วาระที่ 3.1
โครงการความร่วมมือไทย – KATRIN และ KIT

ตามพระราชดำริสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี
(ประจำปี 2565)

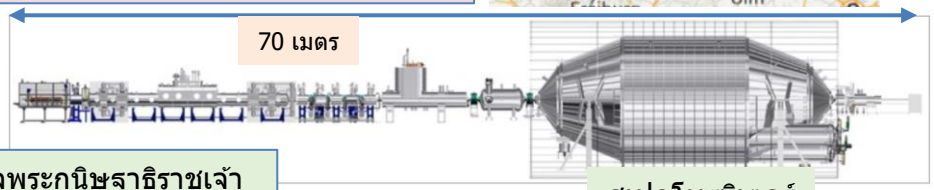
รายงานเมื่อ
13 มีนาคม 2566

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

ระราชดำริ
มีนาคม 2566

1. KATRIN (KArlsruhe TRItium Neutrino experiment)(1/2)

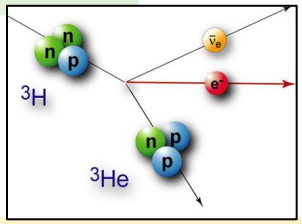
- เพื่อวัด**มวลของอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโน** (electron antineutrino) ที่ปลดปล่อยออกมาจากการสลายตัวแบบบีตาของทริเทียมด้วยความแม่นยำที่ระดับต่ำกว่าอิเล็กตรอนโวลต์ (sub-eV)
- ตั้งอยู่ที่สถาบันเทคโนโลยีคาร์ลสรู (Karlsruhe Institute of Technology) เมืองคาร์ลสรู เยอรมนี
- มีนักวิทยาศาสตร์ วิศวกร ช่างและนักศึกษามากกว่า 150 คนจาก 22 สถาบัน**ใน 7 ประเทศ ได้แก่ เยอรมนี รัสเซีย สาธารณรัฐเช็ก สเปน อิตาลี ไทย และ สหรัฐอเมริกา**
- อุปกรณ์สำคัญ**คือ สเปกโทรมิเตอร์ หนัก 200 ตัน** ติดตั้งและผ่านทดสอบจนสมบูรณ์เมื่อค.ศ. 2015
- การทดลองเริ่มเมื่อปลายปีค.ศ. 2016 และเปิดตัวเป็นทางการราวกลางปีค.ศ. 2018 ด้วยการสลายตัวของทริเทียมเป็นครั้งแรกและมี**การวัดผลทางวิทยาศาสตร์ครั้งแรกเมื่อเมษายน 2019 และมีแผนที่จะทดลองต่อไปอีก 5 ปี ปัจจุบันในปีค.ศ. 2022 ได้ทำการเก็บข้อมูลแล้ว 7 ครั้ง (KNM1-7)**



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

การสลายตัวแบบบีตาของทริเทียม

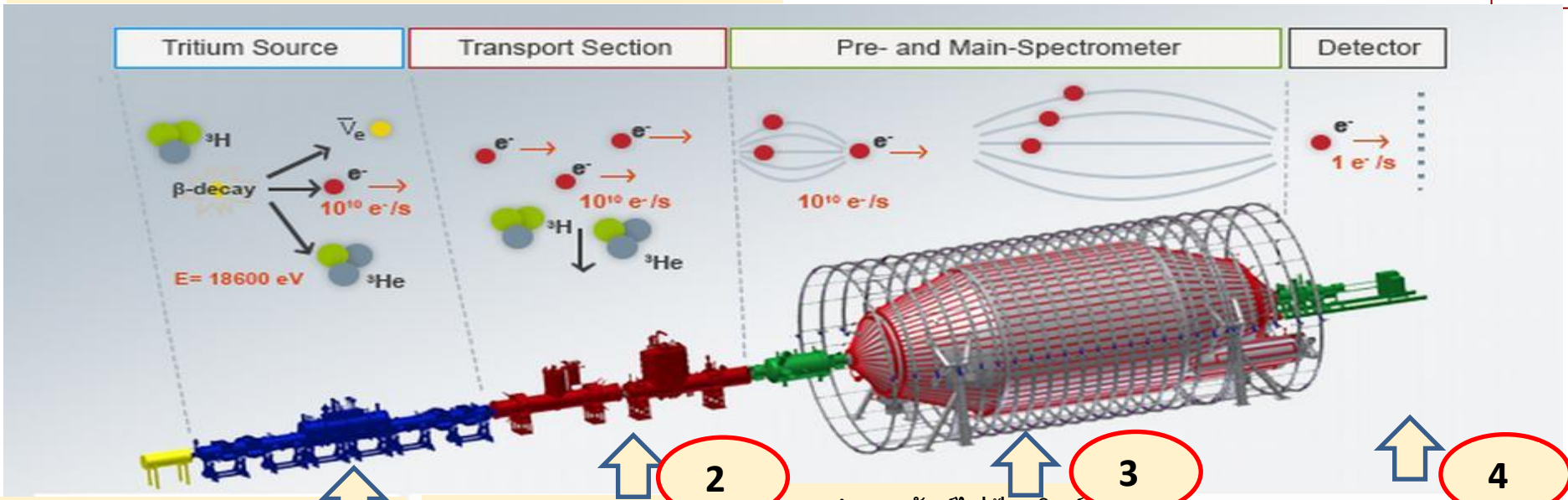
$$^{3}\mathrm{H} \rightarrow {}^{3}\mathrm{He} + e^{-} + \bar{\nu}_e$$



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
- **การเผยแพร่ล่าสุดเมื่อ 14 กุมภาพันธ์ 2022 รายงานว่าเพดานมวลของอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโนอยู่ที่ 0.8 eV/c^2 (90% CL)**

1.KATRIN(2/2):การทำงานของอุปกรณ์



1

- การสลายตัวของทริเทียมจ
ปลดปล่อยอิเล็กตรอนแ
ตรอนแอนตินิวทริโน
- อิเล็กตรอนแอนตินิวทริโนหายตัวไปอย่างรวดเร็วตรวจวัดไม่ได้
- อิเล็กตรอนเริ่มเดินทางไปสู่หน่วยตรวจวัด

2

- อิเล็กตรอนจะเดิน ทางต่อไปยังสเปกโทรมิเตอร์ โดยมีสนามแม่เหล็กนำไป
- ทริเทียมจะถูกสูบออกไปเพื่อไม่ให้เดินทางเข้าไปในในสเปกโทรมิเตอร์

3

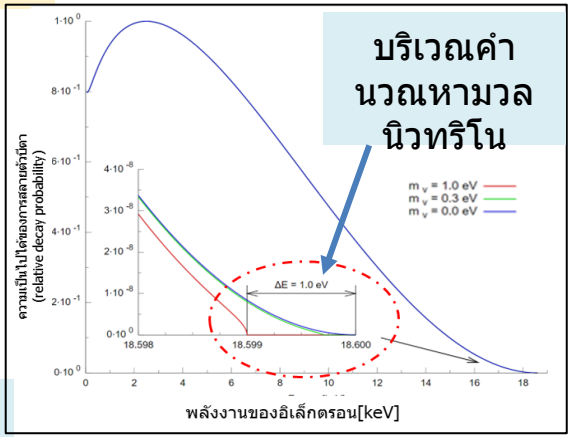
- กำแพงศักย์ไฟฟ้าสถิตย์จะกรองไม่ให้อิเล็กตรอนพลังงานจลน์ต่ำผ่านไปได้
- อิเล็กตรอนที่มีพลัง งานจลน์สูงมากพอเท่านั้นจึงสามารถผ่านสเปกโทรมิเตอร์ไปยังหน่วยตรวจวัดที่อีกปลายหนึ่งของสเปกโทรมิเตอร์ได้

4

- อิเล็กตรอนมาถึงปลายทางและถูกนับจำนวนด้วยเครื่องตรวจวัด
- จำนวนที่นับได้ต่อวินาทีขึ้นอยู่กับศักย์ไฟฟ้าในสเปกโทรมิเตอร์ ที่ยอมให้อิเล็กตรอนผ่านได้
- ผลลัพธ์สุดท้ายจะได้สเปกตรัมพลังงานของอิเล็กตรอน

ภายนอกของmain spectrometerเส้นผ่าศูนย์กลาง10เมตรขณะขนส่ง

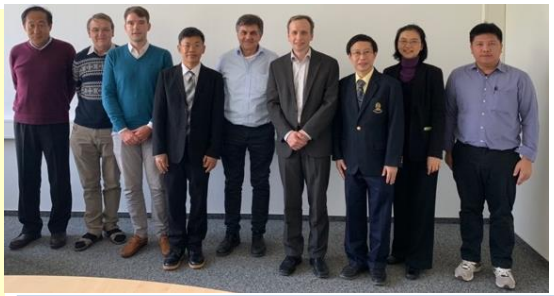
ภายใน main spectrometerเทียบกับขนาดของคน



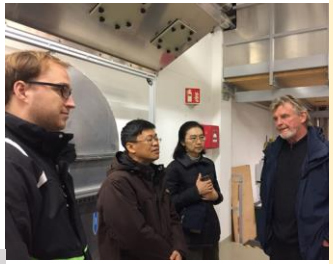
2.กิจกรรมปี2562(ก่อนcovid-19)

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)
- ประชุมร่วมกัน**2ครั้งแล้วในปีพ.ศ. 2562** เมื่อพฤษภาคมและกันยายนที่ KIT

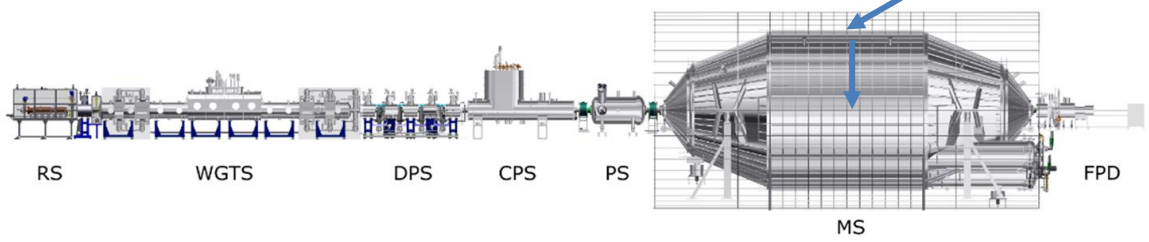


ครั้งที่1:นักวิจัยจากจุฬา(บุรินทร์และนฤมล) และ มทส.(ชิโนรัตน์,ยูเป็ง แยน) เดินทางไป KATRIN **เมื่อ 17 พ.ค. 2562** ณ KIT(คนที่สองจากซ้ายคือ Prof. Ferenc Glück (ผู้ศึกษาการป้องกันสนามแม่เหล็กโลก) คนที่ห้าจากซ้ายคือ Prof. Guido Drexlin (KATRIN spokesperson & project leader) คนที่หกจากซ้ายคือ Prof. Markus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



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

- **ภาคีไทย-แคทรินจะ รับผิดชอบการวัดและคำนวณค่าสนามแม่เหล็กใน Main Spectrometer (MS) โดยเป็นการรับช่วงต่อจาก Prof. Alexander Osipowicz ซึ่งกำลังจะเกษียณอายุ**
- Prof. Alexander Osipowicz ได้สาธิต Mobile sensor unit ซึ่งเป็นอุปกรณ์วัดสนามแม่เหล็กแบบอัตโนมัติที่สามารถเคลื่อนที่ในแนวเส้นรอบ วงตามแนวดิ่งของ MS
- **ในปี2563**นายวีระวัฒน์ ก่อแก้ว นิสิต ป.ตรี ฟิสิกส์ จุฬาเริ่มศึกษาการคำนวณสนามแม่เหล็กจากขดลวดไฟฟ้าเพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการจำลองสนาม แม่เหล็กในการทดลอง KATRIN(ปัจจุบันนายวีระวัฒน์ได้เปลี่ยนไปทำงานด้านควอนตัมแทน)



การพัฒนากำลังคน

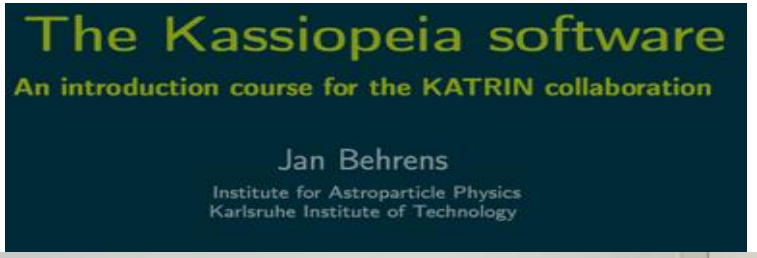
- KIT(Karlsruhe Institute of Technology) มีโปรแกรมการบรรยาย การประชุมเชิงปฏิบัติการ และการฝึกอบรม สำหรับนักศึกษา ป.โท เอก เป็นหลักสูตรระยะสั้น 2-3 สัปดาห์ รับจำนวน 20-30 คนต่อหลักสูตร (ไม่มีทุนให้) โดยทาง KATRIN สามารถแนะนำให้นักศึกษาไทยเข้าร่วมได้ ในแต่ละปีจะมีหัวข้อที่แตกต่างกันไป https://www.kseta.kit.edu/trainingprogram.php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

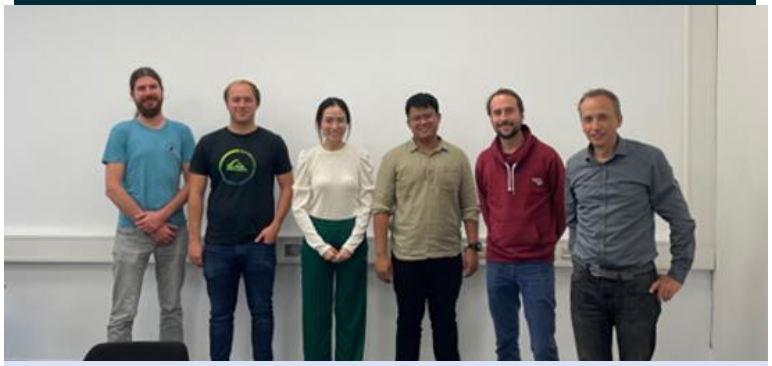
3.กิจกรรมปีพ.ศ. 2565:เริ่มต้นใหม่(หลังCOVID-19)(1/3)

- **2 มี.ค. 65** ดร.บุรินทร์ได้รับอีเมล์จาก Dr. Markus Steidl เพื่อสานต่อความร่วมมือระหว่าง KATRIN กับ Thai-KATRIN Consortiumโดยเสนอ Work packages 5 ชิ้นที่สามารถเข้าไปมีส่วนร่วมได้ ซึ่งต่อมาเราได้เลือกหมายเลข 1 (สีเหลือง)
- **18 พ.ค.-13 ก.ค.65**นักวิจัยจากจุฬาและมทส.เข้าร่วม software workshop ออนไลน์ผ่าน Zoom เพื่อเรียนรู้การใช้โปรแกรม KASSIOPEIA ซึ่งใช้จำลอง Work packages ที่ KATRIN เสนอมา
- Workshop นี้ สอนโดย Dr. Jan Behrens 4 ครั้ง
  - ✓ ครั้งที่ 1: 18 พ.ค. 65,ครั้งที่ 2: 8 มิ.ย. 65,ครั้งที่ 3: 29 มิ.ย. 65 และครั้งที่ 4: 13 ก.ค. 65
  - ❑ ผู้เข้าร่วมจากจุฬา : รศ.ดร.อรรถกฤต ฉัตรภูติ, รศ.ดร.อุดมศิลป์ ปิ่นสุข, ผศ.ดร.นฤมล สุวรรณจันทน์ดี, นายจักรภัทร สียางนอก
  - ❑ ผู้เข้าร่วมจากมทส. : ดร.วรินทร ศรีทะวงศ์, ดร.ขรรค์ชัย โกศลทองกี่, ดร.จุลนันทน์ ทรงวัฒนา
- **5-16 ก.ย. 65**ดร.ชญานิษฐ์ อัศวตั้งตระกูลดี และนายจักรภัทร สียางนอก เดินทางไป KATRIN ซึ่งนายจักรภัทรอยู่ศึกษางานวิจัยถึง **29 ก.ย. 65** วัตถุประสงค์เพื่อเรียนรู้การใช้โปรแกรม KASSIOPEIA
- โปรแกรมนี้ใช้จำลองเครื่องตรวจวัดพลังงานและนับจำนวนอิเล็กตรอนของการทดลองแคทรินเพื่อใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลจริงที่วัดได้
- ข้อมูลที่ได้จากการเปรียบเทียบนำมา(i)พัฒนาระบบการเก็บข้อมูลและ(ii)การตั้งค่าสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กภายในเครื่อง Main Spectrometer

Potential Working Packages (to be verified!)

1. Investigations on magnetic field configurations for sterile keV neutrino search with KASSIOPEIA (Work package convenor Martin Descher) – requires >4 week training on site; integration into sterile neutrino analysis in long term perspective (>2024)
2. Long term KATRIN magnetic field monitoring with mobile and stationary sensors (Work package convenor Fabian Block) – requires >4 week training on site; integration into systematics analysis on a mid-term perspective (>2023)
3. Characterization of plastic scintillators for keV particle detection (Work package convenor Anton Huber) – hardware setup for aTEF detectors. requires 4 week training on site;
4. MOLFLOW simulations for KATRIN being operated with non-hermetically sealed detectors, requires >4 week training on site; (Work package convenor Joachim Wolf)
5. Thermal simulations/calculations for cooling of TRISTAN detectors (simulation package freely chooseable) (Work package convenor Michael Schrank or Woosik Gil) ; requires >4 week training on site;





จากซ้ายไปขวา: Dr. Jan Behrens, Dr. Fabian Block, ดร.ชญานิษฐ์, นายจักรภัทร, Martin Descher และ Dr. Markus Steidl

- นักวิจัยของทางแคทรินได้แก่ Dr. Markus Steidl, Dr. Jan Behrens, Dr. Fabian Block และ Martin Descher เป็นผู้ช่วยแนะนำและสอนการใช้โปรแกรม KASSIOPEIA รวมถึงพาเยี่ยมชมทำความเข้าใจหลักการทำงานของ(i)การทดลองแคทรินและ(ii) ห้องควบคุมหลัก
- ค่าใช้จ่ายได้รับการสนับสนุนจากโครงการยกระดับจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยสู่ความเป็นเลิศระดับโลกด้านฟิสิกส์รากฐานของเอกภพ (CUniverse) ซึ่งจะสิ้นสุดเมื่อ 30 กันยายน 65
- สถานะงบวิจัยของโครงการความร่วมมือกับKATRIN ยังรอผลตอบรับจากโครงการที่ยื่นกับทางบพค.ของงบประมาณปี 66

3.กิจกรรม ปีพ.ศ. 2565(2/3):**TRISTAN** เพื่อการค้นหาอนุภาค Sterile Neutrinos

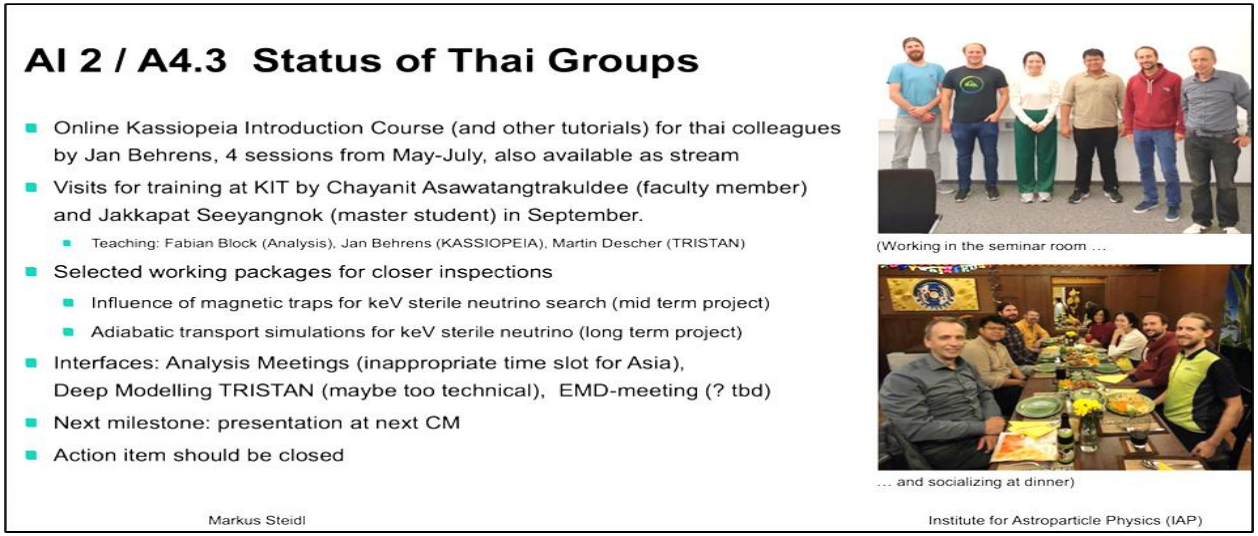
- ดร.ชญานิษฐ์ และนายจักรภัทร ยังได้เข้าร่วมประชุมรายละเอียดกับนักวิจัยของKATRIN(Dr. Markus Steidl, Martin Descher, Dr. Fabian Block และ Dr. Jan Behrens) ในหัวข้อวิจัยที่จุฬาจะเข้าไปร่วม คือ**"การศึกษาหาค่าสนามแม่เหล็กที่เหมาะสมเพื่อการค้นหา sterile neutrino ด้วยโปรแกรม KASSIOPEIA** (Investigations on magnetic field configurations for sterile keV neutrino search with KASSIOPEIA)ร่วมกับ Dr. Ferenc GlückและMartin Descher"
- งานวิจัยดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของโครงการค้นหาสเตอร์ไรล์นิวทริโนที่เรียกว่า **TR**itium **I**nvestigation on **ST**erile to **A**ctive **N**eutrino Mixing **: TRISTAN**ซึ่งมีแผนจะเริ่มในปีค.ศ. 2024
- ในวันพฤหัสบดีของทุกสัปดาห์ เวลา 11:00 น. ตามเวลายุโรป (หรือ 4 โมงเย็นเวลาของไทย) ดร.ชญานิษฐ์ และนายจักรภัทรจะเข้าร่วมประชุมออนไลน์ผ่านทาง Zoom กับทีมวิจัยของKATRIN เพื่อติดตามและรายงานความคืบหน้าจากผลของการศึกษาเกี่ยวกับค่าสนามแม่เหล็กดังกล่าว

Generators Setting

```
<ksgen_generator_composite name="mc_ps2_generator" string_id="e-"
    <energy_composite>
        <!--energy_uniform value_min="{[start_energy:18600.]-5}"
        <energy_fix value="{[start_energy:18000.]}"/>
    </energy_composite>
```

- ตัวอย่างส่วนหนึ่งของผลการศึกษาล่าสุดของนายจักรภัทร โดยการจำลองการตรวจวัดอนุภาคอิเล็กตรอนผ่านโปรแกรม KASSIOPEIA
- เพื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษา angle distribution ของอิเล็กตรอนภายใต้สนามแม่เหล็กของ Dr. Ferenc Glück ทางออนไลน์ผ่าน Zoom กับ Martin Descher

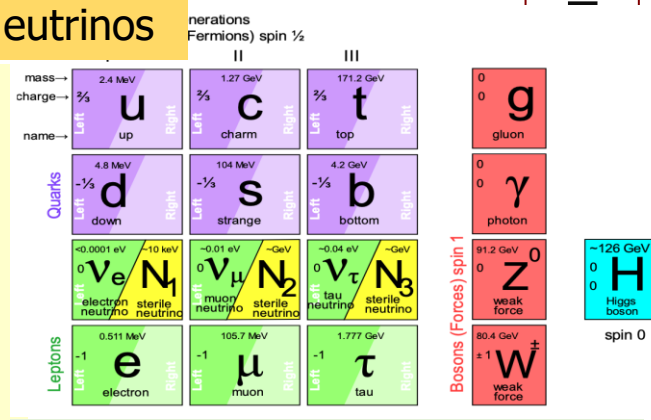
ดร.ชญานิษฐ์ และนายจักรภัทรเยี่ยมชมmain spectrometerของการทดลองแคทรินโดยมี Dr. Fabian Block ผู้นำอธิบายและถ่ายภาพ



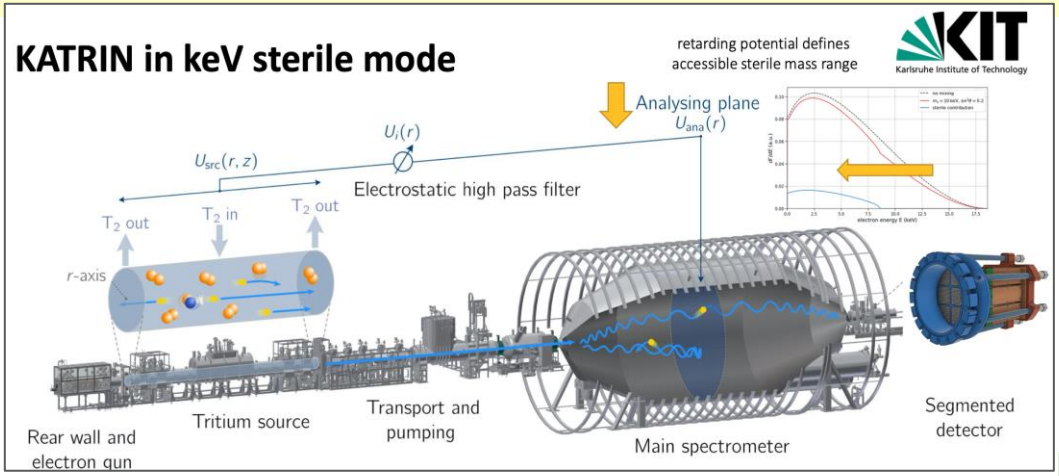
ข้อมูลของDr. Markus Steidl รายงานใน Collaboration Board meetingเมื่อวันที่ 27 กันยายน 2565 ถึงความร่วมมือกับคณะวิจัยจากจุฬาและหัวข้อวิจัยที่จะเข้าไปมีส่วนร่วม

3.กิจกรรม ปีพ.ศ. 2565(3/3):**TRISTAN** เพื่อการค้นหาอนุภาค Sterile Neutrinos

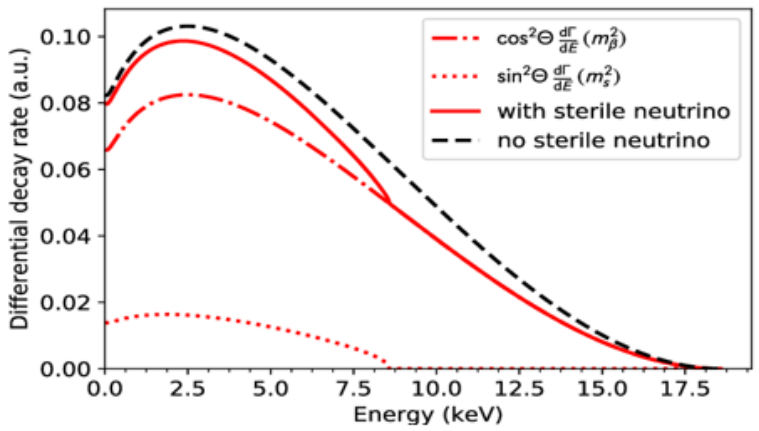
- ในปีค.ศ. 2005 Mikhail Shaposhnikov และ Takehiko Asaka นักฟิสิกส์อนุภาคทฤษฎีชาวรัสเซียและญี่ปุ่นตามลำดับ ที่พยายามเชื่อมโยงแบบจำลองมาตรฐานกับสสารมืด ได้เสนอว่าเอกภพควรจะมีอนุภาคสเตอร์ไรล์อีก 3 ตัว นอกเหนือจาก อิเล็กตรอนนิวทริโน มิวออนนิวทริโนและทาวนิวทริโนที่รู้จักกันในปัจจุบัน
- สเตอไรล์นิวทริโนมีคุณสมบัติดังนี้
  - ✓ สปินตามกฎมือขวาต่างจากนิวทริโนที่รู้จักมาแล้วซึ่งมีสปินตามกฎมือซ้าย
  - ✓ ทำอันตรกิริยาด้วยแรงโน้มถ่วงเท่านั้น(ซึ่งคล้ายกับอนุภาคของสสารมืด)
  - ✓ มีมวลน้อยที่สุดในระดับ keV จนมีอายุยาวพอที่จะเป็นตัวแทนของอนุภาคสสารมืดที่พบในเอกภพ



แบบจำลองเหนือแบบจำลองมาตรฐานของฟิสิกส์อนุภาค ที่รวมอนุภาคสเตอร์ไรล์นิวทริโน

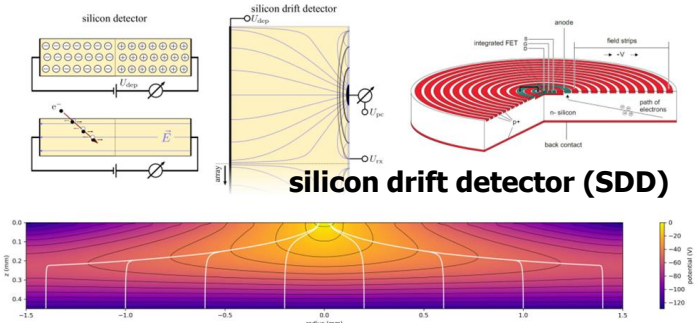


ระบบตรวจวัดพลังงานของอิเล็กตรอนเพื่อค้นหาสเตอร์ไรล์นิวทริโนของ KATRIN



สเปกตรัมพลังงานของอิเล็กตรอน เปรียบเทียบกรณีที่มีสเตอร์ไรล์นิวทริโน (เส้นสีแดง) กับกรณีที่ไม่มี (เส้นประดำ)

- การค้นหาทำได้โดยการพัฒนาเครื่องตรวจวัดอิเล็กตรอน(main Spectro meter)ให้สามารถวัดสเปกตรัมพลังงานของอิเล็กตรอนด้วยความละเอียดที่สูงมากจนสามารถมองเห็นร่องรอยของอนุภาคสเตอร์ไรล์ที่ทิ้งไว้กับอิเล็กตรอน และคำนวณหาค่ามุมผสม(mixing angle) ได้ละเอียดถึง $\sin^2\theta < 10^{-6}$
- ต้องมีการอัพเกรดหน่วยตรวจวัดให้เป็น silicon drift detector (SDD) ที่มีความละเอียดสูงมากจนสามารถตรวจวัดปริมาณอิเล็กตรอนจำนวนมหาศาลเพื่อวัดสเปกตรัมของพลังงานอิเล็กตรอน



3.สรุป

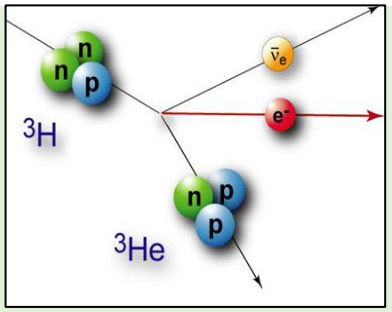
1. การทดลอง KATRIN (KArlsruhe TRItium Neutrino experiment) ตั้งอยู่ที่สถาบันเทคโนโลยีคาร์ลสรู (Karlsruhe Institute of Technology) เมืองคาร์ลสรู เยอรมนี เริ่มเก็บผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์เมื่อเดือนเมษายน พ.ศ.2562
2. นักวิจัยมีนักวิทยาศาสตร์ วิศวกร ช่างและนักศึกษามากกว่า 150 คนจาก 22 สถาบันใน 7 ประเทศ ได้แก่ เยอรมนี รัสเซีย สาธารณรัฐเช็ก สเปน อิตาลี ไทย และ สหรัฐอเมริกา
3. วัตถุประสงค์หลัก เพื่อหาค่ามวลของอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโน ที่ได้จากการสลายแบบบีตาของทริเทียม (ไอโซโทปหนึ่งของไฮโดรเจน)
4. การเผยแพร่ล่าสุดเมื่อ 14 กุมภาพันธ์ 2022 รายงานว่าเพดานมวลของอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโนอยู่ที่ 0.8 eV/c2 (90% CL)
5. การทราบมวลของนิวทริโนจะทำให้เราเข้าใจว่า เหตุใดนิวทริโนจึงมีมวลที่น้อยนิดและมีที่มาอย่างไร นอกจากนี้ยังอาจช่วยไขปริศนาเกี่ยวกับสสารมืดและพลังงานมืดที่เป็นองค์ประกอบหลักของเอกภพด้วยก็ได้
6. นักวิจัยจากจุฬาฯ มทส. และ มช. มีความสนใจที่จะเข้าร่วมการทดลอง KATRIN โดยในเบื้องต้นจะร่วมศึกษาเกี่ยวกับการประเมินค่าสนามแม่เหล็กในสเปกโทรมิเตอร์และการป้องกันการรบกวนจากสนามแม่เหล็กโลก (ทั้งสามสถาบันมีประสบการณ์จากการทดลองอื่น เช่น JUNO และ PITZ เป็นต้น)
7. นักศึกษาระดับ ป.โท และเอก สามารถเข้าร่วมรับฟังการบรรยาย การประชุมเชิงปฏิบัติการ และการฝึกงานวิจัยที่ KIT ได้ ซึ่งมีลักษณะเป็นหลักสูตรระยะสั้น 2-3 สัปดาห์
8. เนื่องจากสภานการณ์COVID-19ในปี2563ทำให้การดำเนินการต่อไม่ได้ ต่อมานักวิจัยไทยสามารถติดต่อกับผู้ประสานงานที่KATRINในเดือนมกราคม2564และเริ่มไปเยี่ยมเยียนKATRINในปี2565ได้แล้ว
9. KATRINกำลังจะเริ่มโครงการใหม่ในการค้นหาสเตอร์ไรล์นิวทริโนที่เรียกว่า TRitium Investigation on STerile to Active Neutrino Mixing : TRISTANซึ่งมีแผนจะเริ่มในปีค.ศ. 2024
10. ประเทศไทยจะเข้าร่วมTRISTANในงานวิจัย”การศึกษาหาค่าสนามแม่เหล็กที่เหมาะสมเพื่อการค้นหา sterile neutrino ด้วยโปรแกรม KASSIOPEIA (Investigations on magnetic field configurations for sterile keV neutrino search with KASSIOPEIA)ร่วมกับ Dr. Ferenc GlückและMartin Descher”
11. ในวันพฤหัสบดีของทุกสัปดาห์ เวลา 11:00 น. ตามเวลายุโรป (หรือ 4 โมงเย็นเวลาของไทย) ดร.ชญานิษฐ์ และนายจักรภัทรจะเข้าร่วมประชุมออนไลน์ผ่านทาง Zoom กับทีมวิจัยของKATRIN เพื่อติดตามและรายงานความคืบหน้าจากผลของการศึกษาเกี่ยวกับค่าสนามแม่เหล็กดังกล่าว

ประเด็นเสนอที่ประชุม

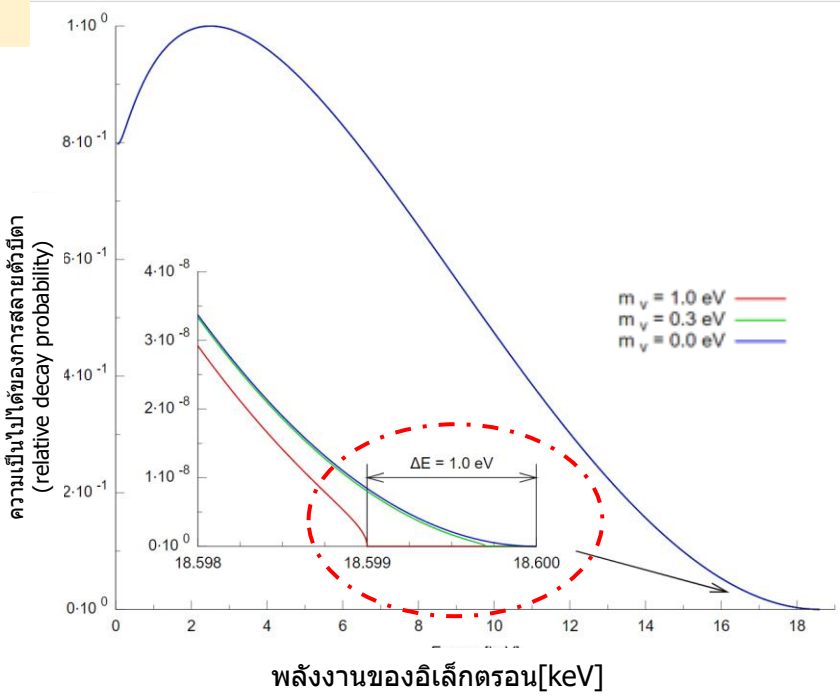
เพื่อรับทราบผลการดำเนินงาน ปี 2565
และเห็นชอบแผนการดำเนินงาน ปี 2566

จบ

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 keVหรือนั่นคือเส้นสเปกตรัมของอิเล็กตรอนจะไปชนแกนนอนที่ 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**