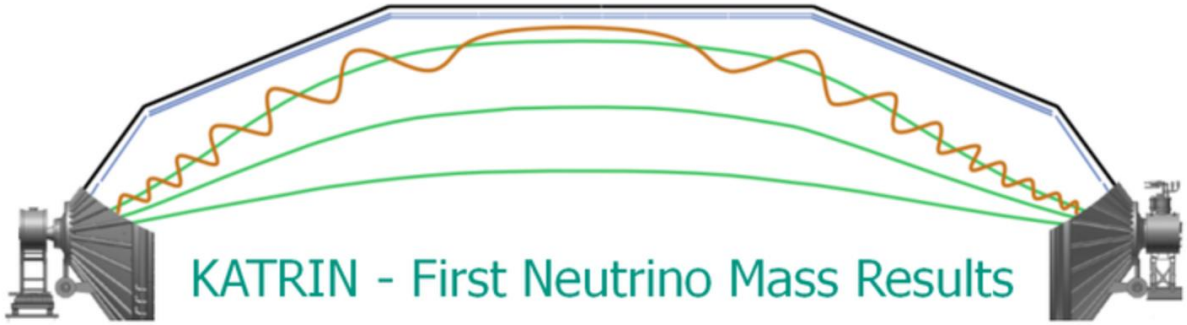
- สเปกโทรมิเตอร์หนัก 200 ตันผลิตที่โรงงานในเมืองเด็กเก็นดอร์ฟ (Deggendorf) ซึ่งห่างจากคาร์ลสรูเพียง 400 กม.แต่ความใหญ่โตทำให้ขนส่งทางถนนไม่ได้ต้องใช้ทางน้ำ
- เริ่มจากแม่น้ำดานูบไปยังทะเลดำผ่านทะเลเมดิเตอร์เรเนียนออกสู่มหาสมุทรแอทแลนติกเพื่อไปยังท่าเมืองแอนทเวิร์ปจากนั้นจึงทางแม่น้ำไรน์ไปยังเมืองคาร์ลสรู
- การขนส่งอ้อมระยะทางเกือบ9000กม.ดังกล่าวนี้ทำให้เหลือทางบกช่วงสุดท้ายเพียง7กมจากอู่เรือลีโอโพลด์ชาเฟ(Leopoldshafen) ไปยังสถานีทดลองที่สถาบันเทคโนโลยรคาร์ลสรูใช้เวลาทั้งสิ้น 63 วัน

แนวคิด

- ทริเทียมสลายตัวได้ฮีเลียม อิเล็กตรอนและปฏิอิเล็กตรอนนิวตริโน
- พลังงานส่วนใหญ่จากการสลายตัวของทริเทียมจะแบ่งกันระหว่างอิเล็กตรอนกับนิวทริโน (ส่วนฮีเลียมได้รับน้อยมาก)
- พลังงานการสลาย (คำนวณได้) = มวล e (ทราบแล้ว) + มวล ν (ต้องการวัด) + พลังงานจลน์ e (วัดได้) + พลังงานจลน์ ν (หากเรารู้ค่าพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนตัวที่มีค่ามากที่สุด นั่นคือพลังงานจลน์ของนิวทริโนเกือบเป็นศูนย์ ก็จะทำให้วัดค่ามวลของนิวทริโนได้)
- ใช้สนามไฟฟ้าในการคัดเลือกเฉพาะอิเล็กตรอนที่มีพลังงานจลน์สูงสุด และชดเชยพลังงานของอิเล็กตรอน
- ใช้สนามแม่เหล็กในการลำเลียงอิเล็กตรอนเหล่านั้นให้เคลื่อนไปถึงหัววัดได้โดยไม่สูญเสียพลังงาน







KATRIN - First Neutrino Mass Results

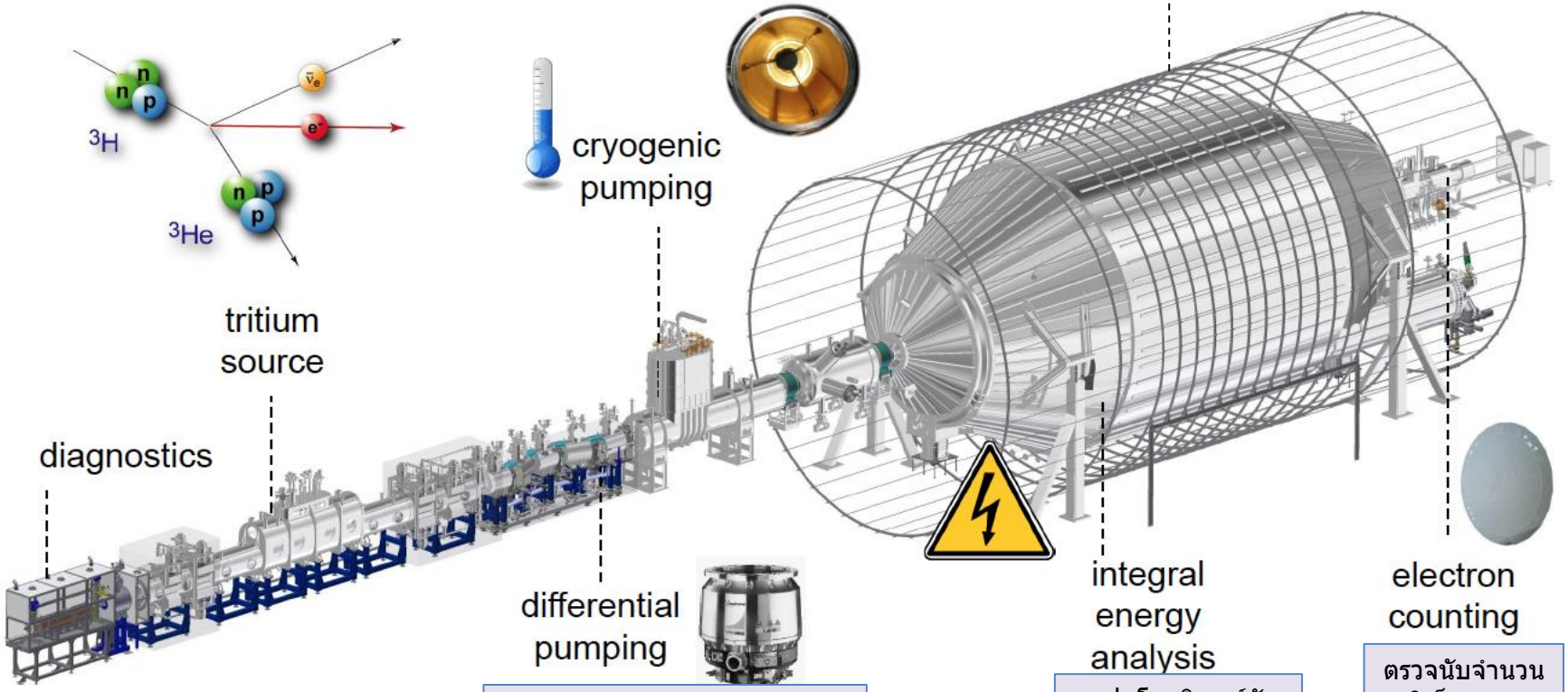
We are pleased to inform you about the results of our first neutrino mass measurement. The KATRIN experiment and its collaborators provide high quality data of beta decay electrons from molecular tritium. The first neutrino mass measurement campaign, which took place this year in spring, made a significant scientific contribution by setting a new upper limit for the absolute mass scale of neutrinos.

We derive a upper limit of **1.1 eV (90% confidence level)** on the absolute neutrino mass scale from our first 28 data days. In the coming years we will collect more data on the decay of molecular tritium and further reduce this limit.

ผลิตอิเล็กตรอนในอัตรา 10^{11} ตัว/วินาที

ดูดซับ tritium บางส่วนที่หลงเหลือจากกระบวนการ differential pumping

ระบบขดลวดป้องกันสนามแม่เหล็กโลก



ป้องกันไม่ให้ tritium หลุดรอดเข้าไปในสเปกโทรมิเตอร์

สเปกโตรมิเตอร์คัดเลือกอิเล็กตรอนพลังงานสูง

ตรวจนับจำนวนอิเล็กตรอน