

รายงานการศึกษาดูงาน

โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อน HGS & HIRe Summer Student Program 2018

ณ สถาบันวิจัยไอออนหนัก GSI Helmholtz Centre for Heavy Ion Research

สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

ในระหว่างวันที่ 23 กรกฎาคม – 14 กันยายน พ.ศ. 2560



จัดทำโดย

นายเกียรติ กীরติกานต์

นายกัณฑ์ภัสสร โกสุมสุมาลา

คำนำ

รายงานฉบับนี้ เป็นการสรุปผลที่ได้จากการเข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนที่สถาบันวิจัยไอออนหนัก GSI ประจำปี พ.ศ. 2561 ณ ประเทศเยอรมนี ระหว่างวันที่ 23 กรกฎาคม ถึง 14 กันยายน พ.ศ. 2561 ของ นายกันต์ภิสัญญ์ โกสุมสุภมาลา และนายกิริติ กิริติกานต์ โดยประกอบด้วยส่วนที่เป็นการบอกเล่าประสบการณ์ที่ได้พบเห็น และส่วนที่เป็นรายงานเชิงวิชาการที่ได้จากการร่วมงานกับ GSI ตลอดแปดสัปดาห์ เนื้อหาในรายงานฉบับนี้อ้างอิงจากการจดบันทึกระหว่างเข้าร่วมกิจกรรมเป็นส่วนใหญ่ และผู้จัดทำพยายามรวบรวมข้อมูลให้ครบถ้วนรอบด้านที่สุด โดยหวังว่าจะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในโครงการนี้ ที่ต้องการพัฒนาทักษะการทำวิจัย และเก็บเกี่ยวประสบการณ์การใช้ชีวิตในต่างประเทศ

คณะผู้จัดทำ

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้ารู้สึกทราบดีซึ่งในพระมหากรุณาธิคุณของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ที่ทรงเป็นองค์ประธานคัดเลือกและทรงพระราชทานโอกาสแก่ข้าพเจ้านิสิตนักศึกษาไทย ให้ได้ไปเรียนรู้การทำงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับสถาบันชั้นนำของโลก นับเป็นประสบการณ์อันล้ำค่าที่จะติดตัวข้าพเจ้าไปตลอด ทำให้ข้าพเจ้าได้พัฒนาตนเองและสามารถนำมาพัฒนาประเทศชาติได้ต่อไป

ขอขอบคุณคณะทำงานทุกภาคส่วนที่ได้มีการผลักดันให้เกิดความร่วมมือระหว่างประเทศไทย และสถาบันวิจัยไอออนหนัก GSI

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) และสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) ที่ได้สนับสนุนงบประมาณค่าเตรียมตัวก่อนเดินทาง ค่าเดินทางและค่าใช้จ่ายประจำวันตลอดระยะเวลาของโครงการฯ

และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณคุณสาวิตรี ภิรมย์กิจ ที่ได้ดูแลพวกข้าพเจ้าด้วยดีมาโดยตลอด

คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

1. ที่มาและความสำคัญ	1
2. การพึงบรรยาย	2
2.1 Accelerator	2
2.1.1 Accelerators: From the source to the target	2
2.2 Nuclear and Particle Physics	3
2.2.1 Compressed Nuclear Matter I (Collision Dynamics and Flow)	3
2.2.2 Compressed Nuclear Matter II (Dilepton & Strangeness Production)	3
2.2.3 Compressed Nuclear Matter III (Results from ALICE at LHC)	3
2.2.4 Hadron Physics with Anti-Protons I (Hadron Spectroscopy)	3
2.2.5 Hadron Physics with Anti-Protons II (Instrumentation)	3
2.2.6 Nuclear Structure and Astrophysics I	3
2.2.7 Nuclear Structure and Astrophysics II	3
2.2.8 Nuclear Structure and Astrophysics III	3
2.3 Biophysics and Medical Science	3
2.3.1 Biophysics & Cancer Therapy with Heavy Ions	3
2.4 Atomic Physics	4
2.4.1 Atomic Physics at GSI : Current and Future research	4
2.5 Plasma	4
2.5.1 Plasma Physics with Intense Ion Beams	4
2.5.2 Plasma Physics with Intense Laser Beams	4
2.6 Materials Science Research	4

2.6.1 Materials Science Research	4
2.7 อื่นๆ	5
2.7.1 Scientific Presentations Tutorial, Fundamental Research and Impact to the Society	5
3. การเยี่ยมชมสถานที่	5
3.1 UNILAC: Universal Linear Accelerator (24 ก.ค.61)	6
3.2 Material Science Cave (24 ก.ค.61)	7
3.3 SHIP-SHIPTRAP (24 ก.ค.61)	8
3.4 Green Cube (27 ก.ค.61)	10
3.5 Medical Cave (31 ก.ค.61)	11
3.6 CRYRING (31 ก.ค.61)	12
3.7 HADES (31 ก.ค.61)	13
3.8 ESR: Experimental Storage Ring (7 ส.ค.61)	14
4. การเขียนรายงานและการนำเสนอผลงาน	15
5. กิจกรรมนอกเหนือจากกิจกรรมทางวิชาการ	15
5.1 กิจกรรมเดินแรลลี่ (28 ก.ค.61)	15
5.2 กิจกรรมปิ้งย่าง (9 ส.ค.61)	17
5.3 การแข่งขันฟุตบอล (25 ส.ค.61)	18
5.4 กิจกรรมงานเลี้ยงส่งท้าย (13 ก.ย.61)	19
5.5 กิจกรรม GSI-FAIR Summer Festival (23 ก.ย.61)	19
5.6 กิจกรรมอื่น ๆ	20
6. ประสพการณ์การทำงาน	21
นายกัณฑ์กิติภูมิ โทสุขุมสุภมาลา (กัณฑ์)	21
นายเกียรติ กิริติกานต์ (เพ็ญท์)	26

ภาคผนวก	30
บันทึก GSI 2018	31
ช่วงก่อนเริ่มถ่าย	31
ทุกๆปลายทาง ย่อมมีจุดเริ่มต้นเสมอ	31
สิบปากว่า... ไม่เท่าตาเห็น	32
มุ่งหน้าสู่ดัมชัตต์	32
ช่วงถ่าย	33
ช่วงหลังจบถ่าย	37
รายงานเชิงเทคนิคของโครงการ	39

GSI & HIR Summer Student Program

1. ที่มาและความสำคัญ

สถาบันวิจัยไอออนหนัก GSI (อังกฤษ : GSI Helmholtz Centre for Heavy Ion Research) เป็นสถาบันที่ตั้งอยู่เมือง คาร์มสตัด ประเทศเยอรมนี โดยมีการวิจัยหลักคือการใช้เครื่องเร่งอนุภาคนิวเคลียร์ขนาดใหญ่สำหรับการศึกษาด้านไอออนหนัก ได้ถูกก่อตั้งขึ้นเมื่อปีค.ศ. 1969 มีบุคลากร 1,350 คน ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรรวม 750 คนจากทั้งหมด มีความร่วมมือกับสถาบันต่าง ๆ ขึ้นกว่า 400 สถาบัน จาก 50 ประเทศทั่วโลก มีการวิจัยใน 5 สาขาหลัก ได้แก่ Nuclear and Particle physics, Atomic physics, Plasma physics, Bio physics and Medical science และ Materials research โดยงานวิจัยทั้งหมดจะถูกศึกษาและดำเนินการผ่านเครื่องเร่งอนุภาคเป็นหลัก

โครงการ Summer Student Program ที่ GSI ถูกจัดขึ้นอย่างต่อเนื่องมาถึง 38 ปี (โดยปี 2018 ที่พวกเราเข้าร่วมเป็นปีที่ 38) เป็นโครงการที่เปิดโอกาสให้ นักศึกษาชั้นปี 3 และ 4 ระดับปริญญาตรี และนักศึกษาปริญญาโท จากมหาวิทยาลัยทั่วโลกได้เข้ามาสัมผัสประสบการณ์เป็นนักวิจัย โดยเริ่มกิจกรรมจากการเรียนเลกเชอร์, ทัศนศึกษาตามสถานที่ต่าง ๆ ใน GSI และดำเนินการทำวิจัยรวมระยะเวลาสองเดือน เราสามารถเลือกสาขาของงานวิจัยที่ต้องการทำได้จากสาขาทั้งหมดที่กล่าวไปข้างต้น และยังสามารถเลือกรูปแบบการทำงานได้สามลักษณะคือการทำทดลอง การวิเคราะห์สร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ และการศึกษาทางทฤษฎี โดยนักศึกษาที่ได้รับคัดเลือกประมาณ 30 - 40 คน (ปี 2018 มีนักศึกษาจำนวน 37 คน) จะถูกมอบหมายงานให้คนละหนึ่งหัวข้อตามที่เราได้เขียนไปในใบสมัคร ซึ่งแต่ละคนจะอยู่ในความดูแลของนักวิจัยหนึ่งคน อาจจะอยู่ตำแหน่งศาสตราจารย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นักวิจัยหรือนักศึกษาปริญญาเอกก็ได้ โดยนักศึกษาผู้เข้าร่วมค่ายจะเรียกพวกเขาว่า ตัวต่อตลอดระยะเวลาของโครงการ นักศึกษาจะได้ร่วมงานอย่างใกล้ชิดกับตัวต่อของตัวเอง เพื่อทำการทดลอง เก็บข้อมูล วิเคราะห์ผลและนำเสนอต่อผู้ร่วมโครงการทุกคน กิจกรรมภายใต้โครงการในสัปดาห์แรกจะเป็นการฟังบรรยายทั้งหมด หลังจากนั้นจะเริ่มลดวันบรรยายลงเหลือสัปดาห์ละ 1-2 วันและที่เหลือเป็นวันทำงาน ส่วนตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 เป็นต้นไปจะเป็นเวลาของการทำงานทั้งหมด สำหรับบางวันจะมีการสอนภาคปฏิบัติและโปรแกรมที่จำเป็นสำหรับการทำวิจัยได้แก่ การฝึกใช้โปรแกรม ROOT เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่และการฝึกใช้ Latex สำหรับการเขียนรายงานเชิง วิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมสันทนาการสอดแทรกอยู่ตลอดระยะเวลาของโครงการ ไม่ว่าจะเป็นกิจกรรมการเดินเรลลี่ภายในเมืองคาร์มสตัดที่จะทำให้นักศึกษาได้เข้าใจและรู้จักสถานที่สำคัญต่าง ๆ และที่สำคัญทำให้เรารู้จักได้เป็นอย่างดีตั้งแต่อาทิตย์แรก, งาน

เลี้ยงปิ้งย่าง (Grill party) เพื่อกระชับความสัมพันธ์ระหว่างนักศึกษากับคณาจารย์และระหว่างนักศึกษาด้วยกันเอง, การแข่งขันฟุตบอลภายในเพื่อชิงถ้วยรางวัล (และปีนี้ ถ้วยรางวัลชนะเลิศเป็นของนักศึกษาผู้เข้าร่วมโครงการฯ หลังจากที่พักผ่อนมาตลอด 20 ปี) ซึ่งมีทั้งบุคลากรของ GSI และนักศึกษาจาก Summer Student Program เข้าร่วมการแข่งขันนี้, การนำเสนอรายที่ได้ทำวิจัย และสุดท้ายคือกิจกรรมเลี้ยงส่งนักศึกษาเพื่ออำลา ละเอียดยของแต่ละกิจกรรมที่ได้เข้าร่วมตลอดสองเดือน

2. การพึงบรรยาย

การพึงบรรยายแต่ละหัวข้อจะใช้เวลาชั่วโมงครึ่ง โดยในหนึ่งวันจะมีการบรรยายต่อเนื่องอย่างมากที่สุดสามหัวข้อ คือภาคเช้าสองหัวข้อและภาคบ่ายหนึ่งหัวข้อ วิทยากรที่มาให้ความรู้ล้วนเป็นนักวิจัยภายใน GSI โดยหัวข้อการบรรยายสามารถแบ่ง ตามสาขาได้ดังนี้

2.1 Accelerator

2.1.1 Accelerators: From the source to the target

การบรรยายประกอบด้วยหลักฟิสิกส์ของการเร่งอนุภาคตั้งแต่การดึงไอออนออกจากแหล่งกำเนิดจนไปถึงการบังคับให้พุ่งชนเป้าหมาย และส่วนประกอบและการทำงานของเครื่องเร่งอนุภาค ที่ GSI มีเครื่องเร่งอนุภาคเชิงเส้นขนาดใหญ่ เรียกว่า UNILAC ย่อมาจาก Universal Linear Accelerator เนื่องจากมันสามารถเร่งได้ตั้งแต่ไอออนขนาดเล็กอย่างโปรตอนไปจนถึงไอออนขนาดใหญ่อย่างยูเรเนียมได้โดยพลังงานสูงสุดของลำอนุภาคขาออกอยู่ที่ 11.4 MeV/u หลังจากผ่านการเร่งที่ UNILAC แล้ว ลำอนุภาคจะถูกส่งต่อไปยังหน่วยถัดไปเพื่อใช้ในการทดลอง ได้แก่ ระบบ SIS 18 (Heavy-Ion-Synchrotron 18) ซึ่งเป็นเครื่องกำเนิดแสงซินโครตรอนจากไอออนหนักและระบบ ESR (Experimental Storage Ring) ซึ่งเป็นวงแหวนกักเก็บลำอนุภาคสำหรับใช้ในการทดลองต่าง ๆ

2.2 Nuclear and Particle Physics

2.2.1 Compressed Nuclear Matter I (Collision Dynamics and Flow)

2.2.2 Compressed Nuclear Matter II (Dilepton & Strangeness Production)

2.2.3 Compressed Nuclear Matter III (Results from ALICE at LHC)

2.2.4 Hadron Physics with Anti-Protons I (Hadron Spectroscopy)

2.2.5 Hadron Physics with Anti-Protons II (Instrumentation)

2.2.6 Nuclear Structure and Astrophysics I

2.2.7 Nuclear Structure and Astrophysics II

2.2.8 Nuclear Structure and Astrophysics III

งานวิจัยในสาขานี้มุ่งเน้นไปที่การศึกษาโครงสร้างนิวเคลียสของธาตุชนิดต่าง ๆ และนิวเคลียสที่มีจำนวนโปรตอนมหาศาสตร์ (Exotic nuclei) ซึ่งจะนำไปสู่ความเข้าใจในธาตุที่พบได้ในดาวฤกษ์และอาจจะใช้ในการตอบปัญหาการเกิดบิกแบงได้ หัวข้อนี้จัดได้ว่ามีการบรรยายมากที่สุด เนื่องจากเป็นสาขางานวิจัยของ GSI มาตั้งแต่อดีต (ในช่วงปี ค.ศ. 1980 - 1996 มีการสังเคราะห์ธาตุหนัก 6 ได้ที่ GSI คือ Bohrium (Bh-107), Hassium (Hs-108), Meitnerium (Mt-109), Darmstadtium (Ds-110), Roentgenium (Rg-111) และ Copernicium (Cn-112) และยังมีอีก 5 ธาตุที่ได้รับการยืนยันว่ามีอยู่จริงโดยเครื่องมือจาก GSI ในช่วงปีค.ศ. 2009 - 2012 ได้แก่ Nihonium (Nh-113), Flerovium (Fl-114), Moscovium (Mc-115), Livermorium (Lv-116) และ Tennessine (Ts-117)

2.3 Biophysics and Medical Science

2.3.1 Biophysics & Cancer Therapy with Heavy Ions

งานวิจัยของสาขานี้จัดว่าเป็นอีกหนึ่งสิ่งที่น่าสนใจให้กับ GSI เป็นอย่างมาก นั่นคือการคิดค้นการรักษา มะเร็งโดยการยิงอนุภาคฮาดรอนเพื่อรักษามะเร็งที่อยู่ในจุดที่ต้องการความแม่นยำสูงในการรักษา เรียกว่า Hadron therapy ซึ่งถูกนำมาใช้แทนการฉายรังสีเอกซ์ตามวิธีดั้งเดิม เนื่องจากอนุภาคฮาดรอนจะไม่ทำลายเนื้อเยื่อที่อยู่ก่อนหน้าเซลล์มะเร็ง ทำให้แพทย์สามารถเลือกจุดที่ต้องการรักษา ได้อย่างเฉพาะเจาะจงและแม่นยำมาก มากไปกว่านั้นอนุภาคฮาดรอนยังให้พลังงานความเข้มสูงกว่ารังสีเอกซ์มากจึงทำให้การรักษาได้ผลดีกว่า จนถึงปัจจุบันมีผู้ได้รับการรักษาโดยวิธี Hadron therapy ไปแล้วมากกว่า 40 คน และไม่มีรายงานการเสียชีวิต หรือมีผลข้างเคียงเนื่องจากการฉายรังสีรักษาด้วยวิธีนี้

2.4 Atomic Physics

2.4.1 Atomic Physics at GSI : Current and Future research

การบรรยายหลัก ๆ เกี่ยวกับงานวิจัยด้านฟิสิกส์อะตอมรวมถึงแนวโน้มของงานวิจัยในอนาคต การศึกษาจะเน้นไปทางด้านการวิจัยด้านโครงสร้างอะตอมเป็นจำนวนมาก โดยในปัจจุบันได้ใช้หลักของ Quantum Electro Dynamics (QED) ซึ่งเป็นการศึกษาผลของสัมพัทธภาพต่อโครงสร้างอะตอม และมีการศึกษาลักษณะของอิเล็กตรอนในสนามไฟฟ้าและแม่เหล็กที่มีความเข้มสูง(Strong Field) ซึ่งทั้งหมดนี้เป็นการทำงานระหว่างสองสาขาวิจัยระหว่าง Atomic Physics และ Nuclear Physics

สำหรับแนวโน้มงานวิจัยในอนาคต GSI ให้ความสนใจไปที่การศึกษพลวัต (Dynamics) ของอะตอมซึ่งศึกษาเวลาของการเกิดกระบวนการในระดับอะตอม, ศึกษาอันตรกิริยาระหว่างแสงและสสาร(ส่วนมากจะเป็นอะตอม) และศึกษาผลของสนามไฟฟ้าและแม่เหล็กที่มีความเข้มสูงต่ออะตอม

2.5 Plasma

2.5.1 Plasma Physics with Intense Ion Beams

2.5.2 Plasma Physics with Intense Laser Beams

การบรรยายกล่าวถึงวิธีสร้างสถานะพลาสมาโดยการยิงลำไอออนพลังงานสูงบนเป้าหมายที่เป็น แก๊ส งานวิจัยในสาขานี้ถูกนำไปใช้ในการสร้างสภาวะเสมือนภายในดาวเคราะห์ขนาดใหญ่

2.6 Materials Science Research

2.6.1 Materials Science Research

การศึกษาในสาขานี้จะเน้นไปทางด้านการสังเคราะห์เยื่อบางหรือที่รู้จักกันในชื่อ Membrane และการดัดแปลงและปรับปรุงโครงสร้างวัสดุ โดยการฉายลำไอออนหนักลงไปยังตัววัสดุ ลำแสงไอออนที่ใช้จะมีทั้งแบบพลังงานสูงและต่ำ การฉายไอออนพลังงานสูงจะทำให้พันธะเคมีบางส่วนของวัสดุถูกทำลายและเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติได้ ส่วนการฉายไอออนพลังงานต่ำจะเป็นการสังเคราะห์สารประกอบตัวใหม่ที่เกิดจากไอออนไปจับกับโครงสร้างของวัสดุเดิม เป็นการเคลือบผิวของวัสดุด้วยเยื่อบาง (Membrane Coating) เพื่อเป็นฟิลเตอร์กรองเฉพาะสารที่ต้องการออกจากสารประกอบ

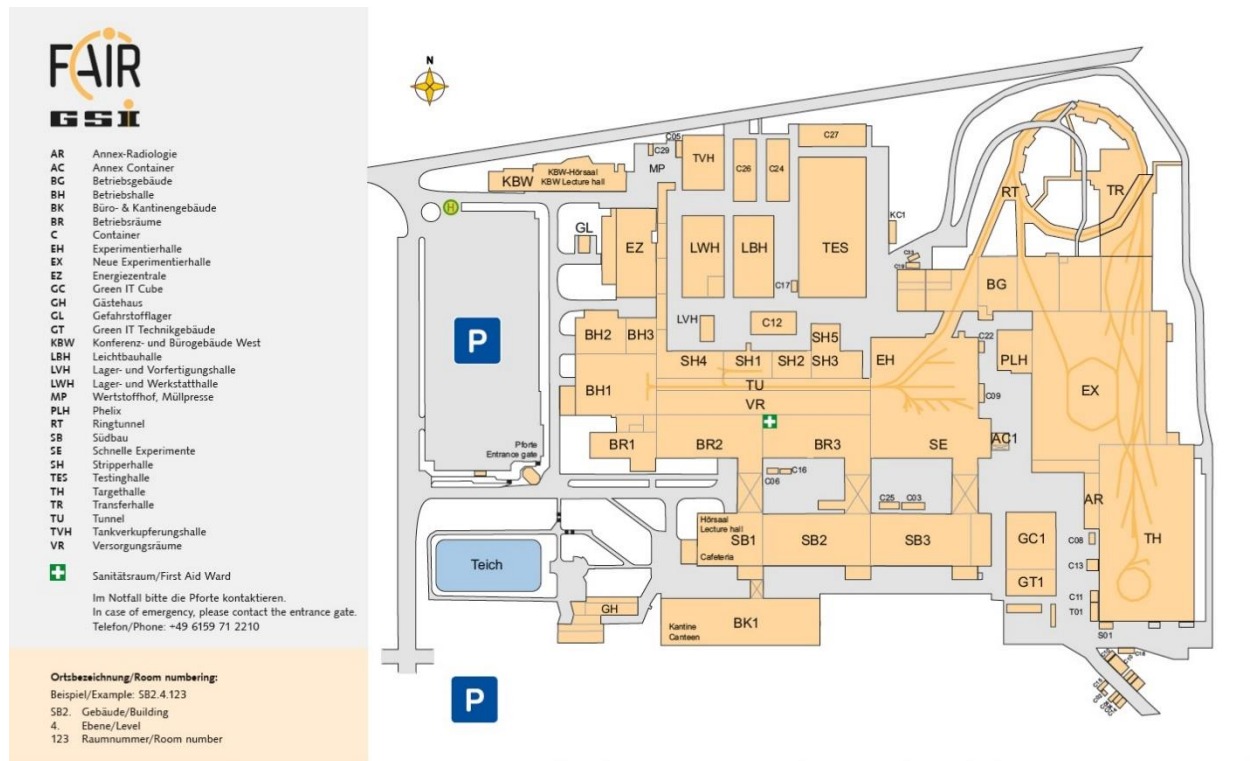
2.7 อื่นๆ

2.7.1 Scientific Presentations Tutorial, Fundamental Research and Impact to the Society

การบรรยายในหัวข้อนี้ไม่เกี่ยวข้องกับฟิสิกส์หรือวิทยาศาสตร์โดยตรง แต่เป็นส่วนประกอบเพิ่มเติมที่จะทำให้ชีวิตการเป็นนักวิจัยดีขึ้น หัวข้อแรก เป็นการพูดถึงวิธีนำเสนองานที่ควรมี ใจความสำคัญกล่าวถึงการดึงความสนใจจากผู้ชมให้อยู่ที่พจนานุกรม โดยการนำเสนอที่ไม่มีข้อจำกัดของสื่อที่ใช้ เราอาจพูดปากเปล่า เขียนกระดานหรือยกอุปกรณ์จริงมาแสดงให้ผู้ชมดู เช่นการทดลองขนาดเล็กตามความเหมาะสม ตรงเท่าที่เราสามารถดึงความสนใจจากผู้ชมได้ แต่หากพูดถึงวิธีที่เป็นที่นิยมที่สุดก็คือการใช้สไลด์หรืองานนำเสนอ (Microsoft PowerPoint หรือ Beamer จาก LaTeX) เพราะคนเราจะตอบสนองต่อภาพได้ดีกว่าการฟังเพียงอย่างเดียว วิทยากรยังได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการพูดที่จะส่งสารได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต้องสบตาผู้ชม และพูดให้มีจังหวะพักด้วย หัวข้อที่สอง เป็นการพูดสรุปปิดท้ายส่วนการบรรยายทั้งหมด มีเนื้อหาเกี่ยวกับการสร้างแรงบันดาลใจให้แก่พวกเราทุกคนที่จะมุ่งหน้าสู่การเป็นนักวิจัย ซึ่งเป็นหัวข้อที่เรียกได้ว่าดีที่สุดของกิจกรรมส่วนนี้ เพราะเราได้เรียนรู้ฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์กันมานานแล้ว การพูดถึงผลกระทบต่อสังคมเป็นเสมือนการเติมพลังให้คนที่เรียนวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่ ทำให้เรารู้สึกว่าสิ่งที่กำลังศึกษาและทำวิจัยอยู่มีความสำคัญมากเพียงใด อีกทั้งอนาคตของนักวิจัยนั้นมีเส้นทางให้ไปได้มากมายเพื่อเป็นพลังขับเคลื่อนสังคมในอนาคต

3. การเยี่ยมชมสถานที่

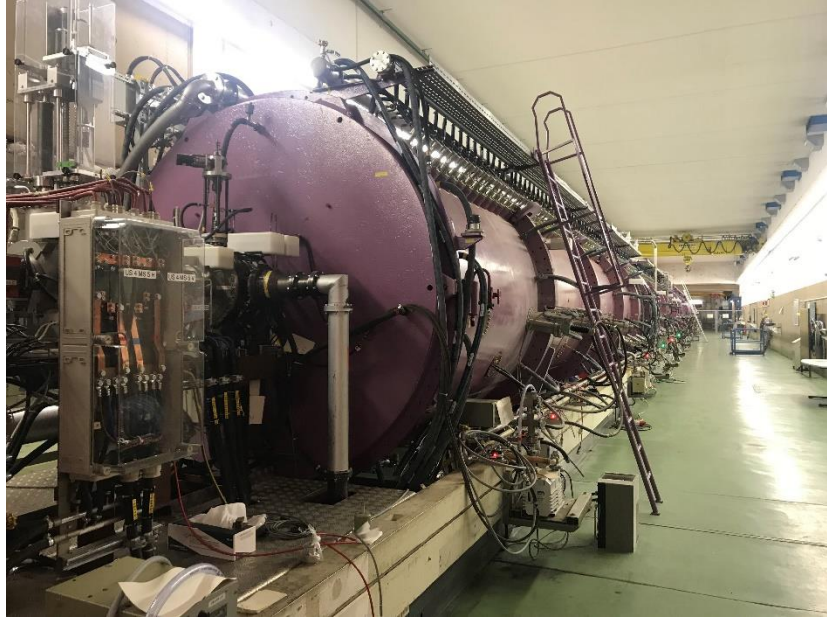
ในโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนที่สถาบัน GSI ได้มีการจัดให้นักศึกษาได้มีโอกาสได้เข้าเยี่ยมชมสถานที่ต่าง ๆ ภายในสถาบัน GSI ซึ่งเป็นสถานที่สำคัญสำหรับการทดลองและเก็บข้อมูลจากการทดลองหลากหลายสาขา โดยสถานที่ต่าง ๆ ที่พวกเราได้ไปเยี่ยมชมมีรายละเอียดดังต่อไปนี้



แผนผังสถาบันวิจัย GSI

3.1 UNILAC: Universal Linear Accelerator (24 ก.ค.61)

UNILAC เป็นเครื่องเร่งอนุภาคแบบเส้นตรงและเป็นส่วนตั้งต้นสำหรับการเร่งอนุภาคทั้งหมดที่มีประจุที่ถูกสร้างในแหล่งกำเนิดไอออน (Ion source) ซึ่งไอออนดังกล่าวถูกเร่งให้มีความเร็วประมาณหนึ่งในห้าของความเร็วแสง ก่อนที่จะถูกส่งให้เครื่องเร่งอนุภาคถัดจาก UNILAC ซึ่งเป็นเครื่องเร่งอนุภาคแบบวงกลมที่เรียกว่า SIS18 (Heavy-Ion-Synchrotron 18) ในส่วนการเยี่ยมชม-ชมนักศึกษาได้เข้าชมในส่วนของแหล่งกำเนิดไอออน, บริเวณนอกเครื่องเร่งอนุภาค UNILAC และห้องควบคุมหลักของ GSI ซึ่งเป็นห้องควบคุมส่วนเครื่องเร่งอนุภาคประเภทนี้ในตัวเอง

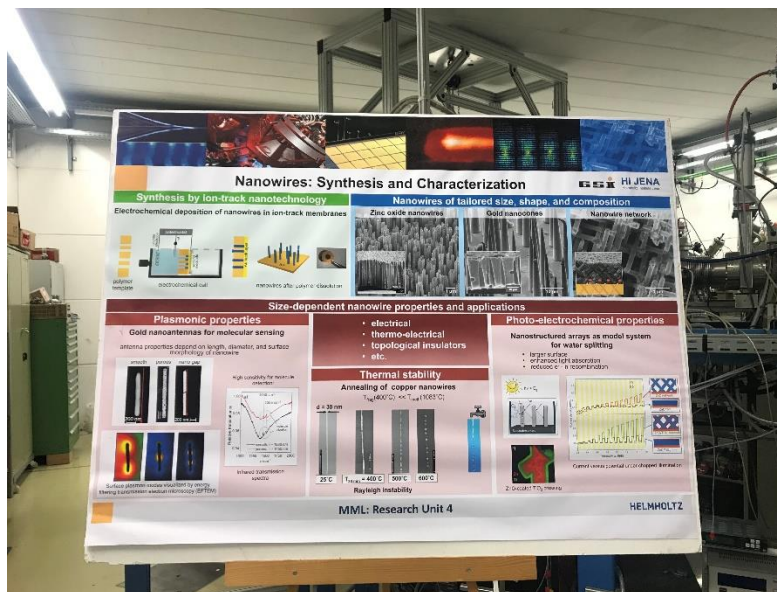
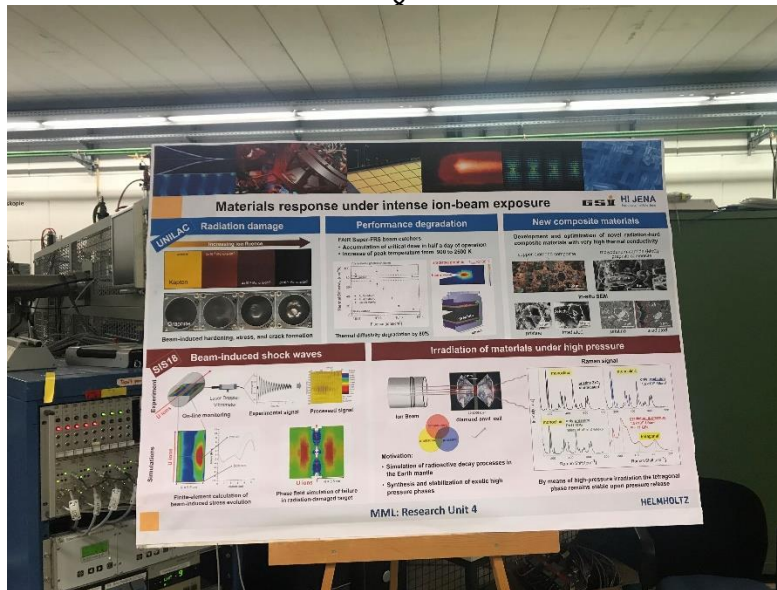


เครื่องเร่งอนุภาค UNILAC

3.2 Material Science Cave (24 ก.ค.61)

เป็นสถานที่สำหรับวิจัยด้านฟิสิกส์วัสดุศาสตร์ ซึ่งอยู่ถัดจากเครื่องเร่งอนุภาค UNILAC ซึ่งเป็นแหล่งจ่ายไอออนที่ใช้ในการวิจัยนี้ ที่นี้มีการทดลองอยู่ 3 การทดลอง ประกอบไปด้วย

- การทดลองที่ 1 คือ การทดลองสเปกโตรสโคปี (Spectroscopy) เป็นการทดลองที่ศึกษาการแผ่รังสีของวัสดุที่สนใจเมื่อถูกกระตุ้นด้วยลำแสงไอออน
- การทดลองที่ 2 คือ การศึกษาการเลี้ยวเบนของรังสีเอ็กซ์เพื่อศึกษาโครงสร้างของวัสดุชนิดต่าง ๆ
- การทดลองที่ 3 คือ การศึกษาพื้นผิวของวัสดุด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน ก่อนและหลังจากทำการปรับปรุงพื้นผิวแล้ว

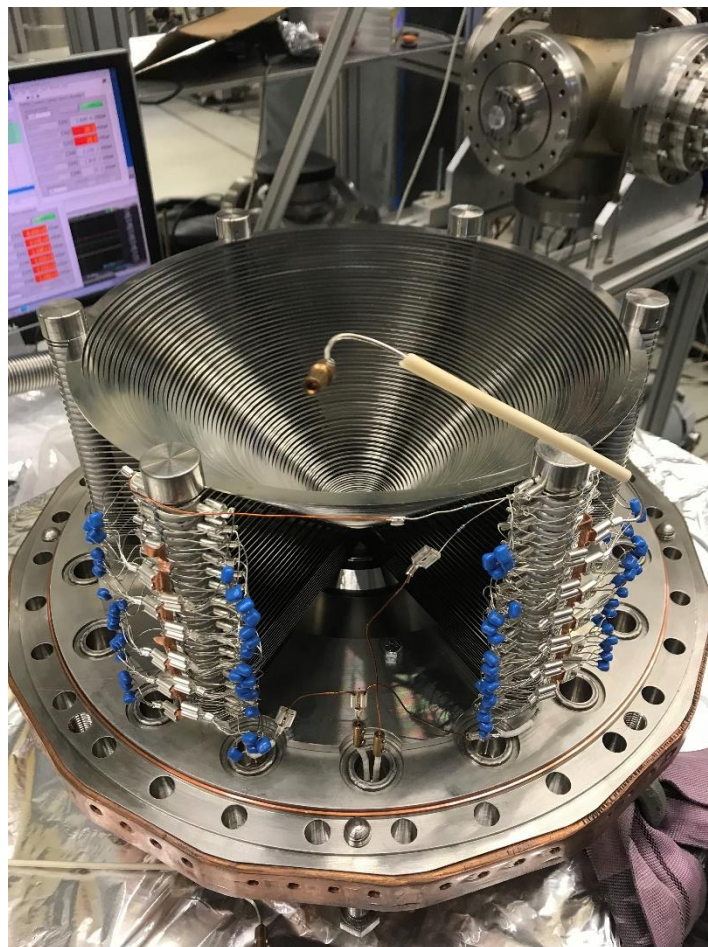
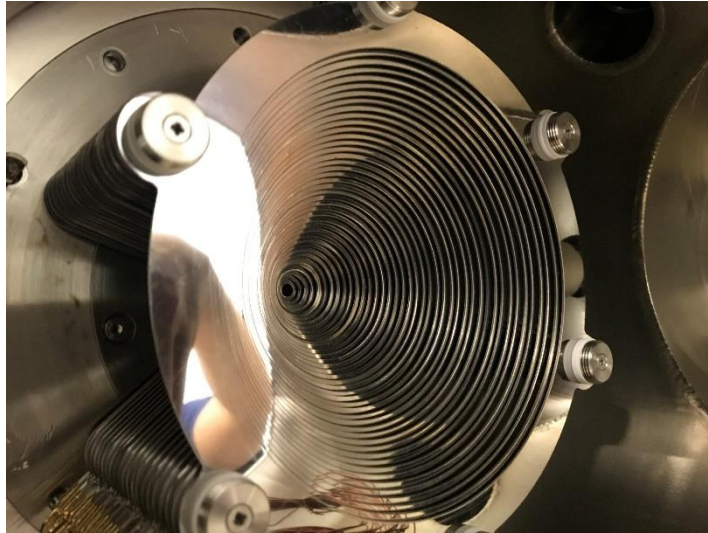


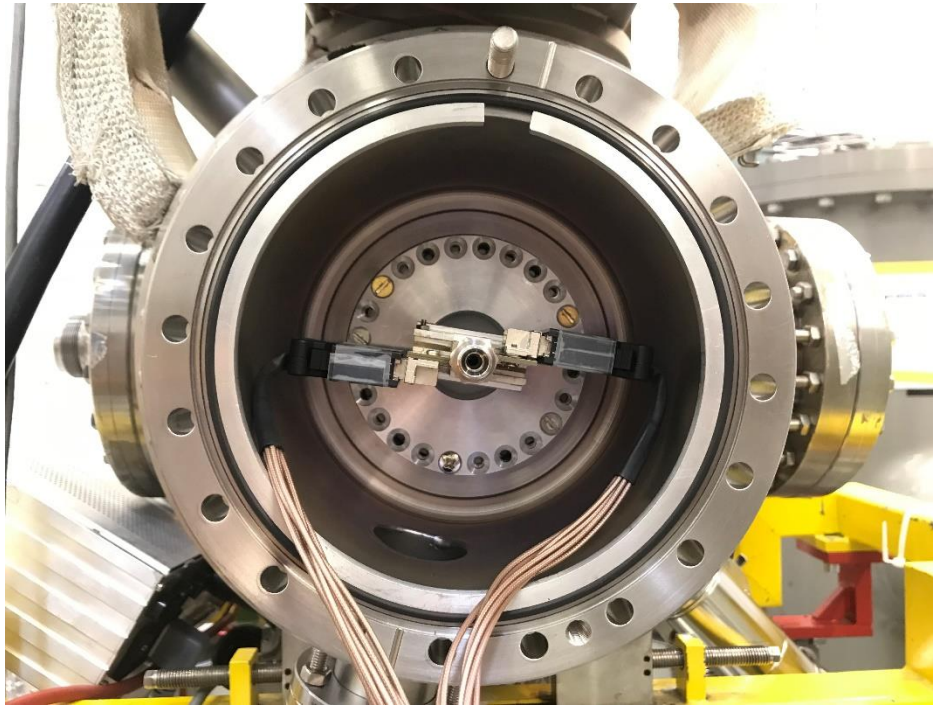
งานวิจัยทางด้านวัสดุศาสตร์ของสถาบันวิจัย GSI

3.3 SHIP-SHIPTRAP (24 ก.ค.61)

Separator for Heavy Ion reaction Products (SHIP) เป็นเครื่องมือที่ถูกใช้ในการสร้างไอออนที่หนักมาก (Super heavy ion) ด้วยวิธีการที่เรียกว่ากระบวนการฟิวชั่นเย็น (Cold Fusion) หรือการรวมธาตุหนักเข้าด้วยกัน และผลจากการทดลองคือ GSI สามารถสังเคราะห์นิวเคลียสได้ 6 ชนิดตั้งแต่ 107 ถึง 112 ในอดีต และในปัจจุบันยังมีความพยายามในการสร้างนิวเคลียสที่มีเลขอะตอมสูงขึ้นด้วย SHIPTRAP เป็นกับดัก (TRAP) ไอออนที่เป็นส่วนเพิ่มเติมของการทดลอง SHIP เพื่อทำให้การวัดคุณสมบัติของไอออนหนักมาก เช่น มวล สเปกตรัมของการ

เกิดปฏิกิริยาเคมีไอออน และการสลายตัวของนิวเคลียส ได้อย่างแม่นยำมากขึ้น นอกจากนี้ยังใช้ในการขนส่งนิวเคลียสของธาตุที่อยู่หนักกว่ายูเรเนียม (Transuranium nucleus) ให้แก่ห้องทดลอง (Cave) อื่น ๆ ด้วย



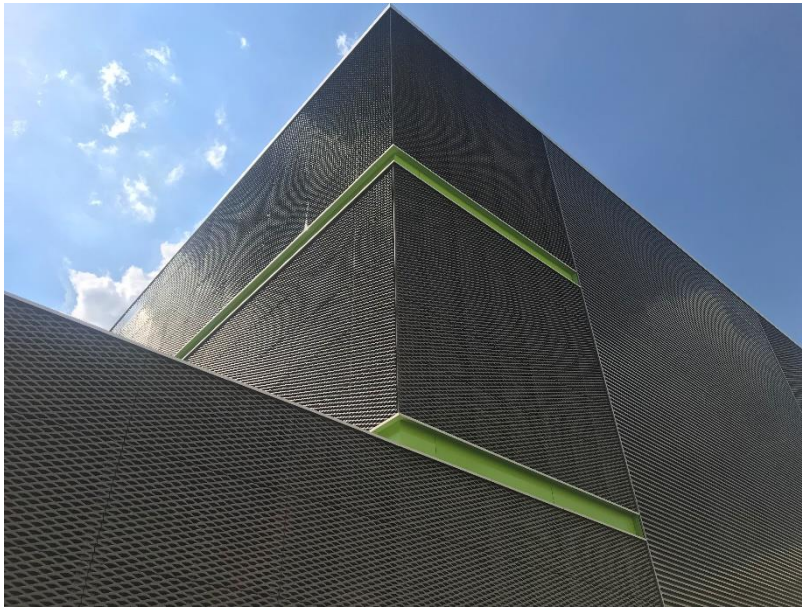


การศึกษาเกี่ยวกับ Super Heavy Element ของกลุ่มวิจัย SHIP-TRAP

3.4 Green Cube (27 ก.ค.61)

เป็นชื่อเรียกของอาคาร ที่มีเครื่องข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่มากและเป็นศูนย์กลางของซูเปอร์คอมพิวเตอร์และใช้ในการเก็บฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์สำหรับเก็บและประมวลผลของข้อมูลหลักของ GSI อาคารนี้ประกอบด้วยทั้งหมด 6 ชั้น ซึ่งส่วนที่ใช้ในการเก็บฮาร์ดแวร์คอมพิวเตอร์จะเป็นชั้นที่ 5 และ 6 และชั้นที่ 1 ถึง 4 จะเป็นส่วนเติมเต็มฮาร์ดแวร์สำหรับเก็บข้อมูลในอนาคตเมื่อโครงการ FAIR เสร็จในอนาคต และแน่นอนว่าเครื่องข่ายคอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่จะมีอุณหภูมิที่สูงมากเนื่องจากการประมวลผลตลอดทั้งวันทั้งคืนจึงต้องมีการใช้ระบบหล่อเย็น ด้วยระบบน้ำที่ช่วยพาความร้อน ซึ่งห้องควบคุมระบบหล่อเย็นจะอยู่ด้านหลังของอาคาร





ศูนย์ควบคุมเครือข่ายคอมพิวเตอร์ **Green Cube**

3.5 Medical Cave (31 ก.ค.61)

เป็นสถานที่วิจัยการใช้รังสีจากลำไอออนรักษาในทางการแพทย์ โดยรังสีดังกล่าว คือ ลำไอออนหนัก การรักษาด้วยวิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อย ๆ ในปัจจุบัน และในตอนนี้ได้มีการวิจัยทางด้านชีววิทยาและการแพทย์เกี่ยวกับการรักษาเนื้องอกและมะเร็ง อีกทั้งยังมีการวิจัยทางด้านฟิสิกส์เพื่อศึกษากระจายตัวของรังสีจากลำไอออน ปริมาณรังสีที่ได้รับ รวมไปถึงการแก้ปัญหาคาการเคลื่อนที่ของอวัยวะภายในขณะทำการรักษา โดยวิธีการรักษารูปแบบนี้ได้มีการนำไปใช้ทั้งในประเทศเยอรมนีและประเทศอื่นๆเป็นที่เรียบร้อยแล้ว



ห้องปฏิบัติการวิจัยการใช้รังสีจากลำไอออนรักษาในทางการแพทย์

3.6 CRYRING (31 ก.ค.61)

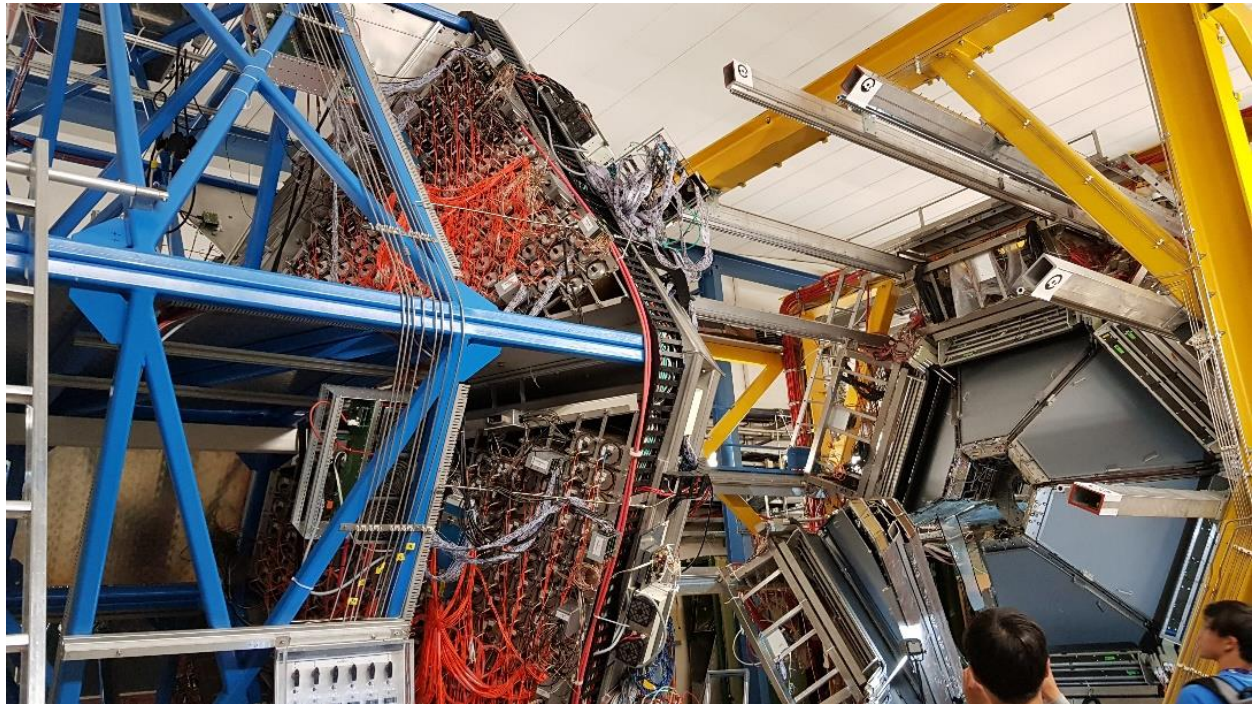
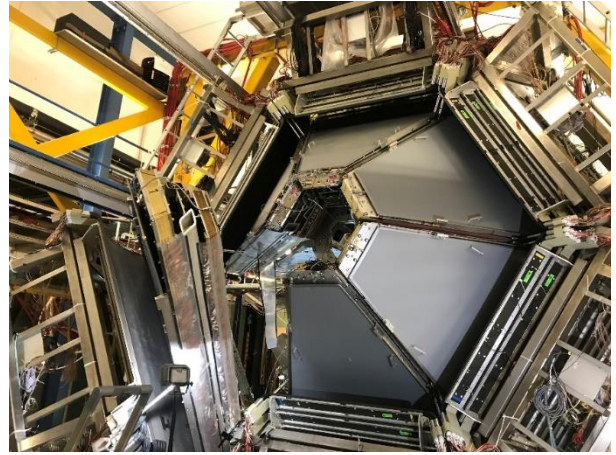
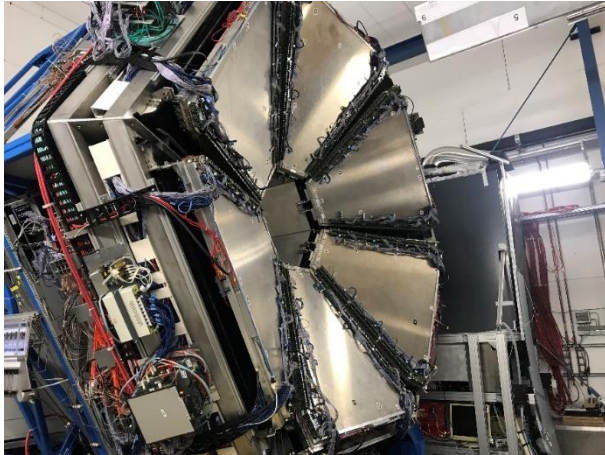
เป็นวงแหวนกักเก็บไอออนอีกชนิดที่อยู่ถัดจาก ESR (Experimental Storage Ring) ซึ่งตอนนี้อยู่ในโครงการ FAIR ด้วย จะถูกใช้ในการกักเก็บไอออนหนักและลดพลังงานไอออนจนเหลือประมาณ 100 keV/ไอออน ซึ่งการทำการทดลองเช่นนี้จะทำให้ไอออนสลายตัวช้าลง (Life time มากขึ้น)



วงแหวนกักเก็บไอออน CRYRING

3.7 HADES (31 ก.ค.61)

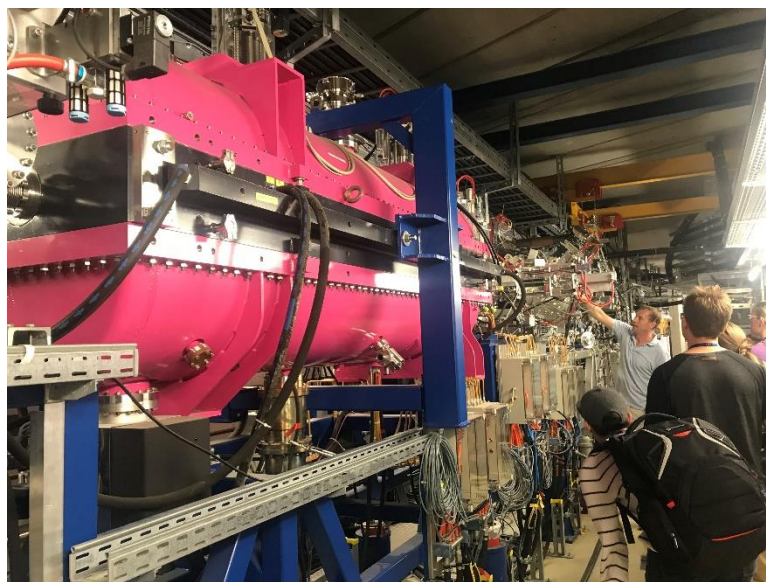
เป็นสเปกโตรมิเตอร์ที่มาหน้าตัดกว้าง ใช้ในการตรวจวัดอนุภาคที่เกิดจากการสลายตัว เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดที่มีขนาดใหญ่ ทำให้ตรวจวัดอนุภาคที่มีโอกาสพบยากได้มากขึ้น HADES ประกอบด้วยอุปกรณ์หลายส่วน ทั้งทอรรอยด์นำไฟฟ้ายิ่งยวด, ระบบตรวจวัดรังสี Cherenkov และระบบอื่น ๆ ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของ HADES ให้มีความแม่นยำมากขึ้น



สเปกโตรมิเตอร์ **HADES**

3.8 ESR: Experimental Storage Ring (7 ต.ค.61)

เป็นวงแหวนกักเก็บไอออนที่สามารถรักษากระแสไฟฟ้าของลำไอออนได้มากที่สุดและเป็นวงแหวนกักเก็บไอออนเดี่ยวที่สามารถกักเก็บอนุภาคได้หลายชนิดตั้งแต่นิวเคลียสของฮีเลียมไปจนถึงยูเรเนียมเนื่องจากตัววงแหวนมีการปรับค่าพลังงานต่อไอออนได้กว้างมากและมากไปกว่านั้นยังสามารถเพิ่มและลดความเร็วของลำแสงไอออนในช่วงตั้งแต่ 10 เปอร์เซ็นต์ถึง 90 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วแสง ดังนั้น ESR เป็นวงแหวนที่สามารถทำการทดลองกับไอออนหนักชนิดใหม่ได้



วงแหวนกักเก็บไอออน ESR

4. การเขียนรายงานและการนำเสนอผลงาน (14-17 ก.ย.61)

นักศึกษาที่เข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนทุกคนจะต้องจัดทำสรุปโครงงานที่ร่วมวิจัยกับคณาจารย์ของสถาบัน GSI ในรูปแบบของรายงานและการนำเสนอหน้าห้อง

ตัวรายงานสรุปโครงงานวิจัยของแต่ละคนต้องมีความยาว 4 หน้ากระดาษ โดยใช้ต้นแบบของเอกสารตามไฟล์ LaTeX ที่ให้ไว้ในหน้าเว็บไซต์ของโครงการฯ เมื่อนักศึกษาแต่ละคนจัดทำรายงานเสร็จเรียบร้อยแล้วจะต้องส่งตัวไฟล์รายงานให้นักศึกษาที่มีหน้าที่รวบรวมและจัดทำรูปเล่ม ซึ่งเป็นผู้รวบรวมรายงานทั้งหมดประมวลรูปภาพกิจกรรม และออกแบบรูปเล่มของรายงานในปีนั้น ๆ ทั้งปกหนังสือรายงานและรูปภาพท้ายเล่ม เมื่อถึงเวลาที่กำหนดจะต้องส่งต้นฉบับให้โรงพิมพ์เพื่อจัดพิมพ์เล่มเอกสารเป็นของที่ระลึกให้นักศึกษาทุกคน

นอกจากนี้ในสัปดาห์สุดท้ายของโครงการจะมีการนำเสนอสรุปโครงงานวิจัยดังกล่าวรวม 3 วัน เป็นการนำเสนอในรูปแบบการบรรยายโดยใช้สไลด์ในการนำเสนอประกอบ โดยมีเวลา 20 นาทีในการบรรยายและ 5 นาที สำหรับถาม-ตอบท้ายการบรรยาย และในแต่ละวันจะต้องมีนักศึกษาหนึ่งคนทำหน้าที่เป็นประธาน (Chairman) ของการสัมมนา ทำหน้าที่ประกาศหัวข้อ ข้อมูลของผู้บรรยายโดยสังเขป และอำนวยความสะดวกให้ผู้บรรยายก่อนที่จะเริ่มการบรรยาย

5. กิจกรรมนอกเหนือจากกิจกรรมทางวิชาการ

นอกจากกิจกรรมทางด้านวิชาการแล้ว ทางสถาบัน GSI ยังมีกิจกรรมอื่น ๆ ให้นักศึกษาที่เข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนได้เข้าร่วม เพื่อเสริมสร้างความสัมพันธ์ให้กับทุกคนในค่าย ดังนี้

5.1 กิจกรรมเดินแรลลี่ (28 ก.ค.61)

กิจกรรมเดินแรลลี่ (Pedestrian rally) เป็นกิจกรรมให้นักศึกษาที่เข้าร่วมโครงการทุกคนได้ทำความรู้จักและเรียนรู้เกี่ยวกับประวัติศาสตร์และความเป็นมาของสถานที่ต่าง ๆ ภายในเมืองดาร์มสตัดต์ (Darmstadt)

ตัวกิจกรรมผู้จัดแบ่งนักศึกษาออกเป็นกลุ่มย่อย (คณะสัญชาติ) แต่ละกลุ่มจะได้รับเอกสารคำถามกลุ่มละหนึ่งชุด เป็นเอกสารที่มีคำถามเกี่ยวกับสถานที่ต่าง ๆ นอกจากนี้ในเอกสารยังระบุภารกิจที่ต้องทำสำหรับแต่ละกลุ่มเช่นหาซื้อแดงโมฆนาคนใหญ่มา ซึ่ง เป็นของขึ้นชื่อของดาร์มสตัดต์ กลุ่มที่สามารถหาคำตอบและปฏิบัติภารกิจจนมีคะแนนรวมมากที่สุด จะได้รับรางวัลจากสถาบัน GSI ซึ่งจะประกาศในกิจกรรมปิ้งย่าง



บรรยากาศกิจกรรมเดินเรลลี่รอบเมืองดาร์มสตัด

5.2 กิจกรรมปิ้งย่าง (9 ส.ค.61)

งานเลี้ยงปิ้งย่าง (Grill party) เป็นกิจกรรมที่นักศึกษาในโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนทุกคนเป็นเจ้าภาพในการจัดงานเลี้ยงบาร์บีคิว โดยมีแขกร่วมงานเป็นตัวแทนผู้บรรยายเลกเชอร์ เจ้าหน้าที่และอดีตนักศึกษาในโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อน ในส่วนของกิจกรรมมีการแบ่งหน้าที่กันทำบาร์บีคิว ซั้ววัตถุดิบและขนส่งมายัง GSI ยิ่งไปกว่านั้น ยังมีคอนเสิร์ตที่แสดงโดยนักวิจัยของสถาบัน GSI และเปิดโอกาสนักศึกษาที่มีความสามารถทางด้านดนตรีได้ร่วมแสดงฝีมืออีกด้วย



บรรยากาศงานเลี้ยงปิ้งย่าง

5.3 การแข่งขันฟุตบอล (25 ศ.ค.61)

การแข่งขันฟุตบอลของสถาบัน GSI ได้ถูกจัดขึ้นทุกปี โดยผู้เข้าแข่งขันมีทั้งทีมนักวิจัย ทีมเจ้าหน้าที่ และทีมนักศึกษาในโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อน สถานที่จัดการแข่งขันอยู่ในสนามฟุตบอลใกล้กับสวนสาธารณะที่อยู่ไม่ห่างจาก Arheilgen (เขตที่ที่พักตั้งอยู่) และปีนี้เป็นปีที่นักศึกษาได้รางวัลชนะเลิศจากการแข่งขันอีกด้วยหลังจากพลาดมาเป็นเวลา 20 ปี



การแข่งขันฟุตบอลของสถาบันวิจัย GSI

5.4 กิจกรรมงานเลี้ยงสังท้าย (13 ก.ย.61)

เป็นกิจกรรมถูกจัดเพื่ออำลาตัวเตอร์และนักศึกษาทุกคนหลังจากที่มีความผูกพันกันมาตลอด 2 เดือน ในตัวกิจกรรม จะมีเวลาสำหรับการนั่งคุยสังสรรค์มากกว่ากิจกรรมปิ้งย่าง และมีอาหารเลี้ยงไม้อื่น เป็นกิจกรรมที่พวกเราารู้สึกว่าผ่านไปเร็วมาก เพราะเกิดจากความสุขที่ได้ร่วมสังสรรค์กับเพื่อน ๆ และความเศร้าที่จะรู้ว่าจะต้องจากลาในเช้าของวันถัดมา

5.5 กิจกรรม GSI-FAIR Summer Festival (23 ก.ย.61)

เป็นกิจกรรมประจำปีที่ถูกจัดขึ้น ณ สถาบันวิจัย GSI โดยภายในงานจะมีการจัดซุ้มอาหารจากประเทศต่างๆ ให้ได้ลองลิ้มชิมรสกันอย่างหลากหลาย มีการแสดงดนตรี กิจกรรมการละเล่นต่างๆ เช่น เล่นจานร่อน การละเล่นท้องถิ่นต่างๆ เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่บุคลากรของ GSI จะพาบุตรหลานมาเข้าร่วมสนุกสนานอย่างมากมาย



บรรยากาศ GSI-FAIR Summer Festival

5.6 กิจกรรมอื่น ๆ

นอกจากนี้ ยังมีกิจกรรมเสริมที่นักศึกษาทุกคนที่เข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนมีส่วนร่วมดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ยังมีชมรมกีฬาประเภทต่าง ๆ ที่นักศึกษาสามารถเข้าร่วมได้ เช่น ชมรมไอคิโด ชมรมป้องกัน ชมรมฟุตบอล เป็นต้น นักศึกษาสามารถใช้สนามฟุตบอลได้โดยมีการจองเวลาไว้และร่วมออกกำลังกายกับ นักวิจัยหรือนุคลากรของ GSI อย่างเป็นกันเอง นอกจากนี้ยังมีชมรมภาพยนตร์ที่นักศึกษาในโครงการเป็นผู้ดูแล

6. ประสบการณ์การทำงาน

นายกัณฑ์ภัสสร โกสุมสุภมาลา (กัณฑ์)

หัวข้อฝึกงาน : Rapid extraction of short-lived isotopes from a buffer gas cell for use in gas-phase chemistry to access elements beyond Fl

การพัฒนาระบบสำหรับหยุดและตรวจจับไอโซโทปที่มีช่วงเวลาคึ่งชีวิตสั้น โดยใช้ระบบแก๊สบัฟเฟอร์ เพื่อการศึกษาทางเคมีในสถานะแก๊สของธาตุที่หนักกว่าฟลิโลเวียม (Fl)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาระบบสำหรับหยุดและตรวจจับไอโซโทปที่มีช่วงเวลาคึ่งชีวิตสั้น เพื่อเตรียมพร้อมในการศึกษาทางเคมีในสถานะแก๊สของธาตุที่หนักกว่าฟลิโลเวียม (Fl)

ที่มาและความสำคัญ

ในปัจจุบัน การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของธาตุที่หนักยิ่งยวด (super heavy elements; SHEs) ถือเป็นหนึ่งในหัวข้อที่ท้าทายของวงการเคมีนิวเคลียร์และฟิสิกส์นิวเคลียร์ (nuclear chemistry and nuclear physics) ธาตุที่หนักยิ่งยวด ตามนิยามคือ ธาตุที่มีเลขอะตอมมากกว่าหรือเท่ากับ 104 ($Z \geq 104$) ซึ่งโครงสร้างการจัดเรียงตัวของอิเล็กตรอนถูกรบกวนด้วยผลของสัมพัทธภาพอย่างรุนแรง (strong relativistic effects) โดยธาตุหนึ่งๆ ที่มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน สามารถมีจำนวนนิวตรอนไม่เท่ากันได้ จึงเรียกธาตุเหล่านี้ว่ามีไอโซโทป (isotope) จากความสำเร็จในการศึกษาคุณสมบัติของธาตุโคเปอร์นิเซียม (Cn, $Z = 112$) และฟลิโลเวียม (Fl, $Z = 114$) โดยใช้เทคนิคการศึกษาทางเคมีในสถานะแก๊ส (gas-phase chemical technique) ร่วมกับการใช้สนามแม่เหล็กเป็นส่วนแยกเชิงกายภาพก่อนอนุภาคจะเข้าสู่ระบบส่วนตรวจจับ (physical pre-separation) ซึ่ง ณ สถาบันวิจัยโอออนหนัก GSI ได้ใช้เครื่อง Trans Actinide Separator and Chemistry Apparatus (TASCA) ภายใต้การนำของกลุ่มวิจัย TASCA และ SHIP-TRAP นอกจากนี้ในส่วน of ระบบตรวจจับยังใช้เครื่อง Cyro Online Multidetector for Physics And Chemistry for Transactinides (COMPACT) ที่มีพื้นผิวถูกเคลือบด้วยทองคำและใช้ในการตรวจจับอนุภาคแอลฟา (alpha particle) ติดตั้งกับ Recoil Transfer Chamber (RTC) ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้หยุดไอโซโทป (Stopping part) ด้วยการพ่นแก๊สเข้าไปภายในและทำหน้าที่เป็นแก๊สบัฟเฟอร์

อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดสำคัญในการศึกษาสมบัติทางเคมีของธาตุที่หนักกว่าฟลิโลเวียม ($Z > 115$) คือ มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่ต่ำ ซึ่งเป็นผลมาจากการมีพื้นที่ภาคตัดขวาง (cross section area) ของการเกิดปฏิกิริยาน้อยมาก ในระดับพิโคบาร์น (pb) ประกอบกับช่วงเวลาครึ่งชีวิตของการสลายตัว (half-lives) ที่สั้นมาก ซึ่งธาตุที่หนักกว่าฟลิโลเวียมที่มีช่วงเวลาครึ่งชีวิตนานที่สุดมีค่าประมาณ 170 ไมโครวินาที ในขณะที่ระบบ TASCACOMPACT ที่ใช้ในปัจจุบันสามารถใช้ศึกษาธาตุที่มีครึ่งชีวิตมากกว่า 0.5 วินาทีเท่านั้น ดังนั้นการพัฒนาระบบที่สามารถตรวจจับไอโซโทปที่รวดเร็วจึงมีความจำเป็นต้องถูกพัฒนาขึ้น เพื่อนำไปสู่การตรวจจับในระดับ 1 อะตอมต่อเวลาในที่สุด

ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถพัฒนาระบบสำหรับหยุดและตรวจจับไอโซโทปที่มีช่วงเวลาครึ่งชีวิตสั้น เพื่อใช้สำหรับการศึกษาทางเคมีในสถานะแก๊สของธาตุที่หนักกว่าฟลิโลเวียม (FI) ได้

วิธีดำเนินการ

1. การแทนที่ส่วนที่ใช้หยุดไอโซโทป Recoil Transfer Chamber ด้วย Buffer gas cell

การแทนที่ส่วนที่ใช้หยุดไอโซโทปด้วย Buffer gas cell ซึ่งมีความแตกต่างจาก Recoil Transfer Chamber ที่ใช้ในระบบเดิม คือ มี Direct-current electrode cage (DC cage) ซึ่งมีลักษณะเป็นกรงรูปทรงกระบอกที่มีขั้วอิเล็กโทรดวงแหวนจำนวน 5 ขดทำหน้าที่ในการเร่งไอโซโทปด้วยสนามไฟฟ้าให้เคลื่อนที่ไปยังส่วนการตรวจจับ หลังจากถูกหยุดด้วยการชนกับแก๊สฟลูออรีน และถัดจาก DC Cage ยังมี Radio Frequency funnel (RF funnel) ซึ่งมีลักษณะเป็นกรวยที่ประกอบขึ้นจากวงแหวนอิเล็กโทรด 40 วงที่ต่อกับไฟฟ้ากระแสตรง (DC) และไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ที่มีความถี่ในย่านวิทยุ (Radio frequency) ทำหน้าที่ในการโฟกัสเส้นทางการเคลื่อนที่ของไอโซโทปให้เข้าไปสู่ส่วนการตรวจจับ

2. การแทนที่เครื่องตรวจจับ COMPACT ด้วยเครื่องตรวจจับ miniCOMPACT

การแทนที่เครื่องตรวจจับ COMPACT ซึ่งถูกติดตั้งกับ Recoil Transfer Chamber ในระบบเดิมด้วย miniCOMPACT ซึ่งมีการออกแบบใหม่ให้มีรูปทรงที่กระชับและสามารถติดตั้งเข้ากับ Gas buffer cell ได้โดยตรง ส่งผลให้สามารถลดระยะทางระหว่างส่วนที่ใช้หยุด (Stopping part) และส่วนตรวจจับ (Detection part) ลง ซึ่งมีส่วนช่วยให้ลดการสูญเสียไอโซโทปก่อนถูกตรวจจับในเครื่องตรวจจับได้

3. การคำนวณอัตราการสลายตัวของแหล่งกำเนิดกัมมันตภาพรังสี (radioactive activity calculation)

เนื่องจากการศึกษาค้างนี้ เราใช้แหล่งกำเนิดกัมมันตภาพรังสี (radioactive source) แทนการใช้ลำอนุภาคมีประจุ (charged particle beam) ซึ่งเรียกวิธีการทดลองนี้ว่า off-line experiment ซึ่งก่อนทำการทดสอบระบบ Buffer gas cell ใหม่ เราจึงมีความจำเป็นต้องคำนวณอัตราการสลายตัว (radioactive activity) ของแหล่งกำเนิดกัมมันตภาพรังสีของไอโซโทป 225 แอคทิเนียม (^{225}Ac)

4. การสอบเทียบพลังงานมาตรฐานและระบุองค์ประกอบของแหล่งกำเนิดกัมมันตภาพรังสี (energy calibration and peak identification)

เมื่อมีการแทนที่เครื่องตรวจจับ COMPACT ด้วยเครื่องตรวจจับ minCOMPACT ทำให้เราต้องทำการสอบเทียบพลังงานมาตรฐานของเครื่องตรวจจับใหม่กับแหล่งกำเนิดอนุภาคแอลฟามาตรฐาน (triple-alpha source) ที่ทราบค่าพลังงานมาตรฐานอยู่แล้ว หลังจากนั้น เราทำการทดสอบเพื่อระบุองค์ประกอบของแหล่งกำเนิดกัมมันตภาพรังสีของไอโซโทป 225 แอคทิเนียมที่ใช้ในการศึกษานี้

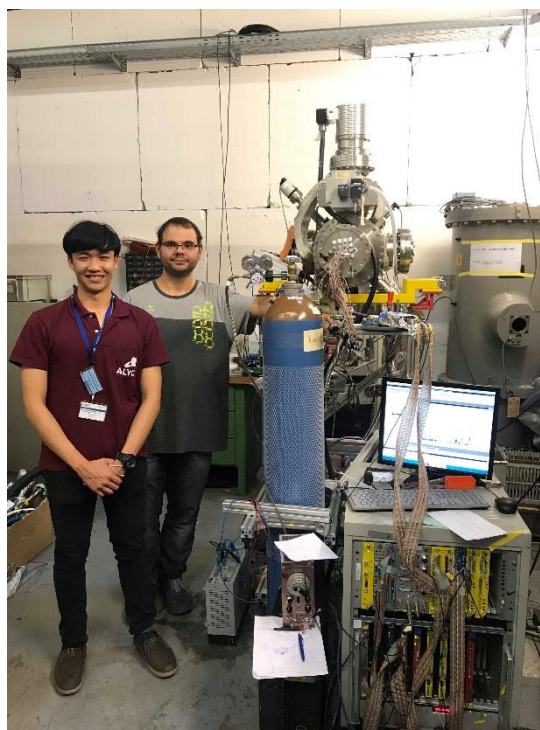
ผลการศึกษาค้นคว้า

จากการคำนวณอัตราการสลายตัวของแหล่งกำเนิดกัมมันตภาพรังสีของไอโซโทป 225 แอคทิเนียม พบว่ามีค่าเท่ากับ 200(20) Bq ต่อมาในการสอบเทียบพลังงานมาตรฐานด้วยเครื่องตรวจจับ miniCOMPACT ในระบบ Buffer Gas cell กับแหล่งกำเนิดอนุภาคแอลฟามาตรฐานพบว่า มีการปนเปื้อนของไอโซโทป 228 ทอเรียม (^{228}Th) บนพื้นผิวของแหล่งกำเนิดกัมมันตภาพรังสีไอโซโทป 225 แอคทิเนียม ซึ่งคาดว่าเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการผลิต ในลำดับถัดไป จากผลสเปกตรัมการปลดปล่อยพลังงานของอนุภาคแอลฟาของระบบ Recoil Transfer Chamber กับ miniCOMPACT พบว่าเราสามารถตรวจจับผลิตภัณฑ์ห่วงโซ่การสลายตัว (decay chain) ของไอโซโทป 225 แอคทิเนียมได้เฉพาะชนิด volatile ซึ่งมีพฤติกรรมเกี่ยวข้องต่อการทำปฏิกิริยาล้างคลึงกับแก๊สเฉื่อย และยังพบการปนเปื้อนของไอโซโทป 227 แอคทิเนียม (^{225}Ac) ซึ่งเกิดจากการปนเปื้อนภายในชุดเครื่องมือซึ่งเคยใช้ไอโซโทป 227 แอคทิเนียมในการศึกษามาก่อนหน้านี้และยังสลายตัวไม่หมด ท้ายที่สุด ผลสเปกตรัมของการปลดปล่อยพลังงานของอนุภาคแอลฟาของระบบ Buffer gas cell กับ miniCOMPACT พบว่า

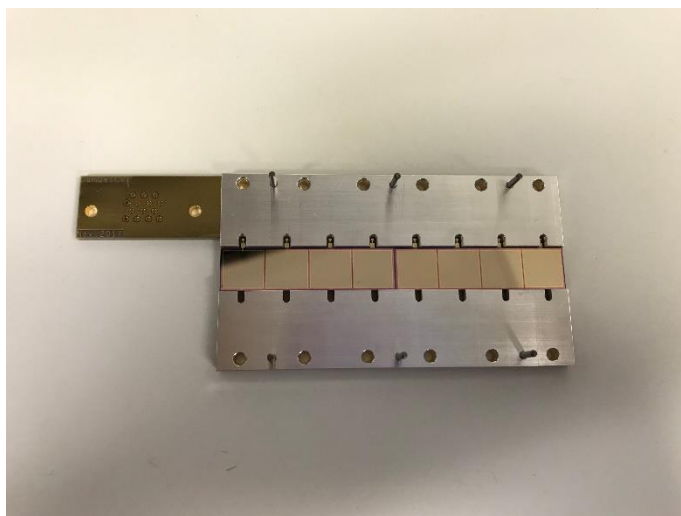
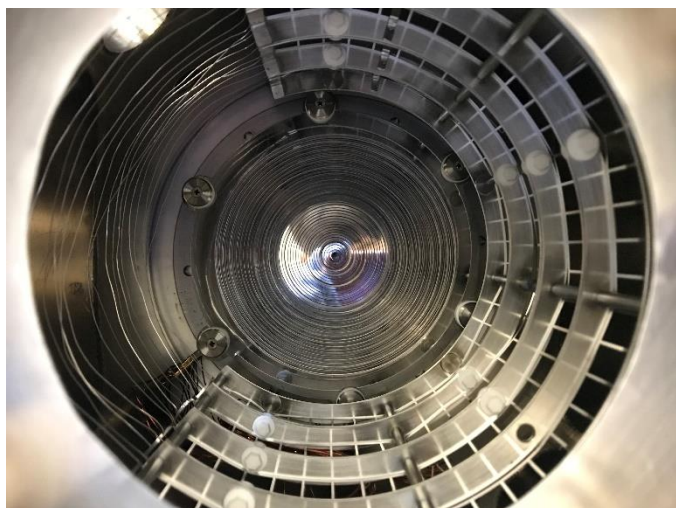
เราสามารถตรวจจับผลิตภัณฑ์ห่วงโซ่การสลายตัวของไอโซโทป 225 แอคติเนียมได้ทั้งชนิด volatile และ non-volatile ซึ่งมีพฤติกรรมไวต่อการเกิดปฏิกิริยาล้ำคลั่งกับโลหะหมู่ 1 ที่ยากต่อการตรวจจับ เนื่องจากในระบบเดิมนั้นไม่มีการใช้สนามไฟฟ้าในการเร่งและโฟกัสไอโซโทปให้ไปถึงส่วนตรวจจับ จึงทำให้ตรวจจับได้เฉพาะ volatile เท่านั้น นับได้ว่าเป็นครั้งแรกของการศึกษาสมบัติทางเคมี ของธาตุที่หนักยิ่งยวดชนิด non-volatile ของกลุ่มวิจัย TASCA และ SHIP-TRAP ณ สถาบันวิจัยไอออนหนัก GSI

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม/งานในอนาคต

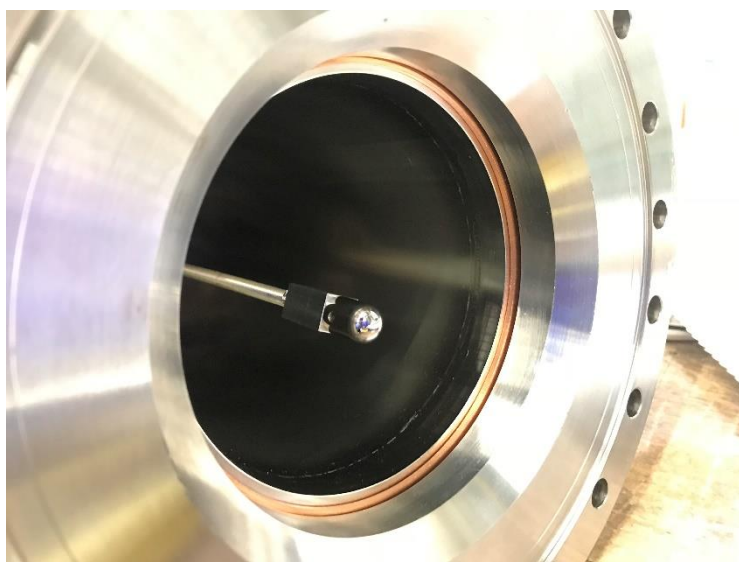
1. ระบบ Buffer gas cell ใหม่ยังคงต้องถูกปรับปรุงเพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสม (optimization) สำหรับการศึกษสมบัติของธาตุที่หนักยิ่งยวดที่หนักกว่าธาตุฟลิโดเวียม (FI) ต่อไป
2. ประสิทธิภาพในการตรวจจับ (extraction efficiency) และเวลาที่ใช้ในการตรวจจับ (extraction time) จะถูกคำนวณขึ้นเพื่อเปรียบเทียบกับระบบ Recoil Transfer Chamber เดิม



(ซ้าย) เครื่อง buffer gas cell (ขวา) ดิเตอร์ Stefan Goetz (นักศึกษาปริญญาเอก)



(ซ้าย) โครงสร้างภายใน buffer gas cell (ขวา) เครื่องตรวจจับ miniCOMPACT



(ซ้าย) แหล่งกำเนิดกัมมันตภาพรังสี (ขวา) แหล่งกำเนิดกัมมันตภาพรังสีภายในเครื่อง buffer gas cell

นายกิริติ กิริติกานต์ (แฟนท์)

หัวข้อฝึกงาน : Preparation of Spectroscopy on Magnesium Ion beam (การเตรียมลำแสงแมกนีเซียมไอออน สำหรับการตรวจวัดแบบสเปกโตรสโคปี)

วัตถุประสงค์

เพื่อเรียนรู้การทำงานของต้นกำเนิดลำแสงไอออนและการวัดคุณภาพของลำแสงแมกนีเซียมไอออน โดยวิธีการประมาณแบบเลนส์บาง

รายละเอียดโดยสังเขป

โครงการสถานีวิจัยแอนติโปรตอนและไอออน (Facility for Antiproton and Ion Research : FAIR) ที่กำลังก่อสร้าง ณ สถาบัน GSI นั้นต้องการที่จะสร้างและใช้งานวงแหวนกักเก็บลำแสงไอออน (Storage ring) ซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีใน GSI ภายใต้ชื่อ CRYRING วงแหวนกักเก็บไอออนชนิดนี้จะดูแลจัดการจาก ESR (Experimental Storage Ring) โดยพลังงานในการกักเก็บน้อยลงเหลือเพียง 40keV ถึง 100keV ต่อ ไอออน เพื่อที่จะนำไปใช้ในการศึกษาวิจัยต่อไปในอนาคตไม่ว่าจะเป็น การทำให้ครึ่งชีวิตของไอออนมีระยะเวลานานขึ้น ด้วยการโพลาไรซ์ด้วยเลเซอร์ (Polarization of Ion Beam by Laser) เป็นต้น

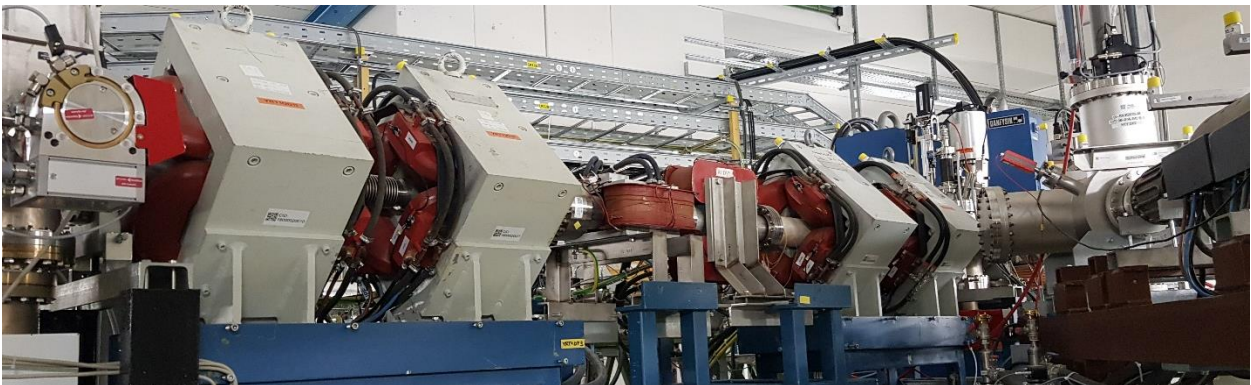
งานที่ผมได้ถูกมอบหมายให้ระหว่างเข้าร่วมค่ายนั้น คือการเตรียมลำแสงแมกนีเซียมไอออน (Magnesium Ion Beam) สำหรับ สเปกโตรสโคปี (Spectroscopy) โดยหน้าที่หลัก ๆ คือ การปรับปรุงต้นกำเนิดไอออนที่ CRYRING (Local Source and Injection Line at CRYRING) ในทางเทคนิค คือ ปรับปรุงระบบการสร้างลำแสงไอออนด้วยการเปลี่ยนกำลังไฟฟ้าในการให้กำเนิดไอออน การเปลี่ยนความดันของแก๊สที่ใช้สำหรับการสร้างพลาสมา การควบคุมอุณหภูมิของเตาแมกนีเซียมเพื่อให้แมกนีเซียมระเหิดเป็นแก๊สได้ปริมาณที่เหมาะสม และการปรับสนามแม่เหล็กเพื่อใช้ในการโฟกัสลำแสงไอออนเพื่อให้มีความเข้มสูงที่สุดและรูปร่างภาคตัดขวางเข้าใกล้วงกลมมากที่สุด ซึ่งทั้งหมดนี้สามารถตรวจสอบได้จากกระแสไฟฟ้าที่หัววัดกระแสไฟฟ้าฟาราเดย์ (Faraday cup) อ่านได้และภาคตัดขวางจากฉากฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent screen)

จุดประสงค์หลักคือ การวัดคุณภาพของลำแสงไอออนคือ การวัดค่าการเปล่งรังสี (Emittance) ซึ่งเราได้ใช้หลักการประมาณของเลนส์บาง (Thin Lens Approximation) โดยในส่วนนี้ จะเป็นการวัดความเข้มเฉลี่ยของลำแสงไอออนทั้งหมดภายใน ต้นกำเนิดไอออนที่ CRYRING ก่อนที่จะยิงลำแสง (Injection of Ion Beam) เข้าสู่

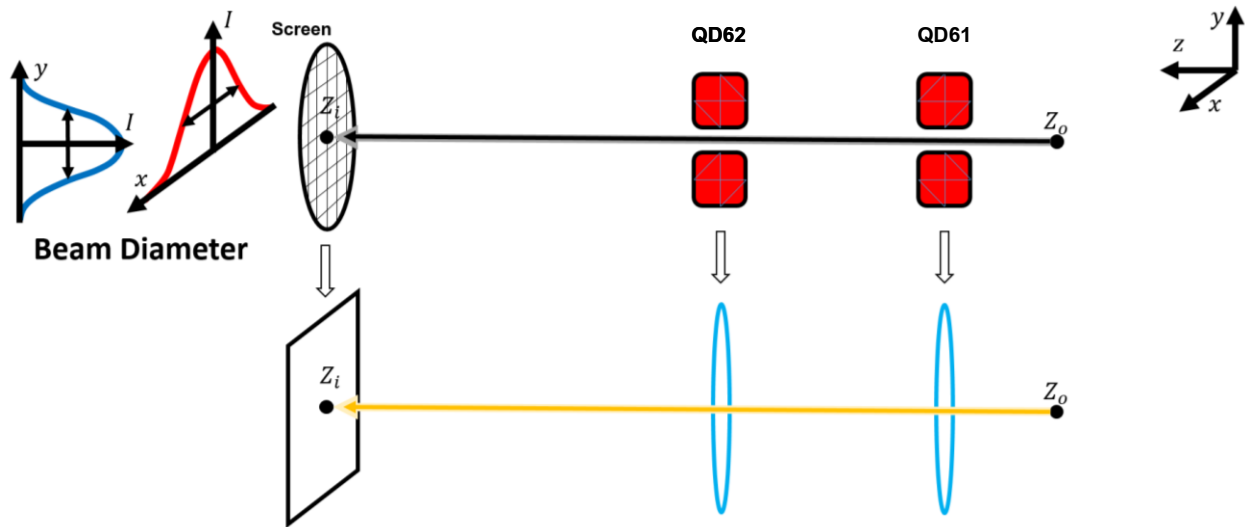
วงแหวนเพื่อการทำ สเปกโตรสโคปี โดยการโพลาไรซ์ด้วยเลเซอร์เพื่อยืดระยะเวลาครึ่งชีวิตของลำแสง แมกนีเซียมไอออนในวงแหวน

ผลของการศึกษาและการคำนวณเป็นที่น่าสนใจต่อการนำไปใช้ต่อไปในอนาคต เนื่องจากค่าการเปล่งรังสีที่น้อยที่สุดที่นำไอใช้ได้ คือ 7 mm mrad ซึ่งในการทดลองนี้ ผมและคณะ ได้ปรับแต่งค่าสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดลำแสงไอออน เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จนกระทั่งค่าการเปล่งรังสีของลำแสงแมกนีเซียมไอออนมีค่าเฉลี่ยสูงถึง 9.2 mm mrad ในแนวนอน (Horizontal) และ 43 mm mrad ในแนวตั้ง (Vertical) ของภาคตัดขวาง

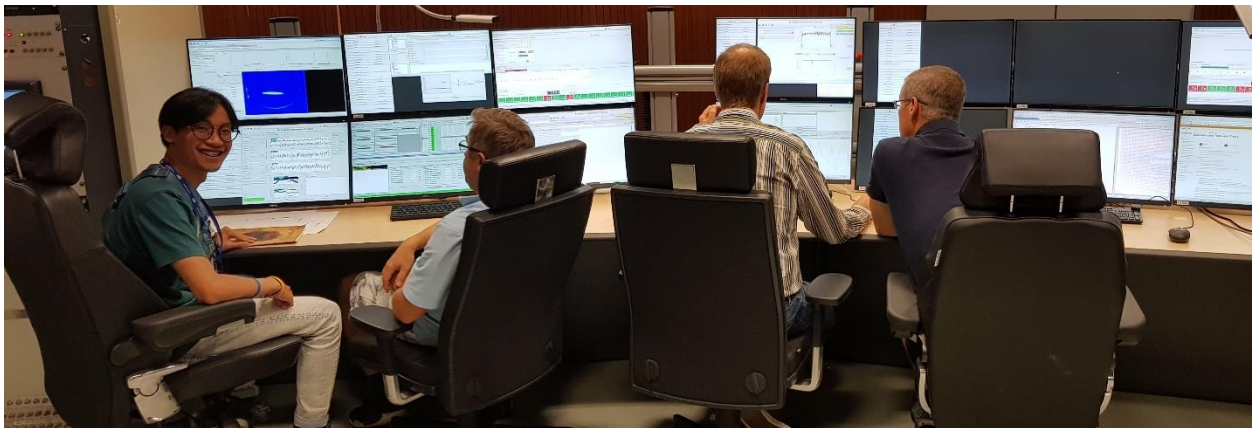
รายละเอียดข้อมูลทั่วไปของ CRYRING และการคำนวณ รวมถึงผลของค่าการเปล่งรังสีเฉลี่ยของลำแสงแมกนีเซียมไอออนสามารถดูได้ในรายงานที่ภาคผนวก



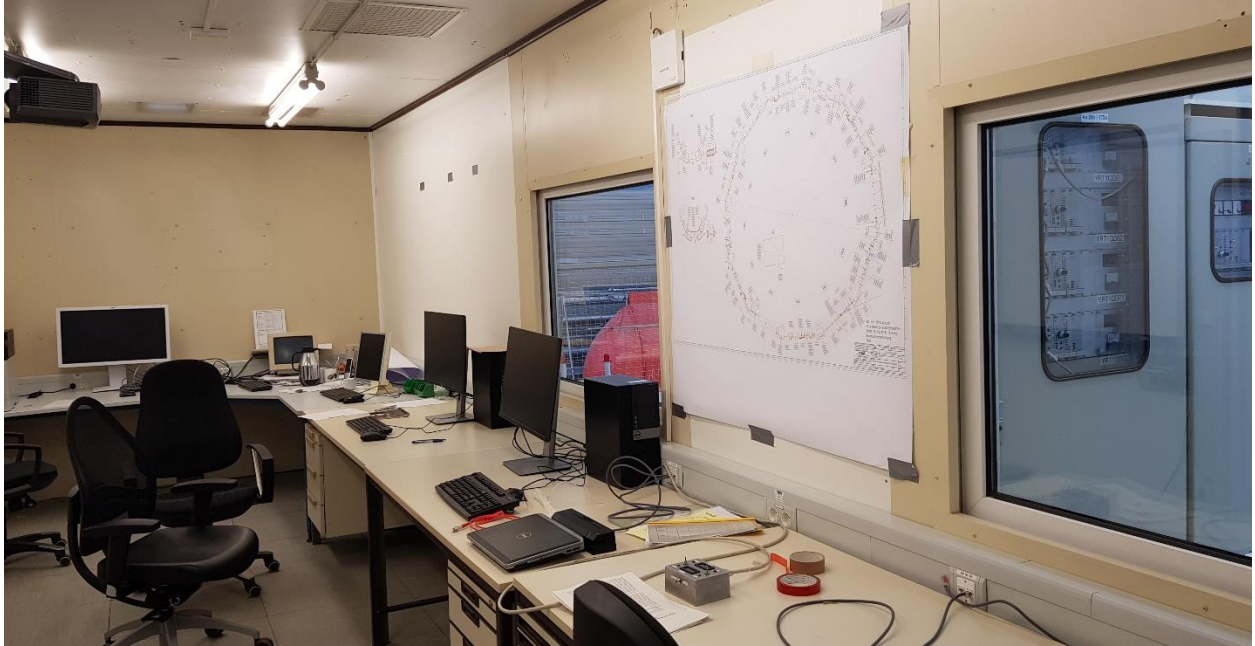
ส่วนเครื่องเร่ง : Acceleration Section (ภาพบน) และส่วนบีมไลน์พลังงานสูง : High Energy Beamline (ภาพล่าง) ที่ถูกติดตั้งอยู่ที่ แล่งกำเนิดลำแสงไอออน : CRYRING Ion Source line



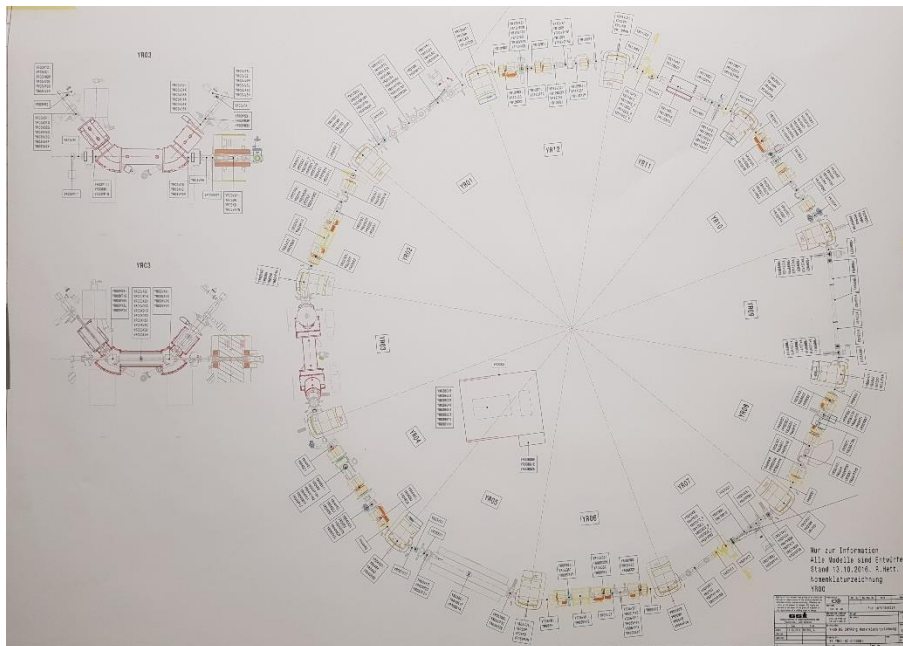
แผนภาพจำลองของ ส่วนบีมนำพลังงานสูง ๆ จากหลักการประมาณด้วยวิธีเลนส์บาง (Thin Lens Approximation) โดยเราสามารถมอง ควอดรูโพล 61 และ 62 (QD61 and 62) เปรียบเสมือนเลนส์บาง แต่ละตัวและนำความกว้างของลำแสงในแนวตั้ง (y-axis) และแนวตั้ง (x-axis) ของแต่ละเลนส์มา คำนวณหาค่าการแปลงรังสีได้



ห้องควบคุมหลัก (Main Control Room) ที่เป็นห้องควบคุมการยิงลำแสงไอออนของทั้งสถาบัน GSI และสามารถควบคุมการทำงานของ CRYRING ได้ ระหว่างช่วง Beamtime



ห้องควบคุม CRYRING (Local Control Room) ที่อยู่เหนือ CRYRING



แผนผังของ CRYRING

ภาคผนวก

บันทึก GSI 2018

ช่วงก่อนเริ่มค่าย

ทุกๆปลายทาง ย่อมมีจุดเริ่มต้นเสมอ

ในที่สุด วันแห่งการเดินทางก็ได้เริ่มต้นขึ้น วันที่ 17 ก.ค.61 ไฟลท์บินที่ EK 419-Emirates มุ่งหน้าสู่เมืองดูไบ ประเทศสหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ ผมได้เดินทางไปถึงท่าอากาศยานนานาชาติสุวรรณภูมิประมาณ 22.00 น. และได้พบกับสหายร่วมการเดินทาง - พี่เพ้นท์ อย่างเป็นทางการอีกครั้ง เราได้มีโอกาสพูดคุยแลกเปลี่ยนความรู้สึกถึงต้นตอและความท้าทายที่กำลังรอเราอยู่ในไม่กี่อึดใจข้างหน้า พร้อมกับได้พูดคุยกับผู้ปกครองและผองเพื่อนสนิทมิตรสหายที่มาส่งที่สนามบินอย่างชื่นมื่น เวลา 24.00 น. เราได้จัดแจงสอบถามรายละเอียดเรื่องสัมภาระขึ้นเครื่องและแลกเงินสดสกุล euro คิดตัวไปเป็นที่เรียบร้อย เราก็ได้กล่าวคำร่ำลาและเดินเข้าไปภายในโถงผู้โดยสาร และในเวลาไม่นานความหิวก็เข้ามาครอบงำ เราจึงได้กินอาหารฟาสต์ฟู้ดจนอึดท้องและยังพอมีเวลาหาข้อมูลการเดินทางต่อไปยังที่พัก เมื่อเราเดินทางไปถึงเมืองแฟรงก์เฟิร์ต เมื่อเสียงประกาศเรียกผู้โดยสารขึ้นเครื่องสายการบิน Emirates ได้ดังขึ้น เราก็ได้เห็นโฉมหน้าผู้ร่วมเดินทางกับเรา มีทั้งคนไทย คนจีน ชาวตะวันออกกลางและชาวยุโรปซึ่งจะใช้ชีวิตร่วมกันบนเครื่อง Airbus A380-800 เป็นเวลาเกือบ 6 ชม.ด้วยกัน การเดินทางครั้งแรกไปทวีปยุโรปของผมได้เริ่มขึ้นแล้ว ผมยอมรับเลยว่าทั้งต้นตอและกลัวในเวลาเดียวกัน การบริการและสิ่งอำนวยความสะดวกบนเครื่องนั้นไว้ที่ติ ถึงแม้จะอาหารจะรสชาติไม่คุ้นลิ้นก็ตาม และเราก็มายังท่าอากาศยานนานาชาติดูไบ ประมาณ 08.00 น. ตามเวลาท้องถิ่น ซึ่งหลังจากเราได้ยัดเส้นยัดสายและเดินเดร็ดเทร่ไม่นาน เสียงประกาศเรียกผู้โดยสารของเที่ยวบินที่ EK 045-Emirates มุ่งหน้าสู่ท่าอากาศยานนานาชาติแฟรงก์เฟิร์ต ได้ดังขึ้นและการเดินทาง 6 ชม. สุดท้ายก่อนถึงจุดหมายได้เริ่มขึ้นอีกครั้ง เวลา 13.15 น. ตามเวลาท้องถิ่น 2 เท้าเล็ก ๆ ของเด็กหนุ่มจากสยามประเทศก็ได้เหยียบลงบนแผ่นดินสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนีในที่สุด

สิบปากว่า... ไม่เท่าตาเห็น

เป็นสำนวนที่คนไทยนิยมเข้ามาในหัวของผมทันที หลังจากเราเดินออกจากเครื่อง Airbus A380-800 ที่นี่คือเยอรมนี! ป้ายบอกทาง สัญลักษณ์ต่าง ๆ เป็นภาษาเยอรมันและมีภาษาอังกฤษควบคู่บางส่วน ทักทายเป็นนักท่องเที่ยวต่างชาติจึงทำงานทันที และเราก็มาถึงส่วนตรวจคนเข้าเมืองที่มีผู้คนนับร้อยเรียงรายอยู่ข้างหน้า เราใช้เวลาอยู่ราวเกือบ 1 ชม. ในการรอคิว แต่ด้วยคำแนะนำจากรุ่นพี่และพี่เอ – ผู้ดูแลโครงการฯ ในการเตรียมเอกสาร ทำให้เราผ่าน ตม. อย่างฉลุย ในขณะที่เรากำลังหาทางออกไปขึ้นรถไฟเพื่อเดินทางไปยังที่พัก ผมได้เดินไปสอบถามพนักงานภายในท่าอากาศยานและด้วยความโชคดีที่ผมใช้หมอนคอตที่มีธงชาติไทยติดอยู่ พี่ชายคนนั้นได้ตอบกลับมาว่า “นี่เราเป็นคนไทยใช่ไหม?” – พี่ปีเตอร์ คนไทยที่ทำงานอยู่ที่เยอรมนีมาหลายสิบปีได้กล่าวทักทายอย่างเป็นกันเอง เราพูดคุยกันตามประสานคนบ้านเดียวกัน หลังจากนั้นพี่ปีเตอร์ก็ได้อาสาพาพวกเราไปที่พักในแฟรงเฟิร์ต สอนการซื้อตั๋วและขึ้นรถไฟ พาไปซื้อซิมการ์ดโทรศัพท์ และไปส่งถึงหน้าที่พัก ก่อนเราจะแยกย้ายกัน เราได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นไว้ พวกเราใช้เวลาอยู่ในแฟรงเฟิร์ตอยู่ 3 วันกับการปรับตัวให้เข้ากับสภาพเปลี่ยนแปลงครั้งใหญ่ครั้งหนึ่งในชีวิต ทั้งสภาพอากาศที่แห้ง (ความชื้นอยู่ระหว่าง 0-20%) ห้องฟ้าที่ปลอดโปร่งในฤดูร้อน พระอาทิตย์ที่ขึ้นตั้งแต่ 6 โมงเช้าและตกในเวลา 3 ทุ่ม อาหารสไตล์ยุโรปที่แปลกลิ้น แต่โชคยังเข้าข้างเรายู้ง่าย เราเดินไปเจอร้านอาหารไทยที่อยู่ตรงข้ามโรงแรมพอดิในช่วงเย็น ซึ่งเจ้าของคนไทยได้เข้ามาพูดคุยกับเราอย่างเป็นกันเอง แถมยังขนาน้ำเปล่ามาให้เรา 1 แพ็ค! ซึ่งอย่างที่รู้กันว่าน้ำเปล่าที่ประเทศเยอรมันแพง แต่มีระบบน้ำประปาที่สามารถกินได้ และที่สำคัญห้องน้ำสาธารณะส่วนใหญ่จะต้องเสียเงินอีกต่างหาก

มุ่งหน้าสู่ดัมชตต์

เช้าวันเสาร์ที่ 21 ก.ค.61 สัมภาระกองโตถูกบรรจุลงในกระเป๋าเดินทางอีกครั้ง พวกเราเช็คเอาท์จากโรงแรมและมุ่งหน้าไปขึ้นรถไฟที่สถานี Frankfurt Hbf ซึ่งมีลักษณะเหมือนกับสถานีรถไฟหัวลำโพงของบ้านเราอย่างมาก เพื่อจะเดินทางไปยังเมืองดัมชตต์ ซึ่งใช้เวลาประมาณ 30 นาทีเราก็ตั้งสถานี Darmstadt-Arheilgen ซึ่งโรงแรมที่ทางสถาบันวิจัย GSI จองไว้สำหรับผู้เข้าร่วมโครงการฯ บรรยากาศโดยรอบเป็นเมืองชนบทเมืองหนึ่ง รายล้อมไปด้วยทุ่งนาและไร่นาเขียวขจี เราได้เช็คอินเข้าที่พักและได้พบกับเพื่อนร่วมห้องของเราบางส่วน ห้องผมอยู่ชั้น 3 มีระเบียงที่เชื่อมหากันได้ตลอด 4 ห้องในฝั่งเดียวกัน เพื่อนร่วมห้องของผมเป็นคนรัสเซียและคนสกอตแลนด์ ส่วนของพี่พันธ์ที่เป็นคนอิตาลีและคนโปแลนด์ หลังจากที่เราทำความรู้จักกันอยู่พักใหญ่ เราก็แยกย้ายกันไปพักผ่อนและนัดหมายกันออกไปเดินสำรวจเมืองรอบ ๆ พร้อมกับได้ทานข้าวเย็นด้วยกัน เป็นบรรยากาศที่แปลกใหม่และน่าจดจำครั้งหนึ่งในชีวิตผมก็ว่าได้

ช่วงค่าย

สัปดาห์ที่ 1 : พวกเราออกเดินทางจากที่โรงแรมไปพร้อมกันด้วยรถบัสที่ทาง GSI จัดสรรไว้ให้ ใช้เวลาประมาณ 10 นาทีเราก็ได้มาถึงสถาบันวิจัย GSI และมุ่งหน้าตรงไปจัดแจง และได้เข้าร่วมปฐมนิเทศน์โดยคุณ G. Menge, Y. Leifels และคุณ J. Knoll ผู้ประสานงานโครงการๆ เกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับ GSI และภาพรวมของค่าย จัดแจงเรื่องเอกสาร การใช้จักรยานและกฎจราจรพื้นฐาน รวมไปถึงได้รับฟังบรรยายในหัวข้อ Accelerators: from the source to the target โดยคุณ L. Bozyk เกี่ยวกับภาพรวมของเครื่องเร่งอนุภาคของทางสถาบันวิจัย GSI และปิดท้ายด้วยการถ่ายภาพหมู่ด้วยกัน ทำให้เราได้ภาพสวยๆกลับมาฝาก โดยคุณ Gabi Otto และตกช่วงเย็น เราได้มีโอกาสพบเจอตัวเตอร์ที่จะคอยดูแลเราตลอดค่ายเป็นครั้งแรก ณ เรือนรับรองแขก ในวันถัดมา เราได้รับฟังบรรยายในหัวข้อ Biophysics & Cancer Therapy with Heavy Ions โดยคุณ M. Kramer ซึ่งเป็นภาพรวมการศึกษาทางด้านชีวฟิสิกส์และรักษาโรคมะเร็งโดยการใช้ Radiotherapy ซึ่งที่สถาบันวิจัย GSI จะใช้ธาตุ Carbon เป็นหลักในการรักษา และได้พูดถึงแผนการรักษา (Treatment planning) ที่ทางสถาบันฯ ได้พัฒนาโปรแกรมขึ้นมาอีกด้วย จากนั้นก่อนถึงเวลารับประทานอาหารเที่ยง เรายังได้ฟังหัวข้อ Compressed Nuclear Matter โดยคุณ C. Sturm และคุณ J. Stroth ซึ่งเป็นหัวข้อที่ค่อนข้างมีความซับซ้อนและมีเนื้อหาที่ค่อนข้างลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมของนิวเคลียสของอะตอมในสภาวะที่มีความหนาแน่นสูง ซึ่งจะทำให้มีคุณสมบัติที่แตกต่างออกไปจากนิวเคลียสของอะตอมในสภาวะปกติ ปิดท้ายในช่วงเย็น เราได้ไปเยี่ยมชมเครื่องเร่งอนุภาค UNILAC แหล่งกำเนิดไอออนและส่วนการวิจัยเกี่ยวกับวัสดุศาสตร์ SHIP-SHIPTRAP วันต่อมา นับเป็นวันที่มีกิจกรรมที่น่าสนใจอย่างยิ่ง คือ เราได้เรียนพื้นฐานโปรแกรม ROOT ซึ่งถูกคิดค้นและพัฒนาที่ CERN ในการประยุกต์ใช้กับการจัดการและการวิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ โดยนำมาประยุกต์ใช้ทางด้านฟิสิกส์อนุภาคอย่างกว้างขวาง ภายหลังจากจบการเรียน ยังมีการบรรยายหัวข้อ Computing for experiments ซึ่งนับเป็นสิ่งที่ดีที่ทำให้เราเห็นภาพรวมการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์กับการทดลองจริง ปิดท้ายของวันด้วยการบรรยายหัวข้อ Hadron Physics with Anti-Protons โดยคุณ K. Goetzen และเข้าเยี่ยมชม Green Cube ซึ่งเป็นศูนย์กลางระบบคอมพิวเตอร์และประมวลผลของสถาบันวิจัย GSI มีลักษณะอาคารเป็นทรงลูกบาศก์มีแถบสีเขียว ภายในออกแบบให้ตัวอาคารมีระบบทำความเย็นและมีการถ่ายเทความร้อนได้ดี ประหยัดการใช้พลังงานไฟฟ้าให้ได้มากที่สุด และวันหยุดสุดสัปดาห์แรกของการฝึกงานก็ได้มาถึง เรามีกิจกรรม Rally รอบเมืองดัมชตัตต์ โดยทางคุณ J. Knoll ได้แบ่งพวกเราออกเป็นกลุ่มเพื่อทำภารกิจที่จะต้องหาคำตอบกับโจทย์ปัญหาที่ได้รับให้ได้มากที่สุด ซึ่งคำถามที่ได้รับนั้น มีตั้งแต่คำนวณทางฟิสิกส์ หาสถานที่จากรูปภาพ หาประวัติข้อมูลสถานที่สำคัญ รวมไปถึงหาผลไม้ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในเมืองดัมชตัตต์ หลายกลุ่มก็มีวิธีการหาคำตอบที่ต่างกันไป บางกลุ่มมุ่งหน้าตรงไปที่หอสมุดของ

เมือง บางกลุ่มเลือกที่จะสอบถามผู้คนในเมือง นับว่าเป็นกิจกรรมที่สนุก ได้รู้จักสถานที่ต่าง ๆ ในเมืองและช่วยกระชับความสัมพันธ์ระหว่างเพื่อนในค่ายได้เป็นอย่างดี

สัปดาห์ที่ 2 : นับว่าเป็นสัปดาห์แรกของฝึกงาน พวกเราได้แยกย้ายไปพบกับตัวเตอร์ของตัวเองในแต่ละกลุ่มวิจัย ซึ่งโดยภาพรวมก็จะมีลักษณะคล้ายกันคือ แนะนำภาพรวมเกี่ยวกับงานที่จะได้รับ อบรมความปลอดภัยเบื้องต้นภายในสถานที่ปฏิบัติงาน และทำความรู้จักกับผู้ร่วมงานในกลุ่มวิจัย นอกจากนี้เรายังได้รับฟังบรรยายในหัวข้อ Atomic Physics โดยคุณ D.Winters, Nuclear Structure and Astrophysics โดยคุณ H. Simon และคุณ Y. Litvinov ซึ่งพูดถึงภาพรวมของโครงการสร้างของนิวเคลียสในอะตอมซึ่งประกอบไปด้วยโปรตอนและนิวตรอน ตลอดจนการนำไปประยุกต์ใช้ในการศึกษาฟิสิกส์ดาราศาสตร์ของดาวฤกษ์ที่มีการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ภายในและทำนายถึงความเป็นไปของเอกภพ และปิดท้ายด้วยหัวข้อการบรรยายที่ค่อนข้างแปลกใหม่ในสายตาของชาวตะวันตก นั่นคือ Impact to the society ซึ่งเป็นการพูดถึงการนำองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้จริงและผลกระทบต่อสังคม กระบวนการพัฒนานวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ รวมไปถึงการยกตัวการจดสิทธิบัตรองค์ความรู้และเทคโนโลยีจากสถาบันวิจัย GSI ที่ได้นำไปใช้จริงแล้ว

สัปดาห์ที่ 3 : ทุกคนในค่ายได้เริ่มต้นฝึกงานตามกลุ่มวิจัยของตัวเองกันเป็นที่เรียบร้อย ทำให้เรามีโอกาสได้พบปะกันน้อยลง ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการรับประทานอาหารเที่ยงด้วยกัน หรือบางคนก็ไปร่วมรับประทานอาหารกับกลุ่มวิจัยของตัวเองซึ่งเป็นเรื่องปกติของที่นี่ อย่างไรก็ตาม เรายังคงมีการบรรยายในวันอังคาร ซึ่งมีหัวข้อหลาย ประกอบไปด้วยการวิจัยทางด้านวัสดุศาสตร์ (Materials Research) โดยภาพรวมที่เกิดขึ้นมากมาย ณ สถาบันฯ GSI โดยคุณ I. Schubert การบรรยายเกี่ยวกับฟิสิกส์ของพลาสมาและลำไอออน/เลเซอร์ความเข้มสูง (Plasma Physics with Intense Ion/Laser Beams) ที่ถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง ตั้งแต่ศึกษาโครงสร้างพื้นฐานของอะตอม จนกระทั่งการประยุกต์ใช้ในการศึกษาทางด้านวัสดุศาสตร์โดยคุณ K. Weyrich และปิดท้ายด้วยหัวข้อ Nuclear Structure and Astrophysics ที่สืบเนื่องมาจากสัปดาห์ก่อน โดยคุณ Y. Litvinov หลังจากการนั่งฟังบรรยายมาเป็นเวลานานตลอดทั้งวัน ช่วงเย็นก่อนถึงเวลาเลิกงาน พวกเราได้มีโอกาสเข้าเยี่ยมชมกลุ่มวิจัย ESR ซึ่งเป็นกลุ่มวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการกักเก็บอนุภาคในวงแหวนขนาดใหญ่ที่สามารถกักเก็บอนุภาคได้หลายชนิดตั้งแต่ นิวเคลียสของฮีเลียมไปจนถึงยูเรเนียม จากนั้นในวันพฤหัสบดี เป็นหนึ่งวันที่ทุกคนต่างตั้งตารอคอย เพราะเป็นวันที่มีการจัดกิจกรรมปิ้งย่างสร้างสัมพันธ์ (Grill party) ซึ่งก่อนหน้านี้ คุณ J. Knoll ได้จัดแจงให้พวกเรารับผิดชอบในการแบ่งคนช่วยกันไปซื้อของ เช่น เนื้อหมู ไส้กรอก มันฝรั่ง เครื่องดื่ม เพื่อใช้สำหรับงานนี้ ซึ่งพวกเราทั้ง 2 คนก็ได้รับหน้าที่ขนของและจัดเตรียมสถานที่สำหรับจัดงาน และยังได้รับโอกาสเป็นนักปิ้งมือฉมังอีกด้วย ทุกคนต่างมีความสุขมาก เป็นกิจกรรมที่ช่วยสร้างเสริมความสัมพันธ์ระหว่าง

ผู้เข้าร่วมค่ายฯด้วยกัน รวมไปถึงคิวเตอร์และศิษย์เก่าที่เคยเข้าร่วมค่ายฯนี้มาก่อน และปัจจุบันเป็นนักวิจัย/พนักงานอยู่ที่นี้ ได้กลับมารวมตัวทวนรำลึกถึงวันวานกันอีกครั้งอย่างชื่นมื่น

สัปดาห์ที่ 4 : เวลาที่ล่วงเลยมาถึงครึ่งทางของค่ายแล้ว หลายคนมีความก้าวหน้าในงานที่ตัวเองได้รับเป็นอย่างดี ในขณะที่เดียวกันก็ยังมีอีกหลายคนเช่นกันที่กำลังพยายามมุ่งมั่นแก้ปัญหาของงานตัวเองอย่างไม่ลดละ ซึ่งนับว่าเป็นเรื่องปกติในวงการวิทยาศาสตร์ที่หลายครั้ง เราไม่สามารถกำหนดระยะเวลาให้กับความสำเร็จของงานเราได้อย่างแน่ชัด เราทำได้เพียงอดทนและมุ่งมั่นแก้ปัญหาตรงหน้าเราให้ดีที่สุดเท่าที่เราจะทำได้ ดังนั้นเราจึงต้องเดินหน้าต่อไป สัปดาห์นี้ทางผู้จัดค่ายฯ ได้จัดกิจกรรมอบรมในหัวข้อ การเตรียมตัวนำเสนอผลงานทางด้านวิทยาศาสตร์ (Scientific Presentations) เพื่อเตรียมความพร้อมให้กับผู้เข้าร่วมค่ายฯทุกคนสำหรับการนำเสนอผลการฝึกงานในสัปดาห์สุดท้าย โดยมีการบรรยายโดยคุณ H. Büsching ซึ่งได้ให้เทคนิคการพูด การใช้ศัพท์ที่ถูกต้อง การจัดเรียงและองค์ประกอบการนำเสนอที่ควรมี สิ่งไม่ควร/ไม่ควรทำในการนำเสนอ เป็นต้น อีกทั้งยังมีการอบรมหัวข้อ การเขียนรายงานทางด้านวิทยาศาสตร์และการใช้โปรแกรม Latex (Scientific Writing and Latex course) ซึ่งถือว่ามีประโยชน์อย่างยิ่ง เพราะทำให้พวกผมได้เพิ่มพูนทักษะการเขียนเชิงวิชาการและได้เรียนรู้เทคนิคจากหนึ่งในสถาบันวิจัยที่มีผลงานตีพิมพ์มากมาย นับว่าเป็นโอกาสที่หาไม่ได้ง่ายๆเลย และอีกกิจกรรมที่น่าสนใจ คือ Summer Colloquium มีลักษณะเป็นการบรรยายในหัวข้อพิเศษ ซึ่งปกติจะมีการจัดขึ้นประมาณเดือนละครั้ง โดยมีหัวข้อคือ Are heavy r-process elements produced only in neutron star mergers? One year after the gravitational wave detection GW170817 ซึ่งลักษณะเป็นการสัมมนาแลกเปลี่ยนความรู้เชิงวิชาการ โดยนักวิจัยเกือบทั้งหมดของสถาบันฯได้มาเข้าร่วมรับฟังและได้ซักถามพร้อมทั้งอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ พวกเราคิดว่าบรรยายกาสที่เกิดขึ้น ณ ขณะนั้น เป็นสิ่งที่น่าเหลือเชื่อ เราได้เห็นการแลกเปลี่ยนความรู้กันระหว่างผู้เชี่ยวชาญจากหลายหลายแขนงความรู้ ได้อภิปรายและเสนอความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล เป็นบรรยายกาสที่ผู้สนใจวิทยาศาสตร์ทุกคนต่างปรารถนาให้เกิดขึ้นในบ้านเมืองของเรา นับเป็นประสบการณ์ที่ล้ำค่าเกินกว่าจะบรรยายออกมาเป็นคำพูดได้ทั้งหมด

สัปดาห์ที่ 5 : จากตารางกิจกรรมของค่ายฯ สำหรับสัปดาห์นี้ เราจะไม่มีการบรรยายหรืออบรมอีกแล้ว แต่เรามีกิจกรรมสนุกสนานอีก 2 กิจกรรมที่เกิดขึ้นในสัปดาห์นี้ ได้แก่ กิจกรรม GSI-FAIR Summer festival ซึ่งปีนี้จัดขึ้นในวันพฤหัสบดีที่ 23 ส.ค. เป็นงานเทศกาลประจำปีของทางสถาบันฯ ซึ่งภายในงานจะมีการเปิดบูธร้านอาหารประจำชาติต่าง ๆ ซึ่งเกิดเป็นกลุ่มของนักวิจัยของแต่ละประเทศร่วมกันทำอาหารมาขายเพื่อให้ทุกคนได้ลองลิ้มชิมรสกัน และยังเกมส์สนุกสนานมากมายให้เด็ก ๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นลูกหลานของบุคลากรของสถาบันฯได้มาเริ่มสนุก การแสดงดนตรีและเครื่องดื่มหากหลายให้เลือกดื่มด่ำ ซึ่งก็เป็นโอกาสอันดีของพวกเขา

เราอีกเช่นกันที่ได้ชิมอาหารจากทั่วทุกมุมโลก และในอนาคตอันใกล้ เราอาจจะได้เห็นบุรุษของอาหารไทยได้ไปร่วมในงานนี้ก็เป็นได้ ส่วนกิจกรรมที่ 2 คือ การแข่งขันฟุตบอลประจำปีของสถาบันฯ ซึ่งเป็นธรรมเนียมที่นักเรียนที่เข้าร่วมค่ายฯจะต้องลงฝึกในครั้งนี้ด้วย ซึ่งมีกฎว่า ภายในทีมที่ลงแข่งจะต้องประกอบไปด้วยผู้หญิงอย่างน้อย 2 คน วันนั้นเป็นวันที่อากาศเป็นใจมาก อากาศเย็นสบายตลอดทั้งวัน พวกเราหลายคนที่ไม่ได้ลงแข่งต่างก็พากันไปเป็นกองเชียร์รวมถึงพวกเราที่เป็นหนึ่งในนั้น และแล้วปีนี้ก็ถึงปีของเรา พวกเราสามารถคว้าแชมป์มาครองได้ในที่สุด หลังจากทีครั้งล่าสุดที่ได้ต้องย้อนกลับไปถึงราว 10 กว่าปีโดยประมาณ พวกเราต่างดีใจมากกับชัยชนะในครั้งนี้และได้นัดกันไปฉลองเล็กน้อยในช่วงค่ำของวันนั้น

สัปดาห์ที่ 6-7 : ใน 2 สัปดาห์นี้ พวกเราไม่มีกิจกรรมที่ต้องเข้าร่วม เนื่องจากพวกเราต้องให้ความสำคัญกับงานของตัวเอง ซึ่งหลายคนก็ได้ผลการทดลองออกมาเป็นที่เรียบร้อยแล้ว และกำลังเริ่มเขียนรูปเล่มและทำสไลด์นำเสนอ และในขณะเดียวกัน ก็ยังมีอีกหลายคนที่ยังเป็นกังวลใจเกี่ยวกับผลการทดลองที่ยังไม่เสร็จ เช่นเพื่อนชาวอิตาลีที่ต้องเลี้ยงเซลล์ ยังคงต้องรอเวลาให้เซลล์แข็งแรงพอที่จะเริ่มทดลองได้ในสัปดาห์สุดท้าย หรือแม้แต่กระผม (กัณฑ์) ที่ยังซ่อมแก้ปัญหาเกี่ยวกับระบบตรวจจับที่ยังไม่เสถียร แต่อย่างไรก็ตาม พวกเราก็ได้รับกำลังใจที่ดีทั้งจากเพื่อนในค่ายและคิวเตอร์ที่ดูแลพวกเรา และในที่สุดกระผม (กัณฑ์) ก็ได้ผลการทดลองชิ้นสำคัญในเย็นวันศุกร์ของสัปดาห์ที่ 7 นับว่าเป็นความรู้สึกที่อธิบายไม่ถูก เหมือนสิ่งที่เราลงแรงกายแรงใจไปมันได้ผลผลิตออกมามาให้เราได้ชื่นชมในที่สุด จากนั้นพวกเราก็ได้ส่งแบบร่างรูปเล่มรายงานให้กับทางคิวเตอร์ของพวกเราเพื่อขอคำชี้แนะ และได้นำเสนอต่อหน้ากลุ่มวิจัยที่พวกเรา่วมฝึกงานอีกด้วย

สัปดาห์ที่ 8 : สัปดาห์สุดท้ายของการเข้าร่วมค่าย ได้มาถึงแล้ว เวลาช่างผ่านไปอย่างรวดเร็ว ทางผู้จัดค่ายฯได้แบ่งวันนำเสนอออกเป็น 3 วันด้วยกัน คือ วันจันทร์-วันพุธ ซึ่งกระผม (กัณฑ์) ได้นำเสนอในช่วงบ่ายวันจันทร์ กระผม (กัณฑ์) รู้สึกตื่นเต้นเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นครั้งแรกที่จะได้นำเสนองานวิจัยทางวิทยาศาสตร์เป็นภาษาอังกฤษต่อหน้าผู้ฟังที่เป็นเจ้าของภาษา แต่ในที่สุดทุกอย่างก็ผ่านพ้นไปได้ด้วยดี ต้องขอบคุณคิวเตอร์และเพื่อนร่วมค่ายฯที่ช่วยสนับสนุนและให้กำลังใจมาโดยตลอด หลังจากนั้น กิจกรรมสุดท้ายของค่ายก็มาถึงงานเลี้ยงอำลา (Farewell party) ถูกจัดขึ้นในช่วงเย็นวันพฤหัสบดีที่ 13 ก.ย. อาหารและเครื่องดื่มมากมายถูกเตรียมไว้อย่างพร้อมเพียง พวกเราสนุกสนานกันอย่างเต็มที่กับการแสดงดนตรี และยังมีการแสดงดนตรีโดยนักเรียนที่เข้าร่วมค่ายฯ อีกด้วย นับว่าเป็นภาพที่ยังคงประทับอยู่ในความทรงจำของพวกเรามาจนวันนี้ นอกจากนั้นพวกเรายังได้รับหนังสือที่รวมรายงานการฝึกงานของพวกเราทุกคนไว้ เราต่างแลกกันเขียนความในใจซึ่งกันและกัน พุดคุยกับคิวเตอร์ที่มาร่วมส่งอำลาคณะนักเรียนของพวกเราอย่างเป็นทางการ เป็นคำคืนที่เต็มเปี่ยมไปด้วยความรู้สึกอย่างแท้จริง

The Universe in the Laboratory				
1st week				
Mon, 23.07.18	14:00-15:30	Accelerators: from the source to the target	L. Bozyk	
Tue, 24.07.18	9:15-10:45	Biophysics & Cancer Therapy with Heavy Ions	M. Krämer	
	11:00-12:30	Compressed Nuclear Matter I (Collision Dynamics and Flow)	C. Sturm	
	15:45-17:30	Visit of Ion sources, UNILAC, Main Control; Material Science Cave & SHIP-SHIPTRAP		
Thu, 26.07.18	9:15-17:00	ROOT tutorial (IT Training Room in Building SB3, Entrance C Süd, room1.239a)	F. Uhlig	
Fri, 27.07.18	9:15-10:45	Computing for experiments	T. Kollegger	
	11:00-12:30	Compressed Nuclear Matter II (Dilepton & Strangeness Production)	J. Stroth	
	14:00-15:30	Hadron Physics with Anti-Protons I (Hadron Spectroscopy)	K. Goetzen	
	15:45-16:30	Visit of Green Cube		
2nd week				
Tue, 31.07.18	9:15-10:45	Hadron Physics with Anti_Protons II (Instrumentation)	A. Belias	
	11:00-12:30	Atomic Physics	D. Winters	
	14:00-15:30	Nuclear Structure and Astrophysics I	H. Simon	
	15:45-17:30	Visit of Medical cave, CryRing & HADES		
Fri, 3.08.18	9:15-10:45	Compressed Nuclear Matter III (Results from ALICE at LHC)	R. Averbeck	
	11:00-12:30	Nuclear Structure and Astrophysics II	H. Simon	
	14:00-15:00	Impact to the society	T. Engert	
3rd week				
Tue, 7.08.18	9:15-10:45	Materials Research	I. Schubert	
	11:00-11:45	Plasma Physics with Intense Ion Beams	K. Weyrich	
	11:45-12:30	Plasma Physics with Intense Laser Beams	V. Bagnoud	
	14:00-15:30	Nuclear Structure and Astrophysics III (Experiments at the ESR)	Y. Litvinov	
	15:45-16:30	Visit of ESR		
4th week				
Tue, 14.08.18	9:15-12:30	Tutorial: Scientific Presentations	H. Büsching	
	16:00	Summer Colloquium: Are heavy r-process elements produced only in neutron star mergers? One year after the gravitational wave detection GW170817 (in GSI-main auditorium SB 1)	A. Arcones	
Fri, 17.08.18	9:15-12:30	Tutorial: Scientific Writing/ Latex Course	G. Burau	
5th week				

ตารางกิจกรรมของ Summer Student Program

ช่วงหลังจบค่าย

เช้าวันศุกร์ที่ 14 ส.ค. บรรยากาศที่โรงแรมที่พวกเราพักกันมาตลอดช่วงเวลา 2 เดือนที่ผ่านมาเปลี่ยนไปอย่างเห็นได้ชัด การแจ้งเตือนข้อความในแอปพลิเคชัน Telegram ที่พวกเราใช้ติดต่อสื่อสารกันล้วนมีแต่การบอกลาเพื่อมาร่วมค่ายบางคนได้เดินทางกลับบ้านไปเร็วตั้งแต่หลังเลิกงานเลี้ยวอำลา พวกเราพยายามไปส่งเพื่อนทุกคนที่เดินทางกลับบ้านตัวเอง พวกเราต้องไปที่สนามบินเพื่อขึ้นเครื่องบินไฟลท์ EK048 เวลา 22.20 ตามเวลาท้องถิ่น ดังนั้นพวกเราจึงตัดสินใจเช็คเอาท์ในช่วงบ่าย และได้ร่วมรับประทานอาหารเที่ยงกับเพื่อนกลุ่มหนึ่งที่ยังคงพักที่โรงแรมต่อเพื่อเดินทางกลับในวันเสาร์และอาทิตย์ และเวลาแห่งการลาจากก็ได้มาถึง พวกเราเก็บข้าวของออกมาเตรียมพร้อมสำหรับเดินทางไปสนามบิน พวกเพื่อนได้มาส่งพวกเราที่หน้าโรงแรมและมุ่งหน้าตรงสู่เมืองแฟรงก์เฟิร์ต พวกเราคุยกันว่า ครั้งนี้จะไม่ใช่ครั้งสุดท้ายที่พวกเราจะได้พบกันอีกอย่างแน่นอน จากนั้นเราก็

ได้ไปสมทบกับเพื่อนกลุ่มหนึ่งที่ออกเดินทางในช่วงบ่าย อาหารฟาสต์ฟู้ดเป็นตัวเลือกเดียวที่เรามีที่สนามบิน และจากนั้นเราก็ใช้เวลาที่เหลือนั่งอยู่ที่นั่น สลับกับออกไปเดินดูของฝากรอบๆสนามบิน ซึ่งพวกเราพลาดไปอย่างหนึ่ง คือ พวกเราลืมนำกระเป๋าเดินทางไปหุ้มด้วยพลาสติก (wrapping) เพราะพวกเราคิดว่าร้านจะเปิดบริการตลอด 24 ชั่วโมงเหมือนกับที่สนามบินสุวรรณภูมิ ทำให้เราต้องเสี่ยงโหลดกระเป๋าขึ้นเครื่องข้ามประเทศ มาเราได้แค่เพียงขอให้ทางสายการบิน Emirates ดิดส์สัญลักษณ์ห้ามโยนแก่นั่น และในที่สุดเสียงเรียกขึ้นเครื่องก็ดังขึ้น การเดินทางเป็นไปอย่างราบรื่น พวกเรามาถึงสนามบินนานาชาติดูไบ เพื่อต่อเครื่องไฟลท์ EK 418 มุ่งหน้าสู่สนามบินนานาชาติสุวรรณภูมิ ท่าอากาศยานที่เราได้ถึงมาตุภูมิของเราในที่สุด เครื่องบิน Airbus A380 ลงจอดเวลาประมาณ 18.30 น. ตามเวลาประเทศไทย รอยยิ้มและอ้อมกอดจากครอบครัวและผองเพื่อนที่มารอรับพวกเรอย่างใจจดใจจ่อ พวกเราได้พูดคุยรำลึกกันเพื่อกลับไปทำหน้าที่ของตัวเองต่อไป

รายงานเชิงเทคนิคของโครงการ

Rapid extraction of short-lived isotopes from a buffer gas cell for use in gas-phase chemistry to access elements beyond Fl

Kosumsupamala, Kunpisit

Chiang Mai University, Department of Physics and Materials Science, Faculty of Science,
kunpisit_k@cmu.ac.th

Investigation of chemical and physical properties of super heavy elements (SHEs) beyond flerovium (Fl, $Z = 114$) is one of the challenging issues for SHIP-TRAP and TASCA group at GSI. Due to the low production rates and short half-lives, the combination of gas chromatographic separation and electromagnetic separation is required to get a faster extraction technique. The new set up of buffer gas cell with miniCOMPACT detector was supposed to be performed, to evaluate the extraction efficiency and extraction time, and compared with the old set up of RTC chamber with COMPACT detector.

1 Introduction

Experimental investigations of the chemical and physical properties of super heavy elements (SHEs), defined as elements with atomic number $Z \geq 104$ which its electron shell structure is influenced by strong relativistic effects caused by the high Z , represent a challenging topic in current nuclear chemistry and physics research. To date, the discovery of the elements with $Z = 113$, $Z = 115$, and $Z = 118$ was recently confirmed, and they were named nihonium (Nh), moscovium (Mc), and oganesson (Og), respectively [1].

Currently, the successful studies of chemical properties of copernicium (Cn, $Z = 112$) and flerovium (Fl, $Z = 114$) were achieved by using gas-phase chemical techniques combined with physical pre-separation in a magnetic separator like Trans Actinide Separator and Chemistry Apparatus (TASCA) in TASCA and SHIP-TRAP group at GSI [2]. The Cryo Online Multidetector for Physics And Chemistry of Transactinides (COMPACT) detector [3], which covered with Au surface and the detection of α -particles takes place, is connected directly to a Recoil Transfer Chamber (RTC) mounted in the focal plane of the separator, and flushed with rapidly flowing gas.

The limitations of investigation the chemical

properties of the elements beyond Fl ($Z > 115$) include their low production rates (with cross sections on the order of pb), and short half-lives ($T_{1/2}$), for example, the most long-lived isotope of all elements with $Z > 114$ is currently known isotope of element 115, which has half-lives $T_{1/2} = 170$ ms. Meanwhile, the current TASCA-COMPACT setup is applicable to isotopes with half-lives that are longer than about 0.5 s. Therefore, a faster extraction technique and optimized setup to reach one-atom-at-time level must be established.

A buffer gas cell [4] with electric fields is established and will be characterized in off-line experiments at GSI in this work. This new interface allowed extraction times in the ms range. In the buffer gas cell. The recoils from a ^{225}Ac source are thermalized by collisions with buffer-gas atoms at a pressure from tens of mbar up to few bars depending on their kinetic energy.

The electric field system inside the new buffer gas cell includes the DC-electrode system in the DC cage, which consists of 5 cylindrical electrodes to achieve a homogeneous electric field gradient for the acceleration of the ions towards the funnel structure, and the radio frequency (RF) funnel, which consists of 40 ring electrodes with decreasing electrode diameter. The principle of the funnel is based on a DC potential gradient dragging the ions to the exit hole in

combination with a repulsive RF field to avoid collisions of the ions with the electrodes.

After the outlet of the buffer gas cell, the ions are transported with the gas flow through the miniCOMPACT detector array which consisted of 8 positive-intrinsic-negative (PIN) silicon photodiodes. Here, the experimental results of the new set up with off-line ion source experiment was reported for preparation of the future on-line ion source experiment.

2 Experimental Setups and Measurements

The main components of buffer gas cell are shown in Fig. 1.

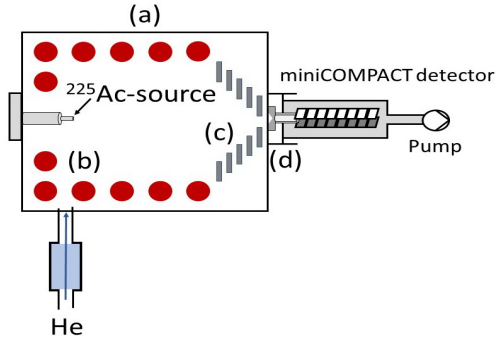


Fig. 1: Schematic drawing of the buffer gas cell. The main components are: the chamber (a), the DC cage (b), the RF funnel (c) and the exit nozzle (d)

2.1 Chamber

The chamber of the buffer gas cell with a length of 300 mm and a diameter of 250 mm is made of stainless steel. It is evacuated with a 180 l/s turbomolecular pump down to pressures below 10^{-9} mbar.

2.2 DC cage

The DC cage consists of 5 cylindrical stainless-steel electrodes each with a length of 29 mm and the diameter of 180 mm. The distance between neighboring ring electrodes is 1 mm. Thus, the total length of the DC cage is 290 mm. The ions are guided downstream by an electrostatic field with a DC gradient of approximately 7 to 10 V/cm. In order to generate this gradient, the potentials applied to the first and the last segment, connected to a voltage divider consisting of 7 resistors of 0.1 M Ω .

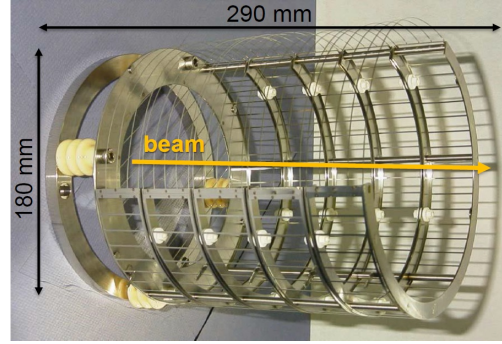


Fig. 2: Photo of the DC cage

2.3 RF funnel

The RF funnel is an ion guide that consists of 40 individual ring electrodes with a decreasing inner diameter from 130 mm to 5 mm towards the extraction nozzle. The distance between neighboring electrodes as well as their thickness is 1 mm. Between neighboring electrode, not only a 180° phase-shifted radio frequency is applied that creates a repulsive electric field force to prevent the ions from hitting the electrodes but also DC potential gradient is applied for guiding the ions to exit hole.

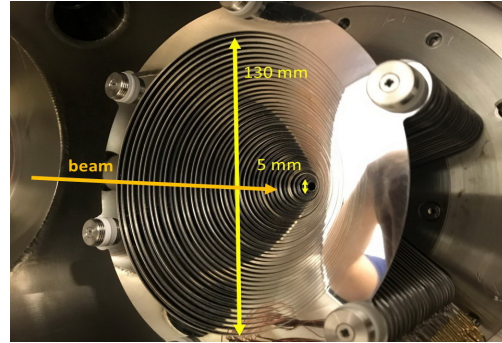


Fig. 3: Photo of the RF funnel

2.4 Exit nozzle

The exit nozzle connects the high-pressure area of the chamber with the low-pressure area of the miniCOMPACT detector array.

2.5 miniCOMPACT detector

Each miniCOMPACT detector array, covered with a 35-50 nm thick of Au surface where the detection α -particles and spontaneous fission (SF) fragments occurred, consists of 8 pairs

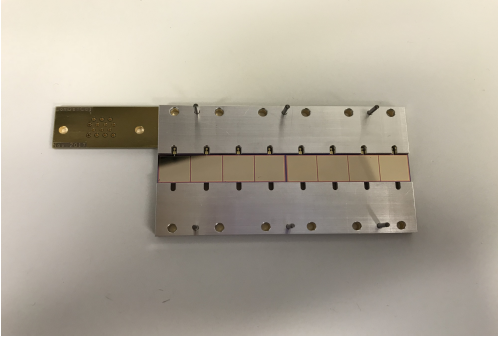


Fig. 4: Photo of miniCOMPACT detector

of (1x1) cm² large PIN epitaxial silicon photodiodes. They have an active area of (9.7x9.8) mm² and an effective thickness of 150 μ m. A gap of 1 mm between the top and the bottom 16 PIN diode pairs formed a gas calculated geometrical efficiencies for detecting an α -particle from atoms present inside a detector array about 76%.

3 Determination of the extraction efficiency

The extraction efficiency, which is the main characteristic quantity for describing the performance of a buffer gas cell, have been evaluated by the off-line measurement method with ²²⁵Ac recoil ion source. The decay chain of isotope ²²⁵Ac is shown in Fig. 5.

The decay spectrum recorded with a silicon detector in an evacuated chamber is shown in Fig. 6. For a given distance of 76.5 mm between the detector and the source ($d_{\text{detector-source}}$) and the diameter of 21 mm of the detector was used. To calculate the total activity, we assume that the number of emitted α particles from ion source ²²⁵Ac detected on the detector surface are the one part of the surface of a sphere with radius $d_{\text{detector-source}}$ then, the total activity $\alpha_{\text{tot}}^{\text{Ac}}$ of 200(20) Bq was obtained.

Next, the energy calibration and identification of the off-line ion source ²²⁵Ac was performed. We replaced ²²⁵Ac ion source by the standard triple-alpha source and recorded the decay spectrum. Hence, we got the calibrated energy spectrum of the silicon detector and identified the peaks which correspond to the alpha decay energies of each element in the decay chain.

The spectrum show that the alpha decay en-

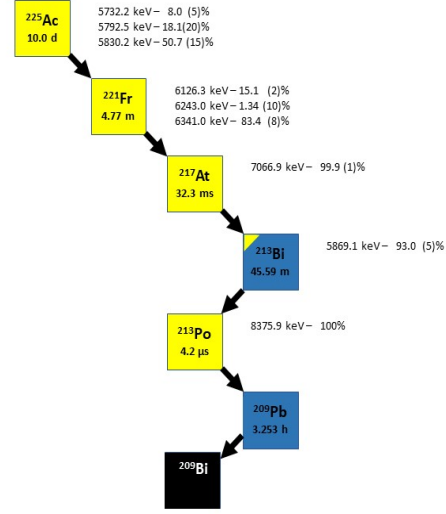


Fig. 5: The decay chain of ²²⁵Ac. The decay modes are indicated by the color of the squares and labeled at arrows to the corresponding daughter nuclide. The yellow and blue square correspond to α -decay and β^- decay respectively. The α branching and β^- branching ratio along this decay chain is $\approx 100\%$. The branching ratios between the α -decay energies are given. The half-lives $T_{1/2}$ of the isotopes are given in the squares. The decay chain ends at the stable nuclide ²⁰⁸Bi.

ergies of isotope ²²⁵Ac decay chain of 5,804(9), 6,126(9), 6,341(9), 7,069(9) and 8,390(9) keV, which correlate with ²²⁵Ac, ²²¹Fr (intensity = 83.40%), ²²¹Fr (intensity = 15.10%), ²¹⁷At and ²¹³Po respectively, were detected. Nevertheless, we found the spectrum of strong radioactive elements that suppressed the energy spectrum of isotope ²²⁵Ac. The alpha decay energies of 5,693(9), 6,062(9), 6,295(9), 6,791(9) and 8,800(9) keV were investigated to be the contamination of isotope ²²⁸Th which consists of alpha decay energies of ²²⁴Ra, ²¹²Bi, ²¹⁷At, ²²⁰Rn, ²¹⁶Po and ²¹²Po respectively.

After that, the extraction efficiency measurement of RTC-miniCOMPACT and gas stop cell-miniCOMPACT was performed with both of ²²⁵Ac and ²²⁷Ac off-line source. The RTC-miniCOMPACT was operated with a Helium-Argon gas flow of 1 L/min at room temperature. The decay spectrum is shown in Fig. 7.

The result shows that alpha decay energies of 6,851(51) and 7,417(51) keV, which agree with ²⁰⁹Rn and ²¹⁵Po alpha decay energy respectively, from isotope ²²⁷Ac decay chain. In addition, the decay energies of 7,067(51) and 8,376(51) keV from ²¹⁷At and ²¹³Po in the iso-

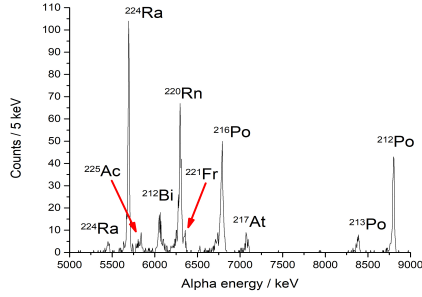


Fig. 6: Alpha decay spectrum of the ^{225}Ac recoil ion source for identification measurements, accumulated in an evacuated chamber for 1010 s with a silicon detector. The bin width was 5 keV.

tope ^{225}Ac decay chain were detected.

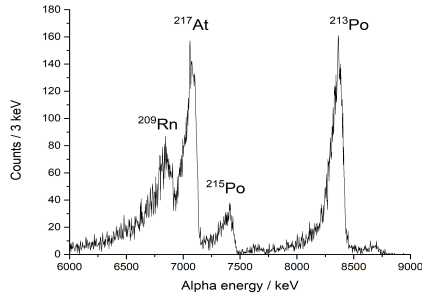


Fig. 7: Alpha decay spectra measured in miniCOMPACT detector on channel #8 with the full-width-at-half-maximum (FWHM) of 120 keV and the bin width was 3 keV.

4 Conclusions and Discussions

The new buffer gas cell setup performance was expected to be investigated by using the off-line measurement method. The ^{225}Ac ion source was calibrated with the silicon detector and we got the total activity $\alpha_{\text{tot}}^{\text{Ac}}$ of 200(20) Bq. Furthermore, the identification of alpha decay energy spectrum showed the contamination of ^{228}Th on the ion source. Subsequently, the alpha decay spectrum of miniCOMPACT detector with RTC set up was observed. The spectrum showed that only alpha particles from the volatile species of decay products of isotope ^{225}Ac and ^{227}Ac , which can be transported by a Helium-Argon gas flow through the detector array, were detected and the low-energy tailing appeared due to the additional energy loss inside the gas and some particles hitting the surface of

the detector under a shallow angle. However, we can't extract the ^{221}Fr with this setup. Therefore, the optimization of set up should be further investigated to reach the possibility to extract ^{221}Fr . Unfortunately, the total extraction efficiency of new TASCA-COMPACT set up, which refers to the miniCOMPACT detector with gas stop cell, have not been performed due to the technical problems i.e. vacuum pumping system and electronical system. This set up is expected to be operated and evaluated not only extraction efficiency, but also extraction time before the next on-line ion source at SHIP-TRAP and TASCA group on this October.

Acknowledgments

First and foremost, I would like to thank to my tutor Stefan Götz for his patience and encouragement, and for the time spent on teaching and guiding me throughout this project. I would also like to thank Sascha Mickat, Sebastian Raeder, Oliver Kaleja and the rest of SHIP-TRAP and TASCA group for their kindness. Many thanks to Jörn Knoll, the organizers and every Summer Student for this memorable experience. Especially thanks to Giulia who helps me to deal with the Latex program. Last but not least, I would like to thank the National Science and Technology Development Agency (NSTDA) and the Synchrotron Light Research Institute (SLRI) for covering travel costs and additional expense.

References

- [1] Lars Oehrstroem, et al. *Pure and Applied Chemistry* 88, 1225 (2016)
- [2] Lotte Lens, et al. *Radiochim. Acta*, available online (2018)
- [3] Alexander Yakushev and Robert Eichler. *Nucl. Phys. A* 944, 640 (2016)
- [4] Benno Neumayr, et al. *NIM B*, 244, 489 (2006)

Preparation of Spectroscopy on $^{24}\text{Mg}^+$ beam

Keerati Keeratikarn

Prince of Songkla University, keeratikarn.pk@gmail.com

Currently, one of the experiments at CRYRING@ESR focuses on the polarization of an ion beam by optical pumping. However, the induced polarization does not persist during the revolution in the storage ring without additional means. Thus a suitable ion beam is required for these experiments. In this project, we would like to investigate the quality of the ion beam, before injection to the ring, by determining the emittances of the beam using the thin lens approximation. Because of some uncertainties of the results, the emittance cannot be determined exactly. However, the orders of magnitude of the measured emittances overlap each other, thus it could be averaged becoming to the represented emittance of the $^{24}\text{Mg}^+$ beam.

1 Introduction

1.1 History

The Swedish in-kind contribution for the future facility for antiproton and ion research (FAIR) includes the low energy storage ring CRYRING, built by the Manne Siegbahn Laboratory in Stockholm, Sweden and operated from the early 1990s to 2010. The circumference of the ring is approximately 54 meters, consisting of twelve 30 degrees bending magnets with the bending radius of 1.2 meters. There are 12 straight sections; every second section between a bending magnets is used for focusing the ion beam by 3 quadrupole focusing elements. The other 6 straight sections include an injection line, an extraction line, an RF accelerator and decelerator, an electron cooler, a beam diagnostic line and one for experimental installations.[?]

2 Local Injector Beamline at CRYRING@ESR

The injector beamline (Fig.1) includes an ion source and a Radio-Frequency Quadrupole (RFQ) linac. $^{24}\text{Mg}^+$ ions are created at low energy and transferred, in this case, through the RFQ to be injected into the ring. The beam instrumentation consists of compact diagnostic chambers including a fluorescent screen and a Faraday cup. Along the beamline, magnetostatic and electrostatic lenses, analogous to optical lenses, are used for focusing and defocusing

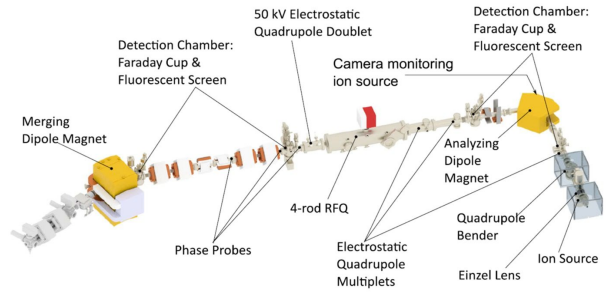


Fig. 1: The scheme of the injector line at CRYRING [?]

the beam. The magnetostatic and electrostatic doublets consist of two single quadrupoles. In each lens, the ion beam is focused or defocused horizontally by a single quadrupole and vertically by another single quadrupole.

2.1 Ion source

Ions are created in a MINIS plasma ion source element. Electrons are emitted from a Ta filament (cathode) to a discharged cylinder (anode). An external magnetic field introduced by a solenoid around the anodes induced the electrons moving like helix due to Lorentz force. The desired gas, for example, Deuterium, is then fed into the discharged chamber, resulting in the ionization of its particles by electron impact.[?] Moreover, an oven is also used to evaporate a solid element, using Mg in this project. The

produced ions are singly-charged and positive, they are, consequently, easily extracted from the source, due to the lower potential located at the exit of the discharge chamber.

2.2 Low energy beamline

Directly next to the ion source, an electrostatic quadrupole lens doublet focuses the produced beam. The beamline continues with a 90° spectrometer dipole, followed by two steerers for vertical and horizontal correction. The 90° magnet sets as a m/q separator, only ions with the required mass are bended by 90° to the left. Subsequently, the next section contains two quadrupole triplets, YRT1LT3 and YRT1LT4. Each quadrupole LT3 and LT4 are indeed triplets with three quadrupoles. All other are doublets with two quadrupoles. contain a set of quadrupoles separated by drift distances and for which the two outer quadrupole electrodes have the same polarity opposite to the inner electrode. Polarity can be changed depending on experiments, thus these multiplets behave as two triplets or as three doublets.

2.3 Acceleration section

A Radio-Frequency Quadrupole (RFQ) accelerates ions to 300 keV/u . An RFQ is a linear accelerator which focuses, bunches and accelerates a continuous beam of charged particles with high efficiency and preserving the emittance. This is performed by a Radio Frequency electric field, in this case at fixed frequency of 108.48 MHz . Only ions of $A/q < 2.85$ can be accelerated. It mean the $^{24}\text{Mg}^+$ beam cannot be accelerated in this section so that it is only transported through this part.[?]

2.4 High energy section and transferline

After the RFQ, this line consists of another correction and focusing section with two quadrupole doublets, YRT1QD6 and YRT1QD7, and steerers. The high energy beamline ends with a horizontally bending 35° of the magnetic dipole, which leads to the ring. Injection is achieved by means of an electrostatic kick.

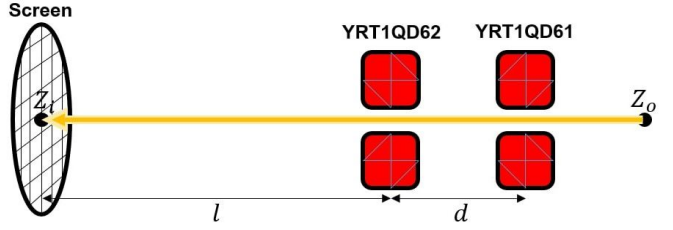


Fig. 2: Partial Diagram of injector line for Emittance Determination

2.5 Diagnostic chambers

The purpose of diagnostic chambers is to analyse the ion beam. They include a fluorescent screen and a Faraday cup, and both measurement devices can be positioned in the beam by a stepping motor. Faraday cups are conductive cups which measure beam intensity in the form of electric current done via analysing the charge gain produced due to ions hitting the cup. The beam profile is studied using screens. In each chamber, there is a CCD camera used to record screen signal.

3 Measurement and Calculation

3.1 Method of Beam Diameter Measurement

The quality of the ion beam needs to be determined before coming into QD6. The quadrupole strength of QD61 is varied, fixing the quadrupole strength of QD62. The diagnosis of this experiment takes place on the diagnostic screen (YRTDF7). Example screen shots are shown in Fig.3. X and Y-FWHM which represent the beam diameter following Table 1. For the second measurement, we change the quadrupole strength of QD62 instead and diagnose the beam at DF7 again, resulting in another set of beam diameters given in Table 2[?].

3.2 Emittance Calculation

Using the thin lens approximation, the emittance of an ion beam is calculated from magnetic strengths used for calculating focal lengths (f_1 and f_2) and the lengths of the drift, for instance, the separation between first and second quadrupole (d) or second quadrupole and screen

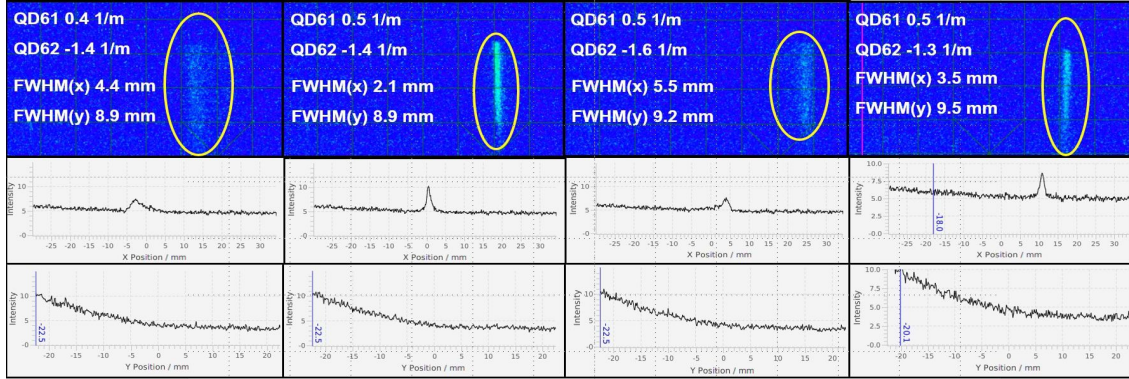


Fig. 3: Beam profiles for different focusing strengths of QD 61 (0.4 and 0.5 1/m) and QD 62 (-1.3 and -1.6 1/m)

(l). Therefore, the operation of lenses on $^{24}\text{Mg}^+$ beam could be illustrated through the transfer matrix[?].

$$\begin{bmatrix} 1 & l \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f_2 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & d \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1/f_1 & 1 \end{bmatrix} \\ = \begin{bmatrix} 1 - d/f_1 - l/f^* & d + l - dl/f_2 \\ 1/f^* & 1 - d/f_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\text{where } 1/f^* = -(1/f_1 + 1/f_2) + d/f_1 f_2$$

According to a point Z_i in Fig.2, the calculation of this point downstream of the point Z_o on the beamline and could be written,

$$\begin{bmatrix} \sigma_{1,11} \\ \sigma_{2,11} \\ \vdots \\ \sigma_{n,11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_{1,11}^2 & 2R_{1,11}R_{1,12} & R_{1,12}^2 \\ R_{2,11}^2 & 2R_{2,11}R_{2,12} & R_{2,12}^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ R_{n,11}^2 & 2R_{n,11}R_{n,12} & R_{n,12}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_{0,11} \\ \sigma_{0,12} \\ \sigma_{0,22} \end{bmatrix} \\ \text{or} \quad \begin{bmatrix} \sigma_{1,11} \\ \sigma_{2,11} \\ \vdots \\ \sigma_{n,11} \end{bmatrix} = M_{\sigma,n} \begin{bmatrix} \sigma_{0,11} \\ \sigma_{0,12} \\ \sigma_{0,22} \end{bmatrix} \quad (2)$$

where R_{ij} is an element of a transfer matrix where σ_{ij} is an element of a beam matrix

Generally, $M_{\sigma,n}$ matrix relates to eq.1. Referring to the setup, a quadrupole strength determines the three elements in a row. This is called the three-gradient method. However, in this project, we would like to determine the emittance at point Z_o upstreaming of Z_i . This calculation can be done by measuring the beam size at the points $Z_i=1,\dots,n$ by varying the quadrupole strength and three of them, in general, are

chosen, in order to evaluate the $M_{\sigma,n}$ matrix combinations, for example, 123, 235 and so on. Therefore, eq.2 can be rewritten,

$$\begin{bmatrix} \sigma_{0,11} \\ \sigma_{0,12} \\ \sigma_{0,22} \end{bmatrix} = M_{\sigma,3}^{-1} \begin{bmatrix} \sigma_{1,11} \\ \sigma_{2,11} \\ \sigma_{3,11} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Finally, the emittance of the beam before coming in quadrupoles 6 could be determined by

$$\varepsilon_0 = \sqrt{\sigma_{0,11}\sigma_{0,22} - \sigma_{0,12}^2} \quad (4)$$

4 Results and Discussions

The results of the beam diameter measurement show in Tab.1 and Tab.2. The quadrupole strength of QD61 slightly increases. Consequently, this causes of focusing on the horizontal direction and defocussing on vertical; it means the x-FWHM narrows and y-FWHM widens. On the contrary, while the quadrupole strength of QD62 becomes stronger, in the opposite direction, the ion beam focuses on the vertical direction instead of horizontal and diminishes the y-FWHM. These two illustrations of the measurement belong to Fig.3.

Moreover, the average emittance on x and y projection of two measurement are illustrated in Tab.3. On the same projection, it is clear the emittances are not unlikely because of some uncertainties of the results. However, there are some magnitudes of the emittance which overlap each other, thus it could be averaged becoming to the represented emittance of the $^{24}\text{Mg}^+$ beam.

Measurement using QD61		
QD61 (m^{-1})	Beam diameter	
	x(mm)	y(mm)
0.4	4.4	8.9
0.5	2.1	8.9
0.6	1.7	9.5
0.7	3.7	9.0
0.8	4.0	7.9

Tab. 1: Results of beam diameter by varying QD 61

Measurement using QD62		
QD61 (m^{-1})	Beam diameter	
	x(mm)	y(mm)
-1.2	5.4	10.0
-1.3	3.5	9.5
-1.4	2.1	8.9
-1.5	3.5	8.2
-1.6	5.5	9.2

Tab. 2: Results of beam diameter by varying QD62

5 Conclusion

In this project, the emittance of a $^{24}\text{Mg}^+$ CRYRING local injector is determined by measurements of the beam size from changing the quadrupole strengths. Although, at each projection, there is the difference between two emittance, coming from the scatters of results, magnitudes of the emittance still overlap partially. To average the emittance is the possible way to represent the quality of the beam along the injection line and it can be injected into the ring, but maybe with some losses: we expect some 7 mm mrad to be injected.

Acknowledgments

First of all, I would like to express my warmest thanks to my tutor, Zoran Andelkovic, for his patience and time throughout the whole programme. Secondly, I am appreciated and would like to thank to Frank Herfurth and Wolfgang Geithner for my report correction and my presentation, respectively. Thirdly, I would also

Measurement on	Average emittance	
	x(mm · mrad)	y(mm · mrad)
QD61	9.4 ± 0.9	52 ± 23
QD62	8.9 ± 1.5	33.8 ± 4.2
Average	9.2 ± 1.7	43 ± 23

Tab. 3: Results of average emittance from both measurements

like to thank Gleb Vorobjev and two PhD students, Konstantin Mohr and Aineah Wekesa Barasa, for their helps and explanations on not only technical but also analytical issues. Eventually, many thanks to Jörn Knoll, the organisers and Summer Students, especially Burritos gang making everyday as the wonderful day during this programme, for this amazing and excellent experience which I have never get it before.

References

- [1] M. Lestinsky, Y. Litvinov, and T. Stöckler, *Eur. Phys. J. Specail Topic* **225** (2016)5.
- [2] sps2013.gsi.de (2018) CRYRING Wiki [online]
Available at: [HTTP://www.sps2013.gsi.de/CRYRINGWiki/](http://www.sps2013.gsi.de/CRYRINGWiki/)
[Accessed 4 Sep. 2018]
- [3] Geithner, W.et. al. (2027) *Status and outlook of the CRYRING@ESR project* Springer International Publishing Switzerland.
- [4] Reiter, A. et. al. (2016) *Beam instrumentation for RFQ injector at CRYRING*, Darmstadt: GSI.
- [5] H. Wiedemann, *Particle Accelerator Physics*, Springer Berlin Heidelberg, 2007.