รายงานการเข้าร่วมโปรแกรมภาคฤดูร้อน

GSI Helmholtz Centre for Heavy Ion Research

ตามพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี
ประจำปี ๒๕๖๒

จัดทำโดย

นางสาววริศรา จารุจินดา และ นายศุภโชค บัวรักษ์

คำนำ

รายงานฉบับนี้เป็นเอกสารสรุปผลการเข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อน ณ สถาบันวิจัยไอออนหนัก GSI ประเทศ เยอรมนี ประจำปี พ.ศ. 2562 ระหว่างวันที่ 19 กรกฎาคม ถึง 13 กันยายน พ.ศ. 2562 ของนางสาววริศรา จารุจินดา และนายศุภโชค บัวรักษ์ โดยประกอบด้วยการบอกเล่าประสบการณ์ทางด้านวิชาการโดยมีมุมมองและทัศนคติเกี่ยวข้องกับการทำงานวิจัย รวมทั้งรายงานทางวิชาการจากการทำวิจัยกับคณะวิจัย ณ GSI ตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยหวังว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่สนใจในโครงการนี้ โดยเฉพาะผู้ที่สนใจจะเข้าร่วมโครงการ ณ สถาบันวิจัยแห่งนี้ในการพัฒนาและเพิ่มพูนประสบการณ์การทำงานวิจัยและใช้ชีวิต ณ ต่างประเทศ

นางสาววริศรา จารุจินดา
ภาควิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายศุภโชค บัวรักษ์
ภาควิชาฟิสิกส์
คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้ามีความรู้สึกซาบซึ้งในพระมหากรุณาธิคุณของสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ที่ทรงพระราชทานโอกาสแก่นิสิตนักศึกษาไทยให้ได้ไปเรียนรู้และเพิ่มประสบการณ์การทำงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับคณะวิจัยและสถาบันวิจัยชั้นนำของโลก นับเป็นประสบการณ์ที่สามารถนำไปใช้ประยุกต์กับชีวิตการทำงานวิจัยในแง่มุมต่างๆ นำไปสู่การพัฒนาตนเองสู่การนำไปพัฒนาสังคมและประเทศชาติต่อไป

ทั้งนี้ ขอขอบคุณคณะกรรมการการคัดเลือก เจ้าหน้าที่และหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสำหรับความช่วยเหลือที่ผลักดันให้เกิดความร่วมมือที่ดีในวงการวิทยาศาสตร์ระหว่างไทยและสถาบันวิจัย GSI ขอขอบคุณมูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี โครงการความร่วมมือไทย-เซิร์น สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) ที่ได้สนับสนุนทั้งเชิงความรู้และการเตรียมตัวก่อนเดินทาง งบประมาณค่าเดินทางและค่าใช้จ่ายประจำวันตลอดระยะเวลาของโครงการ และขอขอบคุณสถาบัน GSI สำหรับประสบการณ์อันล้ำค่าในครั้งนี้

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

บทที่ 1 โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนจีเอสไอ

The GSI Helmholtz Centre for Heavy Ion Research หรือเรียกสั้น ๆ ว่า GSI เป็นศูนย์วิจัยชั้นนำระดับโลกในการศึกษาวิจัยไอออนหนัก ณ เมืองดาร์มสตัต สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี ที่ศูนย์วิจัยแห่งนี้มีอุปกรณ์หลักสำหรับการทำวิจัยคือ เครื่องเร่งอนุภาคขนาดใหญ่ ซึ่งประกอบด้วย linear accelerator และ synchrotron โดยไอออนหนักจะถูกเร่งให้มีความเร็วใกล้เคียงกับความเร็วแสง และยิงไปที่เป้าโลหะ เพื่อค้นคว้าฟิสิกส์พื้นฐานในสาขาวิจัย nuclear physics, nuclear astrophysics และ atomic physics ไปพร้อม ๆ กับงานวิจัยสาขาประยุกต์ ได้แก่ material research, plasma physics, biophysics, accelerator technology improvement และ radiation protection นอกจากนี้ GSI ยังมีแผนการขยายขอบเขตการวิจัยในโครงการที่ชื่อว่า FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research) เครื่องเร่งอนุภาคที่มีเส้นรอบวง 1,100 เมตร จะถูกใช้ในการเร่งไอออนให้มีความเร็วสูงยิ่งขึ้น ซึ่งขณะนี้กำลังอยู่ในขั้นตอนดำเนินการสร้าง และคาดว่าอุปกรณ์ส่วนหลักจะสามารถเปิดใช้งานได้ในปี 2565 และเสร็จสมบูรณ์ทั้งหมดในปี 2568

โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อน GSI จัดขึ้นอย่างต่อเนื่องมา 38 ปี เพื่อให้นักศึกษาระดับปริญญาตรีปีที่ 3-4 และระดับปริญญาโท จำนวน 30-35 คน จากกลุ่มประเทศยุโรปและประเทศที่มีความร่วมมือกับ GSI-FAIR ได้มีโอกาสเข้าร่วมทำงานกับกลุ่มวิจัยใน GSI-FAIR research groups เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ โดยจะมีนักวิจัยจากกลุ่มวิจัยนั้น ๆ คอยให้คำปรึกษาและชี้แนะตลอดการทำงาน ซึ่งจะเรียกผู้ดูแลว่าติวเตอร์ ในสัปดาห์ที่ 7 นักศึกษาจะต้องส่งรายงานการวิจัยที่ทำมา และนำเสนอผลงานในสัปดาห์ที่ 8 นอกจากจากนั้นยังจัดการบรรยายที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่หลากหลายใน GSI-FAIR เพื่อให้นักศึกษาได้เรียนรู้นอกเหนือจากสาขาวิชาของตัวเอง พร้อมทั้งพาเยี่ยมชมสถานที่และอุปกรณ์การทำวิจัยจริง นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมอื่น ๆ ที่สนับสนุนให้นักศึกษาได้พัฒนาทักษะทางสังคมกับนักศึกษาและนักวิจัยนานาชาติ ได้แก่ กิจกรรมแรลลีในเมืองดาร์มสตัต, งานเลี้ยงบาร์บีคิว, การแข่งขันฟุตบอลชิงถ้วย, GSI sport club และ cinema club ซึ่งในปีนี้ โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อน GSI ได้จัดขึ้นเป็นปีที่ 39 มีนักศึกษาเข้าร่วมทั้งหมด 37 คน จาก 19 ประเทศทั่วโลก มาอยู่ร่วมกันในโครงการตั้งแต่วันที่ 22 กรกฎาคม ถึง 12 กันยายน 2562 โดยทาง GSI ได้จัดสถานที่พักให้อยู่ร่วมกันที่โรงแรม Arheilger Hof ซึ่งห่างจากศูนย์วิจัยเป็นระยะทางประมาณ 4 กิโลเมตร สำหรับรายงานการสรุปการเข้าร่วมโครงการฉบับนี้ ในบทที่ 1 จะเป็นการอธิบายรายละเอียดของแต่ละกิจกรรมในโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อน GSI ต่อมาบทที่ 2 จะเป็นการอธิบายโครงงานวิจัยของนักศึกษา และในบทที่ 3 จะเป็นบันทึกประสบการณ์ของนักศึกษาตลอด 8 สัปดาห์ ที่เข้าร่วมโครงการ

1. การบรรยาย

การบรรยายถูกจัดขึ้น 18 ครั้ง ในสัปดาห์ที่ 1, 2 และ 3 โดยแต่ละครั้งใช้เวลา 1.5 ชั่วโมง การบรรยายทั้งหมดสามารถแจกแจงได้ดังต่อไปนี้

- Accelerators: from the source to the target

  เป็นการบรรยายเกี่ยวกับเครื่องเร่งอนุภาค ซึ่งเริ่มตั้งแต่การบอกเล่าประวัติและพัฒนาการของเครื่องเร่ง รวมถึงอธิบายหลักการทำงานและองค์ประกอบของเครื่องเร่งอนุภาคที่ GSI ซึ่งเป็นเครื่องที่สามารถเร่งอนุภาคได้ตั้งแต่ไอออนเบาอย่างไฮโดรเจน ไปจนถึงไอออนหนักอย่างยูเรเนียม ขั้นแรกไอออนที่มาจาก Electron Cyclotron Resonance (ECR) Sources จะถูกเร่งด้วย UNILAC (UNIversal Linear ACcelerator) จนกระทั่งมีพลังงาน 11.4 MeV/u แล้วจึงถูกส่งไปที่ SIS18 (Schwer Ionen Synchrotron18) ซึ่งเป็นซินโครตรอนที่มี maximum bending power เท่ากับ 18 เทสลา·เมตร จากนั้นลำไอออนจะถูกแยกไปยังการทดลองส่วนต่าง ๆ ซึ่งจะอธิบายในรายละเอียดต่อไป นอกจากนั้นยังมีการแนะนำเครื่องเร่งอนุภาคเครื่องใหม่ในโครงการ FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research) ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นมาจากเครื่องอนุภาคเครื่องเดิม โดย SIS100 จะมีเส้นรอบวงขนาด 1,100 เมตร และ maximum bending power เท่ากับ 100 เทสลา·เมตร

- Biophysics & Cancer Therapy with Heavy Ions

  การบรรยายนี้อธิบายถึงการประยุกต์ใช้ไอออนหนักเพื่อประโยชน์ในทางรังสีรักษา และการป้องกันรังสีสำหรับนักบินอวกาศ ซึ่งผู้บรรยายได้เริ่มอธิบายตั้งแต่พื้นฐานฟิสิกส์ที่อธิบายอันตรกิริยาระหว่างรังสีกับสสารตัวกลาง และความน่าสนใจในการใช้ไอออนหนักในงานรังสีรักษา รวมถึงประโยชน์และผลข้างเคียงที่เกิดจากการใช้งาน

- Compressed Nuclear Matter

  การบรรยายเรื่องนี้จะแบ่งเป็น 3 ครั้งย่อย ครั้งที่ 1 จะเป็นหัวข้อ Collision Dynamics and Flow ครั้งที่ 2 คือ Dilepton & Strangeness Production และครั้งสุดท้ายบรรยายในหัวข้อ Results from ALICE at LHC ซึ่งกล่าวถึงความร่วมมือระหว่าง GSI และ CERN

- <u>Safety Instructions</u>

  การบรรยายนี้ทุกคนจะต้องเข้าร่วม เพราะเป็นการอบรมเกี่ยวกับความความปลอดภัยในระหว่างการร่วมโครงการ ซึ่งผู้บรรยายได้พูดถึงอันตรายจากรังสี การป้องกันและเครื่องตรวจวัดรังสี จากนั้นจึงชี้แจงว่านักศึกษาที่ต้องทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีจะต้องได้รับการตรวจสุขภาพก่อนทำงาน และติด dosimeter ขนาดพกพาไว้กับตัวทุกครั้งเมื่อเข้า control area เพื่อตรวจสอบปริมาณรังสีที่ได้รับตลอดการทำงาน นอกจากนั้นยังมีการแนะนำเกี่ยวกับการใช้จักรยานอย่างปลอดภัยบนท้องถนน และวิธีปฏิบัติเมื่อเกิดอุบัติเหตุ หรือเหตุฉุกเฉินขึ้น

- <u>ROOT tutorial</u>

  ROOT เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งสามารถใช้ได้กับ big data processing, statistical analysis และใช้เพื่อแสดงผลข้อมูล ซึ่งในการบรรยายนี้ ผู้บรรยายยังได้อธิบายวิธีการใช้งานพื้นฐานของ ROOT พร้อมกับให้นักศึกษาได้ทำโจทย์ในการวิเคราะห์ข้อมูลแบบง่าย ๆ โดยจะใช้งานร่วมกับภาษา C++

- <u>Computing for Experiment</u>

  ในการบรรยายนี้ได้พูดถึงประวัติการใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในงานวิทยาศาสตร์ และแนะนำระบบประมวลผลข้อมูลขนาดใหญ่ของ GSI ที่ทุกกลามวิจัยสามารถส่งข้อมูลมาประมวลผลได้ โดยเครือข่ายซุปเปอร์คอมพิวเตอร์นี้จะอยู่ในอาคารที่ชื่อว่า Green Cube ซึ่งมีระบบหล่อเย็นช่วยถ่ายเทความร้อนเพื่อรักษาประสิทธิภาพการทำงานของคอมพิวเตอร์

- <u>Hadron Physics with Anti-Protrons</u>

  หัวข้อบรรยายนี้ถูกแบ่งเป็น 2 ครั้ง ครั้งแรกจะพูดถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ hadron spectroscopy โดยใช้ anti-protons และศึกษา exotic hadron หรือ unconventional hadron ส่วนการบรรยายครั้งที่ 2 จะเป็นส่วนเครื่องมือที่อยู่ในการทดลอง PANDA เป็น Multi-purpose detector system ที่ใช้ในการหา exotic particles ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในโครงการ FAIR ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

- <u>Atomic Physics</u>

  บรรยายเกี่ยวกับงานวิจัย atomic physics ที่ GSI ได้แก่ Experimental Storage Ring (ESR) ซึ่งเป็นส่วนกักเก็บไอออนและทำ ion cooling หรือการทำให้ลำไอออนมาจับกันเป็นกลุ่ม ๆ โดยเทคนิค laser cooling และ

ทำการ laser spectroscopy การทดลองที่ 2 คือ HITRAP facility ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้กักขังไอออนเพื่อทำการ spectroscopy ส่วนสุดท้ายผู้บรรยายได้เกริ่นถึงโครงการ SPARC ซึ่งจะเป็นโครงการหนึ่งใน FAIR ที่จะมีขึ้นต่อไปในอนาคต

- Nuclear Structure and Astrophysics

  การบรรยายนี้จะแบ่งเป็น 2 ครั้ง โดยครั้งแรกจะอธิบายเกี่ยวกับโครงการ NUSTAR (NUclear STructure Astrophysics and Reactions) ซึ่งเป็นโครงการซึ่งอยู่ในความร่วมมือของ FAIR ผู้บรรยายนี้ได้เล่าถึงความสนใจที่จะศึกษาการก่อกำเนิดของ exotic nuclei, การใช้ nuclear elastic scattering เพื่อระบุขนาดและ matter distribution และ exotica and spectroscopy ส่วนการบรรยายครั้งที่ 2 จะลงรายละเอียดเกี่ยวกับระบบการทดลอง

- Material Research

  ในการบรรยายนี้นำเสนอความน่าสนใจของ nanotechnology โดยกล่าวถึงประโยชน์ต่าง ๆ เนื่องจากวัสดุจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างออกไปเมื่อพิจารณาในระดับ nanoscale และวัสดุ nano material จะมีพื้นที่ผิวเยอะกว่าวัสดุที่มีขนาดใหญ่กว่า จากนั้นได้บรรยายถึงการสร้าง nano pore membrane โดยใช้การฉายรังสี และสารกัดกร่อน ซึ่ง nano pore membrane มีประโยชน์มากมายในเชิงอุตสาหกรรม และสามารถประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ได้อีกด้วย

- Impact to Society

  เป็นการบรรยายที่กล่าวถึงความสำคัญของงานวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม เพื่อสร้างแรงบันดาลใจให้กับนักศึกษาให้มุ่งทำงานวิจัยที่มีประโยชน์ต่อไปในอนาคต

- Tutorial: Scientific Writing/Latex Course

  เป็นการบรรยายวิธีการและโครงสร้างการเขียนงานทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งแนะนำการใช้ LATEX ซึ่งเป็นโปรแกรมการเขียนงานที่ออกแบบมาสำหรับงานด้านวิทยาศาสตร์หรือเทคนิคเฉพาะ ทำให้สะดวกต่อการจัดรูปแบบโครงสร้างของรายงาน อีกทั้งยังชี้แจงรายละเอียดของโครงสร้างรายงานที่จะใช้ในการเขียนรายงานการวิจัยท้ายโครงการ และแจกไฟล์ตัวอย่างเพื่อใช้เป็นแนวทางในการเขียนรายงาน

- Plasma Physics with Intense Ion Beams

  ผู้บรรยายเริ่มตั้งแต่การอธิบายความหมายของ plasma และคุณสมบัติของมัน จากนั้นก็อธิบายถึงการประยุกต์ใช้พลาสมาในด้านต่าง ๆ และเริ่มเข้าสู่การอธิบายถึงการศึกษาวิจัย plasma ที่ GSI ในหัวข้อ Plasma

Physics Experiments with ion Beams at HHT (High energy High Temperature) โดยจะใช้ Uranium beams เพื่อผลิต plasma ควบคู่กับ Warm Dense Matter / High Energy Density Matter (WDM/HEDM) และใช้ Proton beams เพื่อการวิเคราะห์ plasmas ที่มาจากแหล่งภายนอกหรือจาก HEDM

- Plasma Physics with Intense Laser Beams

  ผู้บรรยายได้เกริ่นถึงประวัติ พัฒนาการและการประยุกต์ใช้ laser จากนั้นผู้บรรยายได้นำเสนอเทคนิคการสร้าง femtosecond laser pulse ซึ่งเป็นเลเซอร์ที่สามารถมีกำลังสูงได้ถึง petawatt โดยเทคนิคนี้จะเรียกว่า Chirped-Pulse Amplification (CPA) ซึ่งอยู่ในความสนใจของโครงการ PHELIX ใน GSI อีกทั้งยังชี้ให้นักศึกษาเห็นว่า high peak-power lasers ก็เป็นอีกหนึ่งนวัตกรรมที่สามารถประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีเครื่องเร่งอนุภาคได้ และยังมีสิ่งที่น่าสนใจอีกมากมายที่ยังคงต้องศึกษาต่อไป

2. การเยี่ยมชมสถานที่

ระหว่างโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อน ณ สถาบันวิจัย GSI ได้จัดให้มีกิจกรรมการเยี่ยมชมส่วนงานวิจัยต่างๆ ภายในสถาบัน GSI ที่เกี่ยวข้องกับการทดลองที่โดดเด่นและมีความน่าสนใจ ได้แก่ UNILAC, Green Cube, HADES, CRYRING, SHIPTRAP และ FAIR

2.1 UNILAC

UNIversal Linear ACcelerator (UNILAC) เป็นเครื่องเร่งอนุภาคแบบเส้นตรงส่วนตั้งต้นสำหรับการเร่งอนุภาคที่มีประจุในแหล่งกำเนิดไอออน โดยมีเป้าหมายให้มีความเร็วอยู่ที่ประมาณร้อยละ 20 ของความเร็วแสง ก่อนจะส่งไปยังส่วนต่อไปของเครื่องเร่งแบบวงกลมซึ่ง ณ ที่นี้ คือ SIS18 ภายในประกอบด้วยส่วนที่เป็นแหล่งกำเนิดไอออน และส่วนควบคุมการทำงานของเครื่องเร่งอนุภาค

รูปที่ 1.1 UNILAC

2.2 Green Cube

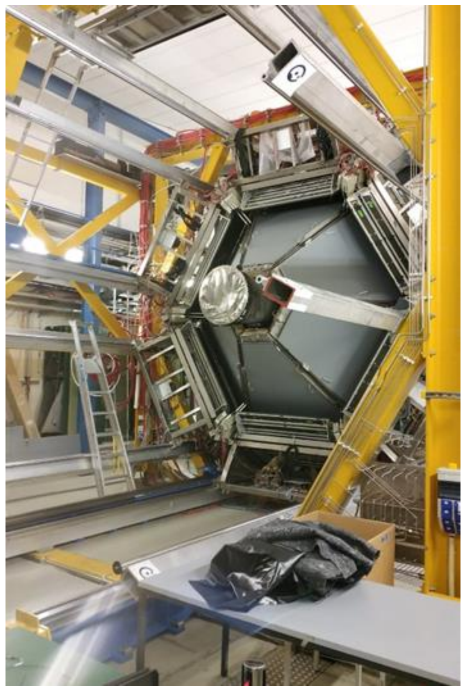
Green Cube เป็นอาคารศูนย์กลางในการดูแลรักษาเครือข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นส่วนของซุปเปอร์คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจัดการข้อมูลจำนวนมหาศาลภายในสถาบันทั้งการจัดเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลที่มีความซับซ้อน ภายในอาคารจำเป็นต้องมีระบบรักษาอุณหภูมิเพื่อรักษาสภาพการทำงานของเครือข่ายคอมพิวเตอร์นี้

(a) (b)

รูปที่ 1.2 (a) ตัวอย่างของแผงวงจรระบบคอมพิวเตอร์ (b) ส่วนโครงสร้างภายในอาคาร

2.3 HADES

HADES เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดอนุภาคที่เกิดจากการสลายตัว โดยมีหลักการทำงานแบบ Spectrometer ซึ่งอาศัยการมีพื้นที่หน้าตัดขนาดใหญ่จึงทำให้เพิ่มโอกาสในการตรวจจับอนุภาคได้ดีขึ้น ระบบหลักประกอบด้วย เช่น ตัวนำไฟฟ้ายิ่งยวด ระบบตรวจจับรังสี



รูปที่ 1.3 ส่วนหนึ่งของเครื่อง HADES

2.4 CRYRINGCRYRING เป็นวงแหวนกักเก็บอนุภาคที่มีความสามารถในการกักเก็บอนุภาคที่มีพลังงานครอบคลุมช่วงพลังงานของอนุภาคได้กว้าง คือ ทั้งช่วงพลังงานต่ำและช่วงพลังงานสูง จึงสามารถนำไปใช้ในการทดลองกับไอออนหนักชนิดใหม่ได้ ทั้งนี้ อุปกรณ์ส่วนนี้ยังเป็นอุปกรณ์ส่วนแรกที่ใช้ในการต่อขยายไปยังวงแหวนเร่งอนุภาคที่

ทางสถาบันกำลังก่อสร้าง เพราะ จะมีการตรวจสอบคุณสมบัติของอนุภาคบริเวณนี้ก่อนถูกส่งไปเร่งความเร็วต่อในวงแหวนขนาดใหญ่

รูปที่ 1.4 ส่วนหนึ่งของเครื่อง CRYRING

2.5 SHIPTRAP

SHIPTRAP เป็นกับดักไอออนใช้ในการตรวจวัดคุณสมบัติของไอออนหนักได้อย่างแม่นยำ เช่น มวลสเปกตรัม ปฏิกิริยาเคมีไอออน และการสลายตัวของนิวเคลียส ทั้งยังสามารถใช้ในการส่งนิวเคลียสของธาตุหลังยูเรเนียมให้แก่การทดลองอื่นๆ ได้ด้วย

2.6 FAIR (กำลังก่อสร้าง)

FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research) เป็นส่วนขยายต่อสำหรับใช้ในการเร่งอนุภาค มีลักษณะเป็นวงแหวนขนาดใหญ่ ใช้ในการเพิ่มศักยภาพและขีดความสามารถในการทดลองที่กว้างขึ้น ครอบคลุมหลายปัจจัยมากขึ้น ปัจจุบันกำลังอยู่ในระหว่างการก่อสร้าง

รูปที่ 1.5 สถาณที่ก่อสร้างสำหรับโครงการ FAIR

3. การส่งเล่มรายงานและนำเสนอผลการทำวิจัย

เมื่อนักศึกษาทำงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว สิ่งที่จะต้องทำต่อไปก็คือ การเขียนรายงานสรุปการทำวิจัย ซึ่งมีจำนวนหน้าไม่เกิน 4 หน้า โดยทาง GSI ได้เตรียมรูปแบบการเขียนรายงานไว้ให้เป็นตัวอย่าง นักศึกษาจะต้องเขียนรายงานตามรูปแบบที่ GSI กำหนดไว้ นักศึกษาทุกคนจะต้องส่งรายงานของตนเองไปให้นักศึกษาที่ดูแลการทำรูปเล่มภายในสัปดาห์ที่ 7 จากนั้นในสัปดาห์สุดท้าย นักศึกษาจะต้องนำเสนอผลจากการวิจัยให้กับนักศึกษาและนักวิจัยใน GSI โดยนักศึกษาแต่ละคนจะมีเวลา 25 นาที สำหรับการนำเสนอ โดยรวมเวลาสำหรับตอบคำถามจากผู้ฟัง

รูปที่ 1.6 ภาพระหว่างการนำเสนอผลการวิจัย

4. กิจกรรมแรลลีในเมืองดาร์มสตัต

กิจกรรมนี้เป็นกิจกรรมละลายพฤติกรรมที่จัดขึ้นในวันเสาร์ของสัปดาห์แรก เนื่องจากนักศึกษาเพิ่งเข้าร่วมกิจกรรมเพียงแค่ 5 วัน และยังรู้จักกันไม่ทั่วถึง กิจกรรมนี้จะแบ่งนักศึกษาเป็นกลุ่มละ 5 คน เพื่อทำภารกิจเดินรอบเมืองเพื่อตอบคำถามภายในเมืองดาร์มสตัตนี้ให้ได้ครบถ้วน ซึ่งมีรางวัลให้กับทุก ๆ กลุ่มที่มาเข้าร่วม

รูปที่ 1.6 ภาพนักศึกษาหลังจบกิจกรรมแรลลี

5. งานเลี้ยงบาร์บีคิว

งานเลี้ยงบาร์บีคิวเป็นกิจกรรมที่ให้นักศึกษาภาคฤดูร้อนทุกคนมีส่วนร่วมในการจัดงาน ทั้งเตรียมอาหาร เครื่องดื่ม และจัดเก็บของ นักศึกษา ติวเตอร์ และผู้บรรยายจะมาร่วมสังสรรค์กัน เพื่อกระชับความสัมพันธ์แก่นักวิจัยในองค์กร กิจกรรมนี้จัดขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 ตอนช่วงค่ำของวันพฤหัสบดี

รูปที่ 1.7 นักศึกษาที่กำลังช่วยกันย่างบาร์บีคิว

6. การแข่งขันฟุตบอลชิงถ้วย

กิจกรรมนี้จัดขึ้นในช่วงเช้าของวันเสาร์ที่ 31 สิงหาคม 2562 ซึ่งเปิดโอกาสให้นักศึกษาภาคฤดูร้อน นักวิจัยและเจ้าหน้าที่ใน GSI ร่วมแข่งขันฟุตบอลชิงถ้วยประจำปี

7. GSI sport club และ cinema club

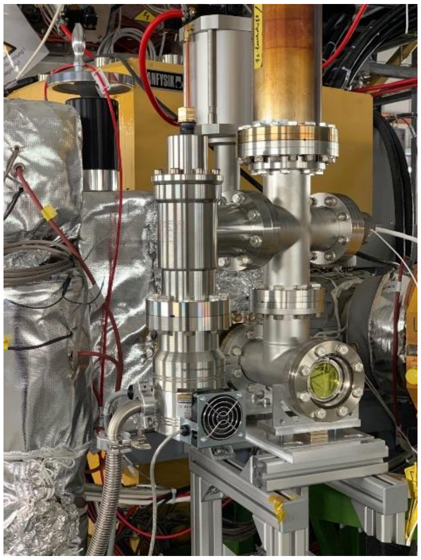
GSI sport club นั้นเป็นคลับที่นักวิจัยทุกคนใน GSI สามารถเข้าร่วมได้ ซึ่งมีกีฬาหลากหลายชนิดให้นักวิจัยได้เลือกเข้าร่วมหลังเวลา 16.00 น. เป็นต้นไป ตามเวลาที่สะดวก อาธิเช่น ปิงปอง, วอลเลย์บอล, ไอกิโด, เทนนิส, ฟุตบอล, ยิงธนูและโยคะ เป็นต้น ส่วน cinema club จะจัดขึ้นเวลา 18.00 น. ของวันพุธ เพื่อให้นักศึกษาได้มารับชมภาพยนต์ร่วมกัน

บทที่ 2 รายงานการวิจัยที่ทำร่วมกับ GSI

1. Preparation of Neutral Fragment Imaging for Stored Ions in CRYRING@ESR
โดย นายศุภโชค บัวรักษ์

โครงการสถาบันวิจัยแอนติโปรตอนและไอออน (Facility for Antiproton and Ion Research : FAIR) ที่อยู่ในระหว่างการดำเนินการก่อสร้างเพื่อขยายขอบเขตงานวิจัยของสถาบัน GSI โดยกลุ่มวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ CRYRING@ESR ซึ่งเป็นเครื่องเร่งอนุภาคพลังงานต่ำจะเป็นส่วนประกอบแรกที่ใช้ในการเตรียมออนุภาคเพื่อป้อนเข้าสู่ระบบเร่งอนุภาคและการทดลองที่ถูกต่อขยายออกไปโดย FAIR จึงมีความจำเป็นที่ต้องตรวจสอบคุณสมบัติและข้อมูลของอนุภาคก่อนส่งต่อไปยังส่วนขยาย จากการดำเนินการทดลองในระยะที่ผ่านมา พบว่า เกิดปัญหาอนุภาคที่ถูกเร่งในระบบไม่สามารถเคลื่อนที่ได้ครบรอบการทดลอง จึงเกิดปัญหาไม่สามารถตรวจวัดและจัดเก็บข้อมูลการทดลองได้ ทางกลุ่มนักวิจัยจึงมีความคิดในการออกแบบส่วนประกอบในการสังเกตพฤติกรรมของอนุภาคเหล่านั้น

ส่วนประกอบที่ใช้ในการสังเกตพฤติกรรมของอนุภาคที่ข้าพเจ้ามีส่วนร่วมในการออกแบบและจัดทำเป็นระบบถ่ายภาพเคลื่อนไหวเพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติของอนุภาคและปัญหาของระบบการเร่งอนุภาคต่อไป วัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ข้าพเจ้าได้รับจึงเป็นการ ออกแบบ ประกอบ และทดสอบระบบอย่างง่าย ก่อนนำไปประกอบร่วมกับเครื่องเร่งอนุภาคจริงต่อไป โดยในตอนท้ายของโครงการ ข้าพเจ้าได้รับแจ้งว่า ระบบอย่างง่ายที่ข้าพเจ้าได้ทำการออกแบบและทดสอบ ได้ถูกติดตั้งกับเครื่องเร่งอนุภาคเรียบร้อยแล้ว รายละเอียดการออกแบบ การทดสอบระบบอย่างง่าย และผลการทดลอง ได้ถูกเรียบเรียงในรายงานเชิงวิชาการในส่วนภาคผนวก



(a)

(b)

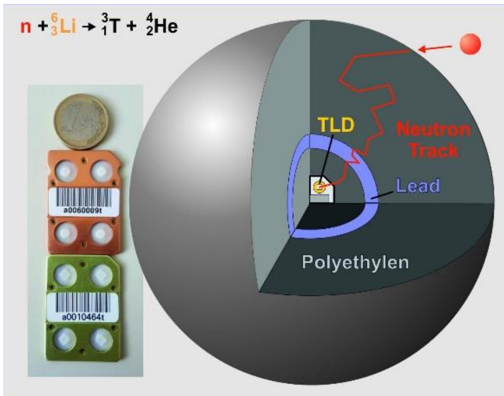
รูปที่ 2.1.1 (a) ระบบการทดลองอย่างง่าย (b) ระบบการถ่ายภาพอย่างง่าย

2. Monte Carlo Simulation for Radiation Protector โดย นางสาววริศรา จารุจินดา

ที่ GSI ขณะที่เครื่องเร่งอนุภาคเปิดใช้งานอยู่นั้น จะมีรังสีที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเร่งไอออนหนัก รวมถึงจากกระบวนการทดลองที่ใช้ลำไอออนหนัก จากรังสีทั้งหมดที่ถูกปลดปล่อยออกมานั้น นิวตรอนเป็นอนุภาคที่ให้ผลอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เพราะฉะนั้นในงานป้องกันรังสีจึงให้ความสำคัญกับการป้องกันอันตรายจากนิวตรอน ส่วนในช่วงระหว่างที่เครื่องเร่งอนุภาคไม่ได้เปิดใช้งานอยู่นั้น ก็มีกากกัมนตรังสีที่ปลดปล่อยรังสีแกมมาออกมา ซึ่งในการออกแบบการป้องกันอันตรายจากรังสีเหล่านี้ สิ่งที่จะต้องรู้คือพลังงานและปริมาณของรังสีที่ถูกปลดปล่อยออกมา หรือสเปกตรัม ในงานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์หลักคือการศึกษาเครื่องตรวจวัดสเปกตรัม 2 ชนิด ได้แก่ เครื่องตรวจวัดสเปกตรัมของนิวตรอน และเครื่องตรวจวัดสเปกตรัมของรังสีแกมมา โดยจะใช้โปรแกรมจำลองแบบมอนติคาโลมาใช้ในการทดสอบเครื่องก่อนจะใช้งานจริง

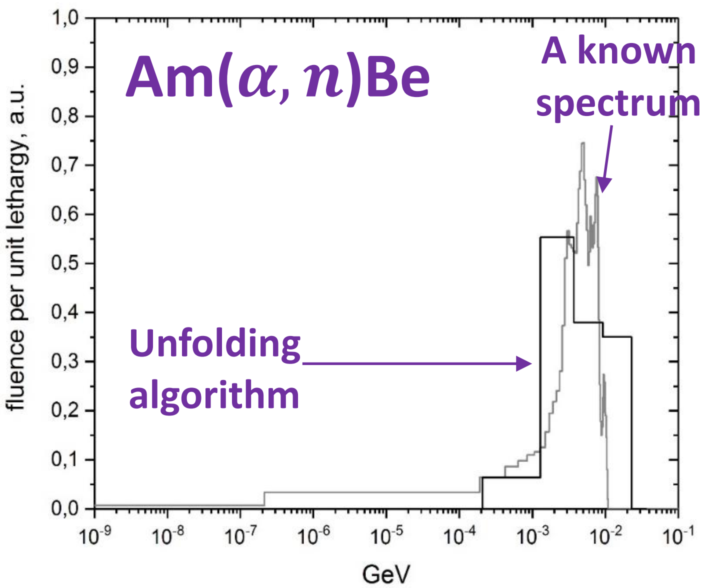
เครื่องตรวจวัดสเปกตรัมของนิวตรอนที่เราจะศึกษาก็คือ เครื่องตรวจวัดพลังงานนิวตรอนรูปทรงกลมของโบนเนอร์ (Bonner Sphere) ซึ่งสามารถตอบสนองต่อนิวตรอนได้ตั้งแต่นิวตรอนความร้อนจนถึงนิวตรอนพลังงานสูง ทำให้เครื่องชนิดนี้มีประโยชน์ในงานป้องกันรังสีนิวตรอนที่มาจากเครื่องเร่งอนุภาคซึ่งปลดปล่อยนิวตรอนพลังงานสูงออกมา ในการศึกษาเครื่องตรวจวัดชนิดนี้จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ 1. การจำลองการใช้ Bonner sphere เพื่อหาสเปกตรัมของของนิวตรอนจาก isotropic soruce คือ AmBe (Americium Beryllium) และ Cf (Californium) ด้วยโปรแกรมการจำลองแบบมอนติคาโลที่ชื่อ FLUKA 2. การทดลองหา calibration factor สำหรับ Bonner sphere ของ GSI ในส่วนการจำลอง ขั้นแรก เราหาฟังก์ชันการตอบสนองของ Bonner sphere ต่อนิวตรอนที่มีค่าพลังงานต่าง ๆ โดยการใช้ FLUKA จำลองการฉายนิวตรอนแบบ homogeneous source ไปยัง Bonner sphere ซึ่งฟังก์ชันการตอบสนองของ Bonner sphere นั้นจะมีพลังงานที่แปรเปลี่ยนอยู่ระหว่าง 0.001 eV จนถึง 100 GeV ขั้นตอนต่อไป เราจำลองการแผ่รังสีของ AmBe และ Cf ไปยัง Bonner sphere แล้วหาค่าการตอบสนองของ Bonner sphere นั้น จากผลการจำลองซึ่งได้ฟังก์ชันการตอบสนอง และค่าการตอบสนองต่อ isotropic source นี้ ในขั้นตอนต่อไป เราสามารถใช้ผลทั้ง 2 นี้ไปหาสเปกตรัมของ AmBe และ Cf ได้โดยวิธี Unfolding algorithm รูป 2.2.3 แสดงสเปกตรัมของ AmBe ที่ได้จาก unfolding algorithm เทียบกับสเปกตรัมที่จริง จะเห็นว่าสเปกตรัมทั้งสองมีความสอดคล้องกัน อีกส่วนหนึ่งคือการทดลองหา calibration factor ซึ่ง calibration factor คือ อัตราส่วนระหว่าง ambient dose equivalent กับ absorbed dose ในการหาค่านี้ ขั้นแรกเราคำนวณ ambient dose equivalent ณ ตำแหน่งของ Bonner sphere ซึ่งห่างจากแหล่งกำเนิดนิวตรอน 1 เมตร จากนั้นหา absorbed dose โดยการนำ Cf มาแผ่รังสีให้กับ Benner sphere เป็นเวลา 71.50 ชั่วโมง สำหรับ TLD cards แบบใหม่ และ 93.68 ชั่วโมง สำหรับ TLD cards แบบเก่า จากนั้นนำ

cards มาอ่านด้วยเครื่อง Harshaw TLD Reader Model 6600 Plus เพื่อให้ได้ค่า absorbed dose ที่สะสมอยู่ใน TLDs เมื่อได้ค่า dose ทั้งสองแล้ว เราจึงสามารถหา calibration factor ของ Bonner sphere เครื่องนี้ได้ โดยการคำนวณอัตราส่วนระหว่าง ambient dose equivalent กับ absorbed dose ซึ่งรายละเอียดของงานวิจัยอยู่ในภาคผนวก B



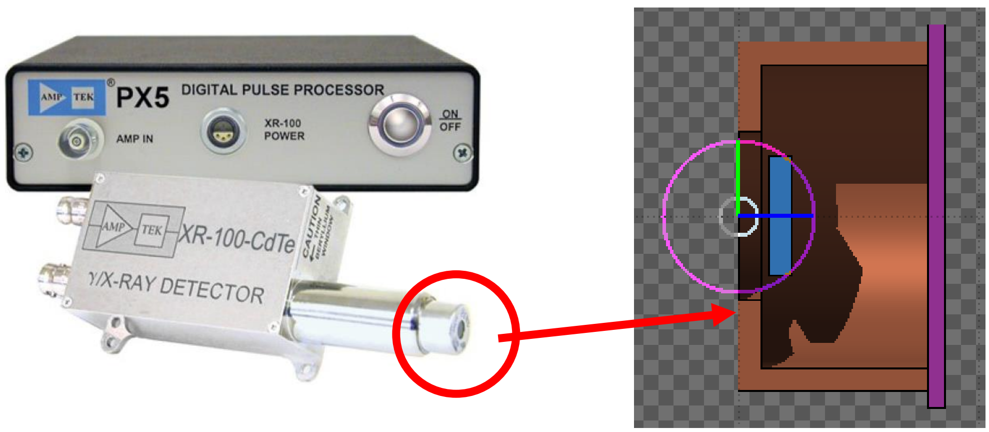
รูปที่ 2.2.1 องค์ประกอบของ Bonner sphere

รูปที่ 2.2.2 Bonner TLD set ที่มีใน GSI

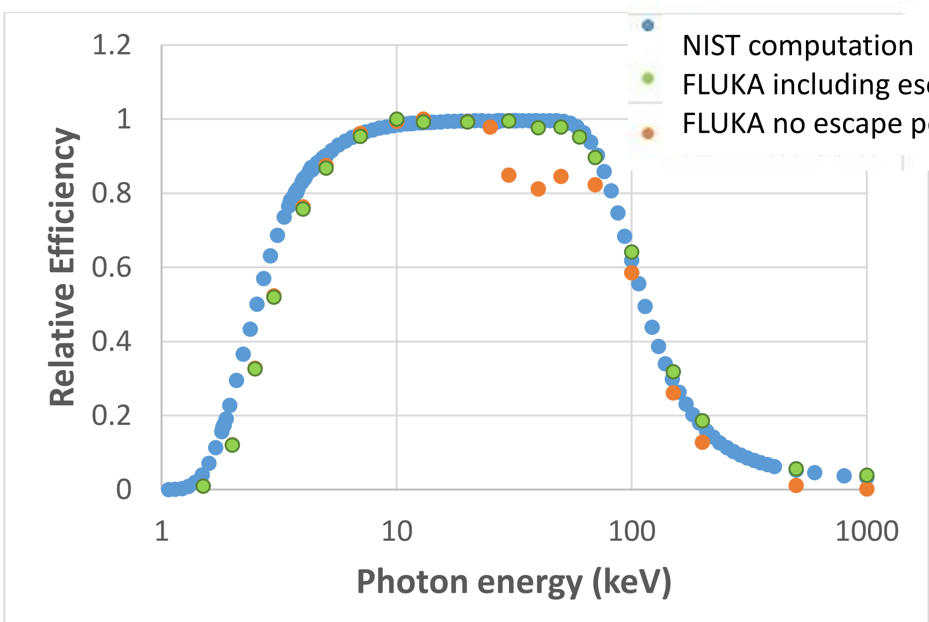


รูปที่ 2.2.3 การเปรียบเทียบสเปกตรัมของ AmBe จาก unfolding algorithm เปรียบเทียบกับสเปกตรัมจริง

สำหรับเครื่องตรวจวัดสเปกตรัมของรังสีแกมมาที่เราศึกษาก็คือ CdTe x-ray and gamma ray detector ซึ่งเป็นเครื่องที่ทางแผนกป้องกันรังสีต้องการจะสั่งซื้อมาใช้ในอนาคต เพราะฉะนั้นในงานส่วนนี้ข้าพเจ้าได้ใช้ FLUKA ในการหาประสิทธิภาพของเครื่องตรวจวัดเครื่องนี้ จากนั้นก็นำผลมาเทียบกับการคำนวณด้วย NIST absorption and transmission coefficient ผลปรากฏว่าประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองต่ำกว่าผลจากการคำนวณที่ช่วงพลังงาน 25 ถึง 80 keV ซึ่งเกิดจากผลของปรากฏการณ์ escape peak ที่เกิดในช่วงพลังงานนั้น ทำให้เรารู้ว่าสำหรับเครื่องตรวจวัดชนิดนี้ ปรากฏการณ์ escape peak เป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องคำนึง โดยเฉพาะที่ช่วงพลังงาน 25 ถึง 80 keV



รูปที่ 2.2.4 CdTe x-ray and gamma ray spectrometer และภาพจำลองหัววัดใน FLUKA



รูปที่ 2.2.5 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลองโดย FLUKA และคำนวณด้วย NIST coefficient

บทที่ 3 บันทึกประสบการณ์ระหว่างเข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อน GSI

1. นายศุภโชค บัวรักษ์

สัปดาห์ที่ 1 (20-27 กรกฎาคม)

- ก้าวแรกในยุโรป

หลังจากการเดินทางโดยเครื่องบินโดยสารเป็นเวลาเกือบ 14 ชั่วโมง ผมก็ได้มาถึงเยอรมนี ซึ่งนับเป็นครั้งแรกที่ได้มายุโรป ยอมรับว่าสภาพแวดล้อมหรือบรรยากาศโดยรอบของบ้านเมืองต่างกับเอเชียค่อนข้างชัดเจน ตั้งแต่ระบบขนส่งสาธารณะที่ค่อนข้างเป็นระบบ ต้องมีการซื้อตั๋วแยกประเภท เช่น เหมารายวัน เหมารายกลุ่ม 5 คน หรือแม้กระทั่งตั๋วที่ใช้เฉพาะเส้นทาง แต่โดยรวมแล้วต้องยอมรับว่าค่าใช้จ่ายสำหรับการเดินทางที่นี่มีราคาค่อนข้างสูง หลังจากนั้นก็ได้เดินทางไปยังที่พักในเมือง Darmstadt ซึ่งใช้เวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ในการเดินทางจากสนามบิน Frankfurt ไปยังที่พัก โดยที่พักจะเป็นโรงแรมที่ทางโครงการได้เช่าเหมาสำหรับนักศึกษาที่เข้าร่วมกิจกรรมทุกคน โดยห้องพักที่ผมได้จะเป็นห้องพัก 3 คน โดยมีเพื่อนต่างชาติจากจอร์แดนและอิตาลี โดยที่ทั้งสองคนได้เดินทางมาถึงวันที่สองถัดจากผม 1 วัน

แน่นอนว่ากิจกรรมแรกที่ผมทำ คือ การสำรวจเมืองใกล้ๆ แหล่งซื้อของ เช่น ร้านสะดวกซื้อ และแหล่งสินค้าพวกอาหาร ของสด โชคดีที่ผมรู้จักเพื่อนคนไทยที่มาทำวิจัยระยะสั้นในสถาบันนี้ จึงได้รับการต้อนรับโดยการไปทานอาหารมื้อแรกของการมาถึง และแนะนำแหล่งหาของสด ซึ่งเป็นความประทับใจของผมอย่างแรกเลย คือ เราสามารถซื้อของสดได้จากซุปเปอร์มาร์เกตที่สินค้ามีคุณภาพ สะอาด และที่สำคัญคือราคาถูกหากเทียบกับการซื้ออาหารสำเร็จรูป

- เริ่มกิจกรรม

วันจันทร์แรกหลังจากเดินทางมาถึง แน่นอนว่าคือเวลาปกติในการทำงาน และก็เป็นวันแรกที่นักศึกษาทุกคนจะได้เริ่มโครงการที่สถาบัน เช้าวันแรกหลังจากทานอาหารเช้าที่ทางโรงแรมเตรียมไว้ให้ทุกวันแล้ว ก็มีรถประจำทางมารับเพื่อเดินทางไปยังสถาบัน ยอมรับว่าผมรู้สึกตื่นเต้นมาก เพราะ นี่เป็นหนึ่งในสถาบันวิจัยที่มีความสำคัญระดับแนวหน้าของยุโรปที่มีส่วนวิจัยคุณภาพสูง และเทคโนโลยีขั้นสูง การต้อนรับโดยอาจารย์ที่รับผิดชอบภาพรวมของโครงการ และแนะนำการใช้ชีวิตที่สถาบัน กิจกรรมทั้งภาคบรรยายและปฏิบัติของแต่ละสัปดาห์ ซึ่งกิจกรรมส่วนใหญ่ของสัปดาห์แรกจะเป็นการเยี่ยมชมหน่วยวิจัยต่างๆ ภายในสถาบัน รวมทั้งกิจกรรมอื่นๆ และสำคัญที่สุด

คือการทำวิจัยร่วมกับกลุ่มนักวิจัยของสถาบันตามที่ได้รับการจัดตามความเหมาะสม ผมได้เจอกับอาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยและนักศึกษาปริญญาเอกที่จะดูแลตลอดระยะเวลา 7 สัปดาห์หลังจากนี้ เราได้พูดคุยถึงรายละเอียดงานคร่าวๆ รวมทั้งแรงบันดาลใจที่ทำงานนี้ และได้พาผมไปดูเครื่องเร่งอนุภาคที่ผมจะต้องไปทำงานที่นั่น มาถึงจุดนี้ผมรู้สึกภูมิใจในตัวเอง เพราะที่ผ่านมาผมหาโอกาสที่จะได้ทำงานวิจัยกับเครื่องมือจริง อุปกรณ์จริง มาตลอด

นอกจากนั้นนักศึกษาทุกคนจะได้รับจักรยานประจำตัวของแต่ละคนเพื่อใช้ในการเดินทางมายังสถาบันในทุกเช้า ซึ่งเป็นอีกความประทับใจมาก เพราะบรรยากาศข้างทางเป็นธรรมชาติ ทุ่งนาและสวน

สัปดาห์ที่ 2 (28 กรกฎาคม – 3 สิงหาคม)

- ฟังบรรยาย

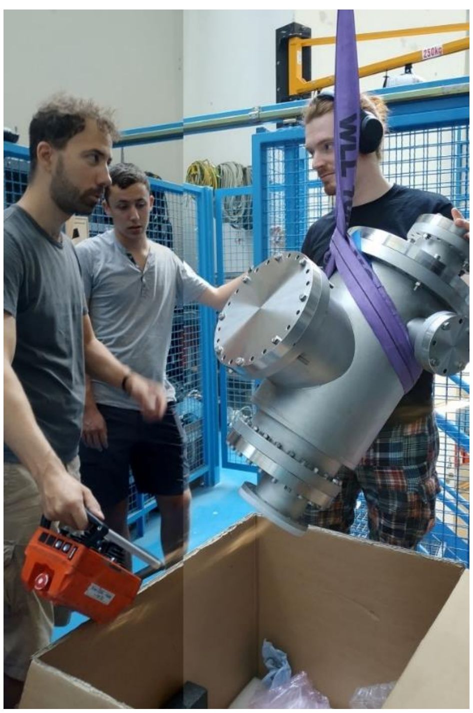
สัปดาห์นี้ยังคงเน้นที่การฟังบรรยาย แต่เป็นขอบข่ายงานวิจัยที่ผมให้ความสนใจเป็นอย่างมาก นั่นก็คือฟิสิกส์ดาราศาสตร์ แล้วก็ไม่ทำให้ผมผิดหวังเลยเพราะหนึ่งในหัวข้องานวิจัย คือ การวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนา

เทคโนโลยีเพื่อช่วยเหลือนักบินอวกาศ เช่น การนอนหลับเป็นเวลานานเพื่อลดการใช้พลังงาน สิ่งที่สำคัญที่สุดคือการได้ฟังบรรยายภาคภาษาอังกฤษในหลากหลายสาขาวิชา เนื่องจากผมได้รับทุนการศึกษาต่อปริญญาโท ณ ประเทศฝรั่งเศส ซึ่งเป็นหลักสูตรภาคภาษาอังกฤษ การได้ฟังบรรยายถือเป็นโอกาสในการปรับตัวสำหรับการเรียนต่อได้เป็นอย่างดี

- ระหว่างที่รอภาระงานหลัก

นอกจากการฟังบรรยายทุกวันแล้ว แน่นอนว่ากิจกรรมที่สำคัญที่สุดคือการทำงานวิจัย เพียงแต่ว่าอาจารย์ที่รับผิดชอบดูแลผมแจ้งว่า จะต้องรออุปกรณ์ที่จำเป็นในใช้ในการวิจัยก่อน ผมจึงได้มีโอกาสไปร่วมการทดลองกับกลุ่มวิจัยฟิสิกส์อะตอม ที่กำลังถอดอุปกรณ์จากเครื่องมือวิจัย เพื่อทำการปรับปรุงบางส่วนให้มีความทันสมัยมากขึ้น รองรับงานวิจัยที่กว้างขึ้น ซึ่งในงานนี้จะเป็นการได้ลงมือลงแรงจริง ผมจะต้องใช้ทักษะงานช่าง การใช้อุปกรณ์งานช่าง และที่สำคัญคือผมได้มีส่วนร่วมในการวิเคราะห์ถึงปัญหาและการแก้ไข ออกแบบระบบระหว่างการดำเนินงาน ประสบการณ์ในส่วนตรงนี้ได้มีส่วนช่วยให้ผมได้รับภาระงานในการออกแบบระบบทดลองอย่างง่ายในเครื่องเร่งอนุภาคในเวลาต่อมา

งานวิจัยในส่วนนี้เป็นการวิเคราะห์หาธาตุจากการสร้างอิเล็กตรอนจากขั้วหลอดไฟ โดยมีความสัมพันธ์กับความเข้มของสนามแม่เหล็ก ขนาดของกระแสไฟที่จ่ายให้กับระบบ หลังจากนั้นทำการเก็บข้อมูลแล้วนำมาวิเคราะห์ว่าผลการทดลองแต่ละชุดตัวแปรให้ธาตุอะไรออกมา การทดลองนี้เป็นการประยุกต์หลักการทางฟิสิกส์อย่างง่าย หากแต่ให้ประสบการณ์ได้ครอบคลุมหลายด้าน ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญของนักฟิสิกส์ทดลอง



สัปดาห์ที่ 3 (4 – 10 สิงหาคม)

- งานหลักที่รอคอย

หลังจากที่รออุปกรณ์ที่จะใช้สำหรับงานวิจัยมาหนึ่งอาทิตย์ ในที่สุดอุปกรณ์ก็ถูกส่งมาที่สถาบัน เนื่องจากภาระงานที่ได้รับคือการออกแบบระบบอย่างง่ายเพื่อใช้ทดสอบหาพฤติกรรมของอนุภาคที่ถูกเร่งในเครื่องเร่งอนุภาค เพราะ จากข้อมูลการทดลองในหลายปีที่ผ่านมา พบว่า เครื่องเร่งอนุภาคไม่สามารถรักษาวงโคจรของการเคลื่อนที่ของอนุภาคไว้ได้ นักวิจัยในกลุ่มนี้จึงมีความต้องการจะหาคำตอบว่าเกิดอะไรขึ้นภายในเครื่องเร่งอนุภาค โดยปัญหาที่สำคัญคือ การไม่สามารถมองเห็นได้ว่ามีสิ่งใดเกินขึ้น กุญแจสำคัญของการแก้ปัญหานี้คือการหาสิ่งที่ช่วยให้มองเห็นได้ดีขึ้น ดังนั้น สัปดาห์นี้ผมใช้เวลาแทบทุกชั่วโมงการทำงานไปกับการออกแบบระบบอย่างง่ายและทดสอบอุปกรณ์ที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการมองเห็นได้ง่ายขึ้น เช่น กระจกชนิดต่างๆ สารประกอบที่ช่วยให้ฉายภาพได้ดีขึ้น และออกแบบระบบการทดลองอย่างง่ายภายนอกเครื่องเร่งอนุภาค เพราะเราไม่สามารถทำการทดลองจริงกับเครื่องเร่งอนุภาคโดยตรงได้ ในส่วนการออกแบบ ผมได้เริ่มต้นตั้งแต่การวาดแบบของตัวยึดแทบทุกชิ้น เหล็กทุกท่อน และส่งไปให้ฝ่ายช่างทำการตัดเชื่อม แน่นอนว่าเป็นอีกครั้งที่ผมต้องรอรับอุปกรณ์เหล่านั้น

- ความประทับใจ

หนึ่งในกิจกรรมสัปดาห์นี้คือการฟังบรรยายเคล็ดลับการนำเสนอเชิงวิทยาศาสตร์อย่างไรให้มีความน่าสนใจและผู้ฟังเข้าใจได้ง่าย โดยส่วนที่ผมรู้สึกประทับใจมากคือการเห็นถึงความแตกต่างของลักษณะการพูดจะให้ความรู้สึกแตกต่างกันออกไปของผู้ฟัง เพราะแม้กระทั่งผมเองก็คล้อยตามบางเคล็ดลับและรู้สึกสนใจตามไปได้โดยง่าย นั่นแสดงว่า ต่อให้เนื้อหาที่กำลังพูดมีความยากเพียงใดก็สามารถใช้เทคนิคในการพูดให้ฟังง่าย และชวนให้ฟังชวนให้คิดตามไปด้วยได้

อีกหนึ่งสิ่งที่ประทับใจ คือ ผมได้มีโอกาสทำข้าวผัดและผัดหมี่ให้กับเพื่อนค่าย ในโอกาสที่มีเพื่อนคนหนึ่งกำลังจะกลับไปเรียนต่อ ซึ่งผมก็ได้เตรียมวัตถุดิบ โดยมีเพื่อนคนอื่นๆ ช่วยกันออกค่าวัตถุดิบให้ด้วย หลังจากที่ได้ทำอาหารครั้งนี้ ก็มีอีกหลายครั้งที่ผมได้ทำอาหารสำหรับงานสังสรรค์เล็กๆ ในวันหยุดแทบทุกสัปดาห์

สัปดาห์นี้ผมและเพื่อนๆ บางคนในค่าย ชวนกันไปเที่ยวในเมือง Frankfurt ซึ่งมีจัดงานวัฒนธรรมญี่ปุ่นพอดี ก็เลยลองชวนกันไปหาของเอเชียทานกัน ด้วยความที่ผมเองก็ชอบวัฒนธรรมญี่ปุ่นจึงตัดสินใจไปอย่างไม่ลังเล และก็ได้ไปหารสชาติเอเชียให้พอหายคิดถึงได้บ้างด้วย ในงานยังมีกิจกรรมเกี่ยวกับการ์ตูนอนิเมชันจากญี่ปุ่น เช่น การแต่งตัวเป็นตัวละครต่างๆ และสินค้าที่ระลึก แต่ด้วยความที่ผมไม่ค่อยใช้เงินกับเรื่องทำนองนี้เท่าไร จึงปลอดภัยจากการใช้เงินตรงส่วนนี้มาได้ไม่ลำบากมากนัก

สัปดาห์ที่ 4 (11 – 17 สิงหาคม)

- อุปกรณ์พร้อม เริ่มลองผิดลองถูก

หลังจากที่ส่งแบบเหล็กและชิ้นส่วนสำหรับยึดไปให้ฝ่ายช่างกลึงตัดให้ วันจันทร์ของสัปดาห์นี้ก็ไปรับของมาประกอบรวมกัน งานตรงนี้ดูคล้ายกับการเล่นตัวต่อที่ต้องต่อแต่ละชิ้นเล็กๆ ประกอบรวมกันให้เป็นโครงสร้างของระบบเพื่อใช้วาง อุปกรณ์การทดลอง เช่น กล้องความละเอียดสูงเพื่อใช้บันทึกภาพ อุปกรณ์สำหรับปรับระยะของธาตุกัมมันตรังสี อีกทั้งยังมีอุปกรณ์อื่นสำหรับควบคุมระบบ เช่น อุปกรณ์จ่ายความต่างศักย์ไฟฟ้า เครื่องปั๊มสำหรับสภาพสุญญากาศ เป็นต้น แต่อีกส่วนที่สำคัญ คือ ธาตุกัมมันตรังสี เนื่องจากงานวิจัยนี้จำเป็นจะต้องใช้ธาตุกัมมันตรังสีสำหรับการเป็นตัวกำเนิดอนุภาคในระบบอย่างง่ายนี้ แน่นอนว่าการเตรียมธาตุกัมมันตรังสีไม่สามารถทำได้ด้วยตัวผมเอง จำเป็นจะต้องขอความช่วยเหลือจากผู้เชี่ยวชาญเฉพาะ แต่ผมก็ได้รับโอกาสในการเข้าไปเก็บเกี่ยวประสบการณ์การเตรียมธาตุกัมมันตรังสีอย่างใกล้ชิด หลังจากนั้นก็ได้เวลาประกอบทุกอย่างเข้าด้วยกัน ซึ่งผมจะต้องลงมือทำเองทั้งหมดโดยมีพี่นักศึกษาปริญญาเอกคอยให้คำปรึกษาแต่ละขั้นตอนอยู่ตลอดเวลา เนื่องจากเป็นงานที่เกี่ยวข้องกับธาตุกัมมันตรังสี จึงต้องมีความระมัดระวังสูง ผมใช้เวลาสองวันในการประกอบทุกชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน แล้วเริ่มทำการทดลองครั้งแรก การทดลองเริ่มจากการสร้างสภาพสุญญากาศให้กับระบบโดยการไล่เอาอากาศที่อยู่ภายในระบบเดิมออกโดยใช้ปั๊มสุญญากาศ ในส่วนนี้จะต้องทิ้งไว้อีกสองวันโดยประมาณ นั่นหมายความว่าผมได้เห็นผลการทดลองแรกก็เข้าวันศุกร์เข้าไปแล้ว และเป็นเรื่องธรรมดาที่ผลการทดลองแรกๆ จะไม่ประสบความสำเร็จเท่าไรนัก และการทดลองของผมก็เป็นเช่นนั้น นั่นคือผมไม่สามารถเก็บผลการทดลองได้อย่างชัดเจนมากนัก นั่นทำให้ผมและพี่นักศึกษาปริญญาเอกต้องหาสาเหตุเพื่อวางแผนใหม่อีกครั้งสำหรับอาทิตย์ต่อไป

- จะทำอะไรที่คนอื่นทำมาเป็น 20 ปีไปแล้วเพื่ออะไร

จากข้อความที่ขึ้นนำไว้ ฟังเหมือนว่าจะเป็นข้อคิดอะไรสักอย่าง ถูกต้องแล้วครับ นี่เป็นคำที่อาจารย์ที่ปรึกษาได้พูดกับผม เนื่องจากผมได้ถามเขาว่า จากปัญหาที่พวกเราตั้งเป็นโจทย์วิจัยกัน ในอดีตเคยมีวิธีการศึกษาหาสาเหตุด้วยวิธีการหนึ่งซึ่งเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมมานานแล้ว จนดูเหมือนจะเป็นวิธีที่ดูง่ายกว่าที่จะได้ผลการทดลองออกมา แต่แน่นอนว่าอาจจะแตกต่างกับวิธีการที่พวกเราได้ออกแบบกันขึ้นมาใหม่ และนั่นก็คือสาเหตุสำคัญสำหรับการเป็นนักวิจัย คือการสร้างสรรค์หาวิธีการใหม่หรือสิ่งใหม่ ซึ่งบางครั้งอาจไม่ได้ดีกว่าวิธีการเดิมเสมอไปแต่ก็จำเป็นที่จะต้องทดลองหาคำตอบ เพราะหากพบวิธีการใหม่ที่ดีกว่า ได้ผลการทดลองที่มีคุณภาพกว่าก็จะถือเป็นความสำเร็จที่นอกเหนือจากความรู้ที่ได้รับแล้ว คือการได้ผลลัพธ์ที่เป็นเชิงประจักษ์ฝากไว้ให้กับวงการงานวิจัยต่อไปในวันข้างหน้า สู่การพัฒนาเรื่องอื่นๆ ได้อีกด้วย ความคิดสร้างสรรค์และความกล้าที่จะทำในสิ่งที่เหมาะสม จึงเป็นอีกหนึ่งแง่คิดสำหรับการเป็นนักวิจัยที่ดีที่ผมได้รับ

สัปดาห์ที่ 5 (18 – 24 สิงหาคม)

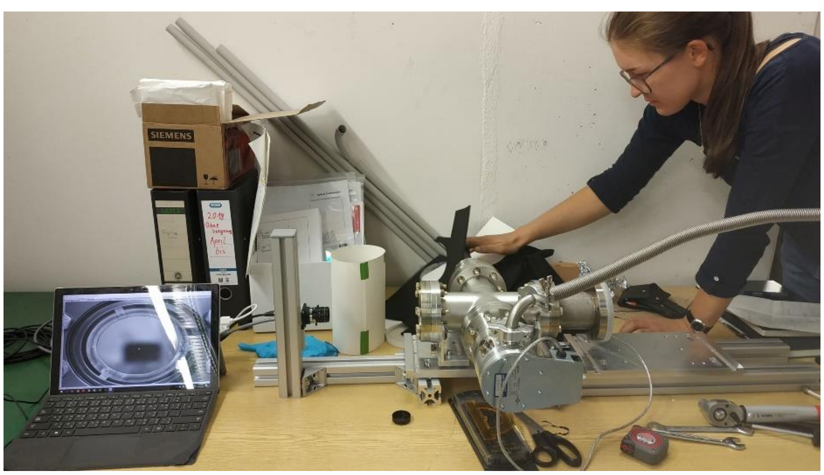
- แผนใหม่เริ่มกันใหม่

หลังจากพบว่าการทดลองชุดแรกไม่ให้ผลการทดลองที่ชัดเจนมากนัก คือไม่สามารถถ่ายภาพพฤติกรรมที่เป็นการตกกระทบและเรืองแสงบริเวณกระจกได้ และมีการคุยกันใหม่เรื่องการปรับปรุงระบบ เช่น เพิ่มความเป็นสุญญากาศให้กับระบบมากขึ้น ปรับระยะห่างของแหล่งกำเนิดอนุภาคให้ใกล้กับกระจกมากขึ้น รวมทั้งปรับให้ส่วนการถ่ายภาพมีแสงรบกวนให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ซึ่งก็สามารถที่พอจะถ่ายภาพได้แล้ว แต่ก็ยังไม่ชัดเจนพอที่จะนำไปวิเคราะห์เชิงลึกได้ จึงสันนิษฐานว่า กล้องถ่ายภาพที่ใช้อาจจะมีข้อจำกัดในการรับแสง เนื่องจากความเข้มแสงที่วัดได้ค่อนข้างต่ำ เราจึงมีความคิดที่จะลองกลับไปใช้วิธีการเดิมที่ถูกใช้มาก่อน คือ การตรวจวัดสัญญาณที่ได้จากการกระทบของอนุภาคซึ่งมีความละเอียดสูง เพื่อที่จะนำผลการทดลองทั้งสองมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์เชิงข้อมูลว่ามีความสอดคล้องหรือไม่อย่างไร แน่นอนว่าจะต้องรื้อระบบที่ประกอบไว้ออกแทบทุกส่วน เนื่องจากระบบที่ออกแบบไว้เป็นระบบปิดเพื่อป้องกันแสงรบกวนจากภายนอก หลังจากที่เปลี่ยนอุปกรณ์ตรวจวัดแล้ว จึงทำ

การเก็บข้อมูลอีกครั้ง แต่ครั้งนี้ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเชิงปริมาณ ซึ่งต้องใช้จำนวนข้อมูลปริมาณมากเพื่อความแม่นยำที่สูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในเชิงสถิติ ผมจึงต้องนั่งเก็บข้อมูลประมาณวันละ 6 ชั่วโมง ซึ่งหลังจากได้ข้อมูลมาแล้ว ทุกๆ วันผมจะต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบแนวโน้มความถูกต้อง เพราะหากพบว่าข้อมูลที่ได้มามีลักษณะไม่สมเหตุสมผล จะต้องทำการตรวจวัดใหม่อีกครั้งเพื่อตรวจสอบ และหลังจากนั้นจึงนำผลการทดลองมาวิเคราะห์หาข้อสรุปถึงความสัมพันธ์ระหว่างผลการทดลองเชิงคุณภาพที่ได้จากการถ่ายภาพ และผลการทดลองเชิงปริมาณที่ได้จากการตรวจวัดสัญญาณไฟฟ้าต่อไป

- ทุกอย่างที่ต้องรอคอย (มัก) ให้ผลลัพธ์ที่คุ้มค่าเสมอ

จะได้เห็นได้ว่า ภาระงานที่ผมได้รับมอบหมายจะมีข้อสังเกตคือจะต้องมีการรอเสมอ ด้วยความที่ทุกอย่างเป็นการเริ่มต้นใหม่ ตั้งแต่การวางแผน คุยปรึกษากัน จนไปถึงการจัดหาอุปกรณ์ ต่างกับกลุ่มวิจัยอื่นที่เพื่อนคนอื่นๆ ได้ไปร่วมวิจัยที่เขามีอุปกรณ์และแผนการทดลองที่คล้ายคลึงกับการทดลองเดิมที่ผ่านมาของทางสถาบันมาก่อนแล้ว ยอมรับว่ามีบางครั้งที่ผมรู้สึกกังวลใจที่การดำเนินงานเป็นไปด้วยความล่าช้า และที่สำคัญคือผลการทดลองยังไม่เป็นที่น่าพึงพอใจมากนักในมุมมองของผม พี่เอสเธอร์ที่เป็นนักศึกษาปริญญาเอกที่คอยดูแลผมตลอดมักจะดูออกว่าผมมีความกังวลในส่วนนี้บ่อยๆ ซึ่งจะคอยบอกผมอยู่เสมอว่าการทำงานวิจัยต้องอาศัยความอดทนและไม่จำเป็นต้องรีบร้อน งานวิจัยจริงๆ บางครั้งอาจต้องใช้เวลาหลายเดือนหรือหลายปี แต่ที่สำคัญคือการที่นักวิจัยเองจะต้องแบ่งเวลาที่จะทำงานและอย่าลืมที่จะใช้ชีวิตปกติ พักผ่อน และแง่มุมอื่นๆ ในชีวิตประกอบกันไปด้วย



สัปดาห์ที่ 6 (25 – 31 สิงหาคม)

- ผลการทดลองที่เริ่มยอมรับได้

สัปดาห์นี้เป็นสัปดาห์ที่ค่อนข้างจะกดดันพอสมควร เนื่องจากเวลาที่เหลืออยู่ค่อนข้างจำกัดแล้ว หลังจากที่ได้ผลการทดลองจากสองวิธีการที่ได้กล่าวถึงไปแล้วนั้น จึงเป็นช่วงเวลาที่จะต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูล ตั้งแต่การวิเคราะห์หาค่าเชิงสถิติจากผลการทดลองซ้ำหลายๆ ครั้ง หาแนวโน้มระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามโดยใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งในขั้นตอนนี้ผมค่อนข้างมีความถนัดพอสมควรเนื่องจากมีประสบการณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงตัวเลขจากผลการทดลองเกี่ยวกับเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ฟิวชันถึงสองการทดลองใหญ่ ชุดข้อมูลจำนวนไม่กี่พันในกรณีนี้จึงนับว่าเป็นเรื่องที่ค่อนข้างไม่ลำบากมากนัก แต่ส่วนที่ยากสำหรับงานนี้คือการวิเคราะห์ภาพถ่ายแต่ละกรณีและทำการจับคู่กับผลการทดลองเชิงตัวเลขที่ได้ว่า มีความสอดคล้องกันอย่างไร เช่น ผลจากการตรวจนับจำนวนอนุภาคที่แปรผลเป็นสัญญาณไฟฟ้าให้ค่าเป็นตัวเลขออกมาสัมพันธ์อย่างไรกับความสว่างแต่ละจุดบนภาพที่ได้จากการบันทึกด้วยกล้องความละเอียดสูง ถึงจะใช้คำว่าความละเอียดสูงแต่ก็ปฏิเสธไม่ได้ที่จะกล่าวว่า ภาพที่ได้ยังคงมีความยากในวิเคราะห์พอสมควร อย่างไรก็ตาม ก็ยังมีบางกรณีที่ได้ผลลัพธ์ชัดเจนมากพอที่จะสรุปได้ว่า ระบบอย่างง่ายที่ผมได้ออกแบบขึ้นมาสามารถตอบได้ว่า ระบบถ่ายภาพลักษณะทำนองเดียวกันนี้สามารถนำไปใช้กับการเก็บข้อมูลร่วมกับระบบจริงในเครื่องเร่งอนุภาคได้ จึงเป็นอีกความภูมิใจที่ผมในฐานะนักศึกษาปริญญาตรีสามารถมีส่วนร่วมกับงานวิจัยของสถาบันชั้นนำของยุโรปได้

- เริ่มงานเขียนรายงาน

หลังจากที่ทำการทดลอง เก็บผลการทดลอง และวิเคราะห์ผลการทดลอง หนึ่งในขั้นตอนสุดท้ายของการทำวิจัยร่วมกับกลุ่มวิจัยที่นี่ คือ การเขียนรายงานเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นลักษณะงานเขียนที่ไม่ต่างกับการเขียนผลงานตีพิมพ์หรือที่เรียกกันติดหูว่า paper ส่วนตัวผมเคยมีประสบการณ์ในการเขียนเล่มโครงงานทางฟิสิกส์สำหรับระดับปริญญาตรีเป็นภาษาอังกฤษมาก่อน แต่ยอมรับว่าครั้งนี้ค่อนข้างที่จะยากกว่าพอสมควร นอกจากมีเวลาที่ค่อนข้างกระชั้นชิดแล้ว ยังมีเรื่องของการที่จะต้องเขียนข้อมูลหลายอย่าง เช่น ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ผลการทดลองและการวิเคราะห์ ให้อยู่ในพื้นที่จำกัดไม่เกินจำนวน 4 หน้ากระดาษ นั่นคือ ผมจะต้องเน้นเนื้อหาที่ค่อนข้างสำคัญแต่ตรงประเด็น ตีความได้ง่ายต่อการเข้าใจ รวมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของการใช้ภาษาเขียน แต่นับเป็นอีกหนึ่งประสบการณ์ที่ดี เพราะจะได้เห็นกระบวนการตั้งแต่เริ่มจนจบในการทำงานวิจัย คือ หลังจากมีผลการทดลองแล้ว จะต้องทำการเผยแพร่ให้กับสาธารณะเพื่อให้เกิดประโยชน์ในเชิงวิชาการต่อไป ประสบการณ์เหล่านี้แน่นอนว่า หากเลือกเดินบนเส้นทางของการเป็นนักวิจัยทางวิทยาศาสตร์แล้วจะต้องได้ใช้เป็นปกติอย่างแน่นอน

สัปดาห์ที่ 7 (1 – 7 กันยายน)

- ปารีส เมืองแห่งความวุ่นวาย

ถูกต้องแล้วครับ หลังจากที่ผมได้ส่งรายงานวิจัยให้กับอาจารย์ที่ปรึกษาเรียบร้อยแล้ว ผมมีความเป็นที่จะต้องเดินทางมายังเมืองปารีส ประเทศฝรั่งเศส เพื่อทำการลงทะเบียนเรียนและรายงานตัวกับทางมหาวิทยาลัยในการศึกษาต่อระดับปริญญาโท ผมได้รับทุนจากสถานทูตฝรั่งเศสประจำประเทศไทย หรือที่ทั่วไปรู้จักกันว่า ทุน Franco-Thai ในการศึกษาต่อในสาขาฟิสิกส์ ซึ่งผมมีแผนเน้นไปที่ฟิสิกส์เกี่ยวกับพลาสมา และนิวเคลียร์ฟิวชัน ซึ่งเป็นสาขาที่กำลังได้รับความสนใจในวงกว้างทั่วโลก เนื่องจากปัญหาสภาพแวดล้อมและการขาดแคลนของพลังงานที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ประเทศไทยก็มีแผนในงานวิจัยในสาขานี้อยู่เช่นกัน แต่การมาเยือนฝรั่งเศสในครั้งแรกของผมยอมรับว่าเป็นความรู้สึกที่กล้าๆ กลัวๆ พอสมควร เนื่องจากปารีสเป็นเมืองใหญ่ที่มีทั้งนักท่องเที่ยวและผู้อพยพผสมกัน และแน่นอนว่า ปารีสขึ้นชื่อเรื่องเมืองที่มีอัตราอาชญากรรมสูงติดอันดับ เป็นความยากสำหรับผมเองที่รักจะอยู่ในเมืองขนาดเล็ก ผู้คนไม่พลุกพล่าน และธรรมชาติ จะต้องมาอยู่เมืองที่มีความเจริญทางด้านวัตถุเช่นนี้ แต่หลังจากได้พบกับอาจารย์ที่รับผิดชอบดูแลหลักสูตร รวมทั้งสภาพแวดล้อมรอบมหาวิทยาลัย ทำให้ผมรู้สึกว่าคุ้มค่าที่จะแลกมาด้วยความอดทนระยะสั้นนี้ นอกจากการได้รับโอกาสเพื่อที่จะพัฒนาความรู้ความสามารถและ

มุมมองทางวิชาการแล้ว สิ่งที่สำคัญที่ผมมองหาคือโอกาสที่จะได้ร่วมงานและเชื่อมสังคมทางวิชาการกับสถาบันวิจัย นักวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสายงานทางด้านนิวเคลียร์ฟิวชัน ซึ่งเป็นหนึ่งในผู้นำเทคโนโลยีทางด้านนี้ของโลก เพื่อที่จะนำโอกาสและข้อมูลเหล่านี้ไปใช้กับการทำงานและพัฒนาองค์ความรู้ให้กับคนไทยและประเทศไทยที่ผมมีความตั้งใจที่จะเรียนทางด้านนี้ตั้งแต่ชั้นปีที่ 3 ในระดับปริญญาตรี

- เพื่อนมารับกลับเยอรมนี

หลังจากที่ผมลงทะเบียนเรียน รายงานตัวและปฐมนิเทศในวันจันทร์ อังคาร และพุธ ของสัปดาห์นี้เรียบร้อยแล้วนั้น ในวันพฤหัสบดีก็ได้มีเพื่อนๆ จากโครงการเดินทางจากเยอรมนีมาเที่ยวในปารีส ซึ่งเขาถือโอกาสพอดีที่ผมมาปารีสเพื่อทำธุระนี้ได้เที่ยวด้วยกัน เพราะในสัปดาห์นี้ก็ถือเป็นสัปดาห์สุดท้ายที่ทุกคนควรเสร็จงานวิจัยและส่งรายงานกันเรียบร้อยแล้ว พวกเราก็ได้เดินทางเยี่ยมชมสถานที่สำคัญต่างๆ ในเมืองปารีส ทั้งทางประวัติศาสตร์ ศาสนา และสถานที่ยอดนิยมของปารีสกันเป็นเวลาสองวัน ก่อนเดินทางกลับเยอรมนีเพื่อร่วมกิจกรรมสำคัญสุดท้ายคือการรายงานผลภาคบรรยายต่อเพื่อนๆ และอาจารย์ที่ปรึกษากลุ่มวิจัยท่านอื่นๆ การเดินทางกลับค่อนข้างมีความฉุกละหุกอยู่บ้าง เนื่องจากขากลับพวกเราเลือกเดินทางโดยรถบัสในวันที่มีฝนตกหนักทั่วยุโรป แต่ก็พากันกลับมาถึงที่พักได้อย่างปลอดภัยกันทุกคน

สัปดาห์ที่ 8 (8 – 13 กันยายน)

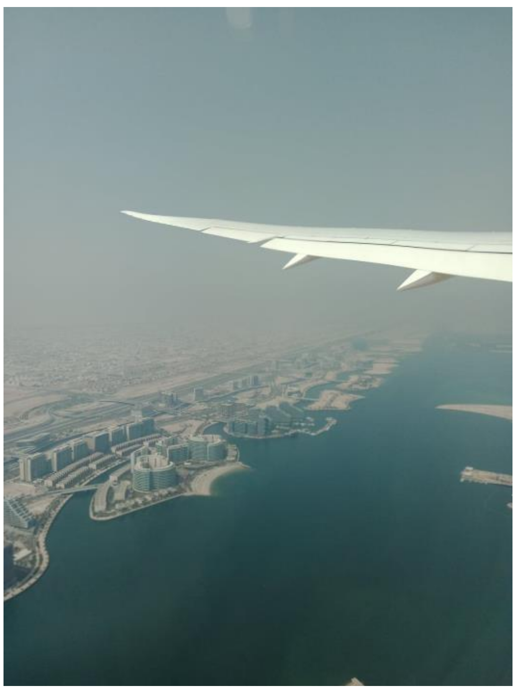
- รายงานผลแบบบรรยาย

หลังจากใช้เวลาร่วม 7 อาทิตย์ในการทำวิจัยและใช้ชีวิตที่สถาบัน สัปดาห์สุดท้ายคือการนำเสนอผลการวิจัยให้กับเพื่อนๆ ทุกคนและอาจารย์ที่ปรึกษากลุ่มวิจัยอื่นๆ ฟังเพื่อทำการแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นเชิงวิชาการกัน การนำเสนอจะต้องมีการเตรียมเอกสารการนำเสนอ รวมทั้งการเตรียมตัวที่จะพูดอย่างไรให้ผู้ฟังเข้าใจง่าย แต่จะไม่ต้องไม่ลืมที่จะเน้นความถูกต้องและความครบถ้วนของข้อมูล สำหรับผมแล้ว ส่วนที่ยากคงหนีไม่พ้นการที่จะต้องพูดภาษาอังกฤษที่เน้นความเป็นเหตุผลและการเชื่อมโยงของข้อมูล เพราะยังคงมีความไม่มั่นใจที่จะใช้ภาษาอังกฤษอยู่พอสมควร ถึงแม้จะมีประสบการณ์การพูดมาพอสมควร แต่ทุกอย่างก็ผ่านไปได้ด้วยดี สิ่งที่ประทับใจส่งท้ายก็คือการที่ผมได้รับกำลังใจจากอาจารย์ที่ปรึกษา พี่นักศึกษาปริญญาเอกและเพื่อนๆ เรื่องที่ผมจะไปศึกษาต่อปริญญาโท ณ ประเทศฝรั่งเศสในอีกไม่กี่วันข้างหน้า อาจารย์ที่ปรึกษาได้พูดประโยคเชิงสื่อว่า การเรียนหลังจากนี้จะต้องอาศัยความอดทนและการรับผิดชอบมากขึ้น เพราะนอกจากจะเรียนและยังจะต้องบริหารเวลาที่จะดูแลสุขภาพ และใช้ชีวิตด้านอื่นๆ ด้วย วัฒนธรรมที่จะเจอหลังจากนี้ที่ฝรั่งเศสก็มีความแตกต่างกับเยอรมนีพอสมควร ขอให้มีสติระมัดระวังตัวตลอด สำหรับผมแล้ว นี่ถือเป็นจุดเริ่มต้นของการจะเป็นนักวิจัยที่ดีในอนาคตอย่างมีพลังใจเต็มเปี่ยม และพร้อมที่จะก้าวผ่านทุกอุปสรรคหลังจากนี้ไปให้ได้

2. นางสาววริศรา จารุจินดา

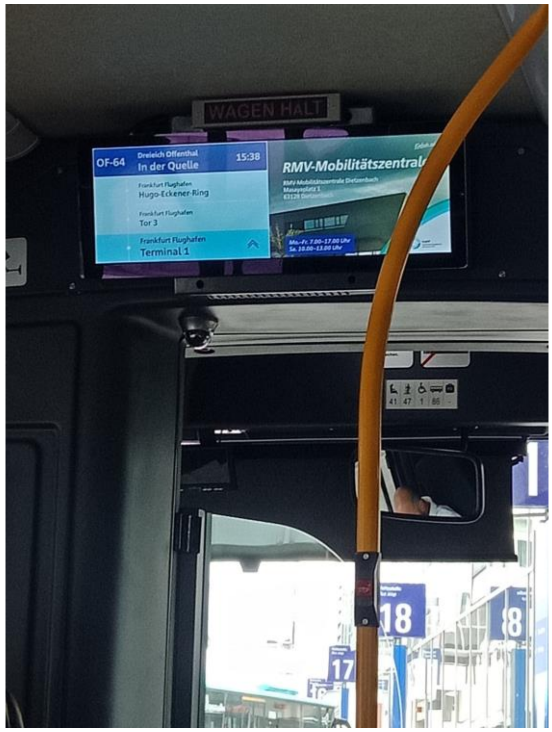
- <u>เริ่มต้นการผจญภัยและเผชิญกับสิ่งใหม่ ๆ ที่จะต้องปรับตัว (19 – 21 กรกฎาคม 2562)</u>

ในวันศุกร์ที่ 19 กรกฎาคม 2562 นี่เป็นครั้งที่ 2 ที่เราเดินทางออกนอกประเทศ แต่เป็นครั้งแรกที่เดินทางออกนอกทวีป อีกทั้ง 2 เดือน เป็นระยะเวลาที่ยาวนานที่สุดที่ได้จากบ้าน ฉะนั้นการไป summer school ครั้งนี้ทำให้เราฉันกังวลมิใช่น้อย ทั้งความคาดหวังในการทำงาน และความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมโครงการ เมื่อได้มาถึงบ้านเมืองที่นี่ช่างแตกต่างจากบ้านเรายิ่งนัก เริ่มจากระบบโดยสารที่ซับซ้อน ทำให้เราตื่นเต้นทุกขั้นตอนระหว่างเดินทางจากสนามบินไปยังที่พัก



ภาพมุมสูงของเมือง Abu dhabi

ภาพบื้องฟ้ายามเช้า



ภาพบนรถโดยสารระหว่างเดินทางไปที่พัก

เมื่อมาถึง ขิมได้นัดกับเพื่อนจากไทยที่มาฝึกงานระยะสั้นที่ GSI 2 คน คนหนึ่งเป็นชาวไทย ชื่อมิว ส่วนอีกคนเป็นนักศึกษาปริญญาเอกชาวอินโดนีเซีย ชื่อเดอา พวกเรานักเจอกันตรงย่านที่ชื่อว่า Lowenplatz แต่เนื่องจากพวกเราไม่รู้เส้นทางและสับสนกับการใช้ตู้กดบัตรโดยสารรถประจำทาง จึงสอบถามคนที่อยู่แถวนั้น ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดความประทับใจแรกในเยอรมนี เพราะชาวเยอรมันคนนี้ได้อาสาพาเราไปส่งที่จุดนัดหมายด้วยรถของเขาเอง ทำให้เรารู้สึกว่าชาวเยอรมันก็เป็นคนที่มีน้ำใจไม่ใช่น้อย เมื่อเจอเพื่อนของเรา เราก็ไปทานอาหารเย็นมื้อแรกในเยอรมนี เป็นพิซซา 2 ถาด แล้วก็กลับไปเก็บของสัมภาระของตัวเองที่ห้อง

วันถัดมาเป็นวันเสาร์ พวกเราได้นัดหมายกับมิวและเดอา เพื่อเที่ยวชมเมืองดาร์มสตัด และครั้งนี้มีพี่ตี๋จากโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์มาร่วมด้วย พวกเราทานมื้อเที่ยงด้วยกันที่ร้านอาหารไทยในเมืองดาร์มสตัด ฉันลิ้มลองข้าวผัดหมูกับ ginger ale ราคาประมาณ 10 ยูโร ซึ่งเป็นราคาที่ค่อนข้างสูง ทำให้ฉันเริ่มคิดถึงการทำอาหารรับประทานเองที่ห้องครัว เนื่องจากห้องพักของเราจะมีครัวเล็ก ๆ ติดตั้งอยู่ จากนั้นก็เที่ยวชมรอบ ๆ เมืองดาร์มสตัดโดยมีเดอาเป็นไกด์นำเที่ยว เมื่อกลับถึงที่พักก็ถึงเวลาที่จะพบเพื่อนร่วมห้อง ฉันรู้สึกตื่นเต้นมากเพราะอยากรู้ว่าเธอจะเป็นคนชาติไหน และเราจะเข้ากันได้ไหม เราแนะนำตัวกัน เธอชื่อ Nastiia เป็นชาวยูเครน และเธอดูเป็นคนที่น่ารักคนหนึ่งเลยทีเดียว

ภาพแรกระหว่างฉันและ Nastiia

สัปดาห์ที่ 1 (22 – 28 กรกฎาคม 2562)

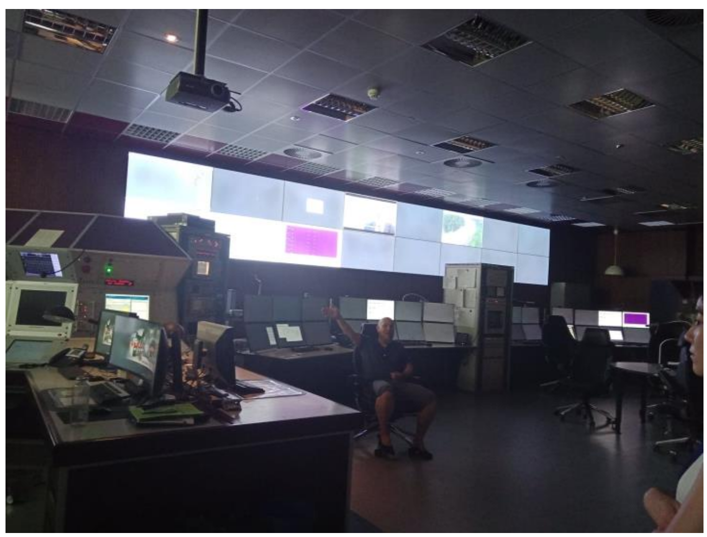
- <u>ก้าวแรกใน GSI</u>

  และแล้วก็มาถึงวันแรกของการไปเยือน GSI คุณ Jorn ซึ่งเป็นหัวหน้าผู้ดูแลโครงการ ได้มาทักทายนักศึกษาถึงที่ hotel และพาพวกเราเดินทางไป GSI ด้วยรสบัส กิจกรรมแรกใน GSI คือปฐมนิเทศน์เกี่ยวกับโครงการและชี้แจงสิ่งที่เราจะทำในวันนี้ เริ่มจากรับเงินสนับสนุนและเช่าจักรยานเพื่อใช้ในการเดินทางมาทำงาน โดยเราจะต้องเลือกจักรยานด้วยตนเองให้เหมาะกับขนาดร่างกายของเรา หลังจากนั้นในช่วงบ่ายจะเป็นการถ่ายรูปรวมนักศึกษาที่เข้าร่วมโครงการในปี 2019 และพบเจอติวเตอร์เป็นครั้งแรก ตามข้อมูลที่แสดงก่อนเข้าร่วมโครงการ ติวเตอร์ของฉันคือคุณ Ekaterina Kozlova แต่เนื่องจากคุณ Ekaterina ไม่สะดวกที่จะมาในสัปดาห์นี้ คุณ Alexey Sokolov ซึ่งเป็นเพื่อนร่วมงานของเธอจึงเป็นคนพาฉันชมและแนะนำแลบต่าง ๆ ในแผนกป้องกันรังสีของเรา และให้กุญแจเข้าห้องทำงานกับฉัน ฉันจึงได้แนะนำตัวกับเพื่อนร่วมห้อง Niklaus Reuter ซึ่งจะต้องทำงานด้วยกันตลอด 8 สัปดาห์ต่อจากนี้

  ในวันถัดมาได้เริ่มเรียนรู้ GSI จากการบรรยาย โดยหัวการบรรยายในสัปดาห์นี้ คือ หัวข้อ Accelerators: from the source to the target, Biophysics & Cancer Therapy with Heavy Ions, Compressed Nuclear Matter, Safety Instructions, ROOT tutorial, Computing for Experiment และ Hadron Physics with Anti-Protrons I ในตอนเย็นหลังจบการบรรยายก็ได้ชม ion source, UNILAC, Material science cave& SHIP-SHIPTRAP

ฉัน Yuika และ Nastiia ขณะเยี่ยมชม GSI

ขณะชม UNILAC



ห้องควบคุมการทำงาน

ในตอนเย็นของบางวัน เมื่อพวกเรากลับจาก GSI แล้ว ก็จะมาทำอาหารค่ำทานพร้อมกัน โดย hotel นี้จะมีระเบียงที่ทุกคนสามารถมารวมตัวกันได้ ระเบียงนี้เป็นส่วนด้านนอกของห้องใหญ่ 3 ห้อง ซึ่งหนึ่งในนั้นคือห้องของขิม เพราะฉะนั้น พวกเราจึงมักจะเดินผ่านห้องของขิมเพื่อไปนั่งอยู่ที่ระเบียง พูดคุยแลกเปลี่ยนวัฒนธรรมกัน ถือเป็นช่วงเวลาดี ๆ ของวัน

- <u>เริ่มทำโปรเจ็กต์</u>

  เนื่องจากว่าเราอยู่ในกลุ่มวิจัยป้องกันรังสี เพราะฉะนั้นก่อนที่เราจะได้เริ่มทำงานจะต้อง ตรวจสุขภาพเสียก่อน โดยเขาจะมีเอกสารให้เรากรอกประวัติสุขภาพ,ระบุยาที่ใช้, โรคประจำตัว เพื่อไปยื่นให้เขาในวันตรวจ จากนั้นเขาจะตรวจร่างกายของเรา โดยจะเก็บตัวอย่างปัสสวะ และเลือด ไปตรวจสอบ หลังจากเสร็จสิ้นการตรวจสุขภาพก็ถึงเวลาที่จะได้ทำงาน วันนี้พบกับคุณ Alexey Evdokimov ซึ่งเขาได้อธิบายเกี่ยวกับโปรเจ็ค และจ่ายงานแรกให้กับเรา เราได้เริ่มเรียนรู้การใช้ Monte Carlo simulation ที่ชื่อ FLUKA ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้ในแผนกป้องกันรังสีใช้เพื่อการออกแบบวิธีการป้องกันรังสี และเครื่องตรวจวัด และได้เรียนรู้การรันข้อมูลในระบบคอมพิวเตอร์ของ GSI ที่ชื่อว่า Kronos เมื่อเราต้องการประมวลผลข้อมูลที่มีจำนวนมาก โจทย์แรกของเราก็คือ ให้หา response function ของ Bonner TLD set ใน GSI ซึ่งมี Bonner sphere ที่มีรัศมีขนาด 6, 10, 12 เซนติเมตร แบบไม่กี่ค่าพลังงาน โดยใช้ FLUKA แล้วส่งประมวลที่ batch farm เพื่อทดสอบความถูกต้องของการคำนวณ

- <u>กิจกรรมแรลลีในเมืองดาร์มสตัต</u>

  นักศึกษาได้ถูกแบ่งกลุ่ม เป็นกลุ่มละ 5 คน จะต้องเดินไปรอบ ๆ เมือง เพื่อหาคำตอบของปริศนา เป็นประสบการณ์ที่สร้างความแข็งแกร่งให้กับเราได้มาก เพราะพวกเราเดินอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่เช้าจรดเย็น ถึงเป็นสิ่งเล็ก ๆ แต่ฉันก็ภูมิใจในตัวเองที่สามารถก้าวข้ามขีดจำกัดของตัวเองได้ เมื่อเสร็จกิจกรรม พวกเราก็เดินทางไปที่ร้านสะดวกซื้อเพื่อซื้อของเข้าที่พัก ระหว่างซื้อ ฉันต้องวางแผนเรื่องการใช้เงิน กับออกแบบอาหารการกินในแต่ละวัน

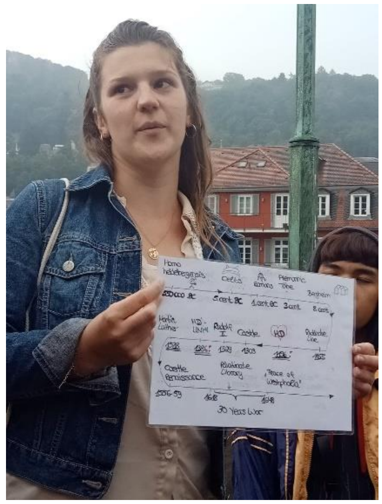
Joshua เพื่อนชาวเยอรมัน ถามชาวเมืองดาร์มสตัตเกี่ยวกับปริศนา

- <u>วันหยุดสุดสัปดาห์</u>

สุดสัปดาห์พวกเราออกไปเที่ยวนอกเมืองครั้งแรก จุดหมายแรกของเรานี้ก็คือเมือง Heidelberg ซึ่งไปกับมิวเดอา พี่ตี๋และพี่ ๆ ชาวไทยที่ศึกษาในเมือง Frankfurt อีก 2 คน เมืองนี้เป็นเมืองที่น่าประทับใจมาก สถาปัตยกรรมของเมืองยังคงดำรงซึ่งสไตล์ดั้งเดิมอยู่ ทำให้บรรยากาศของเมืองน่าสนใจยิ่งนัก เมื่อเรามาเยือน Heidelberg แน่นอนว่าเราจะต้องไม่พลาดชมปราสาท Heidelberg บนปราสาทนี้มีจุดชมวิวซึ่งเราสามารถชมทัศนียภาพของเมืองและแม่น้ำที่ขั้นกลางระหว่างสองฝั่งได้ นอกจากนั้นภายในยังมีพิพิธภัณฑ์การแพทย์และเบียร์อยู่ด้วย เมื่อออกจากปราสาท พวกเราก็ได้เกาะกลุ่มกับไกด์นำเที่ยวเพื่อเรียนรู้ประวัติและสิ่งน่าสนใจของเมืองนี้ ถือว่าทริปนี้เป็นทริปที่สนุกมาก ๆ ถึงแม้วันนี้ฝนจะตกทำให้ฟ้าหมองมัวทั้งวัน แต่ความรู้สึกประทับใจทั้งกับเมืองและผู้คนที่ไปด้วยนั้นแจ่มใสยิ่งนัก

ภาพทัศนียภาพของเมือง Heidelberg จากมุมมองบนปราสาท

ข้าพเจ้า ณ Heidelberg



คุณไกด์นำเที่ยวขณะเล่าประวัติของเมือง Heidelberg

สัปดาห์ที่ 2 (29 กรกฎาคม – 4 สิงหาคม 2562)

- <u>ความคืบหน้าโปรเจ็กต์</u>

  สัปดาห์นี้ดิฉันได้พบกับติวเตอร์ คุณ Ekaterina Kozlova เป็นครั้งแรก เธอน่ารักมาก เธออธิบายภาพรวมของโครงงานที่ฉันจะได้รับมอบหมายให้ทำ และตรวจดูผล response function ที่ฉันร่วมทำกับคุณ Alexey Evdokimov ซึ่งมีจุดค่าพลังงานทั้งหมด 15 จุด ตั้งแต่ $1{\times}10^{-12}$ – 100 GeV และแต่ละจุดมีค่าต่างกัน 10 เท่า ผลการจำลองมีแนวโน้มสอดคล้องกับผลที่เธอเคยทำมา แต่เธอยังอยากให้รูปร่างของ response function นั้นชัดเจนมากขึ้น เธอจึงมอบหมายงานให้เราไปเพิ่มจุดพลังงานให้มีความต่อเนื่องมากกว่านี้ นอกจากนั้นคุณ Ekaterina ก็ได้แนะนำงานอีกส่วนหนึ่งให้ฉันฟัง งานนั้นคือการจำลองหาประสิทธิภาพการทำงานของ CdTe x-ray and gamma ray detector จากนั้นเขาก็สอนฉันหาประสิทธิภาพของ x-ray and gamma ray detector โดยใช้ FLUKA และให้การบ้านให้ฉันไปฝึกหาประสิทธิภาพของ germanium detector ให้เสร็จ

  หลังจากพูดคุยเกี่ยวกับโปรเจ็กต์กับคุณ Ekaterina แล้ว ฉันก็ได้หารือกับคุณ Alexey Evdokimov เรื่องการเพิ่มจุดพลังงานให้กับ response function โดยพวกเราคุยกันว่าจะเขียน script เพื่อสั่งการให้คอมพิวเตอร์รันโดยอัตโนมัตทุก ๆ จุดพลังงานที่ต้องการ ซึ่งวางแผนว่าจะให้มี 71 ค่าพลังงาน

- <u>การบรรยายและชมสถาณที่ทำวิจัยใน GSI</u>

  ในสัปดาห์นี้การบรรยายมีน้อยกว่าสัปดาห์แรก ประกอบด้วย Hadron Physics with Anti-Protrons II, Atomic Physics, Nuclear Structure and Astrophysics และ Material Research และเช่นเคยพวกเราได้เยี่ยมชมสถาณที่วิจัยใน GSI ซึ่งในครั้งนี้คือ Medical cave, CryRing & HADES

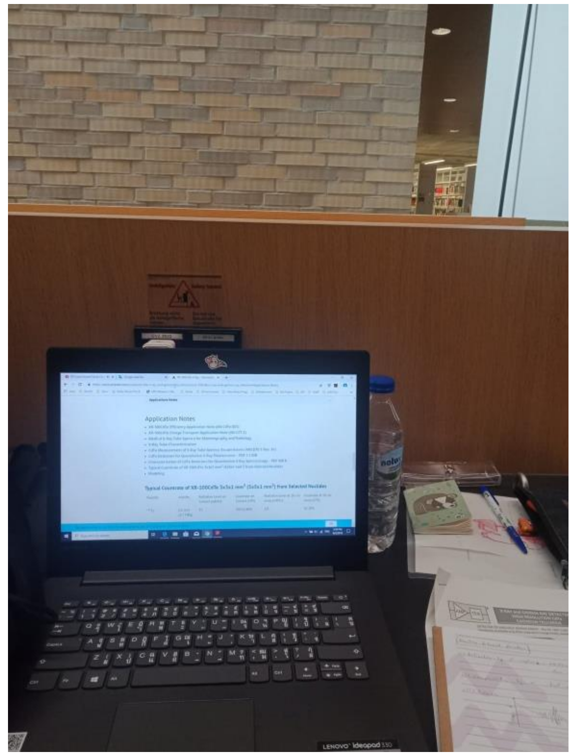
ภาพระหว่างการบรรยาย Hadron Physics with Anti-Protrons II

ณ Medical cave

- <u>วันหยุดสุดสัปดาห์</u>

  วันเสาร์ฉันปั่นจักรยานเป็นเวลาประมาณ 20 นาที ไปห้องสมุดของ Darmstadt University ซึ่งใช้เป็นห้องสมุดประชาชนด้วย ก่อนถึงห้องสมุดแวะทานมื้อเที่ยงที่สวนสาธารณะก่อน เพื่อเตรียมความรู้ในการทำวิจัยในหัวข้อของตนเอง ในวันเสาร์หลาย ๆ คนจะออกจากบ้านมาในเมือง หรือสวนสาธารณะ บ้างก็นอนเล่นบนพื้นหญ้า ตอนเย็นจะมีคนบางกลุ่มหากิจกรรมอะไรเล่นกัน มีทั้งกลุ่มเพื่อนและกลุ่มครอบครัว หรือพาสุนัขมาเดินเล่น ตกเย็นเราเดินทางกลับที่พัก Yuika เพื่อนสาวชาวญี่ปุ่นและเราไม่มีอะไรทำ เราจึงเสนอว่ามาเต้น k-pop เพื่อออกกำลังกายกันเถอะ ยูอิกะก็ตื่นเต้นอยากจะลอง เราจึงสอน Yuika เต้นเพลง Russian Roulette ของ red velvet ที่ห้องของขิม เพราะมีพื้นที่มากพอให้พวกเราเต้น สุดท้าย เรา Yuika รวมถึง Yazeed และ Stefano ซึ่งเป็นเพื่อนร่วมห้องของขิมก็มาเต้นด้วยกัน สนุกมาก ๆ เลย แต่ขิมไม่ยอมมาเต้นด้วย

  วันอาทิตย์เราและ Yuika ตกลงกันว่าจะไปห้องสมุด Darmstadt University ด้วยกัน เพื่อหาที่ที่เหมาะแก่การทำงาน วันนี้ไปถึงตอนประมาณ 13.00 น. คนเยอะมาก ๆ จึงหาที่นั่งได้ยาก แต่โชคดีที่หาที่นั่งด้วยกันได้ จากนั้นตอนเย็นก็เดินทางไป Darmstadt City เพื่อทานไอศกรีมด้วยกัน ทำให้สังเกตว่าไอศกรีมที่นี่ทุกร้านมีราคาเท่ากัน ทำให้ประหลาดใจมาก

ภาพขณะที่ฉันมาทำงานที่ห้องสมุด Darmstadt university

สัปดาห์ที่ 3 (5 – 11 สิงหาคม 2562)

- <u>ความคืบหน้าของงานวิจัย</u>

  ในสัปดาห์นี้เราและคุณ Alexey Evdokimov สามารถหาวิธีเขียน script เพื่อให้โปรแกรมรันข้อมูลทุกค่าพลังงานที่ต้องการทั้งหมด 71 ค่าพลังงานได้แล้ว จากนั้นก็เป็นหน้าที่ของเรา ที่จะต้องทำเช่นเดียวกันกับ Bonner TLD Set ชนิดอื่น ๆ และตรวจสอบความถูกต้องแล้วส่งรันข้อมูล เพราะแต่ละครั้งการรันจะใช้เวลาเป็นวัน เมื่อทำสำเร็จเสร็จสิ้นแล้ว เราก็รอผลที่ได้จากการรัน และทำการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งในการวิเคราะห์ข้อมูล พวกเราจะต้องนำข้อมูลที่ได้จากการรันซึ่งถูกแบ่งเป็น 5 ไฟล์ มาหาค่าเฉลี่ยโดยฟังก์ชันใน FLUKA แต่การที่จะนำข้อมูลมาทำเช่นนั้นไม่ใช่เรื่องง่าย ฉันและคุณ Alexey Evdokimov จึงต้องหารือเพื่อหาทางออกกันอีกครั้ง

  ในงานอีกส่วนหนึ่ง คุณ Ekaterina และฉันได้วัดขนาดของ Bonner Spheres และห้องที่ใช้เพื่อทำการทดลองฉายรังสีจากแหล่งกำเนิดนิวตรอนอย่าง AmBe และ Cf เพื่อนำไปใช้ในการจำลองในโปรแกรม FLUKA จากนั้นคุณ Ekaterina ตรวจสอบความถูกต้องของงานที่ให้คำนวณประสิทธิภาพ Germanium detector โดยใช้ FLUKA พบว่ามีความสอดคล้องต่อผลที่เขาเคยคำนวณมา แสดงว่าเราเข้าใจการใช้ FLUKA เพื่อหา

ประสิทธิภาพของ detector เขาจึงให้เราเริ่มหาประสิทธิภาพของ Cadmium Telluride (CdTe) detector ซึ่งเป็น detector ที่เขาสนใจสั่งซื้อมาใช้ควบคู่กับ Germanium detector แต่จะใช้สำหรับตรวจวัด x-ray ที่มาจากกากกัมมันตรงสี คุณ Ekaterina จึงส่งข้อมูลการทำงาน รวมถึงขนาดสัดส่วนและวัสดุของ CdTe detector มาให้เรา เพื่อให้เรานำข้อมูลนั้นมาใช้ในการจำลองหาประสิทธิภาพของ detector โดย FLUKA เพราะฉะนั้นระหว่างสัปดาห์นี้เราจึงพยายามศึกษาหลักการทำงานของ CdTe detector และประกอบหัววัดจำลองที่มี sensitive element คือ CdTe เป็นส่วนประกอบใน FLUKA พร้อม ๆ กับการสร้าง input file สำหรับ Bonner TLD Set ชนิดต่าง ๆ แล้วส่งรันให้ครบถ้วน

- <u>การบรรยาย</u>

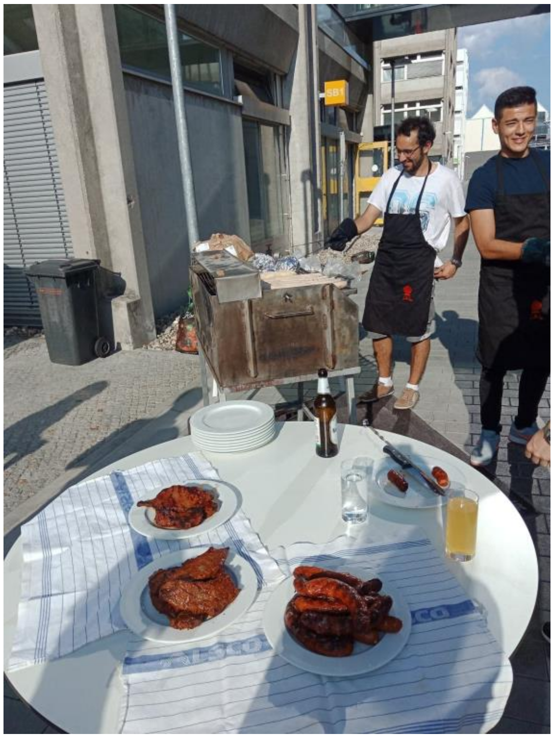
  สัปดาห์นี้เป็นสัปดาห์สุดท้ายของการรับฟังการบรรยาย การบรรยายในสัปดาห์นี้ประกอบด้วย Impact to Society, Tutorial: Scientific Writing/Latex Course, Plasma Physics with Intense Ion Beams และ Plasma Physics with Intense Laser Beams

- <u>เข้าร่วม GSI Sport Club</u>

  สัปดาห์นี้เราได้เข้าร่วม Aikido club ร่วมกับ Yulia เพื่อนชาวรัสเซีย และ Gianmarco เพื่อนชาวอิตาลี ซึ่งเป็น Club ที่จัดขึ้นทุกวันพุธเวลา 18.00-20.00 น. พวกเราเริ่มอบอุ่นร่างกายกันด้วยการฝึกม้วนหน้าและม้วนหลัง ซึ่งยากมาก ๆ เพราะเราจะพยายามไม่ให้ศรีษะโดนพื้น ต่อมาก็เรียนรู้ท่วงท่าการป้องกันตัวตามวิถีแบบ Aikido ทำให้รู้ว่า Aikido ต่างกับศิลปะการป้องกันตัวอื่น ๆ คือ จะไม่เน้นการโจมตี แต่จะเป็นการรับมือท่วงท่าจากคู่ของเรา โดยจะต้องดูการเคลื่อนที่ของเขา แล้วใช้ประโยชน์จากการเคลื่อนที่นั้นมาป้องกันเขาเอง อีกทั้งระหว่างการฝึกฝน มีหลายสิ่งหลายอย่างซึ่งเป็นทำเนียมปฏิบัติของ Aikido เช่น การเคารพผู้อาวุโส และเคารพคู่ซ้อมของเรา ทั้งก่อนเริ่มฝึกและเลิกฝึก และเราจะต้องทำความเคารพอาจารย์ที่ให้ศาสตร์วิชาความรู้แก่เราทุกครั้ง เรื่องการเคารพต่อผู้อื่นนี้ Gianmarco ซึ่งมีประสบการณ์การเรียนเทควันโดมาก่อนรู้สึกชื่นชมเป็นอย่างมาก ฉันเห็นว่านี่อาจเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เขาเติบโตมาเป็นคนที่ถ่อมตนและใจดีที่สุดเท่าที่ฉันเคยรู้จักมา หลังจากการเข้าร่วม Sport Club หลังเลิกงานวันนี้ ทำให้ฉันมีความสุขมาก เพราะปกติแล้ว ฉันไม่ค่อยเล่นกีฬาสักเท่าไร ยิ่งโอกาสที่จะเล่นหลังเลิกเรียนนั้นน้อยไปใหญ่ ทำให้เราตระหนักได้ว่า ร่างกายของเรานอกจากเราจะใช้เขาอย่างหนักในการทำงานแล้ว เราควรที่จะดูแลเขาด้วย ที่ผ่านมากิจกรรมยามว่างของฉันคือ การดูภาพยนต์ หรืออ่านหนังสือ ล้วนแต่เป็นกิจกรรมที่ร่างกายฉันไม่ได้ขยับเพื่อฝึกฝนความแข็งแรง ทำให้ฉันมักจะเหนื่อยหรืออ่อนเพลียได้ง่าย แต่ความรู้สึกจากการเล่นกีฬาครั้งนี้ทำให้ฉันสดชื่น และมีชีวิตชีวามาก ๆ ฉันจึงคิดกับตัวเองว่า ต่อไปนี้ฉันจะดูแลร่างกายของตัวเองให้ดียิ่งขึ้น นับจากวันนี้ และการได้ทำกิจกรรมออกกำลังร่วมกับผู้อื่นแบบนี้ก็ทำให้ฉันสนุกมาก ฉันมีความสุขมากในวันนี้

- <u>งานเลี้ยงบาร์บีคิว</u>

  ในสัปดาห์นี้มีกิจกรรมที่ชื่อว่า Foyer: Grill Party with tutors and lecturers ซึ่งเป็นงานเลี้ยงที่นักศึกษาฤดูร้อนทุกคนจะร่วมกันจัดขึ้นให้กับติวเตอร์ และพวกเรากันเอง ทุกคนแบ่งหน้ากันอย่างชัดเจน ส่วนฉันนั้นมีหน้าที่เก็บกวาดขยะในกะ 22.00 - 23.00 น. ระหว่างงานเลี้ยงนักศึกษาหลาย ๆ คนจะนั่งรวมตัวกันทานบาร์บีคิวและพูดคุย บางครั้งเราก็จะเข้าไปร่วมกับติวเตอร์ ทำให้เรารู้จักกันมากขึ้น วันนี้คุณ Alexey Evdokimov สามารถมาร่วมงานได้คนเดียว เขาสนุกกับปาร์ตี้มาก ๆ และเป็นติวเตอร์คนเดียวที่อยู่ร่วมงานกับนักศึกษาจนถึงช่วงสุดท้าย ซึ่งเป็นช่วงที่นักศึกษาทุกคนจะออกมาเต้นด้วยกันอย่างสนุกสนาน คนที่โดดเด่นที่สุดในช่วงเวลานี้คงจะเป็น Nina เธอเป็นนักเต้นในงานปาร์ตี้ที่สุดยอดโดยธรรมชาติ




ภาพบรรยากาศงานเลี้ยงบาร์บีคิว

- <u>งานเลี้ยงอำลา</u>

  งานเลี้ยงอำลา Alexy เพื่อนชาวยูเครน ที่จำเป็นจะต้องกลับประเทศก่อนกำหนด ทุก ๆ คนจึงทำอาหารเตรียมสำหรับงานเลี้ยงเซอร์ไพรส์อำลา Alexy สถาณที่จัดงานคือห้องของขิม ทุก ๆ คนจึงมารวมตัวรับประทานอาหารค่ำด้วยกันที่ห้องของขิม ฉัน Nina เพื่อนชาวเซอร์เบีย , Malu เพื่อนชาวอินเดีย, Yuika และ ขิม ได้

ร่วมกันซื้อช็อคโกแลตเป็นของขวัญอำลาให้กับ Alexey อีกด้วย แต่ฉันคิดว่าช็อคโกแล็ตนั้นอาจจะหวานไปสำหรับเขา เขาจึงยินดีให้พวกเราช่วยกินช็อคโกแล็ตของเขาด้วย

ทุกคนมารวมตัวกันที่ห้องของขิมเพื่อ Alexey ผู้ที่ถือช็อคโกแล็ตอยู่ตรงกลางของรูป

- <u>วันหยุดสุดสัปดาห์</u>

วันเสาร์นี้นักศึกษาส่วนใหญ่รวมตัวกันไป Frankfurt พวกเราออกเดินทางกันประมาณ 11.00 น. และออกเดินทางโดยรถไฟ ใช้เวลาเพียง 40 นาที เท่านั้น เราเดินเที่ยวชมรอบ ๆ เมือง เมืองนี้มีทั้งสิ่งก่อสร้างสมัยใหม่ เช่น ตึกสูง สะพานเหล็ก และย่านช็อปปิ้ง และมีบางส่วนของเมืองที่มีความคล้ายคลึงกับ Darmstadt city และมีบางส่วนที่เป็นสิ่งก่อสร้างสมัยเก่า คล้ายกับ Heidelberg หลังจากชมบรรยากาศของเมืองแล้ว พวกเราบางคนมีเป้าหมายอีกที่ คือ Japan festival ที่จัดขึ้นที่นี่ เนื่องจากมีนักศึกษาหลายคนที่สนใจในวัฒนธรรมของญี่ปุ่น ซึ่งเราก็ได้ซื้อของเล็ก ๆ น้อย ๆ ติดไม้ติดมือกลับมาด้วย

เยือน Frankfurt

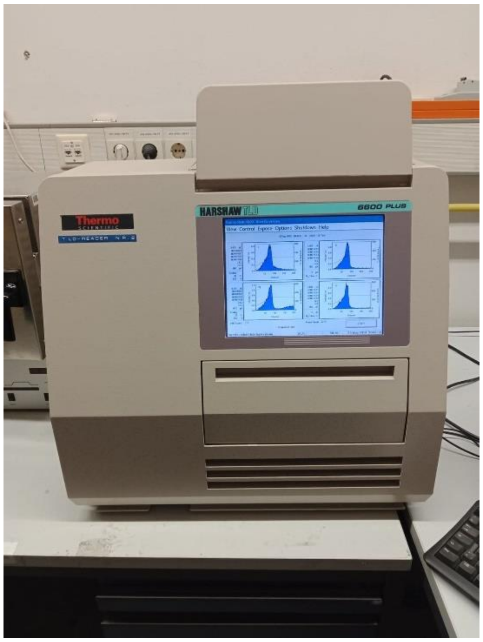
ของที่ซื้อจากงาน Japan festival

วันอาทิตย์มีนักศึกษาหลายคน อยากไปดูภาพยนต์เรื่อง The Lion King ที่โรงภาพยนต์ในตัวเมือง เราจึงคิดว่าเป็นโอกาสที่ดีที่เราจะได้ลองชมภาพยนต์ที่ต่างประเทศ เราจึงตัดสินใจไปชมภาพยนต์ในวันนี้ตอนประมาณเที่ยงตรง โดยใช้เวลาปั่นจักรยานประมาณ 30 นาที แต่ส่วนตัวเรานั้นไม่ได้ชม The Lion King กับเพื่อน ๆ แต่เป็นสารคดีเกี่ยวกับเบื้องหลังการแสดงคอนเสิร์ตของศิลปินที่เราชื่นชอบ (BTS) เป็นประสบการณ์ที่สนุกมาก ถึงแม้ว่าคำบรรยายจะเป็นภาษาเยอรมันก็ตาม จากนั้นจึงปั่นจักรยานไปที่ห้องสมุดของ Darmstadt university เพื่อทำงานต่อและกลับที่พักเวลาประมาณ 18.00 น.

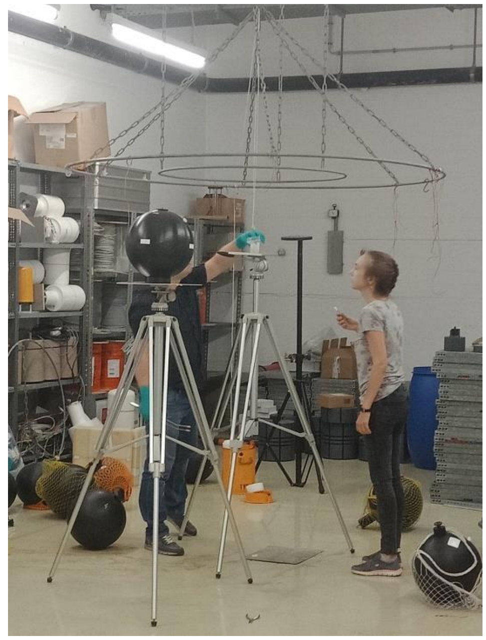
สัปดาห์ที่ 4 (12 – 18 สิงหาคม 2562)

- <u>ความคืบหน้างานวิจัย</u>

  สัปดาห์นี้ไม่มีการบรรยายให้เข้าร่วมอีกแล้ว พวกเราจึงมีแต่โปรเจ็กต์ให้รับผิดชอบ สัปดาห์นี้ฉันได้เริ่มทำการทดลองส่วนปฏิบัติกับ คุณ Ekaterina ขั้นแรกเรานำ TLD cards ที่เราจะใช้ในการทดลองใส่ใน TLD reader ก่อน เพื่อขจัด dose ที่มาจาก cosmic ray และ คุณ Ekaterina ก็ได้มอบหมายให้คำนวณ ambient dose rate ของนิวตรอนจาก AmBe และ Cf source ที่จะสะสมใน TLD cards ภายใน Bonner sphere เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลหา calibration factor ของ Bonner sphere ต่อไป และในวันศุกร์คุณ Ekaterina, Alexey Sokolov และฉันได้นัดหมายกันติดตั้ง Bonner sphere ให้ห่างจาก Cf source เป็นระยะ 1 เมตร โดยเราจะมาเก็บอุปกรณ์และวิเคราะห์ผลที่ได้จาก TLD cards ใน Bonner sphere กันในวันจันทร์หน้า โดย TLD cards ที่ใช้ในครั้งนี้จะเป็นแบบใหม่ที่มีการตอบสนองต่อ dose ต่ำ ๆ ได้ดีกว่าแบบเก่า



เครื่อง TLD readaer



ภาพขณะที่ติดตั้งแหล่งกำเนิดนิวตรอน Cf

ในส่วนการจำลองเพื่อหาสเปกตรัมของ AmBe source โดยใช้ Bonner Sphere คุณ Alexey Sokolov ส่งไฟล์สำหรับ spectrum ของ AmBe source ให้เรา ซึ่ง source เป็นลักษณะ isotropic source หรือมีลักษณะการแผ่รังสีไปทุกทิศทุกทาง โจทย์ในการจำลองครั้งนี้มี 2 อย่าง 1. จำลองเพื่อดูสเปกตรัมของนิวตรอน ณ ตำแหน่งของ Bonner sphere ในกรณีที่ใส่ห้องคอนกรีตที่ทำการวัดขนาดและสัดส่วนไว้สัปดาห์ที่แล้ว และในกรณีที่ไม่ใส่ห้องคอนกรีต 2. จำลองเพื่อหาค่า response ของ Bonner sphere ที่มีต่อ AmBe source ทั้งกรณีที่ใส่ห้องคอนกรีตและไม่ใส่ห้องคอนกรีต

ได้ผลประสิทธิภาพของ CdTe detector แล้ว แต่เมื่อเทียบกับประสิทธิภาพที่คำนวณจาก NIST coefficient แล้วพบว่าค่าไม่สอดคล้องกันในช่วงพลังงานต่ำ ฉันและติวเตอร์จึงมาอภิปรายเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของงานและหาสาเหตุของความแตกต่างกันว่าคืออะไร คุณ Alexey Sokolov จึงแนะนำให้เพิ่มความหนาของหน้าต่างรับแสงที่ทำจากการคาร์บอน เพราะมีผลต่อประสิทธิภาพในช่วงพลังงานต่ำ ผลปรากฏว่าผลมีความสอดคล้องกันมากขึ้น แต่ประสิทธิภาพจากการจำลองของเรามีค่าต่ำกว่าในช่วงพลังงานประมาณ 20 – 80 MeV คุณ Alexey Sokolov จึงแนะนำให้ใส่รายละเอียดองค์ประกอบของหัววัดเพิ่มเติมเพื่อทดสอบผลการกระเจิงย้อนกลับว่าจะส่งผลอย่างไรต่อประสิทธิภาพที่ได้จากการจำลอง ผลปรากฏว่าผลที่ได้ก็ยังเหมือนเดิม เลยต้องคิดหาคำตอบของความแตกต่างภายหลังระหว่างที่ทำงานส่วนอื่นไปด้วย

- <u>เข้าร่วม GSI sport club</u>

  สัปดาห์นี้เป็นครั้งที่ 2 ที่ฉันเข้าร่วม Aikido club ครั้งนี้ Fedor เพื่อนนักศึกษาชาวรัสเซียมาเข้าร่วมด้วย เราได้เรียนรู้การใช้หนึ่งในเครื่องมือของ Aikido คือดาบ ได้ฝึกท่วงท่าการรุกและรับมือกับฝ่ายตรงข้าม เนื่องจาก Fedor มีพื้นฐานการเต้นที่ดี ฉันจึงเห็นได้ว่าเขาค่อนข้างจัดการกับการเคลื่อนไหวร่างกายของเขาได้ดีได้ดี แม้จะเป็นการเล่น Aikido ครั้งแรกของเขาก็ตาม

- <u>เซอร์ไพรส์วันเกิด</u>

  วันจันทร์นี้เป็นวันเกิดของ Sabastiano เพื่อนชาวอิตาลี ซึ่งเป็นคนที่สุภาพและนิสัยดีมาก นักศึกษาทุกคนได้เซอร์ไพรส์วันเกิดเขาตอนค่ำหลังเลิกงาน ฉันและขิมได้ให้ไอศกรีมกับเขาเป็นของเขาวันเกิด หวังว่าเขาจะชอบกินไอศกรีม และมีความสุขกับการเซอร์ไพรส์วันเกิดครั้งนี้

ไอศกรีมสำหรับ Sebastiano

- <u>วันหยุดสุดสัปดาห์</u>

  สัปดาห์นี้เราเดินทางไปที่เมือง Meinz เราเริ่มเดินเที่ยวชมเมืองก่อนเหมือนเช่นเคย ซึ่งสถาปัตยกรรมมีความคล้ายคลึงกับ Heidelberg ระหว่างนั้นได้เข้าชมโบสถ์คาทอลิกที่ใหญ่ที่สุดของเมือง ภายในบรรยากาศเงียบสงบ มีจิตรกรรมและปติมากรรมเล่าประวัติของพระเยซูคริสต์ ซึ่งมีทั้งความสวยงามและความน่าสนใจ หลังรับประทานมื้อเที่ยง พวกเราได้เข้าชมพิพิธพัณฑ์สิ่งพิมพ์ ซึ่งเราสามารถแสดงบัตรนักศึกษาเพื่อรับส่วนลดสำหรับบัตรเข้าชมได้ พิพิธภัณฑ์นี้บอกเล่าถึงประวัติศาสตร์การพิมพ์ แต่ละยุคสมัยในแต่ละภูมิภาคบนโลก พร้อมทั้งจัดแสดงและสาธิตเทคโนโลยีการพิมพ์ของสมัยก่อน

เยือนเมือง Meinz

สัปดาห์ที่ 5 (19 – 25 สิงหาคม 2562)

- <u>ความคืบหน้าของงานวิจัย</u>

  ในการทดลองส่วนปฏิบัติ คุณ Katerina ได้ตรวจสอบและชี้แนะการคำนวณ ambient dose rate ที่เราได้ทำมา และในสัปดาห์นี้พวกเราได้ทำการทดลองกับ Bonner sphere อันเดิม กับ Cf source แต่เปลี่ยน TLD cards ข้างในเป็นชนิดเก่า ที่มีการตอบสนองต่อ dose ต่ำ ๆ น้อยกว่าชนิดใหม่

  ในส่วนของการจำลองที่ได้รับมอบหมาย ฉันยังคงดำเนินการและตรวจสอบความถูกต้องของทุก ๆ input file

  ทางด้านผลที่ได้จากการจำลองหาประสิทธิภาพของ CdTe detector เทียบกับการคำนวณของ NIST พวกเรายังคงหาคำตอบกันอยู่ คุณ Alexy Sokolov เสนอให้ลองเปลี่ยนฟังก์ชันและพารามิเตอร์บางอย่างในโปรแกรม FLUKA แต่ผลที่ปรากฏก็ไม่ได้เปลี่ยนแปลงไป เราจึงต้องพยายามหาคำตอบกันต่อไป

- <u>การเข้าร่วม cinema club</u>

  เย็นวันพุธของสัปดาห์นี้ ฉันวางแผนที่จะเข้าร่วม Aikido club อีกครั้ง แต่ว่ารู้สึกเหมือนจะไม่สบาย ฉันจึงเปลี่ยนแผนไปเข้าร่วม cinema club แทน สัปดาห์นี้พวกเราลงความเห็นกันว่าจะดูเรื่อง Now you see me ซึ่งเมื่อภาพยนต์จบ ทุกคนก็มีความเห็นต่อภาพยรต์เรื่องนี้แตกต่างกันไป ทำให้ฉันเห็นความกล้าแสดงออกที่จะแสดงความคิดเห็นของตัวเองอย่างหนักแน่นของชาวต่างชาติ

- <u>วันหยุดสุดสัปดาห์</u>

  จุดหมายการเดินทางในสัปดาห์นี้คือ Amsterdam ณ ประเทศ Netherland เราออกเดินทางในเวลา 21.00 น. เพื่อไปขึ้นรถไฟ พวกเราต้องเปลี่ยนรถไฟ 3 ครั้ง และถึงที่หมายในเวลาประมาณ 10.00 น. เมืองนี้มีนักท่องเที่ยวมาเยี่ยมชมเยอะมาก และมีสิ่งที่แตกต่าง และโดดเด่นจากเยอรมนีคือ คลองซึ่งมีตึกแถวและเรือบ้านอยู่ตลอดข้างทาง เพราะฉะนั้นสิ่งแรกที่พวกเราจะต้องทำเมื่อมาถึงก็คือ การนั่งเรือชมคลอง ซึ่งใช้เวลา 1 ชั่วโมง คิดค่าบริการ 12 ยูโร ต่อ 1 รอบ ซึ่งดูเหมือนว่า Yuika จะสนุกและตื่นเต้นกับการนั่งเรือครั้งนี้มากที่สุด จากนั้นพวกเราก็หาที่นั่งพักกินมื้อเที่ยง ซึ่งพวกเราส่วนใหญ่จะเตรียมอาหารกันมาเอง สถาณที่ที่เราตั้งใจจะไปอีกหนึ่งแห่งก็คือพิพิธพัณฑ์วินเซนต์ แวนโก๊ะ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง เพื่อเที่ยวชมจนหมด พิพิธพัณฑ์นี้บอกเล่าประวัติ แนวคิดและมุมมองของแวนโก๊ะโดยผ่านงานศิลปะ ไล่ตามช่วงเวลาตั้งแต่ชั้น 1 ถึงชั้นบนสุด ถึงแม้ฉันจะไม่เข้าใจงานของเขามากนัก แต่ก็เป็นประสบการณ์และความรู้สึกที่ดีที่ได้มาเยี่ยมชม หลังจากนั้นพวกเราก็เดินชมเมืองและซื้อของฝาก และก็ถึงเวลากลับที่พัก แต่การเดินทางขากลับนี้ได้เกิดปัญหาเล็กน้อย เนื่องจากรถไฟที่เราจะต้องนั่งได้ถูกยกเลิก แต่เนื่องจากเหตุการณ์แบบนี้สามารถเกิดขึ้นเป็นปกติ ทางสถานีรถไฟจึงมีวิธีรับมือกับสถานการณ์ โดยจัดรถบัสให้พวกเรานั่งไปที่สถานีรถไฟอีกแห่งหนึ่ง ซึ่งเราสามารถนั่งรถไฟที่มีความเร็วสูงที่สุดในเยอรมัน กลับไปที่สถานีรถไฟหลักที่ Frankfurt ได้ ทำให้พวกเราเห็นว่าในความโชคร้ายนั้นก็ยังมีความโชคดี ซึ่งดีมาก ๆ เพราะระหว่างทางรถไฟที่เรานั่งมาตอนเช้าวันอาทิตย์ เราได้ชมทัศนียภาพของแม่น้ำไรน์ ซึ่งมีปราสาทนับร้อยตั้งอยู่ตามเนินเขาข้างแม่น้ำ พร้อมบริการเครื่องดื่มฟรี อีกทั้งยังได้ค่าชดเชยเป็นจำนวนครึ่งหนึ่งของค่าโดยสารที่เราจ่ายไป

  เมื่อถึงสถานีรถไฟหลักที่ Frankfurt แล้ว พวกเราบางกลุ่มตัดสินใจที่จะอยู่เที่ยวชม Museum festival ที่ Frankfurt ก่อน งานนี้จัดเป็นประจำทุกปี โดยภายในงานจะมีอาหาร ของที่ระลึก และการแสดงดนตรี และเราสามารถเข้าชมพิพิธภัณฑ์ทุกแห่งเพียงจ่ายค่าเข้างานแค่ 7 ยูโร เท่านั้น เราจึงเข้าชม 3 พิพิธภัณฑ์ ในวันนั้น มีพิพิธภัณฑ์ศิลปะตะวันตก พิพิธพัณฑ์วัฒนธรรมโลก และพิพิธภัณฑ์ประวัติศาสตร์ จากนั้นก็เดินทางกลับถึงที่พักในเวลา 19.00 น.

พวกเราในห Amsterdam

ทัศนียภาพจากมุมมองบนรถไฟตลอดแนวแม่น้ำไรน์

สัปดาห์ที่ 6 (26 สิงหาคม – 1 กันยายน 2562)

- <u>ความคืบหน้างานวิจัย</u>

สัปดาห์นี้ฉันได้ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลและหา Calibration factor ของ Bonner sphere ทั้งแบบใช้ TLD cards ชนิดใหม่และเก่าเรียบร้อยแล้ว อีกทั้งผลของการจำลองด้วย FLUKA ก็เป็นอันสำเร็จ เพียงแต่ต้องตรวจสอบความถูกต้อง ผลส่วนไหนที่ดูแปลก ๆ คุณ Alexey Skolov ก็แนะนำให้ใช้เวลาในการรันข้อมูลนานขึ้นเพื่อเพิ่มสถิติ และผลที่ได้ก็ออกมาดีขึ้นเป็นที่พอใจ ทางด้านงานหาประสิทธิภาพของ CdTe detector คุณ Alexey Skolov ได้ให้คำตอบว่าผลจากการจำลองนั้นไม่ได้ผิดอะไร แต่หากประสิทธิภาพที่ได้จากการคำนวณของ NIST นั้นไม่ได้คำนึงถึงปรากฏการณ์ที่ชื่อ escape peak ซึ่งเกิดจากลักษณะเฉพาะของระดับพลังงานของ Cd และ Te จากผลการจำลองในครั้งนี้ทำให้พวกเราได้ความรู้ใหม่สำหรับ detector ชนิดนี้ว่า ปรากฏการณ์ escape peak มีบทบาทสำคัญในการคำนวณประสิทธิภาพ

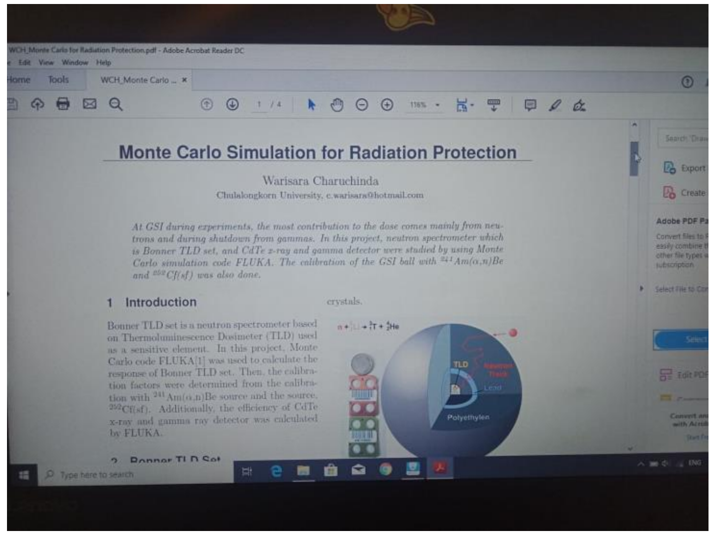
เมื่อได้ผลทุกอย่างเพียงพอเป็นที่น่าพอใจแล้ว ก็ถึงเวลาที่จะต้องเตรียมการเขียนรายงานการวิจัย ซึ่งปลายสัปดาห์ฉันและคุณ Ekaterina ได้ช่วยกันร่างโครงสร้างที่จะเขียนในรายงาน และรูปที่ควรใส่ลงไป สุดสัปดาห์นี้ฉันจึงใช้เวลาไปกับการเขียนรายงานที่ห้องสมุด

สัปดาห์ที่ 7 (2 – 8 กันยายน 2562)

- <u>การทำรายงานผลการวิจัย</u>

ฉันเขียนรายงานการวิจัยเสร็จเป็นที่เรียบร้อยแล้ว คุณ Ekaterina ช่วยตรวจดูความถูกต้องและให้คำแนะนำเพื่อปรับแก้ พร้อมทั้งให้รูปเพื่อใช้ในการนำเสนอผลงานแบบพรีเซนท์เทชัน ฉันจึงกลับไปแก้ไขรายงานอีกครั้ง เมื่อเสร็จแล้วติวเตอร์ทั้ง 3 คุณ Ekaterina, Alexey Sokolov และ Alexey Evdokimov ก็ได้ช่วยกันให้คำแนะนำเพื่อปรับแก้ไขรายงานของฉันอีกครั้ง เมื่อแก้ไขเสร็จเรียบร้อยและได้รับการอนุมัติจากติวเตอร์ให้สามารถส่งเล่มได้ ฉันจึงส่งรายงานในวันพฤหัสที่ Joshua เพื่อนชาวเยอรมัน ที่มีหน้าที่รับผิดชอบการรวมเล่มและออกแบบรายงาน เนื่องจากเขาเป็นคนแรกที่เขียนรายงานเสร็จ นอกจากนั้นสัปดาห์นี้เป็นสัปดาห์สุดท้ายที่จะได้พบคุณ Alexey Evdokimov ฉันจึงมอบช็อคโกแล็ตให้กับเขาเพื่อเป็นการขอบคุณ และถ่ายรูปคู่กัน

ภาพคู่กับคุณ Alexey Evdokimov



ภาพเมื่อแก้ไขรายงานครั้งสุดท้ายเสร็จ

เมื่อรายงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว สิ่งต่อไปที่จะต้องทำคือการเตรียมนำเสนอผลงานในสัปดาห์สุดท้าย ในสุดสัปดาห์นี้ฉันจึงไปที่ GSI เพื่อเตรียมสไลด์นำเสนอกับเพื่อนนักศึกษากลุ่มหนึ่ง ในวันเสาร์พวกเราได้รับประทานอาหารที่ร้านอาหารอิตาลี ฉันสั่งพิซซาหน้าฮาวายที่เป็นที่นิยมในเมืองไทย แต่เพื่อนชาวอิตาลี 2 คน บอกว่าพิซซาหน้าสับปะรดนั้นไม่ใช่แบบอิตาลีและพวกเขาไม่เคยลองทานมาก่อน นอกจากนั้นฉันยังได้ลองทาน calzone ที่ Irina เพื่อนชาวรัสเซียแบ่งให้ มันอร่อยมากมาก ตบท้ายด้วย tiramisu ที่เจ้าของร้านให้พวกเราลิ้มลองโดยไม่ต้องจ่ายเงิน เป็นมื้ออาหารที่ฉันประทับใจเป็นอย่างยิ่ง

ฉัน ณ GSI ในวันหยุดสุดสัปดาห์

พิซซาหน้าฮาวายของฉัน

Calzone ของ Irina

สัปดาห์ที่ 8 (9 – 15 กันยายน 2562)

- <u>การนำเสนอผลงาน</u>

  วันจันทร์ฉันได้เข้าร่วมรับฟังการนำเสนอผลการทำวิจัยของเพื่อนคนอื่น ๆ ในโครงการ ส่วนวันอังคารนั้น ฉันได้ซ้อมนำเสนอกับคุณ Ekaterina และ คุณ Alexey Sokolov ซึ่งติวเตอร์ทั้ง 2 ก็ได้ให้คำแนะนำมาปรับปรุงก่อนที่จะเสนอในวันพุธ และแล้วก็ถึงเวลาทำหน้าที่สุดท้ายในโครงการภาคฤดูร้อนนั่นคือการนำเสนองานที่ได้ทำมาทั้งหมดให้กับเพื่อน ๆ ติวเตอร์ และบุคลากรใน GSI ที่สนใจมารับฟัง หนึ่งในนั้นก็มี Niklaus เพื่อนร่วมห้องทำงานของฉันเอง ซึ่งมาพร้อมกับเพื่อน ๆ และหัวหน้าแผนกป้องกันอันตรายจากรังสี นักศึกษาหนึ่งคนจะ

มีเวลานำเสนอ 25 นาที รวมตอบคำถาม สำหรับการนำเสนอของฉันวางแผนว่าจะนำเสนอ 20 นาที และเหลือ 5 นาทีสำหรับตอบคำถาม ซึ่ง Alexandar Glodslowki จากโปแลนด์คือผู้ฝากหนึ่งคำถามให้กับฉัน ผลตอบรับในการนำเสนอค่อนข้างน่าพอใจ คุณ Ekaterina บอกว่าฉันพูดได้ครบถ้วนและทำให้เข้าใจได้ดี และมีเพื่อนนักศึกษา 3 คนเข้ามาบอกฉันว่าฉันนำเสนอได้ดี ดูเป็นงานน่าสนใจมาก ทำให้วันนั้นฉันมีความสุขมากที่ผลตอบรับจากการทำงานอย่างเต็มที่ตลอด 2 เดือนนี้ออกมาได้ดี

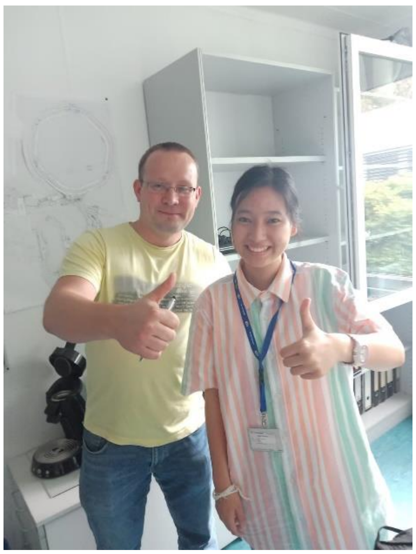
ขณะกำลังนำเสนอผลงานด้วยความตื่นเต้น

- <u>กิจกรรมสุดท้ายใน GSI</u>

วันพฤหัสนี้คือวันสุดท้ายที่เราจะมาที่ GSI ในช่วงเช้าพวกเรามารวมตัวกันที่ lecture hall ซึ่งคุณ Jörn Knoll ผู้ดูแลโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนในครั้งนี้ได้ประมวลภาพและสิ่งที่เราทำมาตลอด 2 เดือน พร้อมทั้งแจกเล่มรายงานที่พิมพ์เสร็จสมบูรณ์ และประกาศรางวัลต่าง ๆ ให้กับทุกคน ส่วนตัวฉันได้ถุงผ้าสำหรับการเข้าร่วมกิจกรรมแข่งขันภาพถ่ายที่ประทับใจในโครงการภาคฤดูร้อนนี้

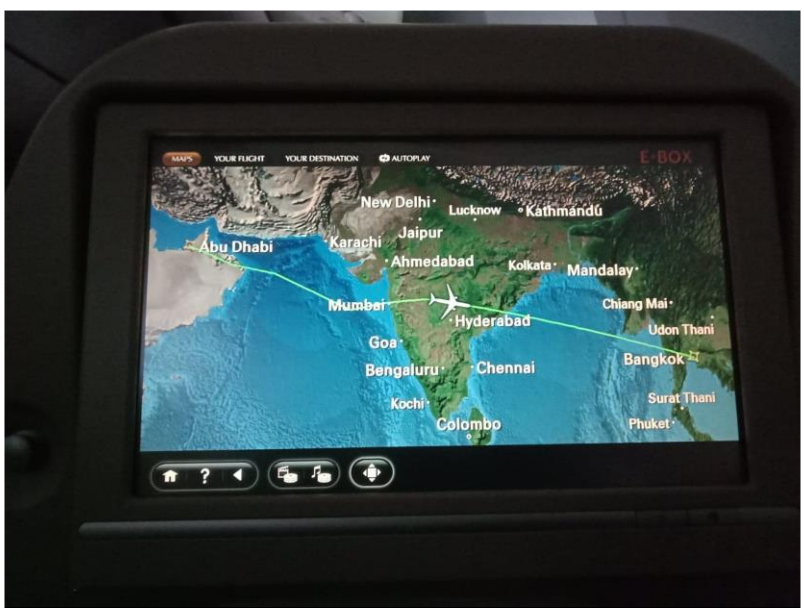
ช่วงบ่ายพวกเราต้องคืนของที่ได้รับจาก GSI ทั้งหมด ได้แก่ กุญแจเข้าห้องทำงาน, จักรยาน และ key card เพื่อเข้า GSI หลังจากฉันทำภารกิจทุกอย่างเรียบร้อยแล้ว ฉันก็ปลีกตัวไปพบติวเตอร์ และเพื่อนร่วมงานในแผนกป้องกันรังสี ฉันได้เตรียมช็อคโกแล็ตให้กับทุกคน ถ่ายรูปและพูดคุยกันเพื่อบอกลา ความรู้สึกในวันนั้นฉันทั้งรู้สึกดีใจและเศร้าใจ 2 เดือนนั้น เป็นช่วงเวลาที่ยาวนานพอให้ผู้พันธ์กับทุก ๆ คน และแสนสั้นสำหรับการอยู่ร่วมกัน เมื่อย้อนไปเมื่อสัปดาห์แรก ทุก ๆ วันนั้นผ่านไปช้าเหลือเกิน แต่ตอนนี้เวลากลับเดินเร็วยิ่งนัก ฉันรู้สึกซาบซึ้งและขอบคุณทุกคนที่มีส่วนร่วมในการให้โอกาสดี ๆ เช่นนี้แก่ฉัน อีกทั้งเพื่อน ๆ และติวเตอร์ที่

ทำให้ฤดูร้อนครั้งนี้แสนจะประทับใจ ค่ำวันนั้นเราร่วมกิจกรรมสุดท้ายใน GSI ด้วยกัน นั่นคือ งานเลี้ยงอำลา ซึ่งมีความคล้ายกับซงานเลี้ยงบาร์บีคิวครั้งที่แล้ว แต่ครั้งนี้สนุกยิ่งกว่า หลังจากนั้นทุกคนก็มาอยู่รวมตัวกันทั้งคืนที่ห้องของขิม เหมือนอย่างเคย เพื่อใช้เวลาร่วมกัน และเขียนข้อความในหน้าว่างท้ายเล่มรายงานเพื่อบันทึกเป็นความทรงจำดี ๆ ตลอดไป สุดท้ายนี้ ฉันขอขอบคุณโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อน GSI 2019 และทุก ๆ คนที่มีส่วนร่วมสนับสนุนและเป็นส่วนหนึ่งในงานครั้งนี้ด้วยใจจริงค่ะ


คุณ Alexey Sokolov


คุณ Ekaterina Kozlova


คุณ Nikaus Reuter



ถึงเวลากลับบ้าน

ภาคผนวก

รายงานเชิงวิชาการ A

Preparation of Neutral Fragment Imaging for Stored Ions in CRYRING@ESR

Suphachok Buaruk
Prince of Songkla University, s.buaruk@gmail.com

During recent research at CRYRING@ESR, profile were not possible because the closed orbit of the circulating low-energy ion beam would be destroyed by the external fields. However, imaging of neutral reaction products from the electron cooler section should provide a projection of the beam profile. In this work, the simple experimental setup consisting of uEye camera and a scintillating screen are used to investigate the beam profile. Additionally, the count rate from the ^{241}Am alpha source that is used to simulate the ion beam, is investigated by photomultiplier tube. Because of the limitation of the camera, the light profiles from each case cannot be determined obviously and the low beam intensity imaging was not possible. However, it can be clearly seen that the count rate is increased when the distance between scintillating screen and source is decreased.

1 Introduction

1.1 CRYRING

CRYRING, a low energy ion storage ring, was previously developed and operated by the Manne Siegbahn Laboratory in Stockholm, Sweden from the early 1990s to 2010. By combining the CRYRING and ESR facilities, both rings are the first part of the future facility for antiproton and ion research (FAIR), under the collaborative work of GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung (GSI) in Darmstadt, Germany. It is a small synchrotron ring with a circumference at the central orbit of 54.17 m and a diameter of about 18 m, consisting of twelve 30° bending magnets with a bending radius of 1.2 m and 12 straight sections. Every second section between the bending magnets is used for focusing the ion beam by three quadrupole focusing elements. The other six straight sections include an injection line, an extraction line, a RF accelerator and decelerator, an electron cooler, a beam diagnostic line and one free sections for experimental installations [1]. The operation parameters of ESR have been described by Eichler and Stöhlker 2007 [2]. Originally, CRYRING has been designed for operation in an ion energy range of $\sim$14 MeV/u down to $\lesssim$ 300 keV/u or even lower energies [3]. CRYRING@ESR will be the only facility world-wide that provides low-energy highly charged stable beams and beams of rare isotopes with a free choice of the charge state, including bare ions [4].

1.2 Imaging of stored ions interactions

Ion beam profile measurements are indispensable for optimal tuning of the electron cooler to the ion beam to achieve efficient cooling. Yet, for a certain class of ion beams, with very low charge state and very high mass, like e.g. Mg^+, C^+, Ar^+ or similar ions, and where the injection energy is too low, profile measurements are not available, because any kind of external fields would destroy the closed orbit of the circulating low-energy ion beam. However, some of the possible reaction channels form neutral fragments (see Fig. 1). Thus, the idea has arisen to use neutral fragment imaging for stored ions neutralized in one of the straight ring sections to derive a projection of the ion beam profile. As a prototype approach, a cost-efficient solution for realizing an imaging setup using scintillating screens and a video camera for readout to realize an imaging solution, shall be attempted. In this project, the screen and camera readout are put into operation, using an alpha particle source as a proxy for the stored ion beams. ^{241}Am is an emitter of alpha particles, with three alpha lines that lie close together around 5.5 MeV and

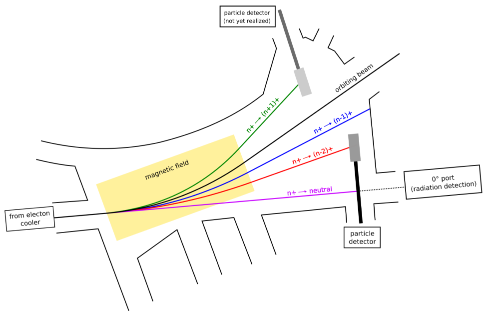


Fig. 1: *Ion trajectories after charge exchange [5].*

is a good substitute for the impinging neutralized stored particles from the ring in this test setup.

2 Experimental setup

YAG:Ce, which stands for yttrium aluminium garnet doped with cerium, is used as a scintillating screen. The properties of the YAG:Ce are given in the Tab. 1 [6]. It has the peak emission at 550 nm, in the visible range which has capacity to optically investigate experimental results. In this experiment, the mounted crystal has a free diameter of 48 mm and a thickness of 0.25 mm. The side of the crystal facing the ion beam is coated with 200 nm of aluminium layer. The experimental setup is shown in Fig. 2. The distance between alpha source and scintillating screen can be varied from 25-175 mm using a manipulator. Moreover, we can assume that the particles which go through the pinhole act as the ion beam in the accelerator. The scintillation counter uses the photomultiplier tube Hamamatsu R2083. The imaging system uses an IDS uEye UI-5240SE-M-GL Rev.2 camera with a Ricoh 16 mm f/1.4 lens operated at maximum aperture.

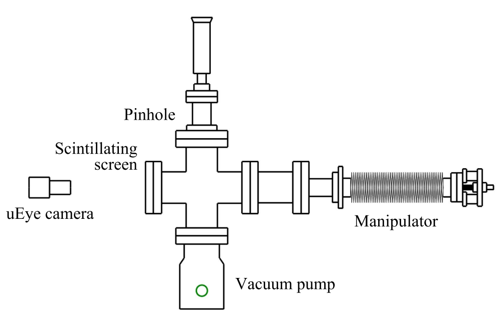


Fig. 2: *Experimental setup consists of uEye camera, manipulator and pinhole.*

Tab. 1: *Properties of the YAG:Ce Scintillator [6].*

Density [g/cm^3]	4.57
Melting point [°C]	1970
Index of refraction	1.82
Max. of emission [nm]	550
Decay time constant [ns]	70
Light yield [ph/MeV]	9000

3 Results and Discussions

3.1 *Picture profiles*

This part investigates the effects of distance between alpha particle source and scintillating screen with and without pinhole. The distance was varied from 25 to 175 mm. Fig. 3 illustrates the example picture from the uEye camera when the source is placed to be 25 mm from the scintillating screen. All pictures from the uEye camera are plotted in a histogram using ImageJ. A histogram of the light profile, with the distance between the alpha particle source and the scintillating screen of 25 mm, is shown in Fig.4. There were no significant differences in histogram profiles when the distance is varied, or when the pinhole was moved in the beam path. In summary, the results of this study did not show any significant differences for any of the parameters. Note that the identification of pictures depends on the limitation of the camera used in this work. The next part, therefore, moves on to discuss the results from photomultiplier tube.

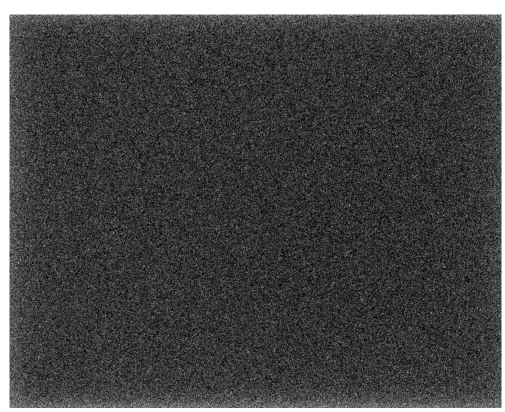


Fig. 3: *Picture from uEye camera when the distance between alpha source and scintillating screen is 25 mm.*

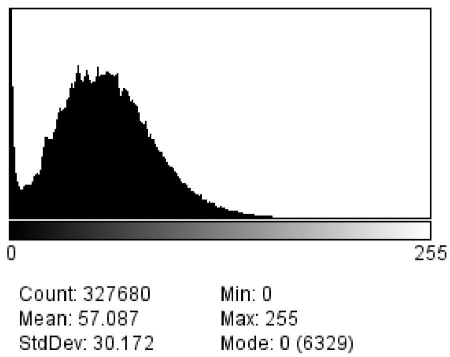


Fig. 4: *Histogram of picture profile when the distance between alpha source and scintillating screen is 25 mm.*

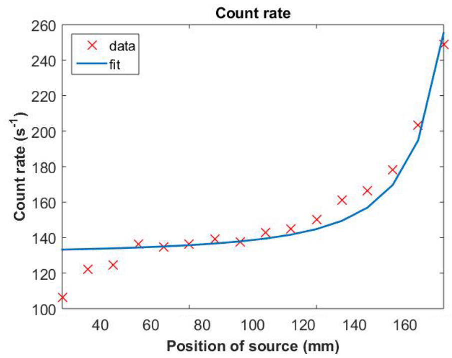


Fig. 5: *Count rate as function of position defined by distance between alpha particle source and scintillating screen.*

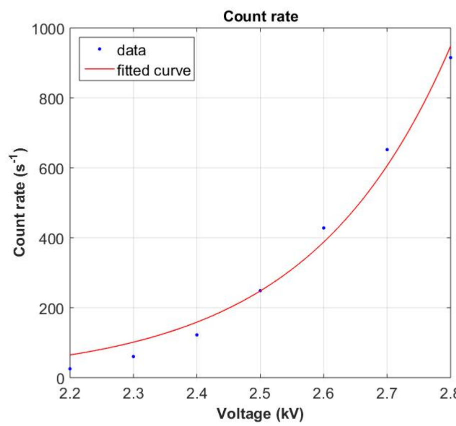


Fig. 6: *The relationship between count rate and voltage used with photomultiplier tube.*

3.2 Count rate

The count rate is shown as a function of of the position of the alpha source relative to the screen, where 175 mm corresponds to the minimum and 25 mm to the maximum distance. The count rate is shown in Fig. 5. It can be clearly seen that the count rate is increased when the distance between source and scintillating screen is decreased. This behavior can be explained by the change in the solid angle which decreases in proportion to the distance from the source squared. From the results, this has led to the following approximation:

$$\text{Count rate} = a(\frac{R}{d-x})^2 + \text{offset} \qquad (1)$$

when a is the constant, including the power of the source, R is the radius of scintillating screen, d is the maximum distance between alpha source and scintillating screen and x is the position of source varied by manipulator. With 24 mm of scintillating screen radius, the analytic fitting shows that the maximum distance between the source and scintillating screen is 175.44 mm. Additionally, the relationship between count rate and voltage used with photomultiplier tube is also studied which is shown in Fig. 6.

4 Conclusions

This work investigates the light profiles from the scintillating screen which the pictures taken by a uEye camera. The picture profiles are analyzed using the ImageJ program. The experimental setup is designed for studying the effects of distance between a ^{241}Am alpha source, and a scintillating screen on the light profile. The analyzed light profiles are show no variation when the distance is varied. The most likely reason for these results is that the sensor noise is too high compared to the low light yield of the scintillator. A possible explanation of these results might be that the number of photoelectrons per sensor pixel, which is too small to induce a detectable signal. Further research with a cooled sensor, an image intensifier or a higher activity source is strongly recommended. The results from the photomultiplier tube help us to understand the relation between the count rate and the distance between the alpha source and the scintillating screen, which shows the expected increase with decreased distance. On the other hand, the increase of the voltage used with the photomultiplier tube directly increases the count rate. The count rate ranges from 130 to 260 s^{-1} at 2.5 kV used with a photomultiplier tube. The analytic fitting shows that the maximum distance between the alpha source and scintillating screen is 175.44 mm.

Acknowledgments

I would like to thank my tutor, Michael Lestinsky, who has given many advices that greatly assisted this project which is my first experience in real experiment hands-on. Special thanks to Esther Menz for her help and explanations on not only physics but also the inspiration for being a Ph.D. student. Eventually, many thanks to Jörn Knoll, the organizers and summer students. S. Buaruk acknowledges the research support from GSI summer student program 2019 and The Information Technology Foundation under the Initative of Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn.

References

[1] M. Lestinsky *et al.*, *Eur. Phys. J. Special Topics* 225.5 (2016), pp. 797-882.

[2] J. Eichler, T. Stöhlker, *Phys. Rep.* **439**, 1 (2007).

[3] K. Abrahamsson, G. Andler, L. Bagge, *et al.*, *Nucl. Instrum. Methods.* B **79**, 269 (1993).

[4] H. Geissel, P. Armbruster, K. Behr, *et al.*, *Nucl. Instrum. Methods.* B **70**, 286 (1992).

[5] Esther Menz. 'A Scintillation Particle Detector for Recombination Experiments at CRYRING@ESR'. Master thesis. Helmholtz-Institut Jena, 2017.

[6] M. Mashlan, D. Jancik, A. Kholmetskii, *Industrial Applications of the Mössbauer Effect*, (2002) pp. 673-678.

ภาคผนวก

รายงานเชิงวิชาการ B

Monte Carlo Simulation for Radiation Protection

Warisara Charuchinda
Chulalongkorn University, c.warisara@hotmail.com

At GSI during experiments, the most contribution to the dose comes mainly from neutrons and during shutdown from gammas. In this project, neutron spectrometer which is Bonner TLD set, and CdTe x-ray and gamma detector were studied by using Monte Carlo simulation code FLUKA. The calibration of the GSI ball with ^{241}*Am(α,n)Be and* ^{252}*Cf(sf) was also done.*

1 Introduction

Bonner TLD set is a neutron spectrometer based on Thermoluminescence Dosimeter (TLD) used as a sensitive element. In this project, Monte Carlo code FLUKA[1] was used to calculate the response of Bonner TLD set. Then, the calibration factors were determined from the calibration with ^{241}Am(α,n)Be source and the source, ^{252}Cf(sf). Additionally, the efficiency of CdTe x-ray and gamma ray detector was calculated by FLUKA.

2 Bonner TLD Set

Bonner TLD set is a neutron spectrometer which serves to measure the neutrons in wide energy range response. The sensitive element is TLD. One TLD card contains 4 LiF crystals of 2 kinds; TLD600 and TLD700. TLD600 contains 95.12% of ^{6}Li and 4.38% of ^{7}Li. Since ^{7}Li has large neutron capture cross-section, this kind of crystal is used for detecting neutrons and gammas. TLD700 detects only gamma because they contains 0.03% of ^{6}Li and 99,47% of ^{7}Li. The TLD cards are inserted into spheres or cylinders of different dimensions. Polyethylene (PE) and polyvynylchloride (PVC) materials are used as moderator and some of the set elements have also lead layer which can be seen in Table 1, to increase response to the high energy neutrons. The configuration of Bonner sphere with a lead layer and 2 kinds of TLD cards are shown in Fig. 1. Orange cards are sensitive cards used to measured the neutron dose down to 2 μSv, the yellow cards are non-sensitive cards and might be used for doses above 20 μSv. The difference between these cards is in the composition of LiF crystals.

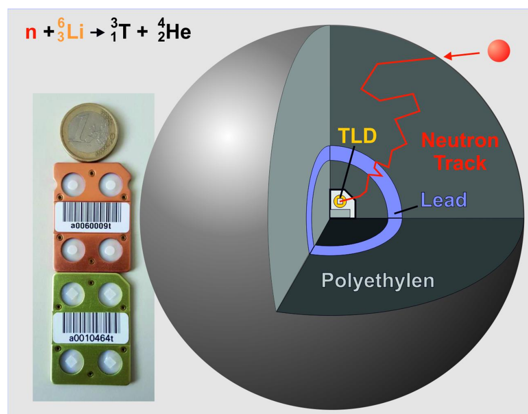


Fig. 1: *The configuration of Bonner sphere with lead layer and 2 kinds of TLD cards comparing to the size of 1 euro coin.*

Fig. 2 shows the Bonner TLD set which consists of spherical and cylindrical shaped moderators.

Fig. 2: *The Bonner TLD set.*

Table 1 shows the material and dimension of each Bonner TLD set element.

In this project, we used Bonner TLD set to

	Material	R [cm]	H [cm]
S2”	PE	2.54	-
S3”	PE	3.81	-
S5”	PE	6.35	-
S8”	PE	10.16	-
S10”	PE	12.7	-
S12”	PE	15.24	-
S16”	PE	20.32	-
GSI ball	PE+Pb	16.25	-
C	PE	2.5	6
Andrea	PVC+Pb	7	7

Tab. 1: *Dimensions of Bonner TLD set which we used. S, C, R and H represent sphere, cylinder, radius and height, respectively.*

measure the spectrum of ^{241}Am(α,n)Be source and determined calibration factors from calibration with ^{241}Am(α,n)Be and ^{252}Cf(sf).

2.1 FLUKA

FLUKA is a Monte Carlo radiation transport code which is capable to simulate with high accuracy the interaction and propagation of radiation in matter. To calculate the response function for neutron energies ranging from 10^{-12} to 10 GeV, the mono-energetic neutron beam with 42×42 cm^2 plane was used to irradiate the Bonner TLD set. Total energy that is deposited in TLD crystals [GeV/p.p.] was scored by USRBIN card. Then, we simulated irradiation of the Bonner TLD set with isotropic ^{241}Am(α,n)Be source in a room in accordance with the actual dimensions of real room. The distance between the source and detector is 1 m. The spectrum of the neutrons at the detection region can be calculated by USRTRACK card in units of $cm^{-2}GeV^{-1}p.p.^{-1}$. And the read-out signal is obtained by using the USRBIN card. The signal (S) is a function of the response function (R) and neutron fluence (Φ) is:

$$S = \sum R_E \Phi_E. \quad (1)$$

2.2 Results and Discussions

Fig. 3 are the response functions of Bonner TLD set. We can notice that bare TLD card provides high response to thermal neutron. Then, moderator is added, the larger size of moderator increases the response to higher energy neutron. GSI ball with lead layer shows higher response than the ones without lead layer at high energy region. Because lead can convert high energy neutrons to neutrons with lower energy by a spallation reaction.

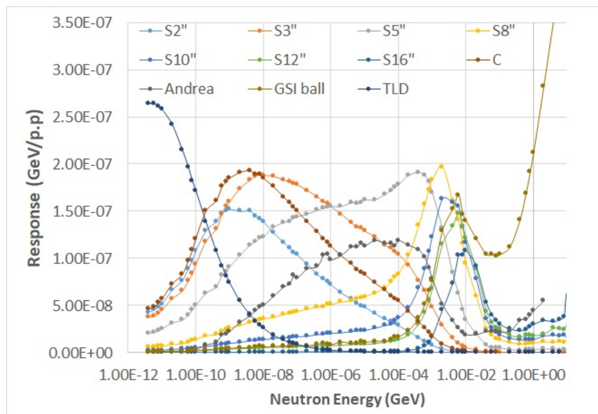


Fig. 3: *Response Functions of Bonner TLD Set.*

Then, the results of ^{241}Am(α,n)Be irradiation with walls are discussed. Fig. 4 shows the comparison between spectrum of ^{241}Am(α,n)Be at detection region position with the walls of experimental room and without walls. We can see the neutron spectrum from the source is providing a peak around 5 MeV, but for the irradiation with walls, a small peak at thermal energy appears. This peak is the result of back-scattering of the neutrons from the walls.

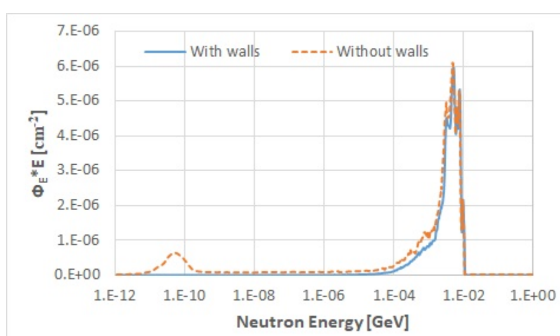


Fig. 4: *Spectrum of ^{241}Am(α,n)Be source at detection region with the walls and without walls.*

In Fig. 5, the read-out signals of Bonner

TLD set to ^{241}Am(α,n)Be with walls and without walls are shown. From Eqn. 1, the Bonner TLDs which provide high response signals e.g. S5", S8", S10", and S12", has good response at energy region around the peak of ^{241}Am(α,n)Be spectrum. Therefore, the product of response functions and spectrum of these detectors are high.

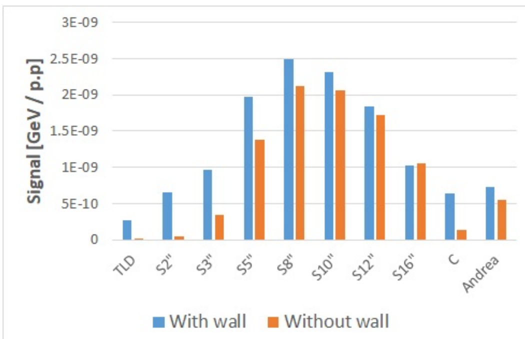


Fig. 5: *Response signal of Bonner TLDs Set to ^{241}Am(α,n)Be source.*

Then, the differences between the signals when irradiation is with the walls and without the walls are discussed. This difference is the effect from neutron back scattering. It means that the difference occurs for the detectors which are more sensitive to low energy neutron those are bare TLD, small Bonner spheres and Bonner cylinder. From the response functions and read-out signals, we can calculate back the energy spectrum of the source by unfolding algorithm[2].

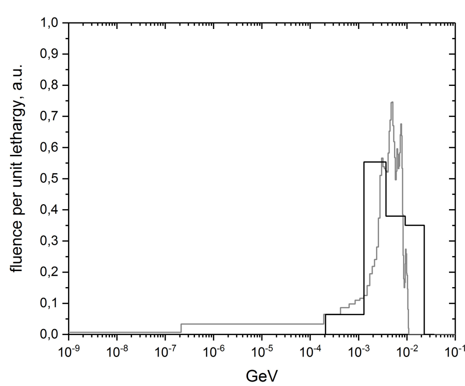


Fig. 6: *Spectrum of ^{241}Am(α,n)Be without walls calculated by unfolding algorithm in comparison to a known spectrum[3].*

Fig. 6 shows ^{241}Am(α,n)Be spectrum resulting from unfolding algorithm which agree well with a known spectrum[3] in term of the position of peak.

3 Calibration of GSI Ball with ^{241}Am(α,n)Be and ^{252}Cf(sf) Source

In this section, we irradiated GSI ball with ^{241}Am(α,n)Be and ^{241}Cf(sf) to determine the calibration factor [Sv/Gy]. The irradiation of each source is proceeded 2 times with sensitive cards and non-sensitive cards. Usually, only one TLD card is inserted in the ball. To increase statistics, 3 cards are used as shown in Fig. 7.

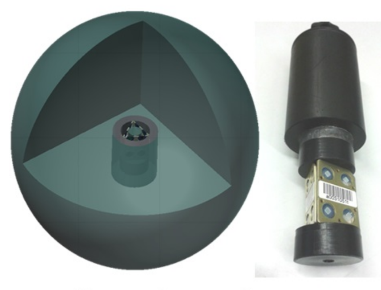


Fig. 7: *Configuration of GSI ball which has 3 TLD cards in the middle.*

For sensitive cards, GSI ball was irradiated by ^{252}Cf(sf) during 71.50 hours. And non-sensitive cards were irradiated during 93.68 hours. After irradiation, the TLDs cards were preheated in the TLD oven and read out by Harshaw TLD Reader Model 6600 Plus. The reader provides the number of collected charges Q [nC] in each crystals. The energy dose response D [GeV] of the bare thermoluminescent elements was determined with ^{137}Cs source before the cards were used as neutron detectors.

To obtain calibration factors, we calculated ambient dose equivalent $H^*(10)$ [Sv] by using the formula of ambient dose equivalent at distance R from source, after irradiation time t which is

$$H^*(10) = \frac{h_\phi \cdot I \cdot t}{4 \cdot \pi \cdot R^2} \tag{2}$$

where I is the source intensity, $2.2 \cdot 10^6$ neutrons/s for ^{241}Am(α,n)Be, and $9.4 \cdot 10^5$ for ^{252}Cf(sf) at the distance 1 m. h_ϕ is a neutron fluence to dose equivalent conversion coefficient [4], 380 pSv cm^2 for ^{252}Cf(sf) and 391 pSv cm^2 for ^{241}Am(α,n)Be. The calibration factor is the ratio of ambient dose equivalent from the source $H^*(10)$[Sv] and of measured energy dose response D [Gy]. The calibration factors for the spheres with 2 types of cards are listed on the Table 2.

Source	Calibration Factor (Sv/Gy)	
	Non-sensitive	Sensitive
^{241}Am(α,n)Be	0.35	1.03
^{252}Cf(sf)	0.38	1.5

Tab. 2: *Calibration factors of sensitive and non-sensitive cards calibrated with ^{241}Am(α,n)Be and ^{252}Cf(sf)*

4 CdTe Detector

Apart from the detection of neutron, x-ray and gamma measurements are also considered. Germanium detector provides good performance for photon of energies above 50 keV. For lower photon energies, Cadmium Telluride (CdTe) detector presents a better efficiency. We constructed the geometry of CdTe detector in a dimension of 5 x 5 x 1 mm including Carbon window with 25 μm thickness in FLUKA. The efficiency of CdTe detector calculated with FLUKA is compared to the data computed using NIST attenutation values and nominal device specifications, shown in Fig. 8. The results have a good agreement with each other. We can see that this detector provide a good efficiency to energies from a few keV to several hundreds of keV, with an efficiency that peaks from 10 to 100 keV.

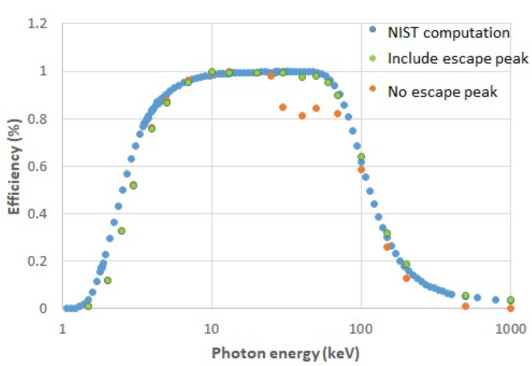


Fig. 8: *Efficiency of CdTe detector simulated by FLUKA in comparison to NIST's calculation*

In this simulation, a interesting phenomenon appears. Starting from around 30 keV, escape peak appears in the spectrum. For example, the spectra for incident photons of energies 35 and 45 keV in Fig. 9 have small peaks at low energy region. Orange dots in Fig 8 is efficiency which does not consider this escape peaks. The real efficiency is dropped for photon with energy around 25 to 80 keV in comparison to idealized efficiency calculated using NIST absorption and transmission coefficients. Escape events are important in CdTe and should be considered for efficiency calculation.

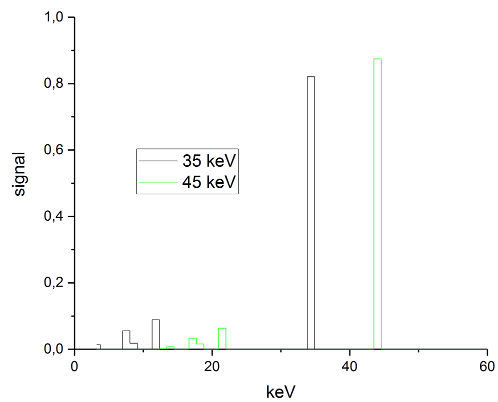


Fig. 9: *Energy signal spectra from gammas with energies of 35 and 45 keV*

Acknowledgments

I would like to thank my tutors Ekaterina Kozlova, Alexey Sokolov and Alexey Evdokimov for the knowledge and their kind support.

References

[1] www.fluka.org

[2] Sanna, R., and O'brien, K. (1971). Nuclear Instruments and Methods, 91(4), 573-576.

[3] ISO 8529-1. Reference neutron radiation - Part1

[4] International Commission on Radiological Protection. ICRP 74: Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation. ICRP Publication 74, Pergamon Press,1996.