วาระที่ 3.1
โครงการความร่วมมือไทย – KATRIN และ KIT

ตามพระราชดำริสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี
(ประจำปี 2566)

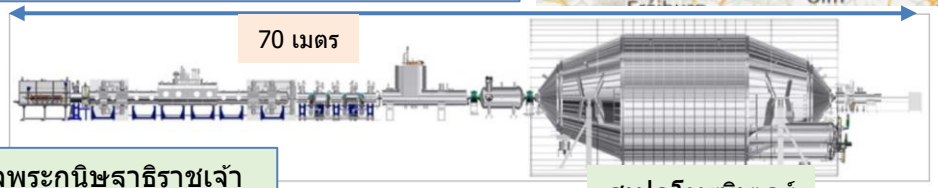
รายงานเมื่อ
5 มีนาคม 2567

หน่วยงานร่วมโครงการ
1. มูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี
2. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

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 23 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. 2023 ได้ทำการเก็บข้อมูลแล้ว 11 ครั้ง (KNM1-11)**

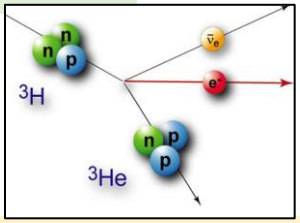
สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตน ราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี เสด็จทอดพระเนตร KATRIN Experiment, KIT, Karlsruhe, Germany วันที่ 28 มิ.ย. 2562



สเปกโทรมิเตอร์

การสลายตัวแบบบีตาของทริเทียม

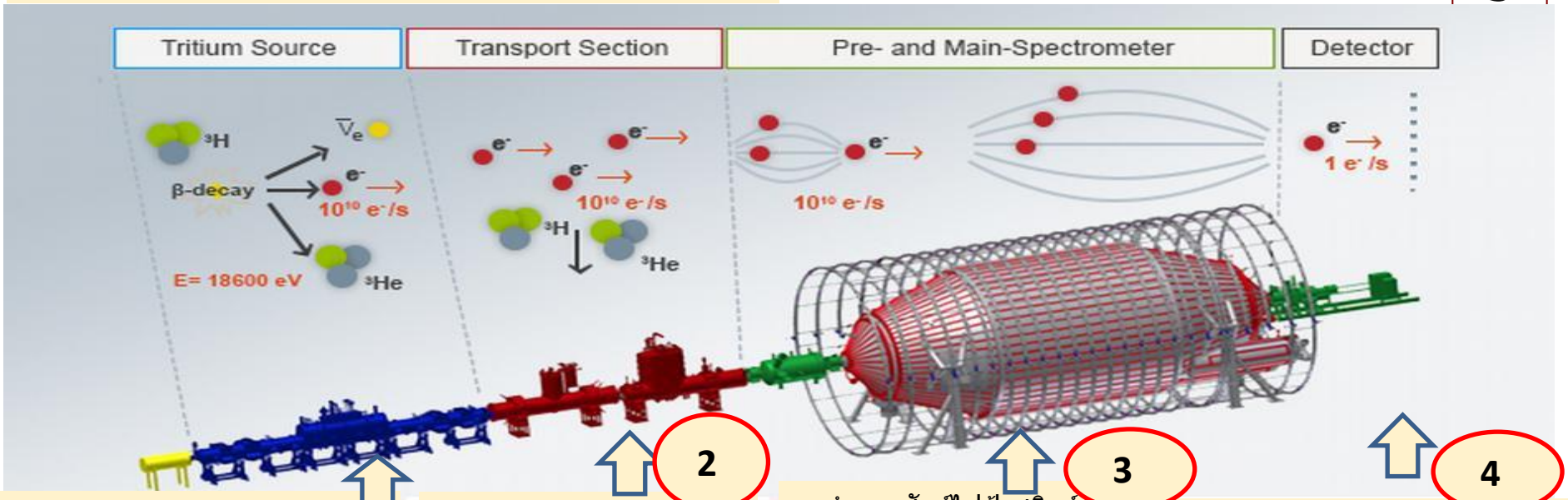
$$^3\mathrm{H} \rightarrow {}^3\mathrm{He} + e^- + \bar{\nu}_e$$



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 29 สิงหาคม 2023 รายงานว่าเพดานมวลของอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโนอยู่ที่ 0.3 eV/c^2 (95% CL)**

1.KATRIN(2/2):การทำงานของอุปกรณ์



1

- การสลายตัวของทริเทียมจะปลดปล่อยอิเล็กตรอนและอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโน
- อิเล็กตรอนแอนตินิวทริโนหายตัวไปอย่างรวดเร็วตรวจวัดไม่ได้
- ทริเทียมและฮีเลียมจะถูกสูบออกไป
- อิเล็กตรอนเริ่มเดินทางไปสู่หน่วยตรวจวัด

2

- อิเล็กตรอนจะเดิน ทางต่อไปยังสเปกโทรมิเตอร์โดยมีสนามแม่เหล็กนำไป
- ทริเทียมและฮีเลียมที่เหลือก็จะถูกสูบออกไปอีกเพื่อไม่ให้เดินทางเข้าไปในในสเปกโทรมิเตอร์

3

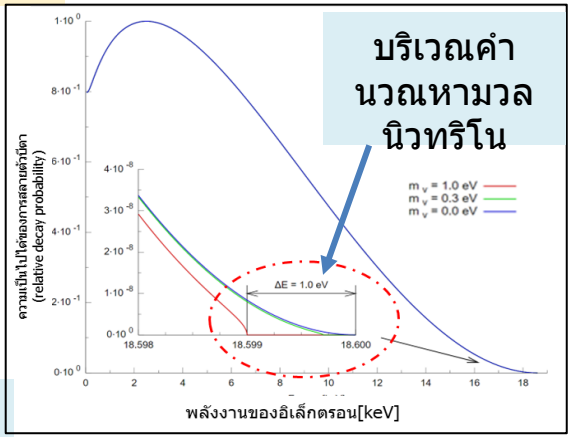
- กำแพงศักย์ไฟฟ้าสถิตย์จะกรองไม่ให้อิเล็กตรอนพลังงานจลน์ต่ำผ่านไปได้
- อิเล็กตรอนที่มีพลังงานจลน์สูงมากพอเท่านั้นจึงสามารถผ่านสเปกโทรมิเตอร์ไปยังหน่วยตรวจวัดที่อีกปลายหนึ่งของสเปกโทรมิเตอร์ได้

4

- อิเล็กตรอนมาถึงปลายทางและถูกนับจำนวนด้วยเครื่องตรวจวัด
- จำนวนที่นับได้ต่อวินาทีขึ้นอยู่กับศักย์ไฟฟ้าในสเปกโทรมิเตอร์ที่ยอมให้อิเล็กตรอนผ่านได้
- ผลลัพธ์สุดท้ายจะได้สเปกตรัมพลังงานของอิเล็กตรอน

ภายนอกของmain spectrometerเส้นผ่าศูนย์กลาง10เมตรขณะขนส่ง

ภายใน main spectrometerเทียบกับขนาดของคน



2.กิจกรรม ปีพ.ศ. 2566(1/4):ภาคีไทย-แคทรินและทุนสนับสนุนวิจัย

- ได้**รับทุนสนับสนุนจาก PMUB 66 (บพค 66)** โครงการ "ภาคีฟิสิกส์พลังงานสูงไทย: พรมแดนพลังงานสูง สสารมืด และนิว ทริโน" 2,500,000 บาท เพื่อ(1) ส่งนักศึกษาและนักวิจัยไปร่วมงานที่KIT (2)เข้าร่วมการเฝ้าตรวจวัดทางไกลเป็นกะ(remote monitoring shifts)อุปกรณ์ของKATRIN จากประเทศไทย 2 ครั้งๆละ 4 สัปดาห์ (3) วิจัยด้าน detector simulation และสร้างเครื่องตรวจวัดสนามแม่เหล็ก และ(4)จัดอบรมให้ความรู้ด้านนิวทริโน
- คณะนักวิจัยไทยภาคีไทย-แคทรินจากจุฬาฯ และมทส.

ผศ. ดร.นฤมล สุวรรณจันทร์ดี (จฬ.)
(PI for Thai- KATRIN consortium)

รศ. ดร.อรรถกฤต ฉัตรภูติ (จฬ.)

รศ. ดร.อุดมศิลป์ ปิ่นสุข (จฬ.)

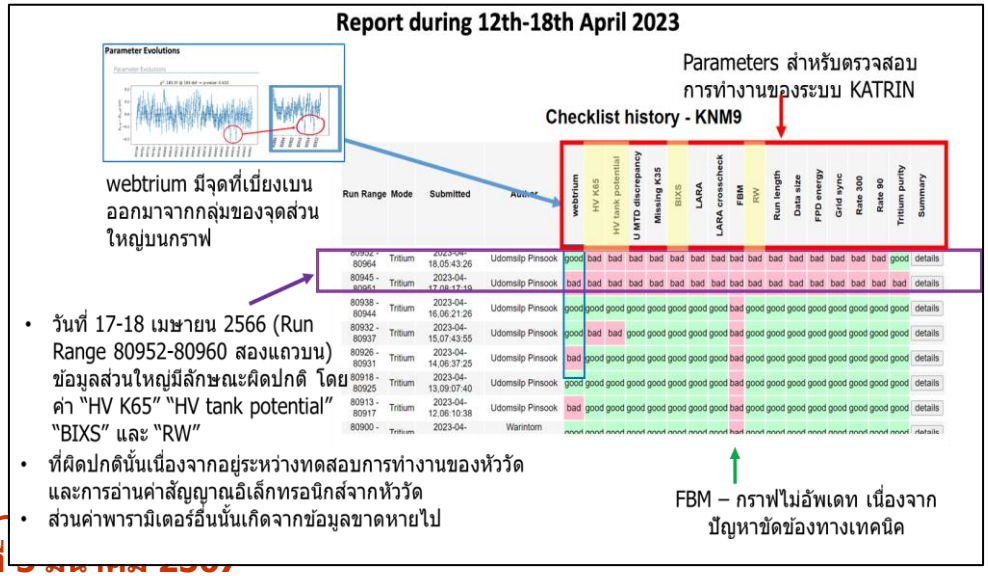
ผศ. ดร.ชิโนรัตน์ กอบเดช
(มทส.)

ผศ. ดร.ขรรค์ชัย โกศลทองกี่
(มทส.)

อ. ดร.วรินทร ศรีทะวงศ์
(มทส.)

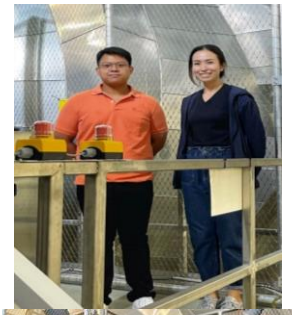
- 2 กุมภาพันธ์ 2566: Dr. Diana Parno (Carnegie Mellon University, CMU)ได้ติดต่อให้นักวิจัยไทยช่วยเฝ้าการตรวจวัดทางไกลอุปกรณ์KATRINโดยการจดบันทึกและรายงานผลหรือปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการเดินเครื่องให้การประชุมออนไลน์ประจำสัปดาห์ของ KATRIN collaboration เรียกย่อว่า KNM (KATRIN Neutrino Mass)
- ผู้เข้าร่วมทำหน้าที่นี้ 4 คน รศ.ดร.อุดมศิลป์ ปิ่นสุข (จฬ.) ดร.วรินทร ศรีทะวงศ์(มทส.) นายจักรภัทร สียางนอก (จฬ.)นายจุลนันทน์ ทรงวัฒนา (มทส.)
- ครั้งที่1:22 มี.ค. – 18 เม.ย. 66 รายงานข้อมูล KNM9 ครั้งที่2:10 ส.ค. – 10 ต.ค. 2566 รายงานข้อมูล KNM10และครั้งที่3 26ก.ย.-28พ.ย.2566 รายงานข้อมูลKNM11

ตัวอย่างปัญหาที่พบระหว่าง Remote shift



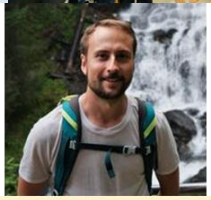
2.กิจกรรม ปีพ.ศ. 2566(2/4):การปรึกษาหารือหัวข้อวิจัยKATRIN

- ดร.ชญานิษฐ์ อัศวตั้งตระกูลดี และนายจักรภัทร สียางนอกเป็นวิทยากรการประชุมเชิงปฏิบัติการ “KASSIOPEIA Workshop for KATRIN 2023” ระหว่าง **23-26 เมษายน 2566** ณ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- เพื่อถ่ายทอดความรู้การใช้โปรแกรม Kassiopeia สำหรับการทดลอง KATRIN ให้แก่นักศึกษา นักวิจัยและคณาจารย์ในภาคีไทย-แคทริน รวมทั้งหารือทิศทางความร่วมมือภาคีไทย-แคทรินในการเข้าร่วมทำวิจัยกับ KATRIN



- **ระหว่าง 22-23 พฤษภาคม 2566** นักวิจัยจากจุฬาฯ (รศ.ดร.อรรถกฤต ฉัตรภูติ และ ผศ.ดร.นฤมล สุวรรณจันทร์ดี) และนักวิจัยจาก มทส.(ศ.ดร.ยูเป็ง แยน, รศ.ดร.อายุทธ ลิ้มพิรัตน์, ผศ.ดร.ขรรค์ชัย โกศลทองกี่, ผศ.ดร.คริสตอฟ เฮโรลด์ และ ดร.วรินทร ศรีทะวงศ์)เดินทางไป KIT เพื่อหารือความร่วมมือกับทีมนักวิจัยของ KATRIN และเข้าร่วมงาน Tritium Laboratory Karlsruhe 30 years

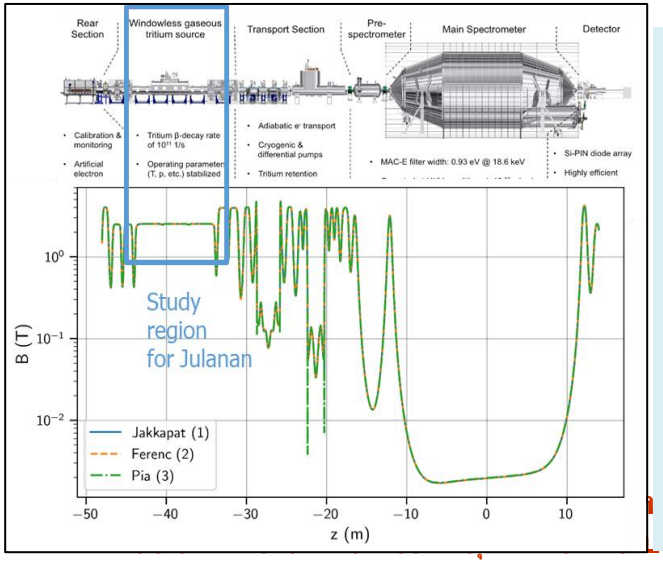
- **กรกฎาคม 2566** หารือกับ Dr. Martin Descher ผ่าน zoom เกี่ยวกับหัวข้อวิจัยให้กับนักวิจัยและนักศึกษาทำงานวิจัยระยะสั้นที่ KIT
- ระหว่าง **15 ก.ย. – 14 พ.ย. 2566** นายจักรภัทร สียางนอก นิสิตป. เอก (จฟ.)และนายจุลนันทน์ ทรงวัฒนานักศึกษาป.เอก ฟิสิกส์ มทส. เดินทางไปทำวิจัยภายที่KITใต้การดูแลของ Dr. Martin Descher



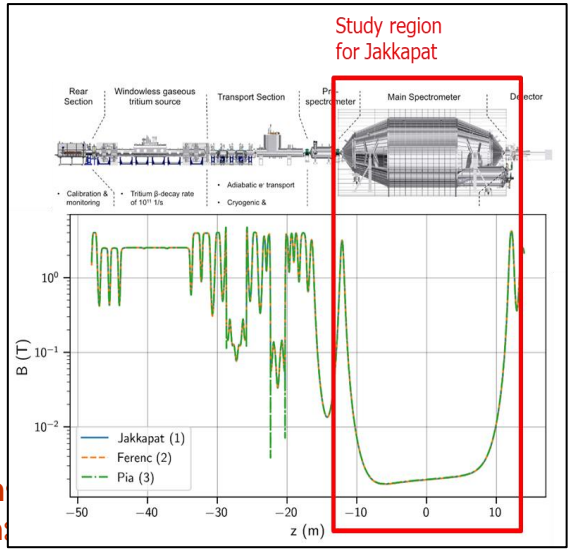
Dr. Martin Descher
Postdoc (KIT, Inst. of Astroparticle Physics)

นายจักรภัทร สียางนอก (จฟ.)

นายจุลนันทน์ ทรงวัฒนา(มทส.)



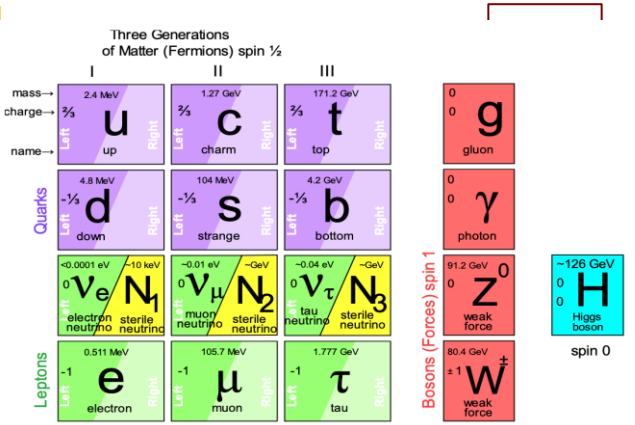
นายจุลนันท์ หัวข้อ “Investigation of electron scattering within magnetic traps in the tritium source for TRISTAN project” ศึกษาการสูญเสียพลังงานของอิเล็กตรอนที่กระเจิงจากโมเลกุลทริเทียมแล้วหลุดออกจากกับดักสนามแม่เหล็กภายในแหล่งกำเนิดทริเทียม



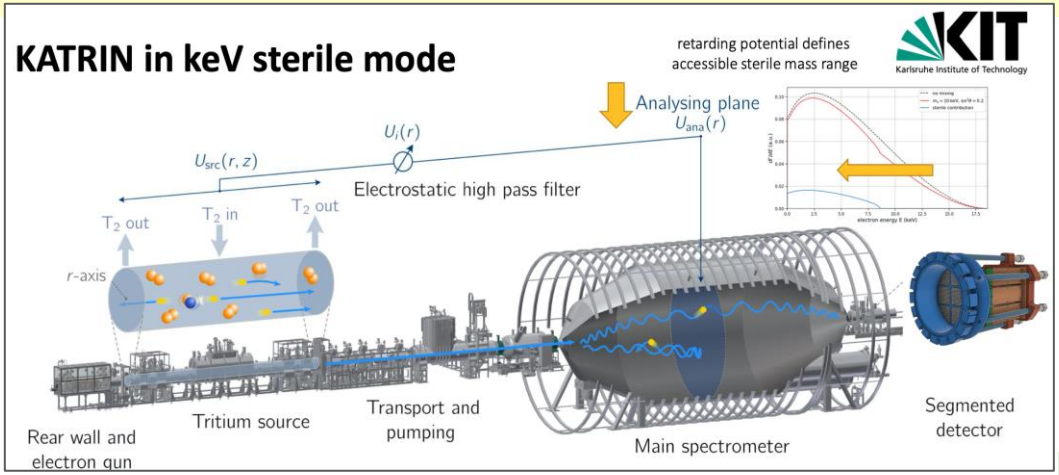
- นายจักรภัทร หัวข้อ “Adiabatic transport for TRISTAN” ศึกษาเงื่อนไขการกำหนดค่าสนาม แม่เหล็กที่ใช้สำหรับ KATRIN ที่จะทำให้อิเล็กตรอนทั้งหมดเคลื่อนที่ไปยังเครื่องตรวจวัด (adiabatic transport)

2.กิจกรรม ปีพ.ศ. 2566(3/4):**TRISTAN** เพื่อการค้นหาอนุภาค Sterile Neutrinos

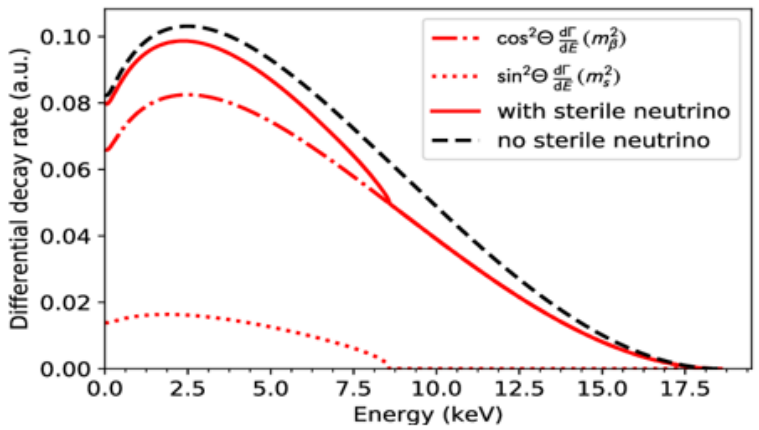
- ในปีค.ศ. 2005 Mikhail Shaposhnikov และ Takehiko Asaka นักฟิสิกส์อนุภาคทฤษฎีชาวรัสเซียและญี่ปุ่นตามลำดับ ที่พยายามเชื่อมโยงแบบจำลองมาตรฐานกับสสารมืด ได้เสนอว่าเอกภพควรจะมีอนุภาคสเตอร์ไรล์อีก 3 ตัว นอกเหนือจาก อิเล็กตรอนนิวทริโน มิวออนนิวทริโนและทาวนิวทริโนที่รู้จักกันในปัจจุบัน
- สเตอไรล์นิวทริโนมีคุณสมบัติดังนี้
  - ✓ **สปินตามกฎมือขวา**ต่างจากนิวทริโนที่รู้จักมาแล้วซึ่งมีสปินตามกฎมือซ้าย
  - ✓ ทำอันตรกิริยาด้วย**แรงโน้มถ่วงเท่านั้น**(ซึ่งคล้ายกับอนุภาคของสสารมืด)
  - ✓ มีมวลน้อยที่สุดใน**ระดับ keV** จนมีอายุยาวพอที่จะเป็นตัวแทนของอนุภาคสสารมืดที่พบในเอกภพ



แบบจำลองเหนือแบบจำลองมาตรฐานของฟิสิกส์อนุภาค ที่รวมอนุภาคสเตอร์ไรล์นิวทริโน

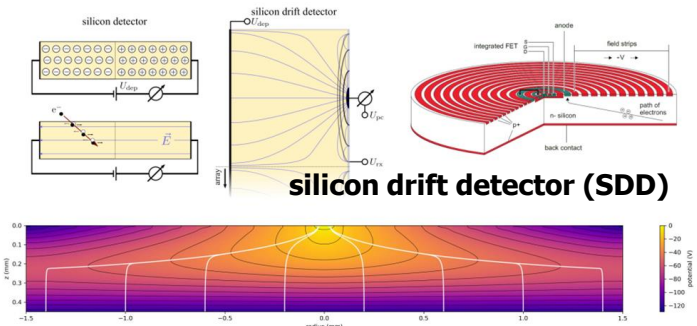


ระบบตรวจวัดพลังงานของอิเล็กตรอนเพื่อค้นหาสเตอร์ไรล์นิวทริโนของ KATRIN



สเปกตรัมพลังงานของอิเล็กตรอน เปรียบเทียบกรณีที่มีสเตอร์ไรล์นิวทริโน (เส้นสีแดง) กับกรณีที่ไม่มี (เส้นประดำ)

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



silicon drift detector (SDD)

2.กิจกรรม ปีพ.ศ. 2566(4/4)การพัฒนาชุดตรวจวัดสนามแม่เหล็กของTRISTAN

- การทดลอง **TRISTAN (TRitium Investigation on STerile-to-Active Neutrinos)**เป็นการปรับอุปกรณ์ KATRIN (modify the KATRIN settings) เพื่อให้สามารถตรวจวัด sterile neutrino (ระดับพลังงาน keV) ที่มาจากการสลายตัวบีตาจากโมเลกุลทริเทียมได้ คาดว่าจะแล้วเสร็จในปี ค.ศ. 2025
- การทดลอง TRISTAN **จะใช้สนามแม่เหล็กที่มีค่าสูง**ขึ้นกว่าที่ใช้ในการทดลองเดิม (KATRIN) จึงต้อง**พัฒนาชุดตรวจวัดค่าสนามแม่เหล็ก**เพื่อวัดค่าสนามแม่เหล็กในบริเวณ Main Spectrometer (MS) ขึ้นใหม่ 2 ประเภท คือ(1)ชุดตรวจวัดสนามแม่เหล็กไม่เคลื่อนที่(2)ชุดตรวจวัดสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ซึ่งแบ่งออกเป็น (2.1)ชุดตรวจวัดสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ในแนวเส้นรอบวงกลม รอบ MS และ(2.2) ชุดตรวจวัดสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ในแนวพิกัด (x,y,z) บริเวณ MS
- ผศ.ดร.ขรรค์ชัย โกศลทองกี่ (มทส.) ประสานงานกับนักวิจัย KIT ชื่อ Dr. Woosik Gil และ Dr. Heiko Bouquet เพื่อพัฒนาชุดตรวจวัดค่าสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ โดยจะส่งนักศึกษาป.โท 2 คน จากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มทส.ไปวิจัยที่ KIT เป็นเวลา 1 เดือน

ผศ.ดร.ขรรค์ชัย โกศลทองกี่(มทส.)

Dr.Woosik Gil Inst. for Nuclear Physics,KIT

Dr.Heiko Bouquet Inst,for Data Processing and Electronics, KIT

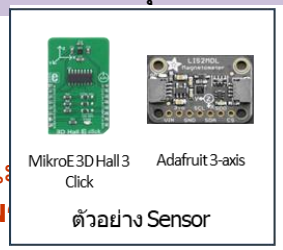
- **ระยะสั้น**:11 พฤศจิกายน – 14 ธันวาคม 2566 นายวิทพงษ์ คล้ายกบิลท์ (มทส.) และ นายพชรพล ธีรเศรษฐ์(มทส.)เดินทางไปร่วมทำวิจัย ณ KIT
- **ระยะสั้น**:9 – 15 ธันวาคม 2566 ผศ.ดร.ขรรค์ชัย โกศลทองกี่ จะเดินทางไปร่วมทำวิจัย ณ KIT
- **ระยะยาว: (1)** งานวิจัยป.โทของนายพชรพล ธีรเศรษฐ์ "ชุดตรวจวัดสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ในแนวเส้นรอบวงกลม" (รศ.ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล ที่ปรึกษาหลัก ดร.จิตติมา วระกุลและผศ.ดร.ขรรค์ชัย โกศลทองกี่ ที่ปรึกษาร่วม) **(2)**งานวิจัยป.โทของนายวิทพงษ์ คล้ายกบิลท์ "ชุดตรวจวัดสนามแม่เหล็กเคลื่อนที่ในแนวพิกัด (x,y,z)" (รศ.ดร.จิระพล ศรีเสริฐผล ที่ปรึกษาหลัก ผศ. ดร.โศรฎา แข็งการ และ ผศ.ดร.ขรรค์ชัย โกศลทองกี่ ที่ปรึกษาร่วม)
- นักศึกษาทั้ง 2 คน (i)อยู่ระหว่างเตรียมสอบประมวลความรู้ระดับป.โท (สอบปลายตุลาคม 2566)(ii)สอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ หลังจากกลับจากการร่วมทำวิจัย ณ KIT (11 พ.ย.–14 ธ.ค. 66) (iii)คาดว่าจะสำเร็จการศึกษาปลายปี พ.ศ. 67

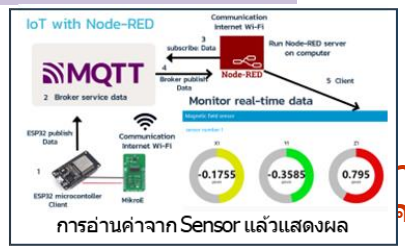
นายพชรพล ธีรเศรษฐ์ ปี2ป.โท

นายวิทพงษ์ คล้ายกบิลท์ ปี2ป.โท

ตัวอย่างขั้นตอนการพัฒนาชุดตรวจวัดสนามแม่เหล็ก

1.ศึกษาสมบัติ และทดสอบ sensor ที่ใช้อ่านค่าสนาม แม่เหล็กที่มีในปัจจุบัน





2.เปรียบเทียบค่าสนามแม่เหล็กที่วัดจาก sensor 2 ชุดนี้กับค่าที่วัดจากเครื่องวัดมาตรฐานในห้องทดลองมืดซึ่งมีอยู่แล้วภายใต้โครงการ JUNO

3.หารือกับทีมวิจัย ของ KATRIN เพื่อพัฒนาชุดตรวจวัดสนามแม่เหล็ก

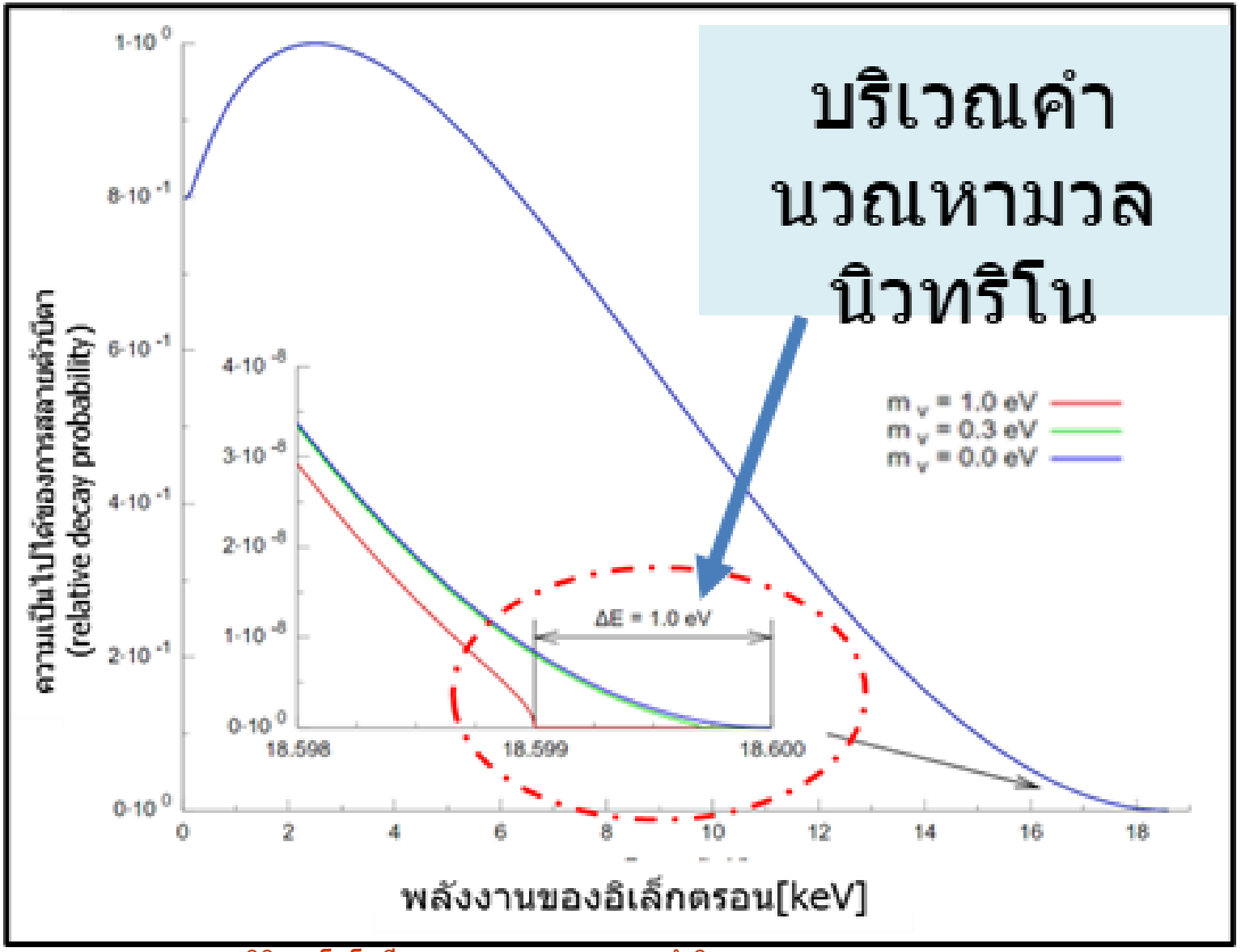
3.สรุป

1. การทดลอง KATRIN (KArlsruhe TRItium Neutrino experiment) ตั้งอยู่ที่สถาบันเทคโนโลยีคาร์ลสรู (Karlsruhe Institute of Technology) เมืองคาร์ลสรู เยอรมนี เริ่มเก็บผลการทดลองทางวิทยาศาสตร์เมื่อเดือนเมษายน พ.ศ.2562
2. นักวิจัยมีนักวิทยาศาสตร์ วิศวกร ช่างและนักศึกษามากกว่า 150 คนจาก 23 สถาบันใน 7 ประเทศ ได้แก่ เยอรมนี รัสเซีย สาธารณรัฐเช็ก สเปน อิตาลี ไทย และ สหรัฐอเมริกา
3. วัตถุประสงค์หลัก เพื่อหาค่ามวลของอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโน ที่ได้จากการสลายแบบบีตาของทริเทียม (ไอโซโทปหนึ่งของไฮโดรเจน)
4. การเผยแพร่ล่าสุดเมื่อ 29 สิงหาคม 2023 รายงานว่าเพดานมวลของอิเล็กตรอนแอนตินิวทริโนอยู่ที่ 0.3 eV/c2 (95% CL)
5. การทราบมวลของนิวทริโนจะทำให้เราเข้าใจว่า เหตุใดนิวทริโนจึงมีมวลที่น้อยนิดและมีที่มาอย่างไร นอกจากนี้ยังอาจช่วยไขปริศนาเกี่ยวกับสสารมืดและพลังงานมืดที่เป็นองค์ประกอบหลักของเอกภพด้วยก็ได้
6. นักวิจัยจากจุฬาฯ และมทส. มีความสนใจที่จะเข้าร่วมการทดลอง KATRIN ในเบื้องต้นจะร่วมศึกษาเกี่ยวกับการประเมินค่าสนามแม่เหล็กในสเปกโทรมิเตอร์ โดยใช้ประสบการณ์จากการทดลอง JUNO
7. นักศึกษาระดับ ป.โท และเอก สามารถเข้าร่วมรับฟังการบรรยาย การประชุมเชิงปฏิบัติการ และการฝึกงานวิจัยระยะสั้นที่ KIT
8. เนื่องจากสภานการณ์COVID-19ในปี2563ทำให้ดำเนินการต่อไม่ได้ ต่อมานักวิจัยไทยสามารถติดต่อกับผู้ประสานงานที่KATRINในเดือนมกราคม2564และเริ่มไปเยี่ยมเยียนKATRINในปี2565ได้แล้ว
9. KATRIN จะเริ่มโครงการใหม่ในการค้นหาสเตอร์ไรล์นิวทริโนที่เรียกว่า TRitium Investigation on STerile to Active Neutrino Mixing : TRISTANซึ่งมีแผนจะเริ่มในปีค.ศ. 2024
10. ประเทศไทยร่วมทำการพัฒนาชุดตรวจวัดสนามแม่เหล็กของTRISTAN และหาค่าสนามแม่เหล็กที่เหมาะสมด้วยโปรแกรม KASSIOPEIA เพื่อการค้นหา sterile neutrino (Investigations on magnetic field configurations for sterile keV neutrino search with KASSIOPEIA) ร่วมกับ Dr. Ferenc Glück และ Martin Descher”
11. กิจกรรม ปี พ.ศ. 2566 มีความก้าวหน้าดังนี้ เกิดภาคีไทย-แคทริน และมีการปรึกษาหารือหัวข้อวิจัยร่วมกันกับ KATRIN มากขึ้นได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก บพค. 2566 อีกทั้งส่งนักวิจัยและนักศึกษาไปฝึกงานระยะสั้นที่ KIT

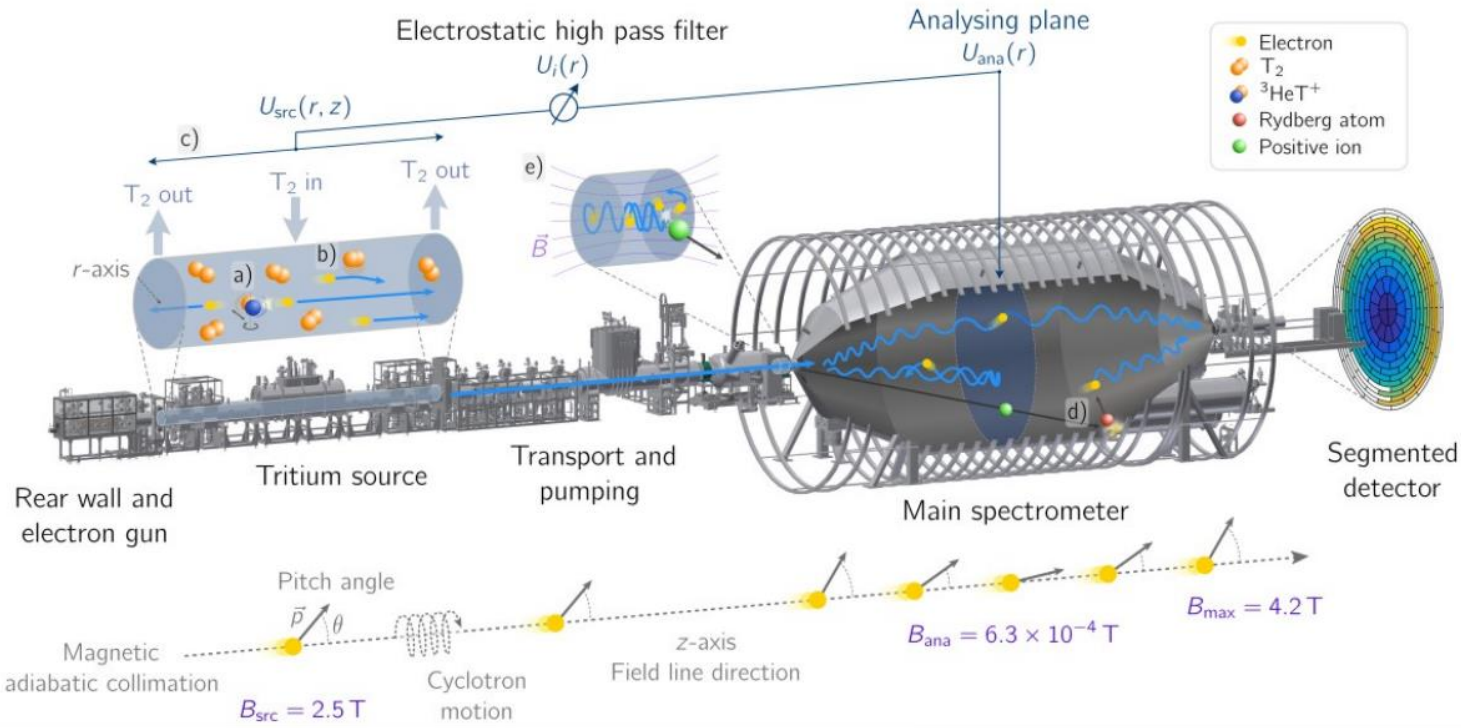
ประเด็นเสนอที่ประชุม

เพื่อรับทราบผลการดำเนินงาน ปี 2567

Backup


บริเวณคำนวณหามวลนิวทริโน
ความเป็นไปได้ของการสลายตัวบีตา
(relative decay probability)
พลังงานของอิเล็กตรอน[keV]
m ν = 1.0 eV
m ν = 0.3 eV
m ν = 0.0 eV
ΔE = 1.0 eV
18.598
18.599
18.600

The KATRIN experiment at Karlsruhe Institute of Technology

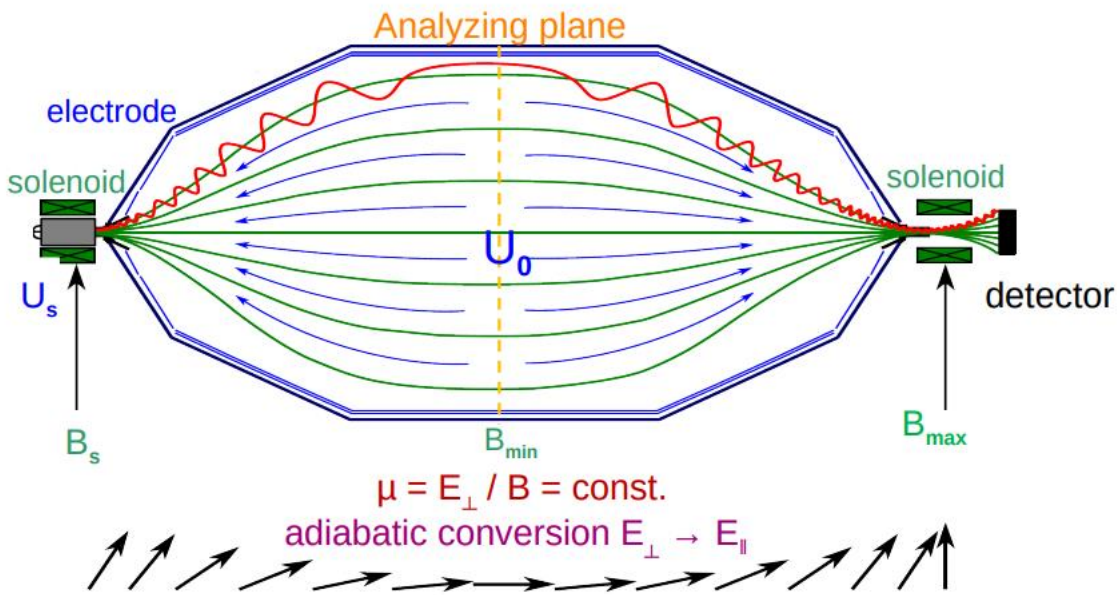


6 Full system description & commissioning, JINST 16 (2021) T08015

MAC-E-Filter: high-resolution β-spectroscopy

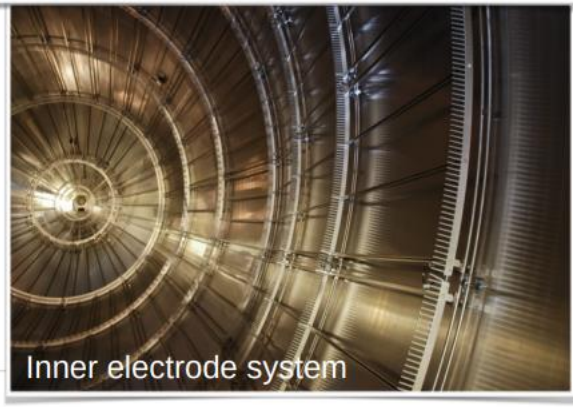
Karlsruher Institut für Technologie

Magnetic **A**diabatic **C**ollimation & **E**lectrostatic **F**ilter:



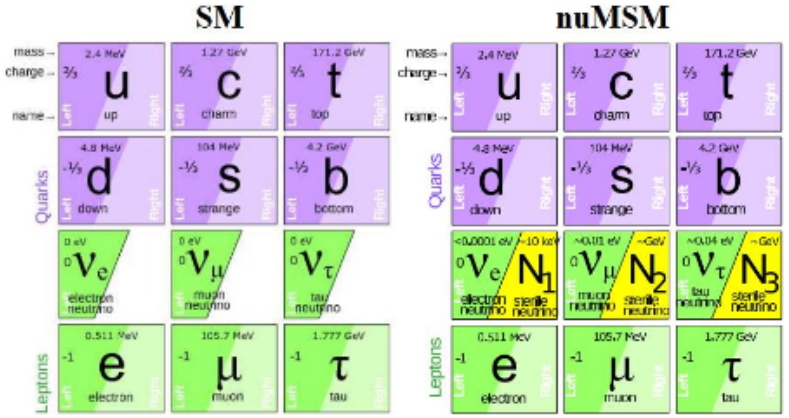
Momentum tranfsormation without the E-field

Giant spectrometer:
high energy resolution & acceptance


Inner electrode system

Sterile Neutrinos

The matter particles of the Standard Model consist of six quarks and six leptons (left figure). Quarks and leptons are organize in three families. Each family consists of the particles that differ by one unit of electric charge. For instance the "up-type" quarks have charge +2/3 and "down-type" quarks have electric charge -1/3. Charged leptons (like the electron) have electric charge -1, while neutrinos are neutral. In addition, all particles apart for neutrinos, exists in two chirality states: left-handed and right-handed. The reason why neutrinos only have one chirality state is related to the fact that in the Standard Model neutrinos are massless. However, we have now strong experimental evidences that neutrinos have a small but non-vanishing mass.



A straightforward way to complete the Standard Model is to add to it 3 right-handed neutrinos (right figure). These particles are often called Sterile Neutrinos, Majorana Neutrinos or Heavy Neutral Leptons. In addition of explaining neutrino masses, right-handed neutrinos have also important cosmological and astrophysical implications. If the lightest of these neutrinos has a mass in the KeV region (about 1000 times lighter than the electron), this particle would have a lifetime much longer than the age of the Universe and it is a possible Dark Matter candidate. Moreover, right-handed neutrinos would have played a key role in the early Universe. They can explain the asymmetry between matter and anti-matter in our Universe via a process known as leptogenesys.

The SHiP experiment, of which our group has been one of the main proponents, has been designed and optimized to search for these particles.

https://www.physik.uzh.ch/groups/serra/SterileNeutrinos.html

https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1558/1/012014/pdf#:~:text=The%20weak%20interaction%20is%20chiral,right%2Dhanded%20chirality)6.

Chirality and neutrinos, a student first approach

Hélio da Motta
Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Brazil
E-mail: helio@cbpf.br

2. Helicity

Let's consider a spinning body in movement and project the spinning on the direction of movement (we only care about the spinning in the direction of movement). Helicity is the projection of the spin along the direction of movement: it is right-handed if it is paralell to the movement; left-handed otherwise. Figure 3 illustrates the concept of helicity.

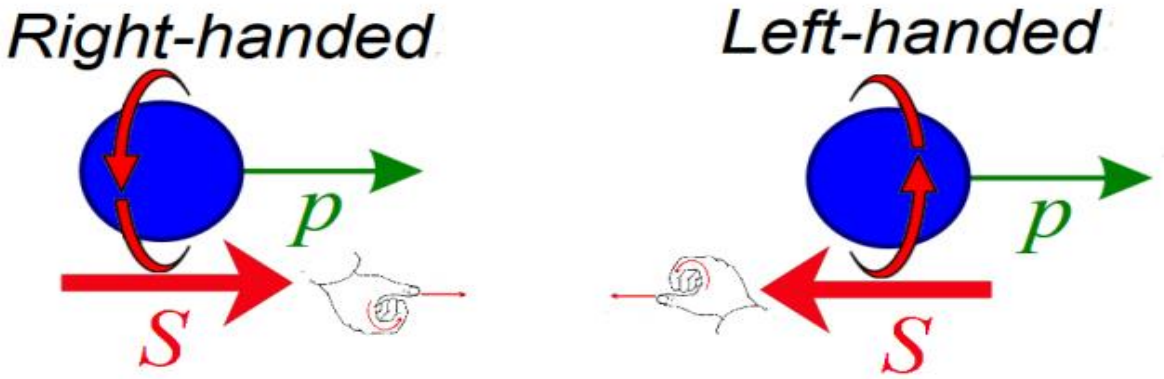


Figure 3. The direction of the spinning is defined by the right hand rule: when holding the body with the right hand with the fingers following the spinning the thumb points in the direction of the spinning. The left figure shows a body moving to the right (with momentum p represented by the green arrow) and spinning in the same direction of its movement: it has right-handed helicity. The figure on the right shows a body also moving to the right (green arrow) but with the spinning in the opposit direction: it has left-handed helicity.

- As an example, Figure 2532a shows the schematic illustration of SDDs based on concentric rings.
- This device is composed of a volume of fully depleted highly-resistive silicon, in which a strong electric transversal field (parallel to the surface) drives the X-ray-generated-electrons towards a small collection anode.
- This transversal field is induced by a number of increasingly reverse biased strips (ring electrodes), and causes charge carriers to 'drift' to the collection electrode.
- The collection electrode together with the integrated FET converts the current into a voltage.
- The radiation entrance window on the opposite side is made up by a non-structured shallow implanted junction, resulting in a homogeneous sensitivity over the entire detector area.
- In this way, similar to other solid state X-ray detectors, SDDs measure the energies of the incoming X-rays by the amount of ionization produced in the detector material.

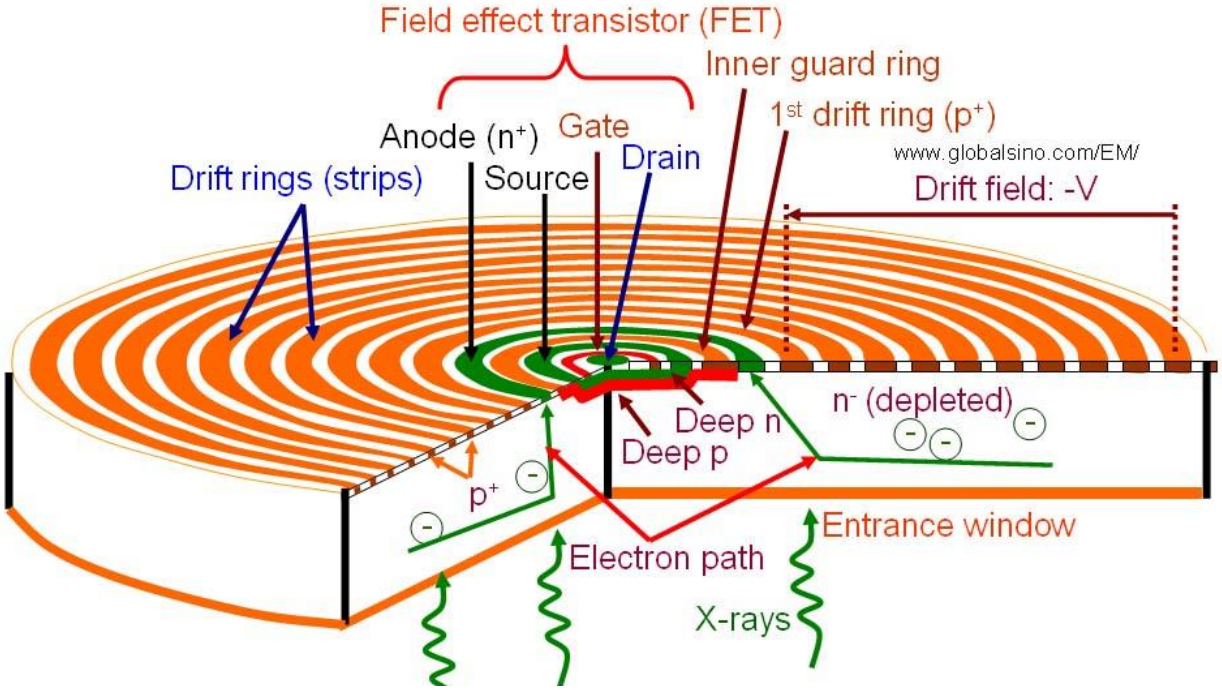


Figure 2532a. Schematic illustration of silicon drift detector (SDD) for X-ray spectroscopy.