



สวทช.
NSTDA



ด้วยสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณในสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ที่ได้พระราชทานโอกาสแก่เยาวชนไทยเข้าร่วมกิจกรรมนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปี 2566

นาย ปิณฑวิชญ์ โชคประเสริฐ
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยการสนับสนุนของ

สถาบันวิจัยเดซี (Deutsches Elektronen-Synchrotron, DESY)

สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

และสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

คำนำ

รายงานฉบับนี้เรียบเรียงขึ้นจากประสบการณ์ที่ได้จากการเข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ณ เมืองฮัมบูร์ก สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี ประจำปี 2566 ระหว่างวันที่ 17 กรกฎาคม ถึง 7 กันยายน 2566 ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซีและสถาบันเดซี ตารางกิจกรรม บันทึกประจำวัน และงานวิจัยที่เกิดขึ้นระหว่างการเข้าร่วมโครงการ

การเข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซีเป็นช่วงเวลาที่มอบคุณค่าที่สุดสำหรับข้าพเจ้าช่วงหนึ่งในชีวิต ข้าพเจ้าได้รับความรู้ ประสบการณ์ และแรงบันดาลใจมากมาย อย่างที่ตัวอักษรไม่สามารถถ่ายทอดออกมาได้ ครบถ้วน อย่างไรก็ตามข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ข้าพเจ้าได้บันทึกในรายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านไม่มากนักน้อย

ปณณวิชญ์ โชคประเสริฐ

ผู้แทนประเทศไทยในโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปี 2566

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณล้นเกล้าฯ ในสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี อย่างหาที่สุดมิได้ ที่ได้พระราชทานโอกาสให้ข้าพเจ้าได้เข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ณ เมืองฮัมบูร์ก สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี ประจำปี 2566

ข้าพเจ้าขอขอบคุณบุคลากรทุกท่านในสำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่าง ๆ ในการเตรียมความพร้อมก่อนการเดินทางและดูแลระหว่างกิจกรรมเป็นอย่างดี

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ Mr. Stefan Krohn ท่านกงสุลกิตติมศักดิ์ประจำสถานทูตไทย ณ เมืองฮัมบูร์ก สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี ที่สนับสนุนกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซีตลอดมา รวมถึงให้โอกาสเข้าพบและให้คำแนะนำเรื่องต่าง ๆ กับข้าพเจ้าระหว่างเข้าร่วมกิจกรรม

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ Dr. Rainer Mankel และ Dr. Aliya Nigamova ที่ปรึกษาสำหรับทำวิจัยของข้าพเจ้า และนักวิจัย นักศึกษาปริญญาเอกในกลุ่ม DESY-CMS group ที่คอยแนะนำช่วยเหลือข้าพเจ้าทั้งเรื่องงานและการใช้ชีวิตในระหว่างการทำวิจัยที่สถาบันเดซี รวมทั้งนักศึกษาภาคฤดูร้อนจากชาติต่าง ๆ ที่มีมิตรภาพที่ดีให้กัน

ข้าพเจ้าขอขอบคุณอาจารย์ ดร. ชญานิษฐ์ ัศวตั้งตระกูลดี อาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้าที่คอยให้ความรู้ และสนับสนุนข้าพเจ้าตลอดมาตั้งแต่ที่ข้าพเจ้าเริ่มสนใจในด้านฟิสิกส์พลังงานสูง รวมทั้งอาจารย์ที่ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณครอบครัวที่สนับสนุนในสิ่งที่ข้าพเจ้าเลือกเสมอ ขอคุณนางสาวธัญรดา สุขวิบูลย์ นายณัฐวัตร คำมาตา และนายเชษฐมาส มโนวรกุล ผู้แทนประเทศไทยในโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปี 2566 ที่ใช้ชีวิตร่วมกันกับข้าพเจ้าตลอดโครงการ และผู้แทนประเทศไทยในโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปี 2562 และ 2565 ที่ช่วยให้คำแนะนำในการเตรียมตัวก่อนเดินทางและระหว่างเข้าร่วมกิจกรรม

ปณณวิชญ์ โชคประเสริฐ

ผู้แทนประเทศไทยในโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปี 2566

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
คำนำ	2
กิตติกรรมประกาศ	3
สารบัญ	4
บทนำ	5
โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี	5
ตารางกิจกรรมของผู้เข้าร่วมโครงการ	6
บันทึกประจำวัน	8
ภาคผนวก	104

บทนำ

โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี

โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซีเป็นโครงการที่ส่งเสริมนักศึกษาในระดับปริญญาตรีและโทเพื่อทำวิจัยในภาคฤดูร้อน โดยปี พ.ศ. 2566 จัดในช่วงวันที่ 17 กรกฎาคม ถึง 7 กันยายน ณ สถาบันเดซี (Deutsches Elektronen-Synchrotron, DESY) เมืองฮัมบูร์ก สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี ซึ่งรับนักศึกษาทั้งหมดราว 70 คน จากทั่วโลกเข้าร่วมโครงการ นักศึกษาจะต้องมีความรู้ในสาขาวิชาฟิสิกส์ หรือวิทยาศาสตร์ด้านอื่น ๆ เช่น ชีววิทยา เคมี วัสดุศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ ธรณีวิทยา หรือสาขาที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณและวิศวกรรม

สถาบันเดซีมีงานวิจัยที่แตกต่างกันหลากหลายด้าน ได้แก่ Accelerator Physics, Photon Science และ Particle Physics โดยมีเครื่องมือขนาดใหญ่ในบริเวณสถาบัน เช่น PETRA III, FLASH, European XFEL, CFEL, CSSB และกลุ่มวิจัยขนาดใหญ่หลายกลุ่มด้วยกัน เช่น ATLAS, ALPS, CMS และ CTA เป็นต้น



สถาบันเดซี (Deutsches Elektronen-Synchrotron, DESY)

ตารางกิจกรรมของผู้เข้าร่วมโครงการ

นักศึกษาที่เข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี แบ่งเป็น 2 กลุ่มขนาดใหญ่ ได้แก่ กลุ่ม High Energy Physics และกลุ่ม Photon Science โดยมีตารางกิจกรรมและตารางการบรรยายที่แตกต่างกัน ข้าพเจ้าทำ งานวิจัยในกลุ่ม CMS ซึ่งอยู่ในกลุ่ม High Energy Physics จึงขอแสดงตารางกิจกรรมของกลุ่มนี้เป็นหลัก โดย ในช่วง 5 สัปดาห์แรก จะมีการบรรยายความรู้ฟิสิกส์อนุภาคทั้งด้านทฤษฎีและด้านการทดลองจากสถาบันเดซีใน ตอนเช้า และทำวิจัยในตอนบ่าย นอกจากนั้นยังมีกิจกรรมการเดินชมรอบสถาบัน และใน 2 สัปดาห์สุดท้าย ไม่มี การบรรยาย เนื่องจากทางสถาบันต้องการให้นักศึกษาได้ทำงานวิจัยอย่างเต็มที่ อีกทั้งเป็นช่วงที่จะมีการนำเสนอ งานและการทำรายงาน ซึ่งกิจกรรมจากทางส่วนกลางได้ถูกจัดเรียงตามวันและเวลาดังต่อไปนี้

วันที่	กิจกรรม	ผู้บรรยาย
19/07	Introduction to Photon Science 1	Lucas Schwob
	Introduction to Photon Science 2	
	Introduction to HEP 1	Achim Geiser
20/07	Introduction to Photon Science 3	Lucas Schwob
	Introduction to Photon Science 4	
	Introduction to HEP 2	Achim Geiser
21/07	Introduction to HEP 3	
	Introduction to HEP 4	
24/07	Accelerator Physics 1	Pedro Castro-Garcia
	Accelerator Physics 2	
25/07	Accelerator Physics 3	
	Accelerator Physics 4	
27/07	Dark Matter 1	Axel Lindner
	Dark Matter 2	Christina Schwemmbauer
		Jose Alejandro Rubiera Gimeno
28/07	Astroparticle Physics 1	Gernot Maier

	Astroparticle Physics 2	Gernot Maier
31/07	Particle Physics Theory 1	Hyungjin Kim
	Particle Physics Theory 2	
02/08	Particle Physics Theory 3	
	Particle Physics Theory 4	
03/08	Particle Physics Detectors 1	Ingrid-Maria Gregor
	Particle Physics Detectors 2	
	Particle Physics Detectors 3	
04/08	Particle Physics Detectors 4	
	Particle Physics Detectors 5	
	Particle Physics Detectors 6	
07/08	Quantum Chromo Dynamics 1	Markus Diehl
	Quantum Chromo Dynamics 2	
08/08	Quantum Chromo Dynamics 3	
	Quantum Chromo Dynamics 4	Markus Diehl
10/08	LHC Physics 1	Claudia Seitz
	LHC Physics 2	
11/08	LHC Physics 3	
	LHC Physics 4	
14/08	XFEL Tour	
16/08	Plasma Wakefield Acceleration 1	Jens Osterhoff
	Plasma Wakefield Acceleration 2	
17/08	Future Colliders 1	Karsten Buesser
	Future Colliders 2	

บันทึกประจำวัน

วันอาทิตย์ที่ 16 และวันจันทร์ที่ 17 กรกฎาคม พ.ศ. 2566

วันนี้เป็นวันที่ข้าพเจ้าตื่นเต้นมาก เนื่องจากเป็นวันที่ต้องเดินทางไป DESY ข้าพเจ้าเดินทางถึงสนามบินสุวรรณภูมิเวลา 20.00 น. ตามที่ได้นัดหมายกับเพื่อนร่วมโครงการอีกสองคน คือ อาร์มและวาวา ส่วนอีกคนหนึ่งชื่อ กังซี่ ไม่ได้เดินทางด้วยกัน เนื่องจากขึ้นเครื่องบินคนละไฟล์ท์ เมื่อถึงสนามบินข้าพเจ้าได้พูดคุยกับเพื่อนร่วมทางและครอบครัวของพวกเขา ร่วมกับครอบครัวของข้าพเจ้าที่มาส่ง เพื่อรอเวลาเช็คอินและตรวจสอบความเรียบร้อยก่อนออกเดินทาง เมื่อถึงเวลา 21.50 น. หลังจากนั้นข้าพเจ้าและเพื่อนทั้งสองคนได้เช็คอินสายการบินไทยและเข้าไปรอในเกต ซึ่งข้าพเจ้าตั้งใจซื้อทองม้วนและผลไม้อบแห้งเป็นของฝากจากประเทศไทยเตรียมไปให้ Supervisors ทั้งสองท่านที่จะคอยดูแลข้าพเจ้าที่ DESY หลังจากนั้นจึงขึ้นเครื่อง แต่มีเหตุทำให้ไฟล์ท์ติเลย์ไปหนึ่งชั่วโมง แล้วจึงออกเดินทางเวลาประมาณ 01.50 น. ในระหว่างนั่งเครื่องบินได้ดูภาพยนตร์ไปไม่นาน แล้วมีอาหารเย็นหัวจิงนอนพักผ่อนตลอดการเดินทาง จนกระทั่งถึงเมือง Munich และเนื่องจากไฟล์ท์ติเลย์ในตอนแรกทำให้ข้าพเจ้าและเพื่อน ๆ ต่อบินที่จะไปเมือง Hamburg ไม่ทัน จึงต้องผ่านจุดตรวจคนเข้าเมืองและไปติดต่อสายการบินเพื่อหาไฟล์ท์ใหม่ ซึ่งต้องรออีกประมาณสองชั่วโมงจากเวลาเดิม จนกระทั่งเวลาประมาณ 9.40 น. ข้าพเจ้าได้ขึ้นเครื่องบินไฟล์ท์ใหม่ไปถึงเมือง Hamburg ประมาณ 12.00 น. โดยมีพี่ชัยมงคลซึ่งเป็นผู้เข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซีประจำปี พ.ศ. 2564 และปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาโทที่ประเทศเยอรมนีมารอต้อนรับและพาพวกเราไปส่งที่ DESY ด้วยความช่วยเหลือของพี่ชัยมงคลทำให้เรามาถึงอย่างรวดเร็วและโดยสวัสดิภาพ หากข้าพเจ้าเดินทางกันด้วยตนเองคาดว่าจะถึงช้ากว่านี้ประมาณ 1 ถึง 2 ชม. เนื่องจากว่ากลุ่มของข้าพเจ้ายังไม่เข้าใจระบบรถไฟของเมืองนี้ รวมทั้งช่วงนี้ทางรถไฟที่ปกติจะสามารถนั่งยาวจากสนามบินถึงสถานี Othmarschen ซึ่งเป็นสถานีรถไฟที่ใกล้ DESY มากที่สุดปิดปรับปรุงจึงต้องขึ้นสายใหม่และเปลี่ยนขบวนหลายต่อ ทำให้ข้าพเจ้าสับสนเป็นอย่างมาก แต่ในที่สุดก็มาถึง DESY และรับกุญแจห้องพักที่ Main gate และเข้าพักที่ Hostel ข้าพเจ้าได้จัดการธุระส่วนตัวและจัดของในระหว่างที่พี่ชัยมงคลกลับไปรับกังซี่ที่สนามบินที่ตามมาทีหลัง หลังจากพี่ชัยมงคลและกังซี่มาถึง DESY และทำธุระส่วนตัวเรียบร้อยแล้ว พวกเราทั้งห้าคนขึ้นรถเมล์และรถไฟเข้าไปในเมือง Hamburg ตามการนำทางของพี่ชัยมงคล พวกเราได้ทานอาหารมื้อแรกหลังจากมาถึงเมืองนี้ที่ร้านราเมง ซึ่งอร่อยมาก นอกจากนั้นยังได้ไปเดินซื้อของใช้และเที่ยวชมเมือง พร้อมทั้งได้รับคำแนะนำถึงสถานที่ต่าง ๆ และการใช้ชีวิตในเมืองนี้เป็นอย่างดีจากพี่ชัยมงคล ซึ่งต้องขอบคุณเป็นอย่างมากครับ หลังจากนั้นพวกเราแยกกับพี่ชัยมงคลที่

สถานีรถไฟ Hamburg Hauptbahnhof แล้วจึงเดินทางกลับ DESY และแยกย้ายกันเข้าห้องพัก สำหรับวันแรก
ของข้าพเจ้า แม้จะเหนื่อยล้าจากการเดินทาง ข้าพเจ้าก็รู้สึกสนุกและตื่นตาตื่นใจเป็นอย่างมาก



รูปที่ 1 ก่อนออกเดินทาง



รูปที่ 2 กลางเมือง Hamburg และสถานีรถไฟ Hamburg Hauptbahnhof



รูปที่ 3 อาหารมือแรก (ราเมน)

วันอังคารที่ 18 กรกฎาคม พ.ศ. 2566

วันนี้เป็นวันแรกที่จะได้เข้าไปทำงานที่สถาบันเดซี เริ่มวันด้วยการเจอนัดเจอกับเพื่อนชาวไทยอีกสามคน ตอนเก้าโมงครึ่ง และไป Auditorium เพื่อเข้าร่วมงานปฐมนิเทศ ก่อนเริ่มการปฐมนิเทศได้มีการพบปะและพูดคุยกับ Summer Student คนอื่น ๆ จากหลายประเทศ มีทั้งระดับปริญญาตรีและปริญญาโท ทุกคนอรรถาศัยดีมาก ๆ ในงานปฐมนิเทศได้พบเจอกับทีม Organiser ซึ่งเป็นผู้ดูแล Summer Student ในปีนี้ เช่น Olaf Behnke, Andreas Przystawik และคนอื่น ๆ มีการบรรยายเกี่ยวกับโครงการนี้และความเป็นอยู่ที่เดซี หลังจากจบการปฐมนิเทศเวลา 11 โมง พอออกมาจาก Auditorium ก็มีคนมายืนรอรับพวกเราเป็นจำนวนมาก นั่นคือ เหล่า Supervisors ที่จะเป็นคนดูแลพวกเราตลอดการทำงานที่สถาบันเดซี โดยแต่ละคนก็จะถือป้ายชื่อ Summer Student ในความดูแลของตัวเอง ซึ่งข้าพเจ้าได้เจอกับหนึ่งใน Supervisors ของข้าพเจ้า นั่นคือ Aliya Nigamova จากกลุ่ม DESY-CMS Group ข้าพเจ้าตื่นเต้นมากและ Aliya น่ารักและใจดีมาก เธอพาข้าพเจ้าไปที่ตึกของ group พร้อมทั้งถามไถ่สารทุกข์สุกดิบตลอดการเดินทางของข้าพเจ้า เธอแนะนำเกี่ยวกับตึก ห้องต่าง ๆ ภายใน group และพาไปทำเอกสารเข้าทำงานและรับกุญแจห้องออฟฟิศของข้าพเจ้า จากนั้นพาข้าพเจ้าไปที่ห้องออฟฟิศของข้าพเจ้าซึ่งอยู่ติดกับห้องออฟฟิศของ Aliya ข้าพเจ้าได้โต๊ะทำงานและคอมพิวเตอร์ PC ระบบปฏิบัติการ Linux หนึ่งเครื่องไว้ใช้งาน ภายในห้องยังมีโต๊ะทำงานอีกสามโต๊ะ แต่ข้าพเจ้าได้เจอเจ้าของโต๊ะเพียงคนเดียว ซึ่งเป็น PhD ผู้หญิงชื่อ Maryam หลังจากแนะนำตัวกันเสร็จ Aliya ได้ให้ข้าพเจ้าทำความคุ้นเคยกับที่ทำงานสักพักหนึ่ง แล้วจึงพาข้าพเจ้าไปทานอาหารกลางวันที่โรงอาหารและยังได้ชวน Supervisor อีกคนของข้าพเจ้าชื่อว่า Rainer Mankel และเพื่อนร่วมงานของ Aliya ชื่อ Di Wang ไปด้วย และไม่รู้ว่าเป็นความบังเอิญหรือไม่ ช่วงนี้โรงอาหารปิดปรับปรุงพอดี จึงได้ไปกินที่โรงอาหารชั่วคราวที่สร้างขึ้นใหม่แทน ข้าพเจ้าเลือกทาน Currywurst และ French fries เนื่องจากอยากลองทานไส้กรอกเยอรมันเป็นครั้งแรก รสชาติดีมาก เค็มกว่าอาหารไทยทั่วไป แต่อร่อย หลังทานอาหารเสร็จได้ไปทานไอศกรีมและพูดคุยกันต่อ แล้วจึงแยกย้ายไปทำงาน โดยข้าพเจ้ากลับมาที่ออฟฟิศแล้วพบว่าทำกุญแจห้องออฟฟิศหาย ข้าพเจ้ากังวลใจมากจึงเดินกลับไปตามทางที่เคยเดินเพื่อหากุญแจที่อาจจะตกพื้น แต่หาไม่เจอหลังจากนั้นจึงไปบอก Aliya ซึ่งเธอได้แนะนำว่าให้ลองหาดูก่อนเพราะเรื่องกุญแจเป็นเรื่องใหญ่มากในประเทศเยอรมนี ซึ่งข้าพเจ้าก็เคยได้ยินมา ดังนั้นจึงใช้เวลาตามหาสักพัก ทั้งสอบถามที่โรงอาหาร หรือมองหาตามทางเดินแต่ก็ยังไม่พบ จากนั้นจึงได้กลับมาที่ออฟฟิศแล้วคิดว่าจะตามหาอีกครั้งในวันพรุ่งนี้ เนื่องจากวันนี้เป็นวันแรก ข้าพเจ้าจึงเริ่มคุยเรื่องงานวิจัยกับ Aliya เริ่มจากอธิบายว่าเรากำลังจะทำงานอะไรกัน สอนถึง Higgs boson วิธีวิเคราะห์ข้อมูลการทดลองเพื่อค้นหาอนุภาค Higgs boson และเครื่องมือต่าง ๆ เช่น Simplified Template

Cross-section (STXS) ทฤษฎี Standard Model Effective Field Theory (SMEFT) การทำ Parametrization of ttH in SMEFT ไปจนถึงขั้นตอนการทำงานแต่ละขั้น แม้จะมีหลายอย่างที่ข้าพเจ้าไม่เข้าใจบ้างเนื่องจากความรู้อื่นกว่าที่ข้าพเจ้าเคยศึกษามา แต่พอจะเข้าใจภาพรวมและ Aliya ยังให้แหล่งข้อมูลมาศึกษาเพิ่มเติม เช่น papers และ talk ออนไลน์ เป็นต้น หลังจากนั้นข้าพเจ้าใช้เวลาทำความเข้าใจเนื้อหาและตัวงานที่ต้องทำจนกระทั่งถึง 16.00 น. ข้าพเจ้าจึงออกจากออฟฟิศเพื่อไปเข้าร่วม Welcome coffee and cake ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ DESY จัดขึ้นเพื่อต้อนรับ Summer Student สถานที่จัดอยู่ค่อนข้างไกล จึงเกือบหลงทางไปบ้าง แต่สุดท้ายก็ไปถึงทันเวลา ภายในงานได้ทานอาหารว่างและทำความรู้จักกับ Summer Student คนอื่น ๆ ทุกคนคุยกันสนุกมาก หลังจากนั้นจึงมีคนมากล่าวต้อนรับ Summer Student เข้าร่วมโครงการ และงานดำเนินไปอยู่สักพัก แล้วจึงแยกย้ายกันกลับที่พัก



รูปที่ 4 ปฐมนิเทศ

วันพุธที่ 19 กรกฎาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าทานขนมปังที่ซื้อมาเมื่อวานเป็นอาหารเช้าก่อนออกไปเรียนวิชา Introduction to Photon Science 1&2 ในเวลา 9.30-11.30 น. และวิชา Introduction to High Energy Physics 1 เวลา 11.30-12.30 น. และทานอาหารกลางวันที่โรงอาหารกับเพื่อนชาวไทยทั้งสามด้วยเมนูเดิม นั่นคือ ไข่กรอกกับ French fries หลังจากนั้นจึงแยกย้ายกันไปทำงาน ซึ่งข้าพเจ้าเข้ามาที่ออฟฟิศในเวลา 13.00 น. ใช้เวลาอ่าน paper ที่ Aliya ได้ให้ไว้เมื่อวานต่อ ซึ่งข้าพเจ้ารู้สึกงงและมีข้อสงสัยเยอะมากจากการอ่าน paper นี้ เนื่องจากเป็นหัวข้อที่ข้าพเจ้าไม่เคยศึกษา และมีศัพท์ รวมทั้งวิธีการเฉพาะทางมากเกินไป ข้าพเจ้าจึงเข้าใจเพียงเล็กน้อยและได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนที่สงสัยจากอินเทอร์เน็ต หรือจดข้อสงสัยไว้เพื่อนำไปถาม Aliya จนกระทั่งเวลา 16.00 น. ข้าพเจ้าจึงเดินทางกลับที่พักเพื่อพักผ่อน จากนั้นรวมตัวกับเพื่อนชาวไทยอีกสามคนที่เพิ่งเสร็จงานมาเหมือนกัน ไปซูเปอร์มาร์เก็ต ที่ชื่อว่า Lidl ซึ่งอยู่ใกล้ ๆ กับ DESY และ Aldi ที่ไปเมื่อวานนี้ และกลับมาทำอาหารกันที่ห้องครัวที่ DESY วันนี้ทำเมนูสปาเก็ตตี้เห็ดใส่แฮมและผักโขม หลังจากนั้นจึงเข้านอน



รูปที่ 5 ทางเดินไป Lidl



รูปที่ 6 สปาเก็ตตี้เห็ดใส่แฮมและผักโขม

วันหยุดสัปดาห์ที่ 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2566

วันนี้มีเรียนตอน 9.30-12.30 สามวิชา วิชาละหนึ่งชั่วโมง คือ Introduction to Photon Science 3&4 และวิชา Introduction to High Energy Physics 2 ซึ่งเป็นเนื้อหาที่ต่อจากเมื่อวาน หลังเรียนเสร็จไปทานอาหารที่ร้านอาหารเช่นเดิม และเมนูเดิม เนื่องจากข้าพเจ้ารู้สึกอ่่อยมากและอยากกินข้า ๆ ทุกวัน จนตอนนี้เริ่มชินกับความเค็มของไส้กรอกแล้ว พอถึง 13.00 น. จึงเดินไปทำงานที่ออฟฟิศ และวันนี้ก็นั่งศึกษา papers เช่นเดิม พอเบื่อจึงเปลี่ยนไปนั่งเรียนออนไลน์เกี่ยวกับ Higgs boson หลังจากนั้นจึงกลับที่พักในเวลา 17.00 น. และไปซื้อของที่ Lidl เพื่อกลับมาทำอาหารเย็น แล้วจึงเข้านอน



รูปที่ 7 อาหารกลางวันเมนูประจำ

วันศุกร์ที่ 21 กรกฎาคม พ.ศ. 2566

วันนี้กินขนมปังก่อนออกมาเรียนวิชา Introduction to High Energy Physics 3&4 ตอน 10.00 น. และกินอาหารกลางวันตอนเที่ยงตรง วันนี้ก็ยังคงเป็นเมนูเดิมเช่นเคย ข้าพเจ้าอาจจะกินแบบนี้ไปเรื่อย ๆ เนื่องจากยังไม่เปิดใจกับอาหารเยอรมัน และไปทำงานตอน 13.00 น. วันนี้ข้าพเจ้านำข้อสงสัยที่ได้จากการศึกษา papers และส่วนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยที่ข้าพเจ้ากำลังจะทำไปถาม Aliya ซึ่งเธอช่วยไขข้อสงสัยของข้าพเจ้าได้ทั้งหมด ข้าพเจ้าได้รับความรู้เป็นอย่างมาก และตั้งใจศึกษาต่อในส่วนที่เหลือ แต่วันนี้ข้าพเจ้าจำเป็นต้องเลิกงานไว้นี้เนื่องจากมี Harbour trip ที่จัดขึ้นสำหรับ Summer Student เพื่อไปนั่งเรือเที่ยวชมท่าเรือของเมือง Hamburg ซึ่งเป็นเมืองท่าที่ใหญ่มากเมืองหนึ่ง พวกเรา Summer Student หลายสิบชีวิตได้เดินทางเข้าเมือง และไปขึ้นเรือที่ คุณ Olaf ได้จัดเตรียมไว้ให้สำหรับทริปนี้ ระหว่างทางมาขึ้นเรือก็ได้เดินชมเมืองไปด้วย ซึ่งสวยและน่าสนใจมากทีเดียว ข้าพเจ้าตั้งเป้าว่าช่วงเวลาที่อยู่ที่นี่จะกลับมาเดินชมเมืองอย่างแน่นอน หลังจากนั้นจึงได้ขึ้นเรือและมีไกด์ (ขออภัย ข้าพเจ้าจำชื่อไม่ได้) คอยให้ความรู้ที่น่าสนใจตลอดทริปซึ่งผ่อนคลายเป็นอย่างมาก แม้อากาศจะร้อนไปสักหน่อยก็ตาม หลังจากเสร็จสิ้น Harbour Trip ข้าพเจ้าและเพื่อนได้เดินเที่ยวและถ่ายรูปบริเวณท่าเรือและเมือง แล้วจึงตัดสินใจหาที่ทานอาหารกัน บังเอิญวันนั้นมี DOM Festival พอดี ข้าพเจ้าและเพื่อนจึงตัดสินใจไปดู พบว่าเป็นเทศกาลที่ใหญ่มาก มีอาหาร ขนม เครื่องดื่มและเครื่องเล่นมากมาย คล้ายงานวัดที่ประเทศไทย แต่กว้างกว่าและจัดนานกว่า เพราะ DOM จัดประมาณ 1 เดือน มีคนมาเที่ยวเล่นมากมาย ครื้นเครงมาก วันนี้งานจัดเป็นวันแรกจึงมีพลุให้ชมด้วย หลังจากหาอะไรทานและเดินเล่นจนพอใจแล้ว จึงเดินทางกลับ DESY ในตอนเที่ยงคืน



รูปที่ 8 สะพานข้ามแม่น้ำที่พบในระหว่าง Harbour Trip



รูปที่ 9 ท่าเรือขนส่งสินค้า



รูปที่ 10 ท่าเรือที่เริ่มต้น Harbour trip



รูปที่ 11 ตึกสวยใกล้ท่าเรือ



รูปที่ 12 หนึ่งในโบสถ์ในเมือง



รูปที่ 13 ศาลากลางเมือง Hamburg



รูปที่ 14 DOM Festival



รูปที่ 15 เครื่องเล่นภายใน DOM Festival



รูปที่ 16 อาหารภายใน DOM Festival

วันเสาร์ที่ 22 กรกฎาคม พ.ศ. 2566

วันนี้เป็นวันเสาร์ข้าพเจ้าจึงสามารถตื่นสายได้ ข้าพเจ้าและเพื่อนตัดสินใจว่าวันนี้จะพักผ่อนจากการไปเที่ยวมาเมื่อวาน ข้าพเจ้าจึงใช้โอกาสนี้ในการเรียบเรียงกิจวัตรและสิ่งที่ต้องทำของข้าพเจ้ารวมทั้งหาสถานที่ท่องเที่ยวในเมือง Hamburg เพื่อวางแผนการท่องเที่ยวในวันหยุดแต่ละสัปดาห์ตลอดทั้งวัน ตอนเย็นเพื่อนของข้าพเจ้าชวนไปห้างสรรพสินค้าที่ใกล้ DESY ที่สุด คือ Elbe-Einkaufszentrum ข้าพเจ้าและเพื่อน ๆ เดินไป ซึ่งไกลกว่าที่คิดไว้ และฝนตกระหว่างทางอีกด้วย โชคดีที่ข้าพเจ้าและเพื่อนพกร่มไปด้วยจึงไม่เปียกมากนัก แต่อากาศหนาวทีเดียว เมื่อถึงห้างข้าพเจ้าตื่นตาตื่นใจมาก เพราะแตกต่างจากห้างในประเทศไทยและในความคิดของข้าพเจ้า พวกเราไม่ได้ซื้ออะไรมากนอกจากของกินที่ซูเปอร์มาเก็ต REWE ในห้าง ซึ่งของเยอะกว่า Lidl และ Aldi จึงซื้อทั้งอาหาร เครื่องดื่ม และขนมเพื่อเก็บไว้กินในวันต่อ ๆ ไป จากนั้นจึงเดินทางกลับที่พักมาทำอาหารที่ห้องครัวและทานข้าวร่วมกันเช่นเดิม



รูปที่ 17 Elbe-Einkaufszentrum



รูปที่ 18 อาหารมือเย็น

วันอาทิตย์ที่ 23 กรกฎาคม พ.ศ. 2566

วันนี้เป็นวันอาทิตย์ข้าพเจ้าพักผ่อนอยู่ที่ห้องพักเช่นเดิมในตอนกลางวัน และตอนเย็นหลังจากทำอาหาร และทานข้าวเสร็จ ข้าพเจ้ากับเพื่อน ๆ ตัดสินใจกันว่าจะไปเดินเล่นที่ LOKI Park ใกล้ ๆ DESY พวกเรานั่งรถเมล์ สองต่อใช้เวลาประมาณ 20 นาทีจึงถึงที่หมาย ภายในสวนมีดอกไม้และพืชเยอะมาก เมื่อรวมกับที่ข้าพเจ้ามาช่วง หลังฝนตกพอดี ทำให้ภายในสวนมีความชุ่มชื้น เย็นสบาย ปลอดภัยเป็นอย่างดี แม้จะทำให้รองเท้าของข้าพเจ้า เปื้อนดินไปสักหน่อย พอเดินมาเรื่อย ๆ ก็เจอกับลำธารและทะเลสาบ มีเป็ด และห่านว่ายน้ำอยู่เต็มไปหมด และ แสงแดดไม่แรงมากนัก ให้ความรู้สึกสดใส และทำให้สวนสวยงามมากขึ้นไปอีก พวกเราเดินเล่นกันอยู่สักพักแล้ว แล้วจึงขึ้นรถไฟไปซื้อของกินในเมือง เพราะว่าวันนี้เป็นวันอาทิตย์ ซูเปอร์มาเก็ตส่วนใหญ่จะปิดวันนี้ รวมทั้ง ซูเปอร์มาร์เก็ตใกล้ ๆ DESY ด้วย พวกเราไปลงที่สถานี Altona และซื้อของในร้านค้าภายในสถานีรถไฟ แต่ว่าพวกเรา ไปตอนร้านใกล้จะปิดแล้ว จึงไม่ได้ซื้ออะไรมากนัก แล้วออกมาเล่นที่สวนใกล้ ๆ สถานี มีรูปปั้น Platz der Republik น่าสนใจมาก หลังจากฟ้าเริ่มมืด พวกเราจึงเดินทางกลับ DESY



รูปที่ 19 Elbe-Einkaufszentrum



รูปที่ 20 Elbe-Einkaufszentrum



รูปที่ 21 LOKI Park



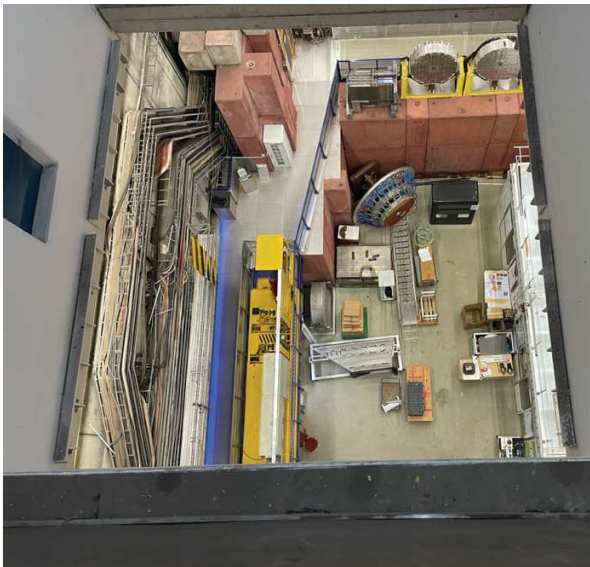
รูปที่ 22 LOKI Park



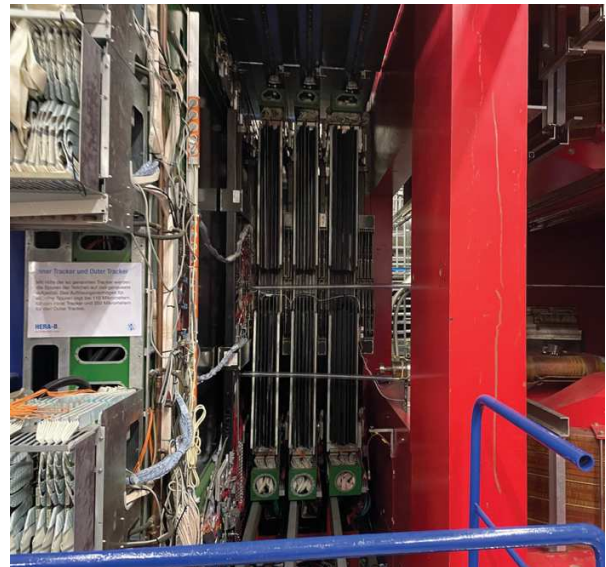
รูปที่ 23 Platz der Republik

วันจันทร์ที่ 24 กรกฎาคม พ.ศ. 2566

วันนี้มีเรียนวิชา Accelerator Physics 1&2 ตอน 10.30 น. ทำให้ข้าพเจ้าไม่ต้องตื่นเช้ามากนัก ออกไปเรียนอย่างสบาย ๆ พักทานอาหารกลางวันและตอนบ่ายมีกิจกรรมเดินทัวร์รอบ DESY ข้าพเจ้าได้เข้าไปชม HERA Hall ที่ซึ่งเป็นที่ตั้งของเครื่องเร่งอนุภาค HERA ที่ปัจจุบันไม่ได้ใช้งานแล้ว ไปจนถึงเครื่องเร่งอนุภาคซินโครตรอน PETRA III ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ข้าพเจ้าตื่นตาตื่นใจมาก เนื่องจากมีไกด์คอยนำทาง อธิบายสถานที่และสิ่งต่าง ๆ ที่ชมจนหมด รวมทั้งอธิบายรายละเอียดหรือหลักการทำงานของเครื่องเร่งและเครื่องมือต่าง ๆ ได้อย่างน่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง วันนี้ข้าพเจ้าได้รับความรู้และประสบการณ์มากมาย เมื่อจบทัวร์จึงได้พากันเดินกลับที่พัก



รูปที่ 24 HERA Hall



รูปที่ 25 HERA Tracker



รูปที่ 26 Hadronisches SpaCal



รูปที่ 27 ท่อสำหรับเครื่องเร่งอนุภาค



รูปที่ 28 ด้านบน PETRA III



รูปที่ 29 แบบจำลอง PETRA III



รูปที่ 30 แบบจำลอง Beamline จาก PETRA III



รูปที่ 31 ภายนอก PETRA III

วันอังคารที่ 25 กรกฎาคม พ.ศ. 2566

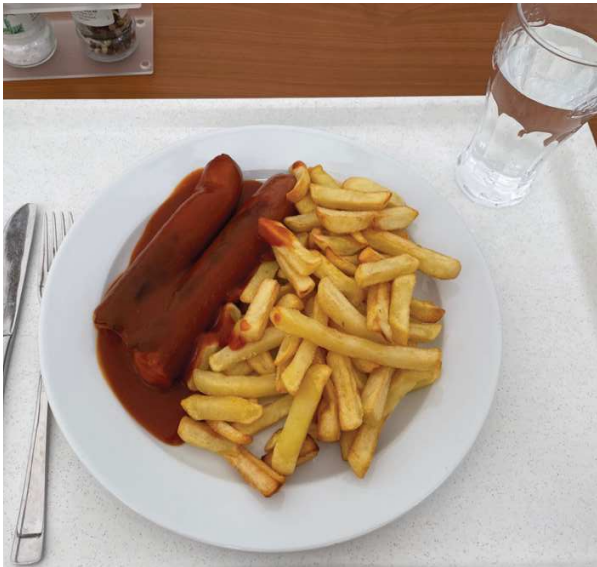
วันนี้มีเรียนวิชา Accelerator Physics 3&4 ตอน 10.30 น. เนื้อหาต่อจากเมื่อวานและเลิกเรียนในเวลาเที่ยงครึ่ง ข้าพเจ้าไปทานอาหารกลางวันที่โรงอาหารเซนต์เดวิด เมนูเดิมเช่นกัน หลังจากนั้นจึงเข้าไปทำงานที่ออฟฟิศ เวลา 13.00 น. และเลิกงานประมาณห้าโมงเย็นและกลับที่พักมาทำอาหารและทานอาหารร่วมกับเพื่อน ๆ



รูปที่ 32 อาหารมื้อเย็น

วันพุธที่ 26 กรกฎาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าไม่มีเรียน เนื่องจากภายใน DESY จะแบ่งเป็นสองกลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ กลุ่ม High Energy Physics และกลุ่ม Photon Science ซึ่งข้าพเจ้าอยู่ในกลุ่ม High Energy Physics แต่วันนี้มีเพียงคลาสเรียนของกลุ่ม Photon Science เท่านั้น ข้าพเจ้าจึงเข้าออฟฟิศตอน 10.00 น. หลังจากทานอาหารกลางวันตอนเที่ยงและกลับมาทำงานต่อจนถึงบ่ายสอง ข้าพเจ้าจึงไปบอกลา Aliya และเลิกงานก่อนเวลาปกติ เนื่องจากวันนี้มีคลาส tutorial สอนใช้ Root ซึ่งเป็น framework ที่สำคัญในการทำงานด้าน High Energy Physics ของ CERN ที่จัดขึ้นสำหรับ Summer Student ในกลุ่ม High Energy Physics ข้าพเจ้าจึงไปเข้าร่วมที่ห้องประชุมไม่ไกลจากออฟฟิศของข้าพเจ้า แม้ข้าพเจ้าจะพอมีความรู้และคุ้นเคยกับ Root อยู่บ้าง เพราะเคยใช้มาก่อน แต่เมื่อมาเรียนจริง ๆ จัง ๆ จึงได้รู้อะไรเพิ่มเติมอีกเยอะมาก เป็นประโยชน์กับข้าพเจ้ามากจริง ๆ หลังจากเรียนเสร็จประมาณห้าโมงเย็นข้าพเจ้าจึงเดินทางกลับที่พัก ทำอาหารและทานอาหารร่วมกับเพื่อน ๆ



รูปที่ 33 อาหารมื้อกลางวัน



รูปที่ 34 อาหารมื้อเย็น

วันพฤหัสบดีที่ 27 กรกฎาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้ามีเรียนตอน 10.30 น. ถึงเที่ยงครึ่งวิชา Dark Matter 1&2 ของกลุ่ม High Energy Physics หลังจากนั้นไปทานข้าวที่ร้านอาหารและเข้างานเวลา 13.00 น. เช่นเคย และมีมือเย็นวันนี้อุ่นพิซซ่าแช่แข็งที่ซื้อมาเมื่อวันก่อนแบ่งทานร่วมกับเพื่อน ๆ



รูปที่ 35 อาหารมือเย็น

วันศุกร์ที่ 28 กรกฎาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้ามีเรียนวิชา Astroparticle Physics 1&2 เวลา 10.30 น. วิชานี้เป็นวิชารวม ข้าพเจ้าและเพื่อนอีกสามคนจึงไปเรียนด้วยกัน เรียนเสร็จในเวลาเที่ยงครึ่ง ข้าพเจ้าและเพื่อน ๆ จึงไปทานอาหารกลางวันกัน วันนี้ข้าพเจ้าอยากลองเมนูใหม่จึงเลือกทานสปาเก็ตตี้ซอสมะเขือเทศกับออมเล็ต ได้เยอะมาก แต่ไม่อร่อยเลย ข้าพเจ้าคิดว่ารสชาติจัดเกินไปสำหรับข้าพเจ้า แต่ก็พยายามทานจนหมด หลังจากนั้นเข้าออฟฟิศตอน 13.00 น. วันนี้ค่อนข้างพิเศษ เนื่องจากมีปาร์ตี้บาร์บีคิวต้อนรับ DESY Summer Student อย่างเป็นทางการ ซึ่งจัดขึ้นที่ร้านอาหาร ข้าพเจ้าและ Summer Student คนอื่น ๆ เริ่มไปกันตอน 18.00 น. ที่งานมีอาหารให้ตักและเครื่องดื่มมากมายเตรียมพร้อมชวนชิมเป็นอย่างดี พวกเรากินและดื่มพร้อมทั้งพูดคุย แลกเปลี่ยนกับคนอื่น ๆ กันอย่างสนุกสนาน และเดินทางกลับที่พักตอนเวลาประมาณ 21.00 น. เสร็จสิ้นวันไปอีกหนึ่งวัน



รูปที่ 36 อาหารมื้อกลางวัน



รูปที่ 37 อาหารที่ปาร์ตี้

วันเสาร์ที่ 29 กรกฎาคม พ.ศ. 2566

วันนี้เป็นวันเสาร์ ข้าพเจ้าและเพื่อน ๆ จึงนัดกันไปเที่ยวพิพิธภัณฑ์ในเมือง Hamburg ชื่อว่าพิพิธภัณฑ์ Hamburger Kunsthalle ข้าพเจ้าประทับใจเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นครั้งแรกของข้าพเจ้าที่ได้เข้าพิพิธภัณฑ์ในยุโรป ที่ข้าพเจ้าไฝฝืนมานานแล้ว ข้าพเจ้ารู้สึกตื่นตาตื่นใจกับศิลปะ จิตรกรรม ประติมากรรมของยุโรป ที่ให้ความรู้สึกยิ่งใหญ่และเหมือนอยู่ในจินตนาการ แม้ข้าพเจ้าจะไม่ค่อยมีความรู้ด้านประวัติศาสตร์หรือศิลปะทางฝั่งยุโรปมากนัก แต่แค่ได้มองและใช้เวลาอยู่ในพิพิธภัณฑ์ก็มีความสุขเป็นอย่างยิ่ง ทั้งยังรู้สึกสงบอีกด้วย หลังจากใช้เวลาไปประมาณสองถึงสามชั่วโมงในพิพิธภัณฑ์ พวกเราออกจากที่นั่นและไปทานเบอร์เกอร์กันที่ร้าน Dulf's Burger ตรง Karolinenstraße 2 ที่ซึ่งเห็นวิวจากอินเทอร์เน็ตว่าอร่อย และก็อร่อยจริง ๆ แม้จะรอนานไปสักหน่อย เนื่องจากคนรอกินเยอะมาก หลังจากทานเสร็จพวกเราจึงออกมาเพื่อเดินทางกลับ แต่เพิ่งรู้ว่าจริง ๆ แล้วร้านนี้อยู่ใกล้ DOM ตลกกันมาก จากนั้นจึงกลับ DESY โดยสวัสดิภาพ



รูปที่ 38 Hamburger Kunsthalle (ทางเข้า)



รูปที่ 39 Hamburger Kunsthalle (ด้านใน)



รูปที่ 40 อาหารที่ร้าน Dulf's Burger

วันอาทิตย์ที่ 30 กรกฎาคม พ.ศ. 2566

วันนี้วันอาทิตย์ เนื่องจากเมื่อวานได้ไปเที่ยวกันเต็มที่แล้ว วันนี้ข้าพเจ้าจึงอยากนอนพักผ่อนอยู่ที่ห้องพักทั้งวัน ข้าพเจ้าชื่นชอบอากาศที่นี่เป็นอย่างมาก อากาศเย็นสบาย อาจมีบางวันที่หนาวบ้างแต่ภายในห้องพักหรืออาคารยังคงมี Heater เพิ่มความอบอุ่น อย่างไรก็ตามตั้งแต่ข้าพเจ้ามาอยู่ที่นี่ ฝนตกตลอดเกือบทุกวัน และบางวันตกหลายรอบ ข้าพเจ้ารู้สึกคิดถึงญาติที่คิดถึงใจซื่อรุ่มตั้งแต่วันแรก ๆ ที่มาอยู่ที่นี่ เป็นของที่ใช้คุ้มมาก แต่ฝนตกไม่หนักเท่าที่ประเทศไทย ส่วนใหญ่จะตกปรอย ๆ หรือเป็นละอองซะมากกว่า ทำให้อากาศเย็นสบายและไม่แยจจนเกินไป วันนี้ตอนเย็นพวกเราชาวไทยทั้งสี่คนได้ทำอาหารเมนูผัดกะเพราไข่ดาว อร่อยมาก จากนั้นแยกย้ายกันเข้านอน



รูปที่ 41 อาหารเย็นวันนี้

วันจันทร์ที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2566

วันนี้มีเรียนตอน 10.30 น. วิชา Particle Physics Theory 1&2 และเลิกเรียนตอนเวลา 12.30 น. จากนั้นเข้าออฟฟิศเวลา 13.00. น. ทำงานจนถึงหกโมงเย็นและกลับที่พักมาทำอาหารและทานอาหารร่วมกับเพื่อนๆ เมนูสปาเก็ตตี้ผัดซีอิ๊วหวาน เมนูที่ไม่เคยทานที่ไหนมาก่อน



รูปที่ 42 อาหารเย็นวันนี้

วันอังคารที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2566

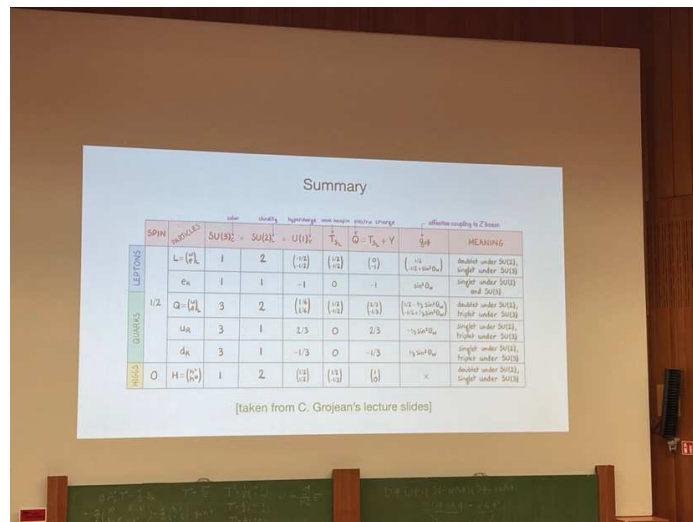
วันนี้ข้าพเจ้าไม่มีเรียน จึงไปเข้างานเวลา 10.30 น. เป็นเวลาทำงานที่ข้าพเจ้าชื่นชอบมาก เนื่องจากข้าพเจ้าคิดว่าช่วงเวลานี้เป็นช่วงเวลาที่สดใสและสมองปลอดโปร่งมากที่สุด จึงทำงานได้อย่างสิ้นไหนและมีความสุข หลังจากทานอาหารกลางวันและทำงานต่อแล้ว จึงกลับมาทำอาหารเย็นร่วมกับเพื่อน ๆ ที่ห้องครัวและเข้านอนเช่นทุกวัน



รูปที่ 43 อาหารเย็นวันนี้

วันพุธที่ 2 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ก็เช่นเคย ตื่นเข้ามาเรียนวิชา Particle Physics Theory 3&4 จากนั้นทานอาหารกลางวัน แล้วไปรับเงินเดือนที่อาคารสำนักงานของ DESY ซึ่งอยู่ข้างนอกติดกับ DESY ซึ่งได้วากับกับกังซีที่เดินมาก่อนช่วยบอกทางให้ เพราะข้าพเจ้าไม่รู้ว่าต้องอาคารไหน หลังจากนั้นกลับไปทำงานที่ออฟฟิศจนถึงเย็น และกลับที่พักไปทำอาหารและทานอาหารร่วมกันกับเพื่อน ๆ และเข้านอน



รูปที่ 44 เนื้อหาที่เรียนในวิชา Particle Physics Theory 3&4



รูปที่ 45 ข้าพเจ้าหลงทางตอนไปรับเงินเดือน

วันพฤหัสบดีที่ 3 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ก็จิวตรในตอนเช้าและบ่ายยังคงเหมือนเดิม นั่นคือ ตื่นเช้ามาเรียน ทานอาหารกลางวัน ทำงานในตอนบ่าย และตอนเย็นข้าพเจ้าและเพื่อน ๆ อยากเปลี่ยนบรรยากาศการทานอาหารจึงเดินทางไปงานเทศกาล DOM ในเมือง แม้จะเคยมาแล้ว ร้านค้าและเครื่องเล่นยังคงเหมือนเดิม แต่ก็ยังรู้สึกน่าตื่นเต้นตื่นใจเช่นเดิม มีอาหารและเครื่องเล่นน่าสนใจเต็มไปหมด เหมาะแก่การเดินเล่นและหาอะไรกินเป็นอย่างยิ่ง หลังจากหาอะไรทานเสร็จ ข้าพเจ้าและเพื่อน ๆ จึงเดินทางกลับ DESY (และขึ้นรถไฟผัดสาย)



รูปที่ 46 DOM Festival



รูปที่ 47 อาหารในงานเทศกาล

วันศุกร์ที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ก็จิวตรเช่นเดิม เรียนในตอนเช้า ทานอาหารในตอนกลางวันและทำงานในตอนบ่าย ตอนเย็นไปซื้อวัตถุดิบที่ Lidl มาทำอาหารและเข้านอนอย่างรวดเร็ว เนื่องจากพรุ่งนี้เป็นวันเสาร์ ข้าพเจ้าและเพื่อน ๆ จึงนัดกันไปเที่ยวต่างเมืองกันเป็นครั้งแรก โดยได้รับคำแนะนำจากคุณ Andreas ที่เป็นหนึ่งในผู้ดูแล Summer Student มาว่ามีปราสาทริมทะเลสาบอยู่ในที่เมือง Schwerin ซึ่งอยู่ไม่ไกลจาก Hamburg นัก และพวกเราจะไปที่นั่นกัน



รูปที่ 48 ระหว่างกลับจาก Lidl



รูปที่ 49 อาหารมือเย็น (พาสต้า)



รูปที่ 50 อาหารมือเย็น (ผักผัก)

วันเสาร์ที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าและเพื่อน ๆ ออกเดินทางไปเมือง Schwerin ในตอนสาย ๆ โดยขึ้น Regional train ที่ Hamburg Hauptbahnhof ซึ่งพวกเราซื้อตั๋ว Deutschland ticket ราคา 49 ยูโร แต่ใช้ได้ทั้งเดือนทุกรถสาธารณะในเยอรมนี (ยกเว้นรถแท็กซี่และรถไฟความเร็วสูง) ไว้แล้ว เป็นตั๋วที่คุ้มค่ามาก หลังจากใช้เวลาเดินทางประมาณสองชั่วโมงจึงมาถึงเมือง Schwerin โดยสวัสดิภาพ ตอนแรกข้าพเจ้าคิดว่าเป็นเมืองเล็กที่เงียบสงบ แต่พอเดินไปถึงโซนย่านการค้ากลับพบว่าคนเยอะมาก ร้านค้าคึกคักเป็นอย่างมาก ยิ่งเราเดินผ่านย่านการค้าไปเรื่อย ๆ แวะทานอาหารกลางวันที่ห้างหนึ่ง และเดินต่อจนถึงปราสาทที่ใหญ่โตโอ้อ่ามาก ตัวปราสาทยื่นออกไปที่ทะเลสาบจนสามารถเรียกได้ว่าเป็นปราสาทกลางทะเลสาบได้เลย ตัวปราสาทมีลักษณะเป็นห้าเหลี่ยมที่ล้อมลานกว้างไว้ตรงกลาง นักท่องเที่ยวเช่นพวกเราสามารถเดินเข้าไปที่ลานกว้างและบริเวณรอบ ๆ ปราสาทได้ฟรี แต่หากจะเข้าไปในตัวปราสาทต้องซื้อตั๋วก่อน ราคานักเรียนอยู่ที่ 6.50 ยูโร ซึ่งข้าพเจ้าและกังซียอยากเข้าไปดู จึงซื้อตั๋วเข้าไปกันสองคน ในขณะที่วาวาและอาร์มเดินดูภายนอกปราสาท ภายในปราสาททำไว้เป็นพิพิธภัณฑ์มีทั้งภาพวาดและของใช้มากมาย แม้แต่ตัวสถาปัตยกรรมเองก็สวยงามอลังการ ข้าพเจ้าประทับใจมาก หลังจากเดินชมอยู่ประมาณหนึ่งชั่วโมงจนครบทุกโซนแล้ว ข้าพเจ้าและกังซียจึงออกมาเดินชมข้างนอก จนกระทั่งพอใจแล้วจึงกลับไปสมทบกับวาวาและอาร์มที่นั่งพักรออยู่ก่อน หลังจากนั้นพวกเราเดินกลับไปสถานีรถไฟ ระหว่างทางผ่านย่านการค้าจึงได้แวะดูและซื้อของประปราย จนถึงสถานีรถไฟ Schwerin Hauptbahnhof และขึ้นรถไฟกลับ แวะทานอาหารเย็นที่ Hamburg Hauptbahnhof และเดินเล่นในงาน Pride ที่จัดบริเวณใกล้ ๆ วันนี้พอดี ซึ่งตอนที่กลุ่มของข้าพเจ้าเดินนั้น จริง ๆ งานเลิกแล้ว มีคนทยอยกลับกันเยอะแล้ว แต่คนที่ยังอยู่ต่อก็มีเยอะเหมือนกัน เยอะระดับที่กลุ่มของข้าพเจ้าต้องเดินเบียดอยู่นานถึงจะฝ่าออกมาจากกลุ่มฝูงชนได้ หลังจากนั้นจึงขึ้นรถไฟกลับ DESY



รูปที่ 51 ระหว่างทางไปเมือง Schwerin



รูปที่ 52 สถานีรถไฟ Schwerin Hauptbahnhof



รูปที่ 53 ย่านการค้า



รูปที่ 54 อาหารกลางวัน



รูปที่ 55 Schwerin Castle



รูปที่ 56 บริเวณลานกว้างของ Schwerin Castle



รูปที่ 57 สิ่งของจัดแสดงใน Schwerin Castle



รูปที่ 58 หนึ่งในห้องของ Schwerin Castle



รูปที่ 59 แบบจำลอง Schwerin Castle



รูปที่ 60 สิ่งของจัดแสดงใน Schwerin Castle



รูปที่ 61 หนึ่งในห้องของ Schwerin Castle



รูปที่ 62 หนึ่งในห้องของ Schwerin Castle



รูปที่ 63 ทะเลสาบหลัง Schwerin Castle (ถ่ายจากในปราสาท)



รูปที่ 64 อาหารม้อเย็นที่ Hamburg Hauptbahnhof



รูปที่ 65 ท้องฟ้าบริเวณทะเลสาบกลางเมือง Hamburg

วันอาทิตย์ที่ 6 สิงหาคม พ.ศ. 2566

เนื่องจากเมื่อวานเที่ยวเยอะมาก วันนี้จึงนอนพักผ่อนอยู่ที่พัก



รูปที่ 66 อาหารมือเย็น (ผัดผัก)

วันจันทร์ที่ 7 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้เรียนตอน 10.30 น. เช่นเดิม วิชา Quantum Chromodynamics 1&2 จนถึงเที่ยง หลังจาก
รับประทานอาหารกลางวัน จึงไปทำงานตลอดทั้งบ่ายและไปซื้อของที่ Lidl เพื่อมาทำอาหารเย็น วันนี้แสงสวยมาก
มองไปทางไหนก็สดใสไปหมด ข้าพเจ้าชอบมาก



รูปที่ 67 ป้ายรถเมล์หน้า DESY



รูปที่ 68 อาหารมื้อเย็น

วันอังคารที่ 8 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้เรียนตอน 10.30 น. เซ็นเดิม วิชา Quantum Chromodynamics 3&4 จนถึงเที่ยง หลังจาก
รับประทานอาหารกลางวัน จึงไปทำงานตลอดทั้งบ่ายและกลับมาทำอาหารเย็น



รูปที่ 69 อาหารมื้อเย็น

วันพุธที่ 9 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าไม่มีเรียน จึงไปทำงานตั้งแต่สี่โมงเช้า พักกลางวัน ทำงานต่อตอนบ่ายและไป Lidl ตอนเย็น แล้วกลับมาทำอาหารร่วมกับเพื่อน ๆ และเข้านอน



รูปที่ 70 ขณะออกไป Lidl



รูปที่ 71 อาหารมื้อเย็น

วันพฤหัสบดีที่ 10 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าไปเรียนในตอนเช้า และทำงานในตอนบ่าย แต่ออกงานไวกว่าปกติ เนื่องจากข้าพเจ้านัดกับอาร์มว่าจะไปเบิกเงินเดือนที่ธนาคารที่ห้าง Elbe-Einkaufszentrum ซึ่งข้าพเจ้ารู้สึกว่าการรับเงินเดือนค่อนข้างยาก เนื่องจากต้องไปรับเช็คที่สำนักงานของ DESY ซึ่งอยู่ข้างนอกไปอีก ตอนไปครั้งแรกข้าพเจ้างงและหลงจนเดินไกลพอสมควร แล้วยังต้องนำเช็คไปขึ้นเงินที่ธนาคารเพื่อรับเป็นเงินสดอีก เนื่องจากพวกข้าพเจ้าไม่มีบัญชีธนาคารของ EU การรับเงินเดือนจึงลำบากเล็กน้อย ข้าพเจ้าจึงดื่มชานมไข่มุกเป็นการปลอบใจ แต่ชานมไข่มุกที่นี่แตกต่างจากของไทย เชนำชานมใส่น้ำแข็งเล็กน้อยแล้วไปปั่น แล้วจึงเทใส่แก้วที่มีไข่มุก ดังนั้นข้าพเจ้าจึงได้ทานชานมไข่มุกปั่นที่รสชาติค่อนข้างจืดและไม่เย็น เพราะที่นี่ไม่นิยมทานน้ำแข็ง เพราะเมืองทางฝั่งยุโรปเหนือมีอากาศเย็นอยู่แล้ว แต่ความเคยชินของข้าพเจ้าที่อยู่เมืองไทยมาตลอด อยากทานน้ำแข็งเย็น ๆ มากจริง ๆ หลังจากนั้นนั่งซีและวาวาตามมาสมทบที่ห้าง พวกเราซื้อของกินกันไปมากมาย และจึงกลับที่พักไปทำอาหารเย็นและเข้านอนตามปกติ



รูปที่ 72 ชานมไข่มุก



รูปที่ 73 Elbe-Einkaufszentrum

วันศุกร์ที่ 11 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ไปเรียนตอน 10.30 น. และพักทานอาหารกลางวันตอนเที่ยงเช่นเคย แต่วันนี้ CMS group ของข้าพเจ้าจัดปาร์ตี้บาร์บีคิวต้อนรับ Summer Student ในกลุ่ม ซึ่งเป็นกลุ่มที่มี Summer Student มากที่สุด มีถึง 9 คนด้วยกัน ปาร์ตี้เริ่มตอน 4 โมงเย็น ซึ่งน่าประหลาดใจที่คนจัดงานคือนักศึกษาปริญญาเอกที่ทำงานห้องเดียวกับข้าพเจ้า ชื่อ สเตฟาน เป็นคนจัดเตรียมงานร่วมกับเพื่อน ๆ ของเขา ข้าพเจ้าจึงช่วยเขาและเพื่อน ๆ ยกตู้เย็นและล้างเครื่องดื่มน้ำที่จัดเตรียมไว้ตั้งแต่เมื่อวานไปที่จุดปาร์ตี้ ซึ่งก็คือ ร้านอาหารนั่นเอง หลังจากช่วยยกของและจัดเตรียมเตาอย่างเรียบร้อย ก็มีคนจากกลุ่มมาเข้าร่วมเรื่อย ๆ ทุกคนแฮปปี้กับมาก มีทั้งจับกลุ่มพูดคุยกันและจับกลุ่มเล่นเกมกัน ข้าพเจ้ารู้สึกสนุกและชอบเป็นอย่างมาก หลังจากนั้นประมาณหุ่มนึงข้าพเจ้าจึงขอตัวออกมาเพราะนัดกับเพื่อน ๆ ชาวไทยอีกสามคนว่าจะไปเที่ยวงาน DOM ในเมืองกัน และกลับมาถึงเดซีประมาณเที่ยงคืน และเข้านอน



รูปที่ 74 ปาร์ตี้บาร์บีคิว



รูปที่ 75 ชิงช้าสวรรค์ที่ DOM Festival

วันเสาร์ที่ 12 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าพักผ่อนอยู่ที่ที่พัก



รูปที่ 76 อาหารมือเย็น

วันอาทิตย์ที่ 13 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ก็เช่นกัน



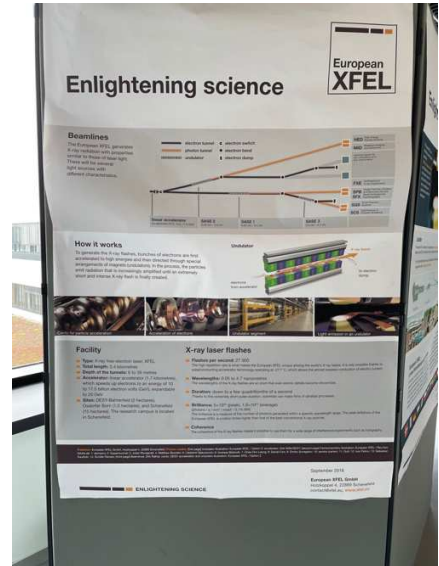
รูปที่ 77 อาหารมือเย็น

วันจันทร์ที่ 14 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้มีกิจกรรมทัวร์ The European X-Ray Free-Electron Laser Facility (European XFEL) ซึ่งเป็นสถานที่วิจัย X-Ray Free-Electron Laser ซึ่งอยู่ที่ Schenefeld ไกลออกไปจาก DESY จนเกือบจะออกนอกเขตเมือง Hamburg พวกเรา Summer Student จึงออกเดินทางโดยรถเมลิในตอนเช้า แต่เนื่องจากจำนวนคนที่มีมากเกินไปจึงทำให้ต้องแบ่งเป็นสองกลุ่ม ซึ่งข้าพเจ้าและเพื่อนชาวไทยอีกสามคนอยู่กลุ่มแรก พวกเราขึ้นรถเมลิที่ Side gate ไปจนถึง Schenefeld จากนั้นเดินต่ออีกเล็กน้อยจึงถึง XFEL โดยเป็นสถานที่ที่ถ้ามองจากนอกจะเห็นเป็นอาคารเรียบ ๆ ธรรมดา แต่พอเข้าไปข้างในมีห้องแล็บแบ่งเป็นส่วน ๆ ชัดเจน โดยตัวหลักของ XFEL จะอยู่ในชั้นใต้ดินเป็นทางตรงยาว 3.4 กิโลเมตรจาก DESY แล้วแบ่งเป็นหลาย Beamline เพื่อการวิจัยหรือใช้งานในจุดประสงค์ที่ต่างกันไป เช่น การถ่ายภาพโครงสร้างสามมิติในระดับนาโน การถ่ายภาพปฏิกิริยาเคมี การศึกษาส่วนประกอบของไวรัสในระดับอะตอม ไปจนถึงวิจัยเกี่ยวกับดาวเคราะห์ที่ลึกลงไป เป็นต้น ซึ่งน่าสนใจเป็นอย่างยิ่ง พวกเราได้เดินชมทั้งภายนอกและภายในของ XFEL จนถึงเวลาประมาณบ่ายโมง พวกเราจึงทยอยกันกลับ DESY ซึ่งหลังจากกลับมาแล้วข้าพเจ้าไปทำงานต่อที่ออฟฟิศจนถึงประมาณหกโมงเย็นแล้วจึงกลับที่พักมาทำอาหารและพักผ่อน



รูปที่ 78 European XFEL



รูปที่ 79 European XFEL

วันอังคารที่ 15 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าไม่มีเรียน จึงไปทำงานตอนสิบโมงเช้า พักกลางวัน ทำงานตอนบ่าย กลับมาทำอาหารที่ที่พัก และเข้านอน



รูปที่ 82 อาหารมื้อเย็น

วันพุธที่ 16 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้ามีเรียนร่วมกับเพื่อน ๆ ชาวไทยอีกสามคน วิชา Plasma Wakefield Acceleration 1&2 ตอนสิบโมงครึ่ง หลังจากนั้นไปทานอาหารกลางวันที่โรงอาหาร และทำงานต่อจนถึงเย็น หลังจากนั้นข้าพเจ้าและเพื่อน ๆ ทานอาหารเย็นและเข้าเมืองไปงาน DOM อีกครั้ง ได้ชื่นชิงช้าสวรรค์ที่เห็นมานานแต่ไม่เคยขึ้นด้วย แม้จะมีมืด แต่ยังพอมองเห็นวิวรอบข้างบ้าง และเดินทางกลับ DESY ตอนห้าทุ่มโดยสวัสดิภาพ



รูปที่ 83 อาหารมื้อเย็น



รูปที่ 84 DOM Festival

วันพฤหัสบดีที่ 17 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าไปเรียนเลคเชอร์ครั้งสุดท้ายเวลา 10.30 น. วิชา Future Colliders 1&2 จนถึงเที่ยง หลังจากนั้นพักผ่อนอาหารกลางวันและทำงานต่อตอนบ่าย ซึ่งวันนี้ข้าพเจ้าและเพื่อน ๆ นัดกันว่าจะไปร้านขายวัตถุดิบไทยชื่อร้านว่า สุโขทัย ซึ่งอยู่ค่อนข้างไกลจาก DESY และปิดประมาณหนึ่งทุ่ม ดังนั้นข้าพเจ้าและเพื่อน ๆ จึงรีบทำงานและเลิกงานไวเพื่อไปซื้อของมาทำอาหารกิน หลังจากนั้นกลับมาทำอาหารเย็นและเข้านอน



รูปที่ 85 วิชา Future Colliders 1&2



รูปที่ 86 ร้านสุโขทัย

วันศุกร์ที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าไปทำงานตอนสิบโมงเช้า พักกลางวันและทำงานต่อตอนบ่าย หลังจากนั้นทานอาหารเย็นและ
เข้านอนตามปกติ



รูปที่ 87 อาหารมือเย็น

วันเสาร์ที่ 19 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าและเพื่อนชาวไทยทั้งสามคนนัดกันไปเที่ยวที่เมือง Berlin โดยออกจาก DESY เวลาเจ็ดโมงเช้าเพื่อไปขึ้นรถไฟรอบแปดโมง แต่เนื่องจากวันนี้ที่เมือง Berlin มีแข่งฟุตบอล แฟนบอลจึงมาขึ้นรถไฟจำนวนมาก รวมทั้งมีตำรวจที่มาควบคุมฝูงชนอีกจำนวนมาก ทำให้รถไฟออกล่าช้าเป็นชั่วโมง ท้ายที่สุดจำเป็นต้องเปลี่ยนขบวนทำให้พวกเราได้ขึ้นรถไฟรอบประมาณสิบโมงแทน และใช้เวลาเดินทางกว่า 4 ชั่วโมง จนถึงเมือง Berlin ตอนบ่ายสามโมง จากกำหนดการที่วางไว้ว่าจะถึงตอนเที่ยง พวกเราจึงรีบเที่ยวให้ครบที่ที่อยากไป เพราะต้องกลับเมือง Hamburg ในช่วงค่ำ ๆ ทั้งไป Brandenburg Gate, The German Bundestag, Art market, Berlin Dom, Alexanderplatz และ Berlin Wall น่าตื่นตาตื่นใจเป็นอย่างมาก แม้จะเหนื่อยแต่ก็รู้สึกคุ้มค่า สถาปัตยกรรมต่าง ๆ สวยงามมาก หลังจากนั้นพวกเราจึงเดินทางกลับในเวลาค่ำ ๆ และถึง DESY ในตอนตีหนึ่ง ซึ่งข้าพเจ้าเพิ่งรู้ว่าลืมกุญแจไว้ในห้อง จึงต้องไปหา รปภ. ที่ Main gate ซึ่งเขาติดต่อนักดับเพลิงให้มาช่วยไขห้องให้ ข้าพเจ้ารู้สึกเกรงใจและขอบคุณเป็นอย่างยิ่งสำหรับความช่วยเหลือนี้เนื่องจากเป็นเวลาดึกมากแล้ว เมื่อเข้าห้องได้เรียบร้อยจึงทำธุระส่วนตัวและเข้านอน



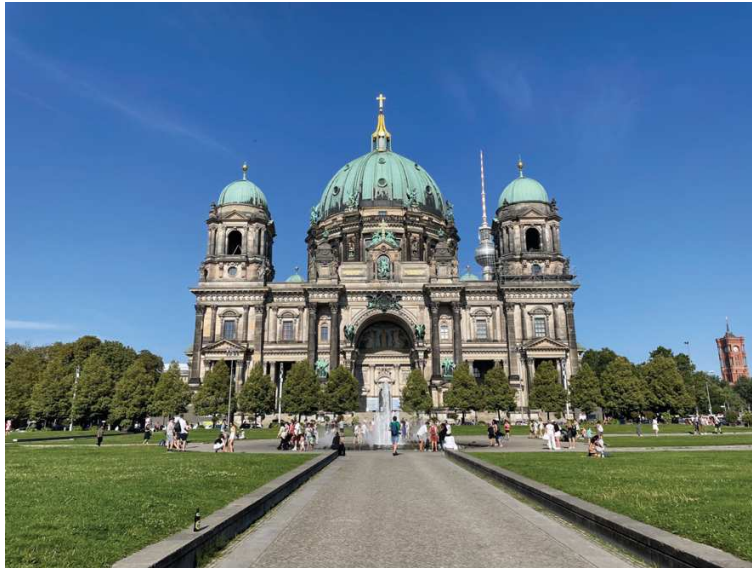
รูปที่ 88 Brandenburg Gate



รูปที่ 89 The German Bundestag



รูปที่ 90 Art market



รูปที่ 91 Berlin Dom



รูปที่ 92 Altes Museum



รูปที่ 93 Humboldt Forum



รูปที่ 94 Alexanderplatz



รูปที่ 95 Berlin Wall

วันอาทิตย์ที่ 20 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าพักผ่อนในตอนกลางวันและไปทานอาหารเย็นในเมือง ขาหมูเยอรมันอร่อยมาก หลังจากนั้นเดินทางกลับ DESY เพื่อพักผ่อนต่อ



รูปที่ 96 ขาหมูเยอรมัน

วันจันทร์ที่ 21 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าไปทำงานตอนสี่โมงเช้า พักกลางวันและทำงานต่อตอนบ่าย หลังจากนั้นทานอาหารเย็นและ
เข้านอนตามปกติ

วันอังคารที่ 22 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าไปงาน International Conference ของ High Energy Physics นั่นคือ The European Physical Society Conference on High Energy Physics (EPS-HEP) ที่ปีนี้จัดที่ University of Hamburg โดยมี DESY และ University of Hamburg เป็นผู้ดำเนินงาน ซึ่ง Summer Student ในกลุ่ม High Energy Physics ได้รับป้ายชื่อสำหรับเข้างานทุกคน ข้าพเจ้าตั้งใจเป็นอย่างยิ่ง เพราะงานนี้เป็น Conference ที่ใหญ่มาก ข้าพเจ้าจึงออกเดินทางโดยนั่งรถไฟเข้าไปในเมืองและเดินต่อไปยัง University of Hamburg ได้เข้าฟัง Plenary talk ของ CMS ทั้งเช้าและบ่าย แม้จะมีหลายอย่างที่ข้าพเจ้าไม่เข้าใจ เนื่องจากความรู้ไม่เพียงพอ แต่ข้าพเจ้าคิดว่าได้รับความรู้และประสบการณ์ใหม่ ๆ มากมาย ในตอนเย็นมี Poster Presentation ข้าพเจ้าได้เข้าไปร่วมเดินดูและพูดคุยกับคนที่มานำเสนองาน มีหลายงานที่น่าสนใจสำหรับข้าพเจ้า และได้รับความรู้จากงานเหล่านั้นมากมาย เมื่อเดินจนครบแล้ว ข้าพเจ้าจึงเดินทางกลับ DESY ด้วยความรู้สึกตื่นเต้นที่ได้อะไรใหม่ ๆ ในวันนี้



รูปที่ 97 ภายใน University of Hamburg



รูปที่ 98 Plenary Session

วันพุธที่ 23 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าไปทำงานตอนสิบโมงเช้า พักกลางวัน ทำงานต่อตอนบ่าย ทานอาหารเย็น และขึ้นรถเมล์ที่ Side gate เพื่อไป Shopping mall ที่บังเอิญเจอระหว่างทางตอนไป XFEL กับเพื่อน ๆ พบว่าเป็นเหมือนซูเปอร์ มาเก็ตขนาดใหญ่ กว้างมาก มีของขายเยอะมาก ข้าพเจ้าและเพื่อน ๆ ซื้อของกินกลับมาคนละเล็กน้อย เนื่องจาก ห้างใกล้ปิดแล้ว แล้วจึงกลับถึง DESY ประมาณสี่ทุ่ม เข้านอนตามปกติ



รูปที่ 99 อาหารมือเย็น



รูปที่ 100 Shopping mall

วันพฤหัสบดีที่ 24 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าไปทำงานตอนสิบโมงเช้า พักกลางวัน ทำงานต่อตอนบ่าย และเลิกงานไว เพราะจะไปเข้าฟังบรรยาย How does organ work? ที่ St. Michael's Church ภายในเมือง ซึ่งเป็นกิจกรรมของ EPS-HEP 2023 หลังจากเดินทางเข้าเมืองโดยรถไฟแล้วพวกเรา ก็แวะทานอาหารเย็นใกล้ ๆ โบสถ์ก่อน ซึ่งข้าพเจ้าหามามีร้านอาหารเวียดนามอยู่แถวนี้ จึงพาเพื่อน ๆ มาทานกัน ซึ่งอร่อยมาก แม้ข้าพเจ้าจะไม่เคยทานอาหารเวียดนามนี้มาก่อน แต่รู้สึกว่าเป็นรสชาติใกล้เคียงกับของไทยมาก และให้เยอะอีกด้วย หลังจากทานเสร็จ พวกเราจึงเดินไป St. Michael's Church และเข้าฟังบรรยายเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องดนตรี Organ ที่อยู่ในโบสถ์และมีการสาธิตเล่น Organ ให้ฟังจริง ๆ ด้วย ข้าพเจ้าประทับใจมาก เนื่องจากเป็นครั้งแรกของข้าพเจ้าที่ได้ฟังเสียง Organ แบบสด ๆ ไพเราะและยิ่งใหญ่มาก หลังจากจบการบรรยาย พวกเราออกมาเดินชมเมืองตอนกลางคืนและไปยังจุดถ่ายรูป Speicherstadt ที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากของเมือง Hamburg หลังจากนั้นจึงขึ้นรถไฟกลับ DESY



รูปที่ 101 อาหารเวียดนาม



รูปที่ 102 การบรรยาย How does organ work? ภายใน St. Michael's Church



รูปที่ 103 การบรรยาย How does organ work? ภายใน St. Michael's Church



รูปที่ 104 St. Michael's Church



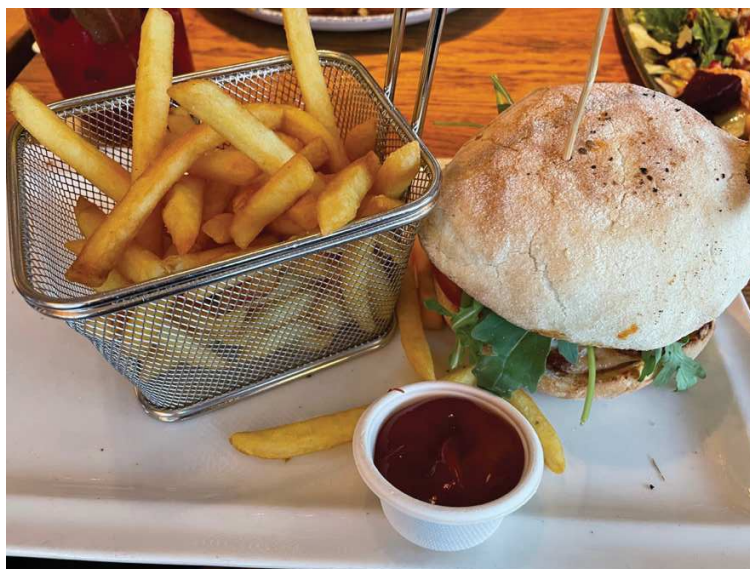
รูปที่ 105 Speicherstadt

วันศุกร์ที่ 25 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าไปทำงานตอนสิบโมงเช้า พักกลางวัน ทำงานต่อตอนบ่าย หลังจากเลิกงานจึงไปทานอาหารร่วมกับเพื่อนร่วมงานใน Higgs group ของ CMS-DESY group ที่ร้านอาหารริมทะเลสาบกลางเมือง Hamburg บรรยากาศดีมาก อาหารอร่อย เป็นราคาทั่วไปของที่นี่ เสร็จแล้วจึงเดินทางกลับ



รูปที่ 106 ร้านอาหารริมทะเลสาบ



รูปที่ 107 อาหารที่ข้าพเจ้าทาน

วันเสาร์ที่ 26 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าและเพื่อน ๆ นัดกันไปเที่ยวที่เมือง Lübeck เนื่องจากเป็นเมืองติดทะเลและไม่ไกลจากเมือง Hamburg มากนัก ข้าพเจ้าอยากไปชมทะเลของยุโรปเหนือมาก พวกเราจึงเดินทางในตอนสาย ๆ ใช้เวลาเพียงหนึ่งชั่วโมงครึ่งก็ถึงเมือง Lübeck และเดินชมเมืองอยู่สักพัก แวะทานอาหารกลางวันและเครื่องดื่ม จากนั้นนั่งรถเมล์ต่อไปยังริมทะเล อากาศดีมาก ท้องฟ้าสว่างสดใส แดดจ้าแต่ไม่ร้อนจนเกินไป มีลมเย็นพัดตลอด น้ำทะเลใสและเย็นมาก ข้าพเจ้ายืนแช่เท้าอย่างเดียว เพราะไม่ได้นำเสื้อผ้าไปเปลี่ยน ไม่รู้เวลาผ่านไปนานเท่าไร พวกเราจึงเดินทางกลับโดยรถไฟ มาถึงเมือง Hamburg ตอนประมาณหนึ่งทุ่ม พวกเราแวะทานอาหารที่ร้านอาหารริมทะเลสาบกลางเมือง Hamburg เนื่องจากข้าพเจ้าประทับใจที่นี้จึงพาเพื่อนมาทานด้วยกันในวันนี้ หลังจากนั้นเดินชมเมืองอีกสักพักแล้วจึงกลับ DESY



รูปที่ 108 Holstentor



รูปที่ 109 โกดังเกลือ ปัจจุบันเป็นร้านขายเสื้อผ้า



รูปที่ 110 ย่านการค้า



รูปที่ 111 อาหารกลางวัน



รูปที่ 112 อิตาลีเลนโซดาใส้ไข่มุก



รูปที่ 113 โบสถ์แห่งหนึ่งในเมือง Lübeck



รูปที่ 114 ลานกว้างหน้าโบสถ์



รูปที่ 115 ภายในโบสถ์



รูปที่ 116 ย่านการค้า



รูปที่ 117 ทะเลใกล้ ๆ เมือง Lübeck



รูปที่ 118 ทะเลใกล้ ๆ เมือง Lübeck



รูปที่ 119 อาหารที่ร้านอาหารริมทะเลสาบกลางเมือง Hamburg



รูปที่ 120 วิวทะเลสาบและเมือง Hamburg ตอนกลางคืน

วันอาทิตย์ที่ 27 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าพักผ่อนอยู่ที่ที่พัก



รูปที่ 121 อาหารมือเย็น



รูปที่ 122 อาหารมือเย็น

วันจันทร์ที่ 28 สิงหาคม พ.ศ. 2566

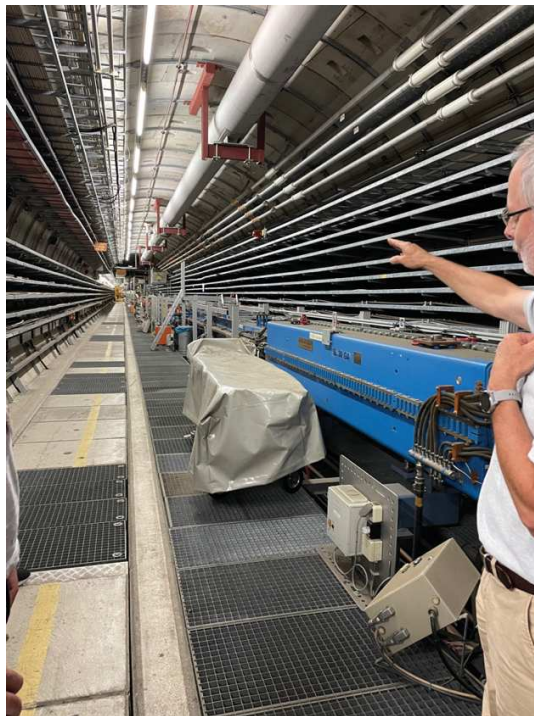
วันนี้ข้าพเจ้าตื่นมาทำงานตอนสิบโมงเช้าที่ห้องพัก เนื่องจากวันนี้ Supervisors ของข้าพเจ้าส่งอีเมลมาบอกว่าใน Group มีคนติดเชื้อไวรัสโควิด 19 หลายคนจากงาน EPS-HEP 2023 ข้าพเจ้าจึงตัดสินใจไม่เข้าออฟฟิศ และทำงานถึงบ่าย หลังจากนั้นประมาณ 16.00 น. ข้าพเจ้าออกไปเข้าร่วมกิจกรรม Tour of HERA south hall and adjacent sector ที่จัดขึ้นสำหรับ Summer Student เนื่องจาก HERA เป็นเครื่องเร่งอนุภาคขนาดใหญ่ที่อยู่ใต้ดิน กว้างกว่าขนาดของ DESY เสียอีก ทำให้ทางเข้าบางแห่งของ HERA อยู่นอก DESY ซึ่ง HERA south hall มีทางเข้าอยู่ตรงวงเวียนใกล้ ๆ สนามแข่งม้า Trabrennbahn Bahrenfeld ข้าพเจ้าและ Summer Student คนอื่น ๆ จึงเดินไปที่ทางเข้านั้น และมีไกด์มาพาเข้าไปชมภายใน พร้อมทั้งอธิบายถึงสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างน่าสนใจมาก เมื่อจบทัวร์แล้วจึงเดินกลับ DESY มาทำอาหารเย็นและทานข้าวร่วมกับเพื่อน ๆ และเข้านอน



รูปที่ 123 ทางเข้า HERA south hall



รูปที่ 124 HERA south hall



รูปที่ 125 HERA ส่วนที่ไม่ได้ใช้งานแล้ว



รูปที่ 126 โค้ดกำลังแนะนำส่วนประกอบและหลักการทำงานของส่วนหนึ่งของ HERA



รูปที่ 127 อาหารมือเย็น

วันอังคารที่ 29 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าตื่นมาทำงานที่ที่พักตอนสี่โมงเช้า พักกลางวัน ทำงานต่อตอนบ่ายจนถึงเย็น ใกล้เคียงที่สุด
ระยะเวลาของโครงการแล้ว ข้าพเจ้าจึงต้องเร่งทำงานให้เสร็จสมบูรณ์ รวมทั้งเขียนรายงานและเตรียมการนำเสนอ
ด้วย ข้าพเจ้าเครียดเล็กน้อยเนื่องจากยังไม่สามารถรับผลของการวิเคราะห์ข้อมูลออกมาได้ แต่นับเวลาดูแล้วน่าจะ
ทันเวลาอยู่ แต่คงต้องนั่งทำรายงานตอนกลางคืนจนถึงตีเก้าแน่นอน



รูปที่ 128 อาหารมือเย็น

วันพุธที่ 30 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ก็เช่นเดิม ข้าพเจ้าตื่นมาทำงานที่ที่พักตอนสี่โมงเช้า พักกลางวัน ทำงานต่อพร้อมทั้งเขียนรายงานไปด้วยจนถึงดึก แล้วจึงเข้านอน



รูปที่ 129 อาหารมือเย็น

วันพฤหัสบดีที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2566

วันนี้ก็เช่นเดิม ข้าพเจ้าตื่นมาทำงานที่ที่พักตอนสิบโมงเช้า พักกลางวัน ทำงานต่อพร้อมทั้งเขียนรายงานไปด้วยจนถึงดึก แล้วจึงเข้านอน



รูปที่ 130 อาหารมือเย็น

วันศุกร์ที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2566

วันนี้ก็เช่นเดิม ข้าพเจ้าตื่นมาทำงานที่ที่พักตอนสิบโมงเช้า พักกลางวัน และทำงานต่อจนเสร็จ ในที่สุดก็ได้ผลลัพธ์แล้ว เหลือแค่เขียนรายงานและเตรียมการนำเสนอ หลังจากนั้นเขียนจดึก ข้าพเจ้าจึงเข้านอน

วันเสาร์ที่ 2 กันยายน พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าตื่นเข้ามาทำสไลด์สำหรับการนำเสนอในงานในวันจันทร์ และไปเข้าไปเที่ยวในเมืองกับเพื่อน ๆ ตอนบ่าย เนื่องจากว่าสัปดาห์นี้เป็นสัปดาห์สุดท้ายที่จะได้อยู่เมืองนี้แล้ว แต่ข้าพเจ้าและเพื่อน ๆ ชาวไทยทั้งสามคนยังไม่เคยเที่ยวในเมืองอย่างจริงจังมาก่อนเลย พวกเราจึงไปเดินในย่านการค้าและซื้อของฝากบางส่วน พวกเราไม่ได้เที่ยวนานนักเนื่องจากแต่ละคนต้องเตรียมการนำเสนอสำหรับวันจันทร์ ข้าพเจ้าเครียดมาก เลยอาจจะเที่ยวไม่ค่อยสนุกและกลับมาถึง DESY ตอนเย็น พวกเราแยกย้ายกันกลับห้องพัก และข้าพเจ้าเร่งเตรียมการนำเสนอต่อจนถึงดึกและเข้านอน

วันอาทิตย์ที่ 3 กันยายน พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าเตรียมสไลด์สำหรับการนำเสนอในวันพรุ่งนี้ตั้งแต่เช้าจนถึงดึก ข้าพเจ้าตื่นเต้นมาก และกังวลมาก กลัวว่าจะทำออกมาได้ไม่ดี เลยพยายามเตรียมตัวให้ดีที่สุดเท่าที่จะเตรียมตัวได้



รูปที่ 131 อาหารมือเย็น

วันจันทร์ที่ 4 กันยายน พ.ศ. 2566

ข้าพเจ้าตื่นแต่เช้าและรีบไปคุยกับ Aliya เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของสไลด์และคำพูดของข้าพเจ้าที่จะนำเสนอในตอน 9.00 น. เป็นครั้งสุดท้าย ข้าพเจ้าเล่าความกังวลที่มีให้ Aliya ฟัง เธอก็ให้กำลังใจข้าพเจ้าเป็นอย่างดี ทำให้ข้าพเจ้าคลายความกังวลไปได้บ้าง และในที่สุดข้าพเจ้าก็นำเสนองานได้สำเร็จและผ่านไปด้วยดี หลังจากนั้นข้าพเจ้าจึงกลับมาทำรายงานต่อในตอนบ่าย เนื่องจากรายงานต้องส่งวันพุธ จนกระทั่งตอนเย็นข้าพเจ้าและเพื่อน ๆ ชาวไทยอีกสามคนนั่งรถเข้าเมืองกัน เพราะมีนัดทานข้าวกับท่านกงสุล Stefan Krohn ที่ร้าน Tai Tan ซึ่งเป็นร้านอาหารไทยที่เจ้าของเป็นชาวเหนือ อาหารอร่อยมาก อร่อยทุกจานเลย เครื่องดื่มของทางร้านก็อร่อยมากเช่นกัน เจ้าของใจดีและเป็นกันเองมาก หากมีโอกาสข้าพเจ้าจะกลับไปทานอาหารที่ร้านนี้อีกครั้ง เมื่อเสร็จจากมื้ออาหารแล้วพวกเราและท่านกงสุลแยกย้ายกันกลับ ท่านกงสุลเรียกแท็กซี่และจ่ายค่าแท็กซี่ให้พวกเรากลับถึง DESY โดยสวัสดิภาพ เป็นวันที่ยอดเยี่ยมเป็นอย่างยิ่ง



รูปที่ 132 มัสมั่นเป็ดกรอบ (อร่อยมาก ๆ)



รูปที่ 133 ส้มตำไทย

วันอังคารที่ 5 กันยายน พ.ศ. 2566

วันนี้ข้าพเจ้าตื่นมาทำรายงานตั้งแต่เช้าเพื่อให้เสร็จภายในวันนี้ หลังจากทำเสร็จในตอนกลางคืนจึงส่งให้ Aliya ช่วยตรวจสอบแล้วจึงเข้านอน

วันพุธที่ 6 กันยายน พ.ศ. 2566

วันนี้มีการนำเสนอของ Summer Student จากแต่ละกลุ่มที่ได้รับเลือกให้มานำเสนอให้ Summer Student ทุกคนฟัง หลังจากนั้นข้าพเจ้าเร่งแก้ไขรายงานจนเสร็จสมบูรณ์ แล้วจึงกลับมาทำอาหารเย็นและทยอยเก็บของเนื่องจากพรุ่งนี้เป็นวันสุดท้ายที่จะได้อยู่ที่ DESY แล้ว



รูปที่ 134 อาหารมือเย็น

วันพฤหัสบดีที่ 7 กันยายน พ.ศ. 2566

วันนี้เป็นวันสุดท้ายแล้วที่จะได้อยู่ที่ DESY มีปัจฉิมตอนเช้า ทีม Organizers มากล่าวขอบคุณและพูดคุยถึงการตอบรับหรือการประเมินของ Summer Student ต่อโครงการนี้ หลังจากพวกเราชาวไทยทั้งสี่คนได้ขอบคุณและให้ของฝากกับทีม Organizers แล้ว พวกเราแยกย้ายกันไปบอกลา Supervisors ของตัวเอง ซึ่งข้าพเจ้าได้มอบของฝากจากประเทศไทยให้ Aliya, Rainer และนักศึกษาปริญญาเอกที่นั่งทำงานในห้องเดียวกับข้าพเจ้าอีกสามคน รวมทั้งเพื่อนร่วมงานภายใน Higgs group ที่คอยช่วยเหลือข้าพเจ้ามาตลอด หลังจากพูดคุยรำลាក់กันเสร็จ ข้าพเจ้าจึงกลับมาที่พัก ทานอาหารเย็น และออกไปเดินเล่นรอบ DESY ในช่วงค่ำเป็นครั้งสุดท้าย อากาศดีและบรรยากาศสวยมาก ข้าพเจ้าประทับใจที่นี่และโครงการนี้เป็นอย่างยิ่ง



รูปที่ 135 DESY ยามค่ำคืน (ตึก 1 ที่เป็นออฟฟิศของข้าพเจ้า)



รูปที่ 136 DESY ยามค่ำคืน



รูปที่ 137 อาหารมือเย็น

วันศุกร์ที่ 8 กันยายน พ.ศ. 2566

วันนี้เป็นวันที่พวกเราต้องเดินทางออกจาก DESY แล้ว ข้าพเจ้า อาร์ม และวาวา จะเดินทางไปเที่ยวทางใต้ของเยอรมนีกันต่ออีก 5 วันแล้วจึงเดินทางกลับประเทศไทย ในขณะที่กังซีเดินทางกลับประเทศไทยในวันนี้ พวกเราแยกกันที่สถานีรถไฟ Hamburg Hauptbahnhof แล้วข้าพเจ้ากับอาร์มและวาวารอรถไฟความเร็วสูง ICE เพื่อไปเมือง Frankfurt ใช้ระยะเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง ซึ่งพวกเราตัดสินใจว่าจะพักที่เมืองนี้ตลอด 5 วันแล้วนั่งรถไฟไปเมืองอื่นแทน เพื่อประหยัดค่าที่พัก และขึ้นเครื่องบินกลับประเทศไทยที่สนามบิน Frankfurt ในวันอังคารที่ 12 สิงหาคม พ.ศ. 2566



รูปที่ 138 ระหว่างทางไปเมือง Frankfurt

วันเสาร์ที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2566 – วันจันทร์ที่ 11 กันยายน พ.ศ. 2566



รูปที่ 139 ถ่ายภาพจาก Heidelberg Palace (เมือง Heidelberg)



รูปที่ 140 ภายใน Heidelberg Palace (เมือง Heidelberg)



รูปที่ 141 ภายใน Heidelberg Palace (เมือง Heidelberg)



รูปที่ 142 ถังไวน์ที่ใหญ่ที่สุดในโลก ภายใน Heidelberg Palace (เมือง Heidelberg)



รูปที่ 143 ย่านการค้าหน้า Church of the Holy Spirit (เมือง Heidelberg)



รูปที่ 144 ถ่ายภาพจาก Old Bridge Heidelberg (เมือง Heidelberg)



รูปที่ 145 สถานีรถไฟ Bockenheimer Warte (เมือง Frankfurt)



รูปที่ 146 Romerberg Square (เมือง Frankfurt)



รูปที่ 147 ห้างสรรพสินค้า MyZeil (เมือง Frankfurt)

วันอังคารที่ 12 กันยายน พ.ศ. 2566

วันนี้เป็นวันที่พวกเราเดินทางกลับประเทศไทย ออกจากที่พักเวลา 10.00 น. เพื่อไปรอขึ้นเครื่องบินที่สนามบิน Frankfurt ตอนเวลาประมาณ 14.00 น. ใช้เวลาเดินทางบนเครื่องบินประมาณ 10 ชั่วโมง ถึงสนามบินสุวรรณภูมิตอนเช้าวันพุธที่ 13 สิงหาคม พ.ศ. 2566 ตามเวลาประเทศไทยโดยสวัสดิภาพ และกลับบ้านพร้อม ๆ กับคุณพ่อคุณแม่ที่มารอรับ เป็นการเดินทางที่ข้าพเจ้าประทับใจเป็นอย่างยิ่ง



รูปที่ 148 อาหารบนเครื่องบิน

ภาคผนวก



SMEFT Studies for $t\bar{t}H(bb)$ Channel

Punnawich Chokeprasert, Chulalongkorn University, Thailand

Supervisors: Aliya Nigamova, Rainer Mankel

DESY-CMS Group

September 6, 2023

Abstract

The Standard Model Effective Field Theory (SMEFT) introduces higher-dimensional operators to the Standard Model Lagrangian. This allows for the exploration of deviations from its predictions in a systematic manner. The main focus of this study is to examine the effects of SMEFT coefficients on $t\bar{t}H(bb)$ which involves the production of top-quark pairs in association with a Higgs boson and the subsequent decay of the Higgs into a pair of bottom quarks observables in the simplified template cross-section (STXS) measurements using advanced computational tools EFT2Obs and NanoAOD-tools. These tools enable us to analyze the impact of higher-dimensional operators and assess deviations from the Standard Model (SM). This study is specifically designed to be used with CMS Run 2 Higgs combination.

Contents

1	Introduction	3
2	Observable of Higgs and ttH to bb channel	3
3	Simplified template cross-section (STXS)	4
4	Standard Model Effective Field Theory (SMEFT)	6
5	Parametrization of SMEFT for ttH	7
5.1	EFT2Obs	8
5.2	NanoAOD-tools	9
6	Compared measurement	9
7	Conclusions	14

1 Introduction

Since the discovery of the Higgs boson with a mass of approximately 125 GeV in 2012 by the ATLAS [4] and CMS [5] Collaborations, these aspects of the SM are also being studied and measured with increasing precision of the Higgs boson's main production cross-sections and decay rates. All measurements of cross-sections for producing SM particles at the LHC agree with theoretical predictions, considering both the uncertainties of theory and experiment. Predictions for many Higgs decays have also been successful for the Higgs boson production by gluon-gluon fusion (ggF), weak vector-boson fusion (VBF), association with a weak vector boson (VH, where $V = W$ or Z), and association with a top-antitop pairs (ttH) [8]. The Standard Model (SM) predictions for many Higgs decays have also been successful. These have enabled the couplings of the Higgs boson to many SM particles, including the μ , τ , b, W, Z, and t to be measured [6].

The main production processes in this studied is a pair of top quarks (ttH) and the decay channels considered are those to bosons $H \rightarrow bb$. Throughout this report, no distinction is made between particles and antiparticles. The cross sections measurements are performed in phase-space regions (particle-level bins) using the simplified template cross-section (STXS) [2] framework. The stage 1.2 of STXS is used, allowing for ttH measurements. These measurements are then used to constrain anomalous couplings in the Standard Model Effective Field Theory (SMEFT) [6]. This framework describes the SM as a low-energy manifestation of a more complete Beyond the Standard Model (BSM) theory using additional higher-dimensional operators that modify the tensor structure of Higgs boson couplings. There could be additional interactions beyond those in the SM, of dimension 6 or more, which could be generated by the exchanges of massive particles as yet undetected. These interactions might involve the Higgs field alone, or in combination with other SM fields or only other fields. They should all be analyzed together to enable the indirect search for new physics beyond the SM via higher-dimensional interactions to be as powerful and model-independent as possible.

2 Observable of Higgs and ttH to bb channel

Precision measurements of the properties of the Higgs boson are crucial in understanding the SM and discovering new phenomena not described by it. The measurements

must verify the SM's validity and confirm fundamental physics consistency. The difference between experimental results and the SM's calculations could indicate a discrepancy between our current understanding of fundamental physics and reality. The Higgs boson is under careful investigation as part of the ongoing Large Hadron Collider (LHC) program. Furthermore, a proposal is to build lepton collider-based Higgs factories as a potential advancement beyond the LHC. The main objective of these factories would be to precisely measure the properties of the Higgs boson and explore any potential new physics related to it.

In the SM, Higgs boson production at the LHC occurs four main mechanisms are predicted for Higgs boson production in pp collisions: the gluon-gluon fusion, vector-boson fusion, association with top quark. In this case, we only focus on ttH.

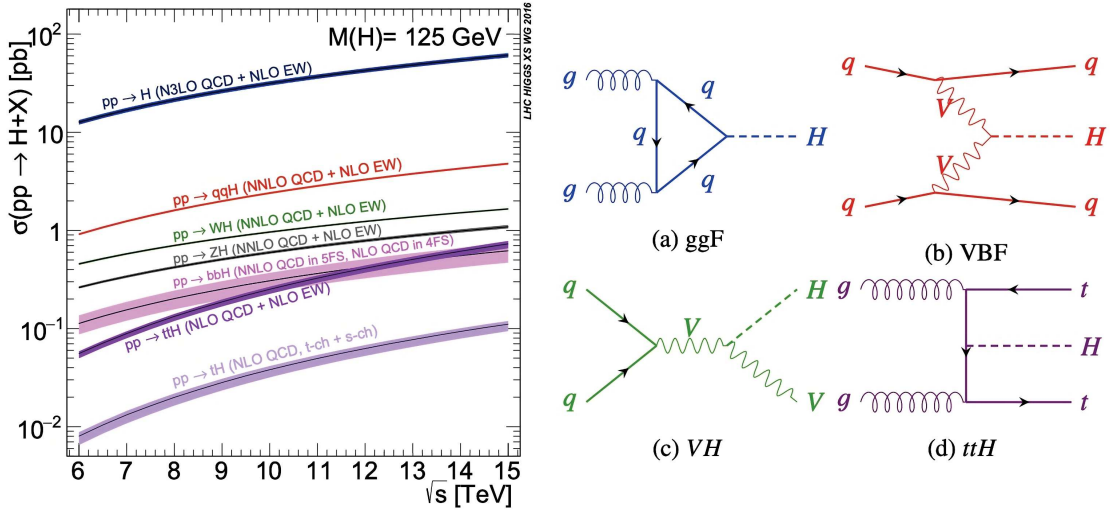


Figure 1: The Production of Higgs boson

3 Simplified template cross-section (STXS)

The STXS refers to physical cross-sections that are defined in specific regions of phase space of the SM Higgs production processes. These regions are known as bins and are based on the kinematics of the Higgs boson, associated jets, W and Z bosons, and independently of the Higgs boson decay process. The criteria for selecting these

regions are based on three factors: sensitivity to deviations from the SM expectation, avoidance of significant theory uncertainties in the corresponding SM predictions, and approximately matching experimental selections to minimize model-dependent extrapolations [?]. The STXS offers a more detailed understanding of how the Higgs is created in different situations for individual Higgs production modes in various kinematics regions and reduces the theoretical uncertainties directly folded into the measurements. They also allow for multivariate analysis techniques and provide a common framework for combining measurements in different decay channels and eventually between experiments. The measurements in this report focus on the divisions defined by the stage 1.2 version of the STXS framework.

The kinematic cuts used to define the bins are more straightforward than the exact fiducial volumes used in individual analyses for various Higgs decay channels. The STXS is inclusive in the Higgs boson decay. We measure these scenarios using common categories that all analyses can employ. This approach allows for a subsequent global combination of all measurements in different decay channels and from ATLAS and CMS. The SM branching ratios can be assumed as additional free parameters when combining measurements in different decay channels. Although simplified to allow for different measurements, the bin definitions are as close as possible to the typical experimental kinematic selections or, more generally, the kinematic regions that dominate the experimental sensitivity. The goal is to permit the use of advanced analysis techniques, such as event categorization or multivariate techniques, to achieve maximum sensitivity while still avoiding any unnecessary extrapolations and reducing dependence on theory predictions and uncertainties folded into the measurements as much as possible. The second key feature of STXS is that it is defined for specific production modes, using SM production processes as kinematic templates. This separation into production mode helps reduce the extent to which our measurements rely on any particular production mode over others. Consequently, we decrease the impact of relying too heavily on specific theoretical predictions.

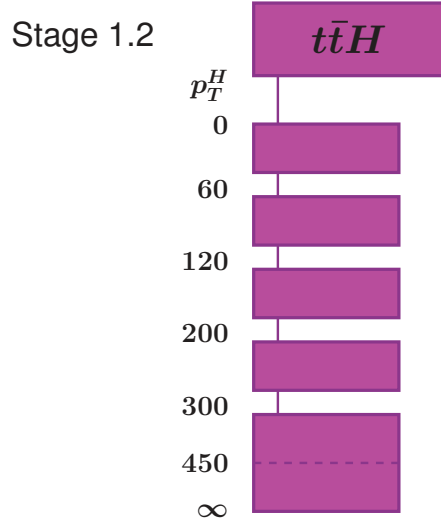


Figure 2: $t\bar{t}H$ bins defined in the STXS
[?]

4 Standard Model Effective Field Theory (SMEFT)

$$\mathcal{L}_{SMEFT} = \mathcal{L}_{SM} + \sum_i^{N_{d6}} \frac{c_i}{\Lambda^2} \mathcal{O}_i^{(6)} + \sum_j^{N_{d8}} \frac{c_j}{\Lambda^4} \mathcal{O}_j^{(8)} + \dots \quad (1)$$

In certain theories that go beyond the SM, heavy particles can cause interactions that involve more than the typical four dimensions. These interactions can help us understand the makeup of these extensions. For example, the mechanism that explains the masses of light neutrinos can be attributed to a higher-dimensional interaction that occurs when massive particles are exchanged. It's interesting to note that the way neutrinos mix is different from quarks, which is a result of this underlying framework and could indicate new physics beyond the electroweak interaction scale.

The Standard Model Effective Field Theory (SMEFT) is a useful tool for evaluating a wide range of LHC and other measurements. It is based on the assumption that the quantum numbers of SM particles are correct, which determines the structure of dimension ≤ 4 terms in the Lagrangian. However, it is understood that this model is incomplete. To account for this, the framework includes additional higher-order interac-

tions that follow the symmetries of the SM. By analyzing Higgs data alongside electroweak precision measurements, diboson, and top data, these interactions are constrained. This analysis can be used to explore the possibilities of physics beyond the SM in a broad and model-independent way. Influential field theories provide a model-independent approach that can be systematically improved with higher-order perturbative calculations to characterize the effects of BSM theories that reduce to the SM at low energies. In the SMEFT, the effects of BSM dynamics at energy scales that are larger than the Higgs vacuum-expectation-value can be described in terms of higher-dimensional operators. These operators are constructed from the SM fields and respect its symmetries.

5 Parametrization of SMEFT for ttH

In order to constrain SMEFT coefficients is to start with STXS measurements. The coefficients parameterize each cross section bins as a function of the relevant Wilson coefficients, and the best-fit values and associated confidence intervals can be determined. The cross sections parameterization can be obtained by Monte Carlo (MC) simulation, incorporating an EFT Lagrangian model. This approach does not require a full detector simulation of the events so that new models can be easily applied to existing analyses. However, it is limited in assuming no change in experimental acceptance due to the non-SM kinematics. The cross section for bin i can be expressed as the sum shown in (2), where σ_i^{int} is the leading term in the EFT expansion, and σ_i^{BSM} is the SM-independent term.

$$\sigma_i^{SMEFT} = \sigma_i^{SM} + \sigma_i^{int} + \sigma_i^{BSM} \quad (2)$$

Dividing through by the SM cross section, σ_i^{SM} , provides a scaling function for each bin, μ_i , which parametrizes deviations in the cross section in terms of the c_i parameters. The general form of the scaling function is given in (3).

$$\mu_i = 1 + \sum_j A_{i,j} c_j + \sum_{j,k} B_{i,jk} c_j c_k \quad (3)$$

5.1 EFT2Obs

EFT2Obs is a tool that automatically parametrizes the effect of EFT coefficients using MadGraph5_aMC@NLO [1] with the SMEFTsim model [3]. This enables the calculation of cross sections and the definition of Higgs STXS, bridging the gap between the theoretical framework of SMEFT and experimental data. These coefficients represent deviations from the Standard Model and how they influence particle-level processes by introducing higher-dimensional operators. SMEFTsim allows for systematic exploration of their effects on physical observables using EFT Lagrangian model. It also offers several different symmetry assumptions for the SMEFT operator basis, enable to explore various theoretical scenarios, including a fully flavor-general SMEFT, U(3)5-SMEFT with non-Standard Model phases, and a Minimal Flavour Violating (MFV) version. Moreover, EFT2Obs defines STXS through RIVET [?]. This is crucial for analyzing Higgs boson production in different channels and allows for a more detailed study of how SMEFT coefficients influence Higgs production and decay processes. Rivet is a platform that provides the necessary infrastructure and tools for ttH STXS. These analyses help validate event generator models and tunings with minimal effort and maximum portability. It is designed to effectively scale to large numbers of analyses for truly global validation using an automated result caching system. Additionally, Rivet performs the STXS classification and has been updated to implement the stage 1.2 scheme which is the first version for ttH. The bins defined for each production process are as figure 2.

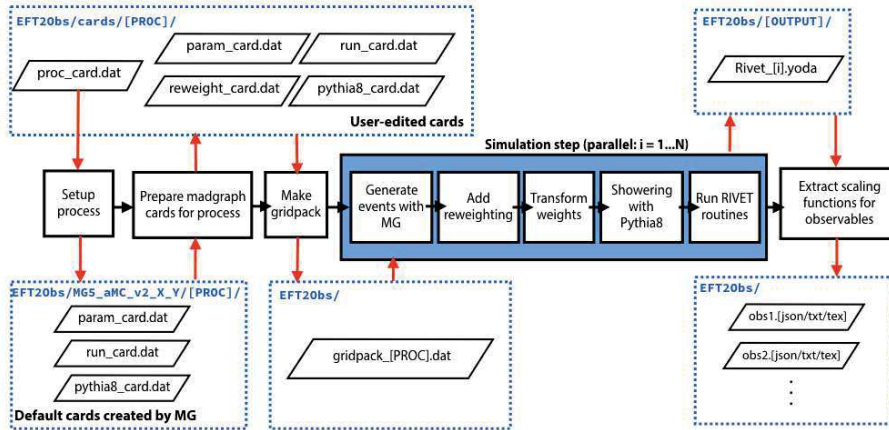


Figure 3: EFT2Obs Process

5.2 NanoAOD-tools

In real analysis, phase space is modified by event selection. SMEFT prediction produced for all ttH events might not represent the analysis phase space correctly. Since it is costly and time-consuming to generate SMEFT events, we reweight SM samples using Madgraph Matrix Element reweighting with NanoAOD-tools. In the sequences of analysis, models are reweighted after generate the events and need to adjust simulated MC event samples to better match the observed data. NanoAOD-tools are software tools designed to work with CMS data in the NanoAOD format, which is a compact and efficient data storage format. In this work, we use POWHEG [7] as an events generator and use NanoAOD-tools to reweight events and coefficient operators.

6 Compared measurement

The difference between ratio of the SMEFT cross sections and ratio of the SM cross sections are shown in Figure 4 and indicate there are more sensitivity at high p_T which refer to EFT introduce shape effect especially noticeable in large $p_T(H)$ range.

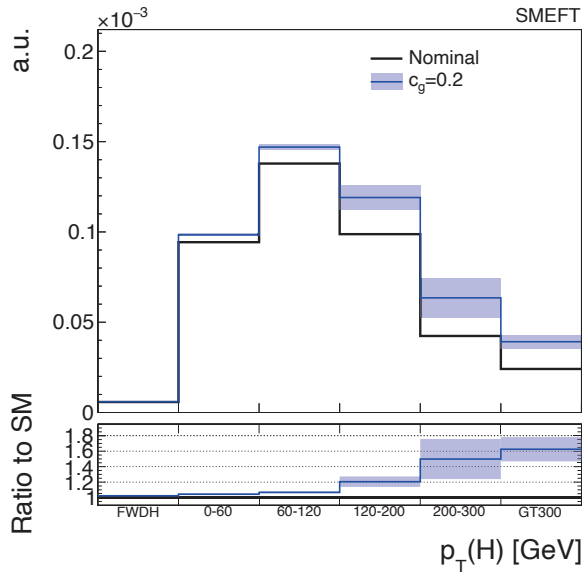


Figure 4: The comparison between the SM cross sections and the SMEFT cross sections

Corresponding to in terms of Wilson coefficient c_G at each bin of p_T in Figure 5,

the difference between POWHEG events and with selection is growing up with p_T and acceptance effects become non-negligible in high p_T of Higgs region.

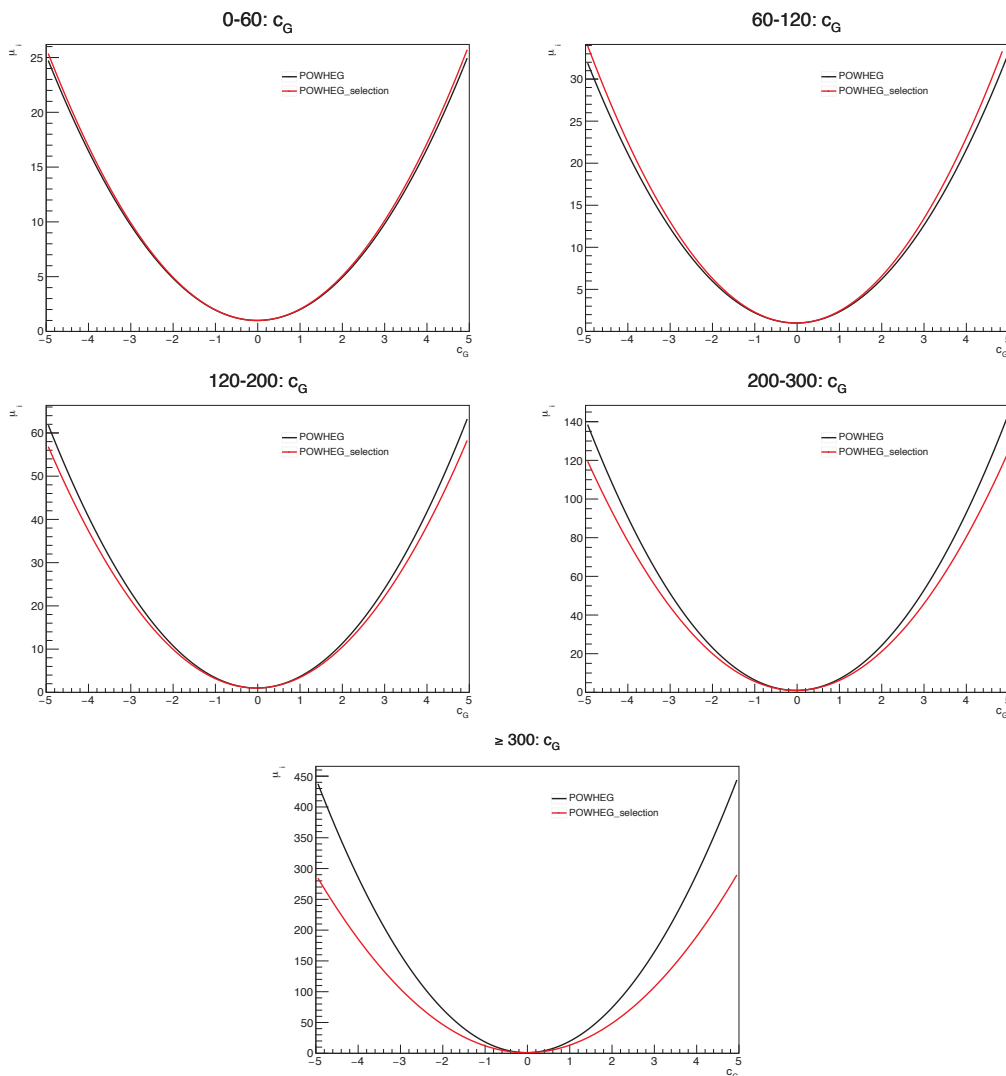


Figure 5: Parametrisation of c_G of EFT operators at $p_T(H)$ in each bin in unit of GeV

By the way, Figure 6 shows the discrepancy of SMEFT operators $c_{H\Box}$ and the SM predictions. However, because of time limitations, the result is not to be explored.

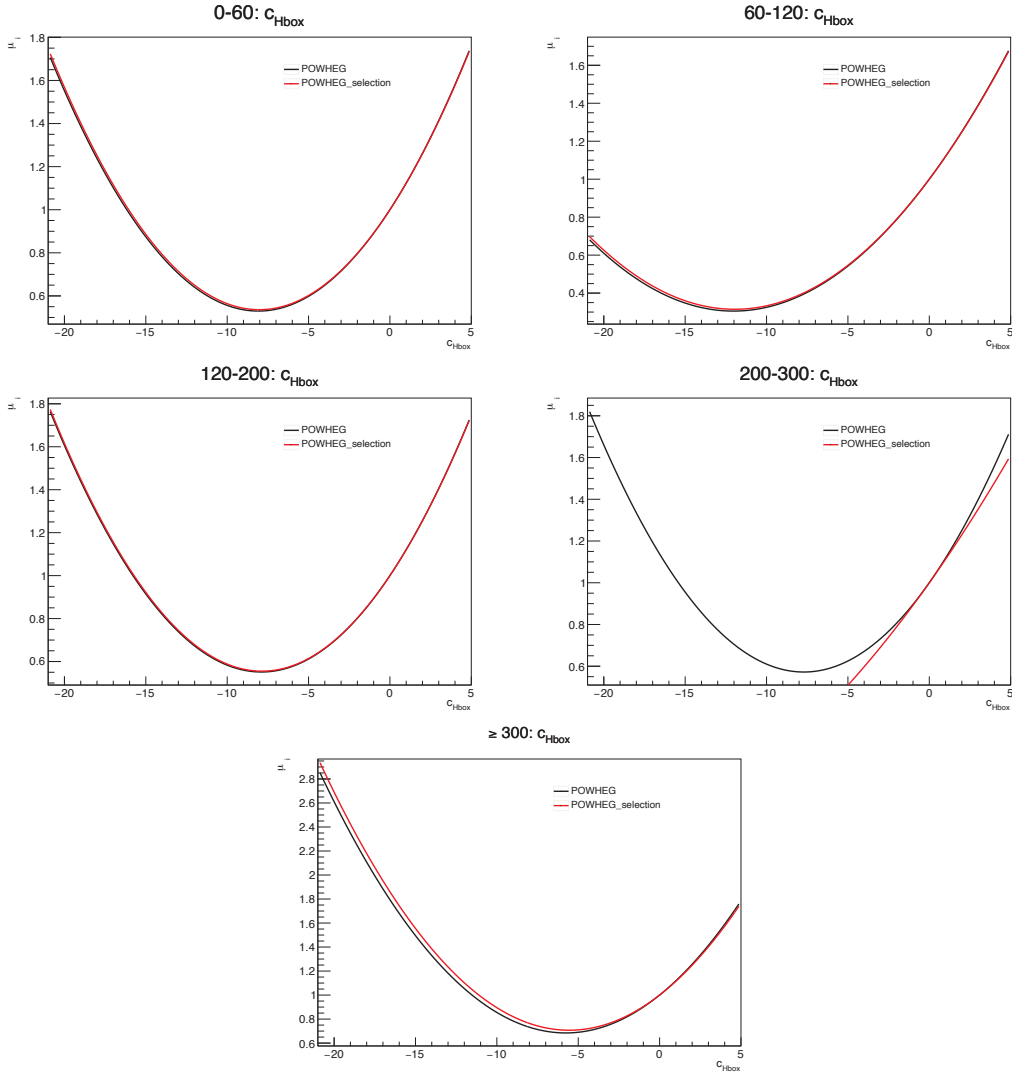


Figure 6: Parametrisation of $c_{H\Box}$ of EFT operators at $p_T(H)$ in each bin in unit of GeV

Table 1: Parametrisation of EFT operators at each bin of the STXS for POWHEG events

$0 < p_T^H < 60$	$ \begin{aligned} &1 + 0.02 c_g + 0.12 c_{H\Box} + 0.46 c_{HG} + 0.02 c_{qu}^8 + -0.00 c_{uG} + -0.00 c_{uH} + \\ &0.97 c_g^2 + 0.00 c_g c_{H\Box} + -0.05 c_g c_{HG} + 0.00 c_g c_{qu}^8 + -0.00 c_g c_{uG} + \\ &-0.00 c_g c_{uH} + 0.00 c_{H\Box}^2 + 0.03 c_{H\Box} c_{HG} + 0.00 c_{H\Box} c_{qu}^8 + -0.00 c_{H\Box} c_{uG} + \\ &-0.00 c_{H\Box} c_{uH} + 0.15 c_{HG}^2 + 0.00 c_{HG} c_{qu}^8 + -0.00 c_{HG} c_{uG} + \\ &-0.00 c_{HG} c_{uH} + 0.00 c_{qu}^8{}^2 + -0.00 c_{qu}^8 c_{uG} + -0.00 c_{qu}^8 c_{uH} + -0.00 c_{uG}^2 + \\ &-0.00 c_{uG} c_{uH} + -0.00 c_{uH}^2 \end{aligned} $
$60 < p_T^H < 120$	$ \begin{aligned} &1 + 0.06 c_g + 0.12 c_{H\Box} + 0.53 c_{HG} + 0.02 c_{qu}^8 + -0.00 c_{uG} + -0.00 c_{uH} + \\ &1.27 c_g^2 + 0.00 c_g c_{H\Box} + -0.05 c_g c_{HG} + 0.00 c_g c_{qu}^8 + 0.00 c_g c_{uG} + \\ &0.00 c_g c_{uH} + 0.00 c_{H\Box}^2 + 0.03 c_{H\Box} c_{HG} + 0.00 c_{H\Box} c_{qu}^8 + -0.00 c_{H\Box} c_{uG} + \\ &-0.00 c_{H\Box} c_{uH} + 0.22 c_{HG}^2 + 0.01 c_{HG} c_{qu}^8 + -0.00 c_{HG} c_{uG} + \\ &-0.00 c_{HG} c_{uH} + 0.00 c_{qu}^8{}^2 + -0.00 c_{qu}^8 c_{uG} + -0.00 c_{qu}^8 c_{uH} + -0.00 c_{uG}^2 + \\ &-0.00 c_{uG} c_{uH} + -0.00 c_{uH}^2 \end{aligned} $
$120 < p_T^H < 200$	$ \begin{aligned} &1 + 0.14 c_g + 0.11 c_{H\Box} + 0.64 c_{HG} + 0.03 c_{qu}^8 + -0.00 c_{uG} + -0.00 c_{uH} + \\ &2.51 c_g^2 + 0.01 c_g c_{H\Box} + -0.04 c_g c_{HG} + 0.00 c_g c_{qu}^8 + -0.00 c_g c_{uG} + \\ &-0.00 c_g c_{uH} + 0.00 c_{H\Box}^2 + 0.05 c_{H\Box} c_{HG} + 0.00 c_{H\Box} c_{qu}^8 + -0.00 c_{H\Box} c_{uG} + \\ &-0.00 c_{H\Box} c_{uH} + 0.44 c_{HG}^2 + 0.01 c_{HG} c_{qu}^8 + -0.00 c_{HG} c_{uG} + \\ &-0.00 c_{HG} c_{uH} + 0.01 c_{qu}^8{}^2 + -0.00 c_{qu}^8 c_{uG} + -0.00 c_{qu}^8 c_{uH} + -0.00 c_{uG}^2 + \\ &-0.00 c_{uG} c_{uH} + -0.00 c_{uH}^2 \end{aligned} $
$200 < p_T^H < 300$	$ \begin{aligned} &1 + 0.29 c_g + 0.11 c_{H\Box} + 0.76 c_{HG} + 0.04 c_{qu}^8 + -0.00 c_{uG} + -0.00 c_{uH} + \\ &5.67 c_g^2 + 0.02 c_g c_{H\Box} + 0.06 c_g c_{HG} + 0.00 c_g c_{qu}^8 + -0.00 c_g c_{uG} + \\ &-0.00 c_g c_{uH} + 0.00 c_{H\Box}^2 + 0.07 c_{H\Box} c_{HG} + 0.00 c_{H\Box} c_{qu}^8 + 0.00 c_{H\Box} c_{uG} + \\ &-0.00 c_{H\Box} c_{uH} + 1.00 c_{HG}^2 + 0.02 c_{HG} c_{qu}^8 + -0.00 c_{HG} c_{uG} + \\ &-0.00 c_{HG} c_{uH} + 0.01 c_{qu}^8{}^2 + 0.00 c_{qu}^8 c_{uG} + -0.00 c_{qu}^8 c_{uH} + -0.00 c_{uG}^2 + \\ &-0.00 c_{uG} c_{uH} + 0.00 c_{uH}^2 \end{aligned} $
$300 \leq p_T^H$	$ \begin{aligned} &1 + 0.63 c_g + 0.11 c_{H\Box} + 0.89 c_{HG} + 0.07 c_{qu}^8 + -0.00 c_{uG} + -0.00 c_{uH} + \\ &17.94 c_g^2 + 0.02 c_g c_{H\Box} + 1.10 c_g c_{HG} + 0.01 c_g c_{qu}^8 + -0.00 c_g c_{uG} + \\ &-0.00 c_g c_{uH} + 0.01 c_{H\Box}^2 + 0.23 c_{H\Box} c_{HG} + 0.00 c_{H\Box} c_{qu}^8 + -0.00 c_{H\Box} c_{uG} + \\ &-0.00 c_{H\Box} c_{uH} + 3.35 c_{HG}^2 + 0.04 c_{HG} c_{qu}^8 + -0.00 c_{HG} c_{uG} + \\ &-0.00 c_{HG} c_{uH} + 0.04 c_{qu}^8{}^2 + -0.00 c_{qu}^8 c_{uG} + -0.00 c_{qu}^8 c_{uH} + -0.00 c_{uG}^2 + \\ &-0.00 c_{uG} c_{uH} + 0.00 c_{uH}^2 \end{aligned} $

Table 2: Parametrisation of EFT operators at each bin of the STXS for POWHEG events with selection

$0 < p_T^H < 60$	$1 + 0.04 c_g + 0.12 c_{H\Box} + 0.44 c_{HG} + 0.02 c_{qu}^8 + -0.00 c_{uG} + -0.00 c_{uH} + 1.00 c_g^2 + 0.00 c_g c_{H\Box} + -0.04 c_g c_{HG} + -0.00 c_g c_{qu}^8 + -0.00 c_g c_{uG} + -0.00 c_g c_{uH} + 0.00 c_{H\Box}^2 + 0.03 c_{H\Box} c_{HG} + 0.00 c_{H\Box} c_{qu}^8 + -0.00 c_{H\Box} c_{uG} + -0.00 c_{H\Box} c_{uH} + 0.14 c_{HG}^2 + 0.00 c_{HG} c_{qu}^8 + -0.00 c_{HG} c_{uG} + 0.00 c_{HG} c_{uH} + 0.00 c_{qu}^8{}^2 + -0.00 c_{qu}^8 c_{uG} + -0.00 c_{qu}^8 c_{uH} + -0.00 c_{uG}^2 + -0.00 c_{uG} c_{uH} + -0.00 c_{uH}^2$
$60 < p_T^H < 120$	$1 + 0.07 c_g + 0.11 c_{H\Box} + 0.51 c_{HG} + 0.02 c_{qu}^8 + -0.00 c_{uG} + -0.00 c_{uH} + 1.36 c_g^2 + 0.00 c_g c_{H\Box} + -0.04 c_g c_{HG} + 0.00 c_g c_{qu}^8 + -0.00 c_g c_{uG} + -0.00 c_g c_{uH} + 0.00 c_{H\Box}^2 + 0.03 c_{H\Box} c_{HG} + 0.00 c_{H\Box} c_{qu}^8 + -0.00 c_{H\Box} c_{uG} + -0.00 c_{H\Box} c_{uH} + 0.21 c_{HG}^2 + 0.00 c_{HG} c_{qu}^8 + -0.00 c_{HG} c_{uG} + -0.00 c_{HG} c_{uH} + 0.00 c_{qu}^8{}^2 + -0.00 c_{qu}^8 c_{uG} + -0.00 c_{qu}^8 c_{uH} + -0.00 c_{uG}^2 + -0.00 c_{uG} c_{uH} + -0.00 c_{uH}^2$
$120 < p_T^H < 200$	$1 + 0.14 c_g + 0.11 c_{H\Box} + 0.63 c_{HG} + 0.03 c_{qu}^8 + -0.00 c_{uG} + -0.00 c_{uH} + 2.31 c_g^2 + 0.01 c_g c_{H\Box} + -0.01 c_g c_{HG} + 0.00 c_g c_{qu}^8 + -0.00 c_g c_{uG} + -0.00 c_g c_{uH} + 0.00 c_{H\Box}^2 + 0.05 c_{H\Box} c_{HG} + 0.00 c_{H\Box} c_{qu}^8 + -0.00 c_{H\Box} c_{uG} + -0.00 c_{H\Box} c_{uH} + 0.40 c_{HG}^2 + 0.01 c_{HG} c_{qu}^8 + -0.00 c_{HG} c_{uG} + -0.00 c_{HG} c_{uH} + 0.00 c_{qu}^8{}^2 + -0.00 c_{qu}^8 c_{uG} + -0.00 c_{qu}^8 c_{uH} + -0.00 c_{uG}^2 + -0.00 c_{uG} c_{uH} + -0.00 c_{uH}^2$
$200 < p_T^H < 300$	$1 + 0.28 c_g + 0.11 c_{H\Box} + 0.78 c_{HG} + 0.04 c_{qu}^8 + -0.00 c_{uG} + -0.00 c_{uH} + 4.89 c_g^2 + 0.01 c_g c_{H\Box} + 0.13 c_g c_{HG} + 0.00 c_g c_{qu}^8 + 0.00 c_g c_{uG} + -0.00 c_g c_{uH} + 0.00 c_{H\Box}^2 + 0.07 c_{H\Box} c_{HG} + 0.00 c_{H\Box} c_{qu}^8 + 0.00 c_{H\Box} c_{uG} + 0.00 c_{H\Box} c_{uH} + 0.89 c_{HG}^2 + 0.02 c_{HG} c_{qu}^8 + -0.00 c_{HG} c_{uG} + 0.00 c_{HG} c_{uH} + 0.01 c_{qu}^8{}^2 + 0.00 c_{qu}^8 c_{uG} + 0.00 c_{qu}^8 c_{uH} + -0.00 c_{uG}^2 + 0.00 c_{uG} c_{uH} + -0.00 c_{uH}^2$
$300 \leq p_T^H$	$1 + 0.53 c_g + 0.11 c_{H\Box} + 0.94 c_{HG} + 0.07 c_{qu}^8 + -0.00 c_{uG} + -0.00 c_{uH} + 11.66 c_g^2 + 0.02 c_g c_{H\Box} + 0.86 c_g c_{HG} + 0.00 c_g c_{qu}^8 + 0.00 c_g c_{uG} + 0.00 c_g c_{uH} + 0.01 c_{H\Box}^2 + 0.15 c_{H\Box} c_{HG} + 0.00 c_{H\Box} c_{qu}^8 + 0.00 c_{H\Box} c_{uG} + 0.00 c_{H\Box} c_{uH} + 2.28 c_{HG}^2 + 0.04 c_{HG} c_{qu}^8 + -0.00 c_{HG} c_{uG} + 0.00 c_{HG} c_{uH} + 0.02 c_{qu}^8{}^2 + 0.00 c_{qu}^8 c_{uG} + 0.00 c_{qu}^8 c_{uH} + -0.00 c_{uG}^2 + 0.00 c_{uG} c_{uH} + -0.00 c_{uH}^2$

7 Conclusions

The studies of SMEFT in parametrizing the dimension-6 operators of ttH channel in the STXS measurements show the critical role that SMEFT plays in extending the capabilities of the SM. While the SM has been a remarkable framework for understanding particle interactions, it leaves numerous fundamental questions unanswered. SMEFT, with its introduction of higher-dimensional operators, steps forward as a bridge to the experiment and a theoretical framework that allows us to systematically probe deviations from SM's predictions. The study has mainly focused on the ttH(bb) channel, where the production of a top-quark pair accompanies a Higgs boson. Within this channel, SMEFT has demonstrated its sensitivity and power. We have employed advanced computational tools such as EFT2Obs to parametrize the effects of SMEFT coefficients and systematically explore their influence on observables. Our findings reveal that the ttH(bb) channel is grounds for probing new physics phenomena. Sensitivity in the high $p_T(H)$ region suggests deviations from the SM. Moreover, acceptance effects are significant, especially at high p_T , emphasizing the complicate between theoretical predictions and experimental realities. We also value reweighting techniques to align MC simulations with POWHEG events for precision in data analysis. This precision will be used in CMS Run 2 Higgs combination and guide future experiments.

References

- [1] J. Alwall, R. Frederix, S. Frixione, V. Hirschi, F. Maltoni, O. Mattelaer, H.-S. Shao, T. Stelzer, P. Torrielli, and M. Zaro. The automated computation of tree-level and next-to-leading order differential cross sections, and their matching to parton shower simulations. *Journal of High Energy Physics*, 2014(7), jul 2014.
- [2] Bertella C. Berger N. and Thomas P. Calvet et al. Simplified template cross sections - stage 1.1, 2019.
- [3] Ilaria Brivio, Yun Jiang, and Michael Trott. The SMEFTsim package, theory and tools. *Journal of High Energy Physics*, 2017(12), dec 2017.

- [4] ATLAS Collaboration. Observation of a new particle in the search for the standard model higgs boson with the ATLAS detector at the LHC. *Physics Letters B*, 716(1):1–29, sep 2012.
- [5] CMS Collaboration. Observation of a new boson at a mass of 125 GeV with the CMS experiment at the LHC. *Physics Letters B*, 716(1):30–61, sep 2012.
- [6] John Ellis. Smeft constraints on new physics beyond the standard model, 2021.
- [7] C. Oleari. The POWHEG BOX. *Nuclear Physics B - Proceedings Supplements*, 205-206:36–41, aug 2010.
- [8] Andre Sopczak. Precision measurements in the higgs sector at atlas and cms, 2020.