ด้วยสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี
ที่ได้พระราชทานโอกาสแก่เยาวชนไทยเข้าร่วมกิจกรรมนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปี 2561

นายภราดา ปรางค์ชัยกุล
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โดยการสนับสนุนของ
สถาบันวิจัยเดซี (Deutsches Elektronen-Synshrotron, DESY)
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)
และ สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

ด้วยสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี
ที่ได้พระราชทานโอกาสแก่เยาวชนไทยเข้าร่วมกิจกรรมนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปี 2561

นายภราดา ปรางค์ชัยกุล
สำนักวิชาวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โดยการสนับสนุนของ
สถาบันวิจัยเดซี (Deutsches Elektronen-Synshrotron, DESY)
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)
และ สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

คำนำ

รายงานฉบับนี้ถูกเขียนขึ้นเพื่อให้ข้อมูลและสร้างความเข้าใจในมุมมองส่วนตัวของข้าพเจ้าเกี่ยวกับโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปี 2561 ณ สถาบันเดซี เมืองฮัมบูร์ก สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี โดยส่วนของเนื้อหารายงานเริ่มจากการแนะนำสถาบันเดซีในมุมมองของผู้ชื่นชอบทฤษฎี ตารางกิจกรรมในโครงการข้างต้น บันทึกประจำวันของข้าพเจ้า งานวิจัยโดยสรุป และบทสรุปของการเข้าร่วมโครงการตลอดระยะเวลา 53 วัน

ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์รวมทั้งให้สาระและบันเทิงแก่ผู้อ่านไม่มากก็น้อย โดยหากมีความผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขออภัยมา ณ ที่นี้

นายภราดา ปรางค์ชัยกุล
ผู้แทนประเทศไทยในโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปี 2561

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณล้นเกล้าฯ ในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีอย่างหาที่สุดมิได้ ที่ได้พระราชทานโอกาสให้ข้าพเจ้าได้เข้าร่วมเป็นผู้แทนประเทศไทยในโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปีพุทธศักราช 2561 ณ สถาบันเดซี เมืองฮัมบูร์ก สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

ข้าพเจ้าขอขอบคุณบุคลากรจากสำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือทั้งการเตรียมความพร้อมก่อนการเดินทางและระหว่างโครงการ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชิโนรัตน์ กอบเดช และรองศาสตราจารย์ ดร. ปริญญา การดำริห์ สำหรับการเตรียมความพร้อมทางด้านวิชาการก่อนและระหว่างการเข้าร่วมโครงการ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ Elli Pomoni และกลุ่มวิจัย DESY Theory Group สำหรับการสนับสนุน การดูแล และการช่วยเหลือในเรื่องต่าง ๆ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณพีระ ศรีมาขะจร ที่ช่วยดูแล แนะนำสถานที่ และตระเวนหาร้านอาหารกับข้าพเจ้าระหว่างที่พักอยู่ในสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ คุณธนัช ศังขะกฤษณ์ สำหรับการให้คำปรึกษาในการใช้ชีวิตขณะอยู่ในโครงการ และการแนะนำสิ่งต่าง ๆ ในสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนีระหว่างเตรียมความพร้อม

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ Adam Lantos และ Ruaraidh Osborne ที่ช่วยเป็นเพื่อนในการแลกเปลี่ยนความรู้และทักษะต่าง ๆ ในทางฟิสิกส์ระหว่างโครงการจนถึงปัจจุบัน

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ Henrikas Svidras, José Manuel Clavijo, Stasis Chuchurka เพื่อน ๆ จาก Guest House 8 และนักศึกษาภาคฤดูร้อนทุกคน สำหรับอาหารที่ดี การเล่นเกมใหม่ ๆ การแลกเปลี่ยนทัศนคติ และมิตรภาพที่ไม่อาจลบเลือน

ข้าพเจ้าขอขอบคุณเพื่อน ๆ และรุ่นพี่ตัวแทนประเทศไทยประจำปี 2561 ทุกคนสำหรับมิตรภาพที่หาที่ไหนไม่ได้ และขอขอบคุณทุกคนที่มีส่วนร่วมให้ข้าพเจ้ามีโอกาสที่ล้ำค่ามา ณ ที่นี้

นายภราดา ปรางค์ชัยกุล

ผู้แทนประเทศไทยในโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปี 2561

“I can do all things through Christ who strengthens me”

Philippians 4:13

สารบัญ

บทนำ	6
ตารางกิจกรรมของนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี (ฮัมบูร์ก)	7
บันทึกประจำวัน	9
งานวิจัยโดยคร่าว	27
บทสรุปของการเดินทาง	28
ภาคผนวก	29

บทนำ

หากพูดถึง DESY (เดซี: Deutches Electronen-Synchrotron) มุมมองของคนทั่วไปคงจะนึกถึงศูนย์ซินโครตรอนในสหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนีที่มีประวัติศาสตร์ยาวนานตั้งแต่ปี 1959 ซึ่งมีเครื่องเร่งอนุภาคชื่อ PETRA, HERA, DORIS ฯลฯ ซึ่งนั่นคงเป็นสิ่งที่ทุกคนจะเขียนถึงหากคนเหล่านั้นกำลังพยายามจะอธิบายว่า DESY คืออะไร แต่เนื่องจากข้าพเจ้าซึ่งถือว่าตนเป็นนักฟิสิกส์ทฤษฎีอยากจะเล่าเรื่องของ DESY ในมุมมองของข้าพเจ้าที่ไม่เหมือนกับคนอื่น ๆ ข้าพเจ้าจึงอยากโฆษณา DESY ในแบบนักทฤษฎี เพื่อให้ผู้อ่านได้มององค์กรนี้ในมุมมองที่แปลกใหม่

ในปัจจุบันทฤษฎีทางฟิสิกส์ได้มีการพัฒนาไปไกลมากจนหากเทียบสิ่งที่เรารู้ในปัจจุบันกับสิ่งที่นักฟิสิกส์รู้เมื่อ 100 ปีที่แล้ว เขาเหล่านั้นคงจะตกใจกับสิ่งที่เปลี่ยนไปอย่างมาก เนื่องจากในช่วงทศวรรตที่ 1900 ถึง 1930 ได้มีการพัฒนาทฤษฎีสัมพัธภาพของ Einstein และกลศาสตร์ควอนตัม จนในช่วงปี 1950 นักฟิสิกส์ก็ได้รู้จักกับทฤษฎีสนามควอนตัม (Quantum Field Theory) อย่างเป็นทางการ หลังจากนั้นก็ได้มีการแตกออกของการศึกษาทางฟิสิกส์อย่างมากมาย เช่น String Theory, Quantum Chromodynamics, Standard Model, Higgs Physics ฯลฯ นอกจากนั้นในช่วงปี 1970-1980 ก็ได้มีการพัฒนาทฤษฎี Supersymmetry ซึ่งทำให้ได้ Superstring Theory และ Supergravity ตามมาด้วย จนในปี 1994 Witten ได้เสนอว่ามีทฤษฎีหนึ่งอยู่ใน 11 มิติ เรียกว่า M-Theory ซึ่งเป็นทฤษฎีที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของ Superstring และ Supergravity ซึ่งถือเป็นการปฏิวัติ String Theory ครั้งใหญ่

หากผู้อ่านสังเกตการพัฒนาของฟิสิกส์ทฤษฎีในช่วง 100 ถึง 120 ปีที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าทฤษฎีต่าง ๆ ถูกพัฒนามาไกลเป็นอย่างมาก และหากทำการศึกษางานวิจัยในแต่ละช่วงอย่างละเอียดผู้อ่านจะเห็นได้ว่าหลาย ๆ ช่วงของการพัฒนามีนักวิทยาศาสตร์จาก DESY และ Universität Hamburg ที่มีส่วนร่วมอยู่ เช่น Supersymmetry ซึ่งมี Rudolf Haag เป็นหนึ่งในผู้ค้นพบความเป็นไปได้ที่จะมี Supersymmetry และ Julius Wess เป็นบุคคลที่มีส่วนช่วยในการพัฒนาโมเดลทางทฤษฎี นอกจากนี้ยังมีอีกหลายคนจาก DESY ที่ร่วมพัฒนาฟิสิกส์ทฤษฎี เช่น Wolfgang Pauli, Hermann Nicolai, Jan Louis, Volker Schomerus, Henning Samtleben ฯลฯ จนทำให้ความเข้าใจของนักฟิสิกส์ทั่วโลกในการศึกษาทฤษฎีเหล่านี้เปลี่ยนไปอย่างมาก

ตารางกิจกรรมของนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี (ฮัมบูร์ก)

ในค่ายฤดูร้อนครั้งนี้ มีผู้เข้าร่วมจากประเทศต่าง ๆ 28 ประเทศ จำนวน 100 คน โดยในที่นี้มีการแบ่งคนออกเป็นสองกลุ่มวิจัยคือ กลุ่มวิจัยฟิสิกส์พลังงานสูง (High Energy Physics) และกลุ่มวิจัยฟิสิกส์ของแสง (Photonic Physics) ซึ่งข้าพเจ้านั้นได้มีโอกาสทำงานในกลุ่มวิจัยฟิสิกส์พลังงานสูงในส่วนของกลุ่มทฤษฎี ต่อไปนี้คือตารางกิจกรรมของโครงการ DESY Summer School 2018 จากเว็บไซต์ https://summerstudents.desy.de

Mon 16/07	Tue 17/07	Wed 18/07	Thu 19/07	Fri 20/07
	10:15 Welcome Session (: Main Auditorium)	*10:30* Introduction to HEP (Geiser, Achim) (: Main Auditorium)	*09:30* Introduction to HEP (Geiser, Achim) (: Main Auditorium)	*09:30* Introduction to HEP (Geiser, Achim) (: Main Auditorium)
	14:00 Introduction to Library (: Main Auditorium)	*11:30* Introduction to HEP (Geiser, Achim) (: Main Auditorium)	*10:30* Introduction to Photon Science (Dr. Gehrke, Rainer) (: Main Auditorium)	*10:30* Introduction to Photon Science (Dr. Gehrke, Rainer) (: Main Auditorium)
	14:30 Safety Lecture for HEP (: Main Auditorium)		*11:30* Introduction to Photon Science (Dr. Gehrke, Rainer) (: Main Auditorium)	*11:30* Introduction to Photon Science (Dr. Gehrke, Rainer) (: Main Auditorium)
	18:00 Welcome Party (Canteen Extension)			*14:00* Hamburg Touristic Marathon (Dr. Behnke, Olaf) (: Main Auditorium)

สัปดาห์ที่ 1

Mon 23/07	Tue 24/07	Wed 25/07	Thu 26/07	Fri 27/07
10:30 Introduction to Accelerator Physics (Dr. Castro, Pedro) (main Auditorium:)	*10:15* Directors Welcome (main Auditorium:)		*09:30* Detectors for HEP (Gregor, Ingrid-Maria) (main Auditorium:)	*10:30* HEP Theory (Grojean, Christophe) (main Auditorium:)
11:30 Introduction to Accelerator Physics (Dr. Castro, Pedro) (main Auditorium:)	*10:30* Introduction to Accelerator Physics (Dr. Castro, Pedro) (main Auditorium:)		*10:30* Detectors for HEP (Gregor, Ingrid-Maria) (main Auditorium:)	*11:30* HEP Theory (Grojean, Christophe) (main Auditorium:)
14:00 DESY Tour (DESY: Foyer Auditorium)	*11:30* Introduction to Accelerator Physics (Dr. Castro, Pedro) (main Auditorium:)		*11:30* Detectors for HEP (Gregor, Ingrid-Maria) (main Auditorium:)	
	14:00 DESY Tour 2pm - 4pm (DESY: Foyer Auditorium)			

สัปดาห์ที่ 2

Mon 30/07	Tue 31/07	Wed 01/08	Thu 02/08	Fri 03/08
		09:30 Detectors for HEP (Gregor, Ingrid-Maria) (Building 2a: SR 2)	*10:30* HEP Theory (Grojean, Christophe) (Building 2a: SR 2)	*10:30* HEP Theory (Grojean, Christophe) (Building 2a: SR 2)
		10:30 Detectors for HEP (Gregor, Ingrid-Maria) (Building 2a: SR 2)	*11:30* HEP Theory (Grojean, Christophe) (Building 2a: SR 2)	*11:30* HEP Theory (Grojean, Christophe) (Building 2a: SR 2)
		11:30 Detectors for HEP (Gregor, Ingrid-Maria) (Building 2a: SR 2)		

สัปดาห์ที่ 3

Mon 06/08	Tue 07/08	Wed 08/08	Thu 09/08	Fri 10/08
10:30 Quantum Chromodynamics (QCD) (Dr. Diehl, Markus) (Building 2a: SR 2)	*10:30* Quantum Chromodynamics (QCD) (Dr. Diehl, Markus) (Building 1: SR 4ab)	*10:30* Dark Matter (Dr. Lindner, Axel) (Main Auditorium:)		*09:30* ALPS II (Dr. Lindner, Axel) (main Auditorium:)
11:30 Quantum Chromodynamics (QCD) (Dr. Diehl, Markus) (Building 2a: SR 2)	*11:30* Quantum Chromodynamics (QCD) (Dr. Diehl, Markus) (Building 1: SR 4ab)	*11:30* Dark Matter (Dr. Lindner, Axel) (main Auditorium:)		*10:30* String Theory (Schomerus, Volker) (Building 2a: SR 2)
	13:00 XFEL TOUR: Aug 7, 2018, 2.15pm-4.15pm: start at DESY main gate (Universe)	*13:00* XFEL TOUR: Aug 8, 2018, 2.15pm-4.15pm: start at DESY main gate (Universe)		*11:30* String Theory (Schomerus, Volker) (Building 2a: SR 2)

สัปดาห์ที่ 4

Mon 13/08	Tue 14/08	Wed 15/08	Thu 16/08	Fri 17/08
	10:30 Physics beyond the Standard Model (Grojean, Christophe) (Building 1: SR 4ab)	*10:30* Higgs Physics (Dr. Raspereza, Alexei) (Building 2a: SR 2)		*10:30* Astroparticle Physics (Dr. Maier, Gernot) (main Auditorium:)
	11:30 Physics beyond the Standard Model (Grojean, Christophe) (Building 1: SR 4ab)	*11:30* Higgs Physics (Dr. Raspereza, Alexei) (Building 2a: SR 2)		*11:30* Astroparticle Physics (Dr. Maier, Gernot) (main Auditorium:)
				17:30 PIER Party for DESY summerstudents (Canteen Extension)

สัปดาห์ที่ 5

Mon 20/08	Tue 21/08	Wed 22/08	Thu 23/08	Fri 24/08
10:30 Cosmology (SPECIAL Seminar) (Westphal, Alexander) (Building 2a: SR 2)		*09:30* ILC, CLIC and other future accelerators (Dr. Buesser, Karsten) (Building 2a: SR 2)		*10:30* Flavour Physics (SPECIAL Seminar) (Cunliffe, Sam) (Building 2a: SR 2)
11:30 Cosmology (SPECIAL Seminar) (Westphal, Alexander) (Building 2a: SR 2)		*10:30* ILC, CLIC and other future accelerators (Dr. Buesser, Karsten) (Building 2a: SR 2)		*11:30* Flavour Physics (SPECIAL Seminar) (Cunliffe, Sam) (Building 2a: SR 2)
		11:30 Plasma Wake Field Acceleration (Osterhoff, Jens) (Building 2a: SR 2)		

สัปดาห์ที่ 6

Mon 27/08	Tue 28/08	Wed 29/08	Thu 30/08	Fri 31/08
10:30 Top Physics (Grohsjean, Alexander) (Building 2a: SR2)				
11:30 Top Physics (Grohsjean, Alexander) (Building 2a: SR2)				

สัปดาห์ที่ 7

Mon 03/09	Tue 04/09	Wed 05/09	Thu 06/09	Fri 07/09
			08:00 DESY Summer Student Programme evaluation (DESY Hamburg: Main Auditorium)	
			09:00 Summer Student Session (SR 4 Building 1b:)	

สัปดาห์ที่ 8

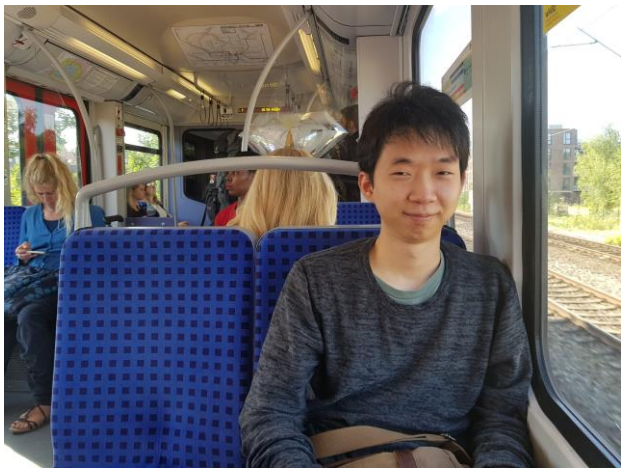
บันทึกประจำวัน

วันเสาร์ที่ 14 กรกฎาคม กรกฎาคม 2561

วันแรกของการเดินทางออกจากบ้าน ข้าพเจ้าเริ่มเดินทางตั้งแต่ 8:30 น. จากบ้านที่จังหวัดนครราชสีมา ถึงสนามบินสุวรรณภูมิเวลาประมาณบ่ายโมงกว่า ๆ ทำการอำลาพ่อแม่และญาติ ๆ จนถึงบ่ายสอง จากนั้นประมาณสี่โมงเย็นได้เดินเล่นในสนามบินจนถึงประมาณหกโมงเย็น หลังจากนั้นก็นั่งรอเครื่องจน 22.00 น. และ take off

วันอาทิตย์ที่ 15 กรกฎาคม 2561

Landing! วันนี้เป็นวันแรกที่ข้าพเจ้าได้เหยียบแผ่นดินเยอรมัน ต้องบอกเลยว่าชีวิตที่เยอรมันตั้งแต่ชั่วโมงแรกคือการวิ่งอย่างไม่คิดชีวิต แม้ว่าเครื่องบินจะ delay แล้วก็ยังถูกเปลี่ยน gate ที่สนามบิน Frankfurt อีก.. ความวุ่นวายนี้ช่างน่าวิตก แต่อย่างไรก็ตามเมื่อได้ขึ้นเครื่องจาก Frankfurt แล้วทุกสิ่งก็คลายความกังวลลง ขณะที่ข้าพเจ้ากำลังนั่งอ่านหนังสือเจ้าชายน้อยอยู่บนเครื่อง คุณป้าชาวแคนาดาก็ได้หันมาพูดคุยแล้วถามว่าเชิงตลกกับข้าพเจ้าว่า “Are you reading the little prince?”



เมื่อเครื่องลง รุ่นพี่คนไทยที่สนิทกันกับข้าพเจ้าก็ได้ไปรับที่สนามบิน Hamburg และเราก็เริ่มการผจญภัยในเมืองใหญ่กันวันแรก นอกจากนั้นยังมีการนั่งรถบัสแบบจ่ายเงินมั่ว ๆ และการพยายามซื้ออาหารจากร้าน Lidl แบบงง ๆ จนพนักงานก็ยังทำท่าสงสาร สรุปก็คือวันแรกในเยอรมันนั้นช่างวุ่นวายแต่ก็สนุกและท้าทายสำหรับข้าพเจ้ามาก

ข้าพเจ้าพักอยู่ที่หอพัก Guest house 8 (building 7a) หรือเรียกว่า Wooden Hostel

วันจันทร์ที่ 16 กรกฎาคม 2561

วันนี้เป็นวันแรกที่ข้าพเจ้าได้ตื่นนอนมาพบกับประเทศที่ไม่ใช่บ้านของข้าพเจ้า ความรู้สึกของการได้อยู่ในสถานที่ใหม่และความตื่นเต้นที่ได้เริ่มใช้ชีวิตด้วยตัวเองในต่างแดนอีกครั้ง แถมครั้งนี้ยังเป็นการออกจากไทยนานที่สุดเท่าที่เคยมีมา Honeymoon stage ได้เริ่มขึ้นแล้ว

วันแรกเริ่มจากการตื่นมาเปิดหน้าต่างที่ห้องเพื่อพบกับความหนาวเย็นของฤดูร้อน การพูดแล้วมีควันออกจากปาก และ Jet lag ที่ทำให้การตื่นเช้าเป็นเรื่องง่ายดาย ข้าพเจ้าได้เดินเล่นอย่างใจเย็นเนื่องจากค่ายฤดูร้อนยังไม่เริ่มขึ้น ข้าพเจ้าได้มีโอกาสเดินไปยังประตูใหญ่ของ DESY และทักทายลุงยามที่กำลังปฏิบัติหน้าที่แต่เช้าตรู่ ทุกคนดูขยันและมีรอยยิ้มอย่างน่าประหลาด ทั้ง ๆ ที่มีแต่ข่าวลือว่าเยอรมันไม่ใช่ประเทศที่คนจะทำหน้าตามีความสุขอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้แม้วันนี้เป็นวันที่สองในเยอรมันของข้าพเจ้าแต่เป็นวันแรกของคนอื่นอีกหลายคน ด้วยความที่ข้าพเจ้าเป็นคนอัธยาศัยดีจึงได้ไปนั่งเล่นที่ห้องครัวของ hostel เพื่อที่จะรอคนอื่น ๆ ที่กำลังงงกับการใช้กุญแจห้อง โดยข้าพเจ้าเข้าไปถามและสร้างความสัมพันธ์อย่างรวดเร็วจนอีกฝ่ายไม่ทันตั้งตัว ในที่สุดเพื่อนคนแรกก็มา ชื่อของเขาคือ Oscar เป็นพ่อหนุ่มสวีเดนอายุ 25 ปีเรียนที่อังกฤษ มีความฝันอยากทำงานทางด้านฟิสิกส์อย่างจริงจัง เราคุยกันอย่างสนุกสนานจนผู้หญิงคนหนึ่งเข้ามา ชื่อของเธอคือ Miho หญิงสาวชาวญี่ปุ่นที่มีสำเนียงอเมริกัน ซึ่งเรียนอยู่ที่อังกฤษเหมือนกันกับ Oscar หลังจากที่ Miho มาร่วมวงสนทนากับเรา ข้าพเจ้าก็กลายเป็น “ไกจิน (ภาษาญี่ปุ่นแปลว่าคนนอก)” ทันที เพราะทั้งสองคนเอาแต่คุยเรื่องอังกฤษและการทดลองทางฟิสิกส์ ส่วนข้าพเจ้าทำงานทฤษฎีจึงต้องบอกลาการสนทนานั้น หลังจากนั้นก็มีอีกหลาย ๆ คนเดินเข้ามาใน hostel

ในบ่ายวันนั้นข้าพเจ้ากับ Oscar ได้มีโอกาสออกไปเดินเล่นในเมือง Hamburg และได้พบว่ามันไม่หนาวอีกต่อไปแล้ว นี่ผ่านมาแค่ 6 ชั่วโมงเท่านั้นแต่พลังแห่งความร้อนก็ชนะความหนาวของยุโรปไปได้ คืนนั้นก็ร้อนจนข้าพเจ้านอนแทบไม่หลับ แต่สุดท้ายความง่วงก็ชนะความร้อนอีกที

วันอังคารที่ 17 กรกฎาคม 2561

Jet lag is real and it happened to me. ข้าพเจ้าต้องเผชิญหน้ากับ jet lag เป็นครั้งที่สอง มันช่างไม่น่ารักเอาเสียเลย ข้าพเจ้าตื่นมาเวลาเดิมคือราว ๆ 4:30 น. แม้ว่าจะนอนตอน 10:00 น. ก็ตาม อย่างไรก็ดีวันนี้เป็นวันแรกของค่ายนี้ ข้าพเจ้าจึงต้องยอมรับมันและตื่นขึ้นมาอย่างงง ๆ

วันนี้เริ่มต้นด้วยงานเอกสาร Welcome talk อบรมเล็กน้อย และจบด้วยงานเอกสารเป็นภูเขา ถ้าไม่นับการได้รู้จักเพื่อนใหม่แล้ววันนี้คงไม่ค่อยน่าจดจำ แต่มันมีการได้รู้จักเพื่อนใหม่วันนี้จึงเป็นวันที่น่าจดจำมาก ๆ วันหนึ่ง ความวิเศษของมันคือข้าพเจ้าได้มี office เป็นของตัวเอง เสียตรงที่ว่ามันอยู่ไกลจากโรงอาหารและตึกเรียนถึง 1 กิโลเมตร แต่ที่แย่ที่สุดคือมันอยู่ไกลจากห้องพักอาจารย์มากกว่าด้วยซ้ำ ในตึกนี้มีผู้ร่วมชะตากับข้าพเจ้าถึง 5 คน คือ Adam ชาวไซปรัส Maya ชาวสหรัฐ Ruaraidh (อ่านว่า Ruary) ชาวสก็อตแลนด์ Thea และ Alex ชาวเยอรมัน

ในเย็นวันนั้นมีงานเลี้ยงต้อนรับซึ่งอาหารดีมาก ๆ และมีเครื่องดื่มฟรีที่แสนอร่อย ช่างเป็นบรรยากาศที่น่าจดจำสำหรับคนชอบของฟรีอย่างข้าพเจ้ายิ่งนัก และยังได้ทำความรู้จักกับคนใหม่ ๆ อีกมากมาย พร้อมกับเปิดตัวความเป็นคนไทยอย่างงดงามด้วยการผูกสัมพันธไมตรีกับเพื่อน ๆ จากหลากหลายประเทศ

วันพุธที่ 18 กรกฎาคม 2561

วันนี้ไม่ค่อยมีอะไรมากมาย มีเพียงการเรียนหนึ่งคาบ และเริ่มเข้า office เพื่อทำงานเป็นวันแรก แต่ปัญหาเกิดเมื่อเข้า office ช่วงบ่าย เนื่องจากคอมพิวเตอร์ที่ทาง DESY จัดไว้ให้ในตึก 67 ซึ่งเป็น office ของข้าพเจ้านั้น “ใช้ไม่ได้” เนื่องจากปัญหาของทาง admin หน้าที่ของข้าพเจ้ากับเพื่อนอีกคน (Ruaraidh) คือการเดินเรื่องให้คอมพิวเตอร์ของเราสามารถใช้งานได้อย่างปกติ ทำให้เราเสียวันนี้ไปกับการแก้ปัญหาคอมพิวเตอร์ที่ก็แก้ไม่ได้จนกระทั่งวันต่อมา

วันพฤหัสบดีที่ 19 กรกฎาคม 2561

วันนี้มีการเรียน Photon Science ในช่วงเช้าและมีการทำงานในช่วงบ่าย เนื่องจากอาจารย์ที่ปรึกษาของข้าพเจ้าไปงานประชุมที่ฝรั่งเศสช่วงสองสัปดาห์แรก ดังนั้นงานของข้าพเจ้าในช่วงบ่ายคือการอ่านหนังสือเตรียมตัวรอจนกว่าอาจารย์จะมาถึง

วันศุกร์ที่ 20 กรกฎาคม 2561

วันนี้ไม่ต่างจากเมื่อวานเท่าไรนัก เริ่มรู้สึกตัวแล้วว่ายิ่งเวลาผ่านไปยิ่งมีเรื่องให้เขียนในแต่ละวันน้อยลงจริง ๆ เนื่องจากข้าพเจ้าต้องตั้งใจทำงานเป็นอย่างมาก จึงไม่ได้มีเวลาไปเที่ยวในเมืองเหมือนวันแรกๆ แล้ว

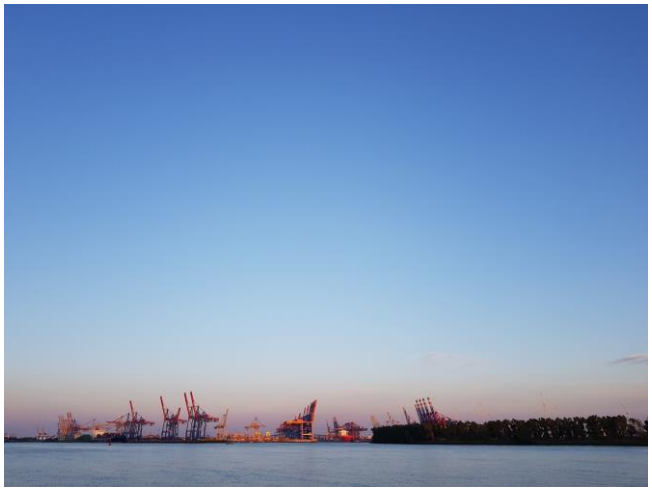
วันเสาร์ที่ 21 กรกฎาคม 2561

วันนี้ข้าพเจ้าได้หม้อหุงข้าวจากรุ่นพี่ชาวไทยใน Hamburg และยังได้ข้าวฟรีจากป้าชาว Philippines ซึ่งเป็นเจ้าของห้องที่รุ่นพี่เช่าอยู่ วันนี้เป็นวันเกิดป้าซึ่งข้าพเจ้าก็ได้ทานอาหารฟรีไปด้วยอีก ถือเป็นวันที่น่าสนใจจริง ๆ

วันอาทิตย์ที่ 22 กรกฎาคม 2561

วันนี้เป็นวันพักผ่อนแบบจริงจัง ข้าพเจ้าตื่นมาคุยกับแฟนสาว ทำอาหาร และออกไปเดินเล่นกับเพื่อนชาวไซปรัสในเวลาเย็น วันนี้จึงไม่มีอะไรมาก มีแต่เพียง culture shock และคำถามมากมายเกี่ยวกับวันอาทิตย์ของเยอรมัน ทำไมเขาถึงต้องหยุดงานกันหมดประเทศด้วยนะ

สรุปการอยู่เยอรมันสัปดาห์แรก ข้าพเจ้าใช้เวลาไปกับการเดินเล่นเยอะมาก ๆ แม้จะไม่ค่อยได้ออกจากบ้านก็ตาม ทำให้มีระยะในการเดินถึงราว ๆ 72 กิโลเมตรใน 8 วัน



วันจันทร์ที่ 23 กรกฎาคม 2561

วันนี้มีเรียนตอนเช้าตามตาราง ความสนุกของการเรียนขึ้นอยู่กับความชอบในเนื้อหา ส่วนข้าพเจ้านั้นคงขอละเรื่องความสนุกไว้ และช่วงบ่ายก็เข้าทำงานเหมือนเดิม เพิ่มเติมคือข้าพเจ้าและเพื่อน ๆ พยายามจะชงกาแฟกัน ทว่ามันช่างยากเหลือเกิน

เย็นวันนี้ข้าพเจ้าได้ออกนอกที่พักสักทีหลังจากที่กระหายการออกนอกบ้านมานาน วันนี้ข้าพเจ้าได้ไปเที่ยวเตร็จเตร่ในเมือง และซื้อซิมการ์ดของเยอรมัน เป็นอีกโลกที่ไม่เคยเข้าถึงเลยทีเดียว ข้าพเจ้าไม่คิดมาก่อนว่าการเปิดเบอร์โทรศัพท์ใหม่ในต่างประเทศมันจะยากขนาดนี้ แต่อย่างไรก็ดีมันไม่ได้ยากกับข้าพเจ้า แต่ยากกับเพื่อนอีกคน ข้าพเจ้าแค่ให้ Passport เขาไป เขาก็จัดการให้ทุกอย่างแบบไม่คำนึงถึงอะไรเลย แต่เพื่อนอีกคนกลับต้องมีที่พักในเยอรมันอย่างชัดเจน มีอะไรอีกหลายอย่าง จนท้ายที่สุดก็เปิดเบอร์ไม่ได้ ถือว่าเป็นความเศร้าในระดับแรก ๆ หรือจะบอกได้ว่าเป็นเหมือนกับการ Welcome to Germany อย่างเป็นทางการ และวันนี้ข้าพเจ้ายังสามารถชักชวนเพื่อน ๆ และรุ่นพี่ไปทานอาหารจีนที่ต่างแดนกันครั้งแรก ถือเป็นประสบการณ์ที่ดีมาก ๆ ข้าวผัดกุ้งแบบจีนนี่อร่อยจริง ๆ

วันอังคารที่ 24 กรกฎาคม 2561

วันนี้มีเรียนตอนเช้าและชมเครื่องเร่งอนุภาค HERA ในช่วงบ่าย ข้าพเจ้าต้องยอมรับว่าวันนี้ไม่ค่อยเข้ากับข้าพเจ้าสักเท่าไร เพราะข้าพเจ้าเป็นคนไม่ชอบการทัวร์มากนัก แต่มาถึงนี่ทั้งทีไม่ไปก็คงจะเสียดาย

วันพุธที่ 25 กรกฎาคม 2561

วันนี้น่าจะดูเงียบเหงาที่สุดในสัปดาห์ ข้าพเจ้าไม่ค่อยได้ทำอะไรเท่าไร เพียงแต่ทำงานเดิม ๆ อ่านหนังสือรออาจารย์มา แต่ก็สนุกไปอีกแบบ เหมือนกับทำงานไปพักไปในตัว ความเครียดมันยังมาไม่ถึงต่างหาก

วันพฤหัสบดีที่ 26 กรกฎาคม 2561

วันนี้ได้เรียนเรื่องเครื่องเร่งอนุภาค เป็น lecture ที่ข้าพเจ้าชอบที่สุดในช่วงที่ผ่านมา แม้จะเป็นการทดลองที่ข้าพเจ้าไม่อยากจะใกล้ก็ตาม แต่เขากลับใส่รายละเอียดทางทฤษฎีไว้เยอะจนน่าตกใจ ทำให้ข้าพเจ้าเปิดโลกขึ้นมาไม่มากก็น้อย

วันศุกร์ที่ 27 กรกฎาคม 2561

วันนี้บรรยาย High Energy Physics (HEP) Theory โดยรวมข้าพเจ้าก็ให้ผ่าน แต่ข้าพเจ้าเป็นพวก Hardcore นี่สิ ทำให้ข้าพเจ้าไม่ค่อยชอบการบรรยายแบบนี้สักเท่าไร แต่ก็เข้าใจได้ เพราะคนส่วนใหญ่ทำงานทดลอง ทำให้อาจารย์ต้องเปิดมุมมองให้กับนักทดลองด้วย เพื่อที่ทุกคนจะมีแนวคิดเจ๋ง ๆ ออกมา จะให้มาใส่คณิตศาสตร์ทั้งวันมันคงจะดูบ้าบิ่นเกินไปหน่อย

เย็นนี้ข้าพเจ้ามีนัดกับเพื่อนและรุ่นพี่ เรากำลังจะเดินทางไป Munich กัน เนื่องจากสุดสัปดาห์นี้เราทุกคนว่าง และเพื่อนที่ CERN กับ GSI ก็อยาก reunite เราเลยตัดสินใจไปให้ไกลสุดขอบเยอรมัน ซึ่งมันเป็นการตัดสินใจที่พลาดมาก เพราะกลุ่มข้าพเจ้าที่ไปจาก Hamburg ต้องนั่งรถบัสถึง 15 ชั่วโมง ช่างทรมานอะไรเช่นนี้ แต่ Munich ก็เป็นที่ที่ worth sacrifice ยอมปวดตัวหน่อยแล้วกัน

วันเสาร์ที่ 28 กรกฎาคม 2561

วันนี้มาถึง Munich ประมาณ 9:00 น. ร่างกายเหนื่อยอ่อน แต่การเที่ยวสำคัญกว่าเพราะมีเวลาแค่สองวันเท่านั้น ข้าพเจ้ากับเพื่อน ๆ ได้มีโอกาสไปหลาย ๆ ที่ใน Munich ยอมรับว่าวันนี้ยังไม่ชอบเท่าไร เมืองนี้โดยรวมก็สวยดี แต่ของแพงไปหน่อยจนข้าพเจ้ารู้สึกจนขึ้นมาทันที แต่มีร้านอาหารที่ดีมาก ๆ อยู่หลายที่ที่ทำให้เงินเป็นแค่กระดาษไป

ปล. ขาหมูเยอรมันของจริงนี่อร่อยจนไม่คิดเรื่องเงินเลยทีเดียว

วันอาทิตย์ที่ 29 กรกฎาคม 2561

วันนี้วันสุดท้ายใน Munich ยอมรับว่าเมื่อวานค่อนข้างผิดหวัง มีเพียงอาหารเท่านั้นที่เยียวยาความรู้สึกนี้ได้ ขาหมู ขาหมู ขาหมู มีแต่ขาหมูในหัวเท่านั้น แต่จะให้กินตลอดเวลาคงจะไม่ไหว วันนี้พวกข้าพเจ้าเลยไปหาเที่ยวเล่นกันต่อ แต่วันนี้ประทับใจแล้ว พวกข้าพเจ้าได้ไป Science Museum ซึ่งลดราคาให้กับนักศึกษาด้วย ระหว่างที่เดินเล่นอยู่ใน Museum ข้าพเจ้ากับเพื่อน ๆ ต่างขนลุกและซาบซึ้งกับความเจ๋งของมันเป็นอย่างมาก ต่างคนต่างบอกว่าเราจะกลับไปทำ Science museum ที่ไทยให้ได้ เราจะให้คนไทยได้เห็นความสวยงามของวิทยาศาสตร์เหมือนที่เราได้เห็น เราจะต้องเปลี่ยนประเทศนี้ด้วยวิทยาศาสตร์ให้ได้

สุดท้ายวันนั้นเราก็ไปกินขาหมูที่เดิม เย็นวันนั้นเองเราต่างก็ได้เดินทางกลับเมืองของแต่ละคน

วันจันทร์ที่ 30 กรกฎาคม 2561

วันนี้ไม่มีการเรียน และข้าพเจ้าถึง Hamburg ประมาณ 11:00 น. วันนี้อาจารย์มาทำงานวันแรกหลังจากที่หยุดไป 2 สัปดาห์ เป็นการได้เจอตัวเป็น ๆ กันครั้งแรก และเราได้คุยงานกันอย่างจริงจัง ถือเป็นวันที่ดีอีกวันหนึ่ง

วันอังคารที่ 31 กรกฎาคม 2561

วันนี้ไม่มีการเรียนการสอน แต่ทุกคนก็ตั้งใจทำงานกันอย่างขยันขันแข็ง ข้าพเจ้ากับเพื่อน ๆ ก็ได้ discuss ข้อมูลต่าง ๆ กันอย่างมากมาย

วันพุธที่ 1 สิงหาคม 2561

วันนี้ก็มีการเรียนตามตารางปกติ ไม่มีอะไรมาก และช่วงบ่ายข้าพเจ้าก็ได้พบกับอาจารย์อีกครั้ง เราคุยงานกันเล็กน้อย และข้าพเจ้าได้การบ้านเพิ่มเล็กน้อย ถือว่าสนุกดี

วันพฤหัสบดีที่ 2 สิงหาคม 2561

วันนี้มีการบรรยาย HEP Theory อีกครั้ง ก็เหมือนเดิม ข้าพเจ้าคง Hardcore เกินไป ยังไม่ค่อยชอบอะไรครึ่ง ๆ กลาง ๆ แต่โดยรวมก็สนุกดี เป็นการบรรยายที่ต้องใช้ความรู้พื้นฐานเยอะ

วันศุกร์ที่ 3 สิงหาคม 2561

วันนี้มีเรียนเหมือนเมื่อวาน เย็นวันนี้ข้าพเจ้าอยากกินบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปมาก ๆ ข้าพเจ้าจึงไปหาซื้อมาและกินที่ห้องรุ่นพี่

วันเสาร์ที่ 4 สิงหาคม 2561

สงสัยเมื่อวานรุ่นพี่จะสงสารข้าพเจ้าที่ต้องกินบะหมี่แบบนั้นอย่างเหงาๆ วันนี้เราจึงไปร้านเอเชียกันเพื่อจะตุนอาหารเอเชียเอาไว้ งานนี้ข้าพเจ้าก็จัดหนักกับการซื้อเครื่องปรุงที่จะทำให้ข้าพเจ้าอยู่รอดในอีกเดือนกว่า ๆ

นอกจากนั้นเรายังไป Hamburg dome ซึ่งเป็นงานเทศกาลสวนสนุกฤดูร้อน แต่ทำไมถึงมีเบียร์วางขายที่เครื่องเล่นของเด็กกันนะ

วันอาทิตย์ที่ 5 สิงหาคม 2561

วันนี้เป็นวันแรกที่ข้าพเจ้าไปโบสถ์ที่เยอรมัน (เนื่องจากข้าพเจ้าเป็นคริสเตียน) โบสถ์ที่ข้าพเจ้าไปชื่อว่า Vineyard Altona อยู่ที่สถานี Königstraße สนุกมาก ๆ ไม่ต่างจากโบสถ์ที่ไทยเลย ทุกคนยิ้มแย้มดีมาก เสียตรงที่โบสถ์เป็นภาษาเยอรมันทำให้ข้าพเจ้าต้องมีล่ามแปลให้ตลอดเวลา แต่อย่างไรก็ดี ถือว่าเป็นโบสถ์ที่ดีมาก ๆ

วันจันทร์ที่ 6 สิงหาคม 2561

วันนี้เรียน Quantum Chromodynamics (QCD) สนุกดี แต่ไม่ใช่แนวข้าพเจ้าเท่าไร เนื่องจากข้าพเจ้าทำ Supergravity ซึ่งเป็นเหมือนกับพี่น้องของ String Theory ซึ่งเป็นศัตรูกับ QCD ในช่วงหนึ่งของประวัติศาสตร์ (นี่เป็นแค่มุกเท่านั้นนะครับ)

วันอังคารที่ 7 สิงหาคม 2561

วันนี้เรียนเหมือนเมื่อวานในช่วงเช้า และทำงานในช่วงบ่ายเหมือนเดิม

วันพุธที่ 8 สิงหาคม 2561

วันนี้เรียนเรื่อง Dark Matter ซึ่งเริ่มน่าสนใจขึ้นมาหน่อย เนื่องจากข้าพเจ้าเคยเรียน Astronomy มาแล้ว และยังทำงาน Supergravity ซึ่งมีบางส่วนของงานที่ intersect กับ Dark Matter อยู่บ้าง

วันพฤหัสบดีที่ 9 สิงหาคม 2561

วันนี้ไม่มีการเรียนอีกแล้ว แต่การทำงานก็ยังคงดำเนินต่อไป ตอนนี้ข้าพเจ้าตัดสินใจเปลี่ยนจากทำงานที่ office เป็นที่ห้องและโรงอาหารแทน เนื่องจากจะได้เสียเวลาในการเดินน้อยลง และอยู่ใกล้ที่ขายขนม ในเย็นวันนี้ข้าพเจ้าได้ทำไก่อบและหุงข้าวกับเพื่อนชาวไซปรัส เป็นอาหารที่อร่อยมาก ๆ มื้อหนึ่งเลยทีเดียว

วันศุกร์ที่ 10 สิงหาคม 2561

วันนี้เรียนการทดลอง Dark Matter และ String Theory ซึ่งเป็นวิชาที่ดีที่สุดที่เคยเรียนมาในค่ายนี้ และทำงานช่วงบ่ายเหมือนเดิม ที่ไม่เหมือนเดิมคือวันนี้ฝนตก เป็นครั้งแรกที่ได้เจอกับอากาศ Hamburg จริง ๆ หลังจากที่ต้องทนกับ heat wave มาเกือบเดือน

วันเสาร์ที่ 11 สิงหาคม 2561

วันนี้ไม่ค่อยมีอะไรมาก ส่วนใหญ่แล้ววันเสาร์ข้าพเจ้าก็จะซักผ้าและนอนเปื่อยเป็นผักอยู่ที่ห้องตัวเองหรือห้องรุ่นพี่ ใช้ชีวิตเหมือนหมีแพนด้า และอ่านหนังสือบ้างเล็กน้อย

วันอาทิตย์ที่ 12 สิงหาคม 2561

วันนี้ข้าพเจ้าใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ที่หอ และไปโบสถ์ในตอนบ่าย แต่ที่สำคัญคือข้าพเจ้าได้ไปทาน KFC ที่เยอรมันครั้งแรก ที่แปลกคือของไทยกลับอร่อยกว่ามาก แถมที่นี่ยังแพงกว่าอีกด้วย

วันจันทร์ที่ 13 สิงหาคม 2561

วันนี้ไม่มีการเรียนอีกแล้ว ข้าพเจ้าก็นั่งทำงานในห้องในช่วงเช้า และย้ายไปที่โรงอาหารในช่วงบ่าย วันนี้ฝนตกอีกแล้ว คิดถึงบ้านหน่อย ๆ เหมือนกัน

วันอังคารที่ 14 สิงหาคม 2561

วันนี้มีเรียน Beyond Standard Model (BSM) ซึ่งก็น่าสนใจไม่แพ้ String Theory แต่ว่าข้าพเจ้าก็ยังชอบ String อยู่ อย่างไรก็ตามหัวข้อนี้ค่อยข้างสำคัญเพราะเป็นที่จับตามองของนักฟิสิกส์พลังงานสูงทั่วโลก เนื่องจากใน Standard Model เรากำหนดให้ Neutrino ไร้มวล แต่การทดลองที่ญี่ปุ่นแสดงให้เห็นว่า Neutrino มีการกวัดแกว่ง (Oscillation) ซึ่งพิสูจน์ว่ามันมีมวลที่มากกว่า 0 อย่างไรก็ดีมวลของ Neutrino แต่ละชนิดก็ยังหาไม่ได้ ยังไม่มีฟิสิกส์ที่ยอมรับได้ นอกจากนี้ BSM ยังกล่าวถึง Dark Matter ซึ่งยังหาไม่เจอ และ Supersymmetry ซึ่งเป็นสมมาตรที่ใหญ่ที่สุดของจักรวาลอีกด้วย แม้ว่า Dark Matter และ

Supersymmetry จะยังคงเป็นปัญหาของวงการฟิสิกส์ในปัจจุบัน แต่ว่าการศึกษาเรื่องเหล่านี้ก็มีผลดีต่อการเติมเต็ม BSM

วันนี้ข้าพเจ้ากับรุ่นพี่ก็ได้ไปทานอาหารจีนที่ร้านเดิมอีกแล้ว แต่เราสั่งเมนูใหม่ ๆ ซึ่งก็อร่อยมาก ๆ เหมือนเดิม และได้มีโอกาสไปเดินเล่นในเมืองอีก วันนี้ก็เป็นอีกวันที่ฝนตก แต่วันนี้ข้าพเจ้าต้องเดินตากฝนที่ท่าเรือเล็กน้อย ยังดีที่พกเสื้อกันฝนไปด้วย

วันพุธที่ 15 สิงหาคม 2561

วันนี้มีเรียนเรื่อง Higgs Physics ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ Standard Model โดยที่ Higgs Boson คืออนุภาคที่ทำให้อนุภาคมูลฐานมีมวล แต่ว่ามันก็ยังเป็นที่ถกเถียงอยู่ว่า Higgs Mechanism นั้นมีรายละเอียดอย่างไร

วันพฤหัสบดีที่ 16 สิงหาคม 2561

วันนี้ไม่มีเรียน แต่มีงานเหมือนเดิม เพิ่มเติมคือสนุกขึ้นเรื่อย ๆ วันนี้เนื่องจากข้าพเจ้าเริ่มเก่งขึ้นแล้ว เลยได้มีโอกาสไปช่วยเพื่อนทำงานบ้าง เป็นประสบการณ์ที่ดีครับ และวันนี้เพื่อน ๆ จาก Zeuthen มาถึง ตอนดึก ๆ จึงมีการปาร์ตี้เล็กน้อย

วันศุกร์ที่ 17 สิงหาคม 2561

วันนี้มีบรรยายจากอาจารย์ที่ Zeuthen ซึ่งพูดเรื่อง Astroparticle แม้งานนี้จะไม่ได้เกี่ยวกับข้าพเจ้าโดยตรง แต่มันก็มี Dark Matter เป็นส่วนประกอบอยู่ ทำให้การทำความเข้าใจไม่ยากจนเกินไป

เย็นนี้มี PIER Party ซึ่งจัดโดยทุน PIER ข้าพเจ้าสนใจทุนนี้มาก ๆ น่าจะเป็นการเปิดประตูสู่โลกของการเรียนปริญญาเอกเลยทีเดียว แถมข้าพเจ้ายังชอบทำงานที่ DESY อีก ทำให้ทุนนี้เข้ามาอยู่ในใจของข้าพเจ้าแล้ว

วันเสาร์ที่ 18 สิงหาคม 2561

วันนี้น่าจะเป็นวันที่ Extreme ที่สุดในช่วงค่าย เพราะข้าพเจ้า รุ่นพี่ และเพื่อนคนไทยไปเดินป่ากันที่ทางใต้ของเมือง เราใช้เวลาเดินป่ากันนานถึง 3 ช่วงโมง และไปทานอาหารจีนร้านเดิมต่อ บอกได้เลยว่าลุงเจ้าของร้านเริ่มจำเราได้แล้ว

วันอาทิตย์ที่ 19 สิงหาคม 2561

วันนี้ข้าพเจ้าไม่ได้ไปไหนเนื่องจากงานที่เริ่มหนักขึ้น ทำให้ข้าพเจ้าเริ่มทำงานวันอาทิตย์แล้ว แต่ก็หยุดความเป็นเชฟของข้าพเจ้าไม่ได้

วันจันทร์ที่ 20 สิงหาคม 2561

วันนี้มีเรียน Cosmology เป็นวิชาที่ข้าพเจ้าชอบมาก ๆ เนื่องจากข้าพเจ้าทำ Supergravity ซึ่งไม่ห่างจากเรื่องนี้เท่าไรนัก คนสอนวิชานี้ก็ค่อนข้างจะแหวกแนวเล็กน้อยทำให้วิชานี้น่าเรียนมากขึ้น

วันนี้ข้าพเจ้าได้มีโอกาสไปทำแกงกะหรี่ที่ห้องของรุ่นพี่ แม้ว่ามันจะเหมือนแกงเทโพมากกว่าก็ตาม

วันอังคารฺ่ 21 สิงหาคม 2561

วันนี้ไม่มีบรรยาย จึงมีแต่การทำงานที่สนุกสนานปนกับความตึงเครียดมากขึ้นเรื่อยๆ แต่อย่างไรก็ดี ข้าพเจ้าได้ค้นพบว่าตัวเองชอบทำอาหารมากแค่ไหน และการทำอาหารก็เป็นการผ่อนคลายที่ดีมากๆ แต่การกินมันผ่อนคลายมากกว่า

วันพุธที่ 22 สิงหาคม 2561

วันนี้มีการเรียนเกี่ยวกับเครื่องเร่งอนุภาค ส่วนตัวข้าพเจ้าไม่ค่อยชอบเท่าไหร่ แต่ว่าก็เป็นเรื่องที่นักฟิสิกส์ควรรู้สักเล็กน้อย ส่วนตอนบ่ายก็ทำงานเหมือนเดิม และช่วงนี้งานก็เข้มข้นมากขึ้นเรื่อย ๆ

วันพฤหัสบดีที่ 23 สิงหาคม 2561

วันนี้ไม่มีเรียน ที่จริงแล้ว Top Physics ควรจะเรียนวันนี้แต่ว่ามีการเลื่อนเล็กน้อย ทำให้วันนี้มีการทำงานทั้งวัน

วันศุกร์ที่ 24 สิงหาคม 2561

วันนี้มีการเรียนเรื่อง Flavor Physics ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการศึกษาแรงนิวเคลียร์แบบเข้ม ส่วนตอนบ่ายก็ทำงานตามเดิม

วันเสาร์ที่ 25 สิงหาคม 2561

วันนี้ก็เป็นวันทำงานอีกวันไปแล้ว สงสัยช่วงท้าย ๆ คงจะไม่มีวันหยุดที่จริงจังอีกแล้ว

วันอาทิตย์ที่ 26 สิงหาคม 2561

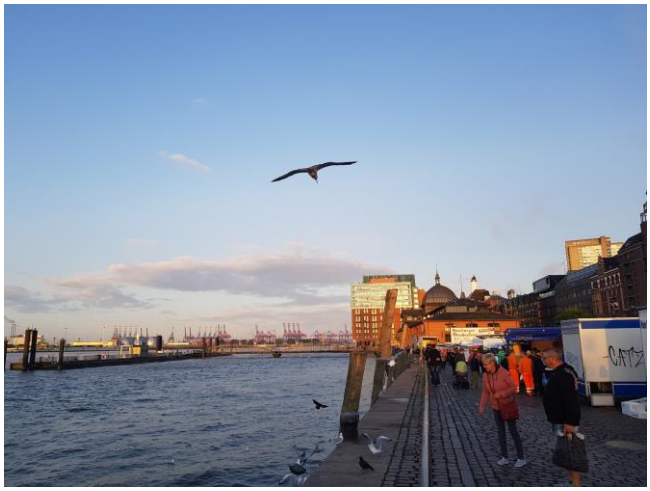
วันนี้ข้าพเจ้าตื่นตั้งแต่ 4:30 น. เนื่องจากจะไป Fischmarkt และข้าพเจ้าก็ได้พาเพื่อนคนไทยไปด้วยอีกหนึ่งคน วันนี้อากาศหนาวมาก อุณหภูมิ 9 องศา โดยที่ข้าพเจ้าและเพื่อนต้องเดินฝ่าความหนาวไปขึ้นบัสที่ป้ายรถประจำทางใกล้ ๆ กับ DESY เนื่องจากรถไม่ผ่าน DESY ในเวลานั้น Fischmarkt เป็นที่ที่ดีมาก ๆ สำหรับคนหิวอย่างข้าพเจ้า ถือว่าเป็นประสบการณ์การกินอาหารที่ต้องทนลมทนหนาวจริง ๆ สมแล้วที่เป็นตลาดปลาที่ใหญ่และมีชื่อเสียงอย่างมากของ Hamburg

วันจันทร์ที่ 27 สิงหาคม 2561

วันนี้มีเรียน Top Physics และทำงานในตอนบ่าย งานของข้าพเจ้าค่อนข้างยากเกินความรู้ที่ข้าพเจ้ามีอยู่ทำให้ช่วงนี้เริ่มเข้าสู่ความยากลำบากมากขึ้นเรื่อย ๆ

วันอังคารที่ 28 สิงหาคม 2561

วันนี้ข้าพเจ้าทำงานอย่างกับคนบ้างานขั้นสูงสุด แต่ก็มีความสุขในแบบของมันครับ



ช่วงนี้ไม่ค่อยได้ออกไปไหนเท่าไรเพราะงานเริ่มกระชั้นชิดขึ้นมา สิ่งที่เคยมองว่าทำได้ง่าย ๆ กลับใช้เวลามากกว่าที่ควรจะเป็น

วันพุธที่ 29 สิงหาคม 2561

วันนี้ข้าพเจ้าก็ทำงานอีกเหมือนกัน เริ่มมีความตึงเครียดเพิ่มมากขึ้นทุกที หรือว่า Honeymoon stage จะจบลงพอดี

วันพฤหัสบดีที่ 30 สิงหาคม 2561

วันนี้ข้าพเจ้าเสนอสิ่งที่ทำให้อาจารย์ฟัง และต้องกลับมาทำใหม่เนื่องยังไม่พอใจ ยอมรับว่าวันนี้เป็นวันที่รู้สึกแย่ที่สุดในช่วงสองเดือนที่ผ่านมา ข้าพเจ้าไม่คิดเลยว่าข้าพเจ้าจะอยู่ในจุดนี้ได้

ที่แท้จริงก็คือข้าพเจ้าประเมินความสามารถของตัวเองสูงเกินไป และประเมินความยากของงานต่ำเกินไป ทำให้ไม่มีความสมดุลของ productivity ต่อเวลา

วันศุกร์ที่ 31 สิงหาคม 2561

วันนี้อาจารย์ไม่ได้เข้างาน ทำให้ข้าพเจ้าเหมือนได้มีเวลาหายใจเพิ่มเล็กน้อย แต่ก็หายใจแบบทำงานไปด้วย และวันนี้ก็รู้สึกดีขึนกว่าเมื่อวานเล็กน้อย สิ่งที่เจ๋งคือการทำอาหารช่วยได้มาก ๆ เลยครับ

วันเสาร์ที่ 1 กันยายน 2561

วันนี้ข้าพเจ้าก็ค่อยข้างเหนื่อยอ่อนจากความกดดันทั้งจากอาจารย์และตัวเอง ทำให้ไม่ได้ productive เท่าที่ควร อย่างไรก็ดี ข้าพเจ้าก็ยังออกไปเดินเล่นนอกห้องบ้าง เนื่องจากทำงานในห้องอย่างเดียวคงจะไม่ดีต่อสุขภาพจิตแน่ ๆ

วันอาทิตย์ที่ 2 กันยายน 2561

วันนี้กลายเป็นวันงานไปซะได้ ทั้ง ๆ ที่อยากจะหยุดทุกวันอาทิตย์แท้ ๆ แต่ก็ต้องเขียน report แล้ว แปลกตรงที่การเขียน report มันก็สนุกเหมือนกัน

วันจันทร์ที่ 3 กันยายน 2561

วันนี้ได้พบอาจารย์อีกครั้ง และข้าพเจ้าได้นำเสนออีกและผ่านไปได้ด้วยดี เหมือนยกภูเขาออกจากอกเลย เข้าใจแล้วว่ามันเป็นแบบนี้นี่เอง Hard work pays off เป็นคำกล่าวที่ถูกต้องจริง ๆ แต่มันยังไม่จบแค่นั้น เพราะยังเหลือ report ที่ต้องรีบปั่นอยู่อีก งานนี้ต้องลุยอย่างเต็มตัว

วันอังคารที่ 4 กันยายน 2561

วันนี้ได้พบท่านกงสุล และเราได้พบกับท่านทูตเยอรมันประจำประเทศไทยคนต่อไป เป็นบรรยากาศของอาหารกลางวันที่สนุกมาก ๆ บทสนทนาของเราทุกคนช่างสร้างสรรค์และประทับใจคณะนักศึกษาโครงการเดซี ประเทศไทยเป็นอย่างมาก ข้าพเจ้ารู้สึกดีและเป็นเกียรติมาก ๆ ที่ได้มีโอกาสได้ร่วมโต๊ะอาหารนั้น แม้ว่าร้านอาหารไทยชื่อดังจะปิดก็ตาม แต่เราก็ได้ทานอาหารอิตาลีที่แสนอร่อย วันนี้ยังเป็นหนึ่งในวันปั่นงานที่สำคัญที่สุดของด้วย

วันพุธที่ 5 กันยายน 2561

วันนี้ก็ยังคงปั่น report ต่อไปอย่างบ้าคลั่ง เนื่องจากข้าพเจ้าพยายามจะทำให้มันกระชับที่สุด และ deadline ของการส่ง report คือเที่ยงคืนของวันนี้ เรียกได้ว่าไฟลุกมือเลยทีเดียว

วันพฤหัสบดีที่ 6 กันยายน 2561

ส่ง report แล้ว ข้าพเจ้าสบายแล้ว วันนี้มีการบรรยายของเพื่อน ๆ ที่ร่วมค่ายครั้งนี้ ซึ่งงานของแต่ละคนสุดยอดมาก ๆ และการบรรยายก็ดีมาก ๆ ด้วย ทำให้ข้าพเจ้าได้รู้ว่าทุกคนกำลังทำอะไรอยู่ และได้เข้าใจงานของเพื่อนที่เจอหน้ากันทุกวันแต่ก็คุยกันแต่เรื่องทำอาหาร

คืนนี้มีงานเลี้ยงครั้งสุดท้ายที่จัดโดยนักศึกษาเอง เป็นงานที่สนุกมาก ๆ ปกติข้าพเจ้าจะไม่ชอบ party เท่าไรนัก แต่นี่เป็นครั้งสุดท้ายแล้วที่จะได้เจอเพื่อนบางคน ทำให้ข้าพเจ้าพลาดโอกาสนี้ไปไม่ได้ ข้าพเจ้าก็ได้เดินไปกอดเพื่อน ๆ จนครบทั่วงาน และยังได้คุยกับบางคนที่ไม่เคยคุยกันมาก่อนอีกด้วย ถือเป็นคืนที่น่าจดจำที่สุดเท่าที่เคยมีมาในสองเดือนนี้

ไม่น่าเชื่อว่าเวลาสองเดือนมันจะผ่านไปเร็วได้ขนาดนี้ ไม่น่าเชื่อว่ามิตรภาพจะถูกสร้างได้รวดเร็วขนาดนี้ วันพรุ่งนี้ข้าพเจ้าคงจะต้องบอกลาเพื่อนทุกคนที่ได้มีความสุขและความทุกข์ร่วมกันมาถึงสองเดือน คนบางคนอาจจะไม่ได้เจอกันอีกเลยก็ได้ และบางคนก็ไม่มี facebook ด้วยซ้ำ ช่างเป็นค่ำคืนที่เปี่ยมด้วยอารมณ์มาก ๆ ข้าพเจ้าเห็นเพื่อนบางคนที่พบรักกันในค่ายครั้งนี้กำลังเต้นรำครั้งสุดท้ายก่อนจากกันไกล ต่างคนต่างกำลังใช้เวลาให้คุ้มค่าที่สุดเท่าที่จะทำได้ มันช่างเป็นภาพที่น่าประทับใจ แต่ก็ปนความเศร้าลงไปด้วยแบบหลีกเลี่ยงไม่ได้ วันพรุ่งนี้คงไม่เหมือนเดิมแล้ว คำว่า see you tomorrow คงจะใช้ไม่ได้อีกนาน

วันศุกร์ที่ 7 กันยายน 2561

วันนี้ check out จากห้องพักที่อยู่มานานถึง 2 เดือน เป็นช่วงเวลาที่น่าใจหาย เมื่อข้าพเจ้าปิดไฟและมองกลับไปยังเตียงที่เคยนอน ข้าพเจ้ารู้สึกขอบคุณมันมากจริง ๆ ที่ได้ดูแลข้าพเจ้ามาเป็นเวลานาน

ผ้าห่ม หมอน โต๊ะ เก้าอี้ หน้าต่าง พื้น ตู้ อ่างล้างหน้า กระจก และถังขยะ ทุกอย่างล้วนกลายเป็นความทรงจำ ส่วนตัวข้าพเจ้าคงต้องจากพวกมันไปไกลถึงอีกฝั่งของโลก ระหว่างที่เดินออกจากหอข้าพเจ้าผ่านห้องครัวที่ข้าพเจ้าไปนั่งเพื่อจะดักคนเข้าหอมาใหม่ ตอนนี้ไม่มีใครจะเข้ามาแล้ว ทุกคนต่างเดินออกไปช้า ๆ และเงียบอย่างบอกไม่ถูก ข้าพเจ้าได้มีโอกาสพูดกับเพื่อนคนนึงว่า “This could be the very last time that we meet. So, have a good life, my friend.” ข้าพเจ้าเห็นน้ำตาที่กำลังจะไหลออกจากเพื่อนคนนั้น การจับมือและการกอดกับเพื่อนๆ ที่เหลืออยู่มันช่างน่าหดหู่ใจ แต่อย่างไรก็ดีนี่คือเวลาที่เราทุกคนต้องเดินต่อไป และ DESY Summer School ก็จะกลายเป็นตำนานของพวกเราทุกคน

ชีวิตสองเดือนนี้ช่างเหมือนกับความฝัน ข้าพเจ้าไม่รู้ว่าจะอธิบายมันอย่างไร แต่ถ้าในอนาคตมีคนมาถามข้าพเจ้าว่าเขาควรสมัครเข้าร่วม DESY Summer School หรือไม่ ข้าพเจ้าคงตอบได้แค่ว่า มันเป็นฤดูร้อนที่ดีที่สุดในชีวิตของข้าพเจ้าเลยก็ว่าได้ ข้าพเจ้าเลยขอเรียกช่วงนี้ของชีวิตว่า “DESY”

หลังจากนั้นข้าพเจ้าใช้เวลาอยู่ที่เยอรมนีเพิ่มอีกสองสัปดาห์เพื่อพักผ่อน

วันศุกร์ที่ 21 กันยายน 2561

Take off.

งานวิจัยโดยคร่าว

ในค่ายครั้งนี้ข้าพเจ้าได้อยู่ในกลุ่มวิจัย High Energy Physics ในส่วนของ DESY Theory Group กับอาจารย์ Elli Pomoni ซึ่งงานที่ข้าพเจ้าทำคือการศึกษาโครงสร้างของ Supergravity ในตอนแรกเป้าหมายของเราคือการหาผลเฉลยของ maximal supergravity ใน 7 มิติ เพื่อนำผลเฉลยไปใช้ใน AdS/CFT Correspondence เนื่องจากผลเฉลยของ M5-Brane ใน 11 มิติในบริเวณที่ใกล้กับขอบฟ้าเหตุการณ์นั้นให้รูปเป็น

$$AdS_7 \times S^4$$

ทำให้การศึกษา supergravity ใน 7 มิติสามารถให้ข้อมูลที่น่าสนใจกับ M5-Brane ได้ นอกจากนั้น Holographic Solution ของ supergravity นี้ยังให้ข้อมูลเกี่ยวกับ Conformal Field Theory ใน 6 มิติอีกด้วย อย่างไรก็ดี งานของข้าพเจ้าไม่อาจจะไปถึง 7 มิติได้ เนื่องจากงานมีความยากและต้องการเวลาในการศึกษามากเกินกว่าขอบเขตของค่ายครั้งนี้ ทำให้งานของข้าพเจ้านั้นเปลี่ยนไปเป็น การศึกษา Matter Coupled N=2 D=4 Supergravity ซึ่งเป็นแนวคิดพื้นฐานของ supergravity ที่กว่าถึงในข้างต้น

ใน Matter Coupled N=2 D=4 Supergravity นั้นมี multiplet ของทั้งหมด 3 แบบคือ supergravity multiplet, hyper multiplets และ vector multiplets โดยสนามสเกลาในทฤษฎี span แมนิโฟลด์เป้าหมายเรียกว่า Scalar Manifold หรือ Coset Manifold ซึ่งเขียนได้ในรูป G/H ในที่นี้ G และ H คือ groups ที่อธิบายสมมาตรของแมนิโฟลด์นี้ โดยงานของข้าพเจ้าคือการศึกษาว่า supergravity นี้มีเรขาคณิตเป็น Coset Manifold แบบใด

ผลที่ได้คือ สนามสเกลาใน Matter Coupled N=2 D=4 Supergravity จาก multiplet แต่ละชนิต span แมนิโฟลด์ที่แตกต่างกัน โดยสนามจาก vector multiplets จะให้ Special Kähler Manifold และสนามจาก hyper multiplets จะให้แมนิโฟลด์แบบ Quaternionic Kähler Manifold โดยงานของข้าพเจ้านั้นหยุดที่ Special Kähler Manifold ซึ่งเราสังเกตได้ว่า Special Kähler Manifold ใน supergravity นี้ มีรูปแบบเป็น

$$\mathcal{M}_{SK} = \frac{Sp(2n+2,\mathbb{R})}{U(n+1)}$$

บทสรุปของการเดินทาง

ตั้งแต่วันแรกจนถึงวันสุดท้ายของค่ายนี้ ทุก ๆ วันเป็นวันที่น่าจดจำทั้งสิ้น ข้าพเจ้าคงบอกไม่ได้ว่าข้าพเจ้าประทับใจทุกวินาทีที่เยอรมนี เพราะบางวันก็ช่างหนักหนาแบบที่ไม่ได้เตรียมใจมารับ แต่ไม่มีวันไหนที่ข้าพเจ้าไม่ได้บทเรียนจากการใช้ชีวิตที่นั่นเลย การเดินทางไปเยอรมนีเป็นเหมือนประตูสู่โลกที่ข้าพเจ้าใฝ่ฝันอยากเข้าไป เป็นเหมือนการทำให้ความฝันของข้าพเจ้าเป็นจริง การไปค่ายฤดูร้อนครั้งนี้เป็นประสบการณ์ที่แม้จะเขียนหนังสือหรือพูดถึงอย่างไรก็คงจะไม่สามารถสื่อสารความประทับใจออกมาได้อย่างเต็มที่ มันไม่ใช่แค่การไปทำวิจัยที่ต่างประเทศแบบธรรมดา สิ่งที่ข้าพเจ้าได้รับนั้นไม่ใช่แค่ประโยชน์ทางด้านการศึกษา เพราะมันเป็นสิ่งที่ไม่ว่าอย่างไรการไปทำอะไรแบบนี้ก็ต้องได้รับประโยชน์ดังกล่าวอยู่แล้ว ที่เพิ่มเติมขึ้นมานั้นคือ ประสบการณ์ที่แม้มีเงินก็หาซื้อไม่ได้ การได้เผชิญหน้ากับตัวเอง การได้ต่อสู้กับขีดจำกัดของตน มิตรภาพกับเพื่อนที่มาจากต่างที่ ต่างแดน ต่างวัฒนธรรม มิตรภาพระหว่างศิษย์และอาจารย์ และอีกมากมายที่ยากจะกลั่นกรองออกมาเป็นคำเพื่อร้อยเรียงให้ผู้อ่านได้เข้าใจถึงความรู้สึกที่เต็มเปี่ยมไปด้วยความซาบซึ้ง ตื้นตัน และพลังบวกที่ถูกเก็บเอาไว้ในจิตใจ

ภาคผนวก

Supergravity

Parada Prangchaikul, Suranaree University of Technology, Thailand

September 6, 2018

Abstract

Supergravity theory is an effective theory of M-theory in 11 dimensions (11D), hence the study of supergravity helps us understanding the fundamental theory. In this project, we worked on the construction of supergravity theories in certain conditions and studied the supersymmetry transformations of field contents in the theories. Furthermore, we studied a bosonic sector of matter coupled $\mathcal{N} = 2$ 4D supergravity using coset manifold. In conclusion, we obtained $\mathcal{N} = 1$, $\mathcal{N} = 2$ supergravity theories in 4D, 11D supergravity and the special Kahler manifold from the bosonic sector of matter coupled $\mathcal{N} = 2$ 4D supergravity written in the coset form G/H.

Contents

1 Introduction **3**

2 $\mathcal{N} = 1$ $D = 4$ supergravity **3**

3 $D = 11$ supergravity **4**

4 $\mathcal{N} = 2$ $D = 4$ Supergravity **5**

5 The bosonic sector of matter coupled $\mathcal{N} = 2$ $D = 4$ supergravity **6**

6 Future work **8**

1 Introduction

The minimal supergravity in 4 dimension was constructed by [1] in 1976. After that it was generalized in various dimensional spacetimes and numbers of supersymmetries. Then, Cremmer, Julia and Scherk [2] found the mother theory of supergravity, which was the theory in 11 spacetime dimensions. Since $D > 11$ dimensional theories consist of particles with helicities greater than 2. Therefore, the greatest supergravity theory is the one that lives in 11 dimensions (some physicists might say that supergravity is in its most beautiful form in 11 dimensions). In 1995, Edward Witten [3] found the link between five candidates of string theory which are type I, type IIA, type IIB, $SO(32)$ Heterotic and $E_8 \times E_8$ Heterotic string theories. These five theories also correspond to a theory in eleven-dimension called M-Theory. The correspondences between the string theories are called dualities, i.e., T-duality and S-duality. The following discovery had shown that M-Theory is a background theory of string theories and its effective theory turned out to be Supergravity in eleven-dimension.

Supergravity theory in $D < 11$ dimension can be obtained by compactifying the $D = 11$ theory on a certain geometry. The compactification of supergravity is called Kaluza-Klein dimensional reduction [4, 5]. This really helps us in the study of supergravity in various dimensions. In addition, supergravity theories with $\mathcal{N} > 1$ are called extended supergravity. An extended theory of supergravity contains many scalar fields which span a manifold called a scalar manifold $\mathcal{M}_{scalar}$. This scalar manifold can be seen also in extend supersymmetry theories. For instance, a manifold spaned by chiral multiplets is called Kahler manifold, which is a complex scalar manifold with dimensions according to total number of scalar fields in the multiplets. The same logic used to describe any kinds of scalar manifolds that emerge in supersymmetry (supergravity) theories. However, since supergravity is based on supersymmetry, namely local supersymmetry. Then it only allows its vacuum to be Minkowski spacetime. In order to have different kinds of spacetime in the theory, we need to introduce a scalar potential. This can be done by gauging a theory.

2 $\mathcal{N} = 1$ $D = 4$ supergravity

$\mathcal{N} = 1$ $D = 4$ Supergravity is the simplest theory of supergravity, in which we have a graviton e^a_μ and gravitino ψ_μ with spin 2 and $\frac{3}{2}$, respectively. From General Relativity, an action of a theory without matter field is

$$S = \frac{1}{2\kappa^2} \int d^4x \sqrt{-g} R. \tag{1}$$

or in vielbein formution

$$S = \frac{1}{2\kappa^2} \int d^4x e [e^\mu_a e^\nu_b R_{\mu\nu}{}^{ab}]. \tag{2}$$

where $\kappa^2 = 8\pi G$, $g = det(g_{\mu\nu}), e = det(e^a_\mu)$ and $\sqrt{-g} = e$.

From supersymmetry, we know that a boson has a superpartner, i.e., a fermion. Therefore we have to include a fermion to the action 2. The extended part of action 2 is Rarita-Schwinger (RS) field [6], by which we obtain spin $\frac{3}{2}$ particle action. The RS field for massless spin $\frac{3}{2}$ gravitino is

$$\mathcal{L}_{RS} = \bar{\psi}_\mu \gamma^{\mu\nu\rho} \nabla_\nu \psi_\rho. \tag{3}$$

Here $\nabla_\nu \psi_\rho = \partial_\nu \psi_\rho - \Gamma^\lambda_{\nu\rho}\psi_\lambda + \frac{1}{4}\omega_\nu{}^{ab}\gamma_{ab}\psi_\rho = D_\nu \psi_\rho - \Gamma^\lambda_{\nu\rho}\psi_\lambda$ but the fact that $\gamma^{\mu\nu\rho} = \gamma^{[\mu\nu\rho]}$ makes $\gamma^{\mu\nu\rho}\Gamma^\lambda_{\nu\rho}\psi_\lambda = 0$. Thus $\gamma^{\mu\nu\rho}\nabla_\nu\psi_\rho = \gamma^{\mu\nu\rho}D_\nu\psi_\rho$. When combining equation 3 with 2, we get

$$S = \frac{1}{2\kappa^2}\int d^4x e[e^{a\mu}e^{b\nu}R_{\mu\nu ab}(\omega) - \bar{\psi}_\mu\gamma^{\mu\nu\rho}D_\nu\psi_\rho]. \tag{4}$$

Equation 4 is the simplest action of $\mathcal{N} = 1$ Supergravity, which is a theory in four dimensional spacetime.

To check whether the action 4 is invariant under supersymmetry transformation or not, we use the method called 1.5 order formalism (see [7, 8] for more details), by which we make a variation of S in the form

$$\delta S = \frac{\delta S}{\delta e} + \frac{\delta S}{\delta \psi} + \frac{\delta S}{\delta \omega}(\frac{\delta \omega}{\delta e} + \frac{\delta \omega}{\delta \psi}). \tag{5}$$

From 4 we can see that $\frac{\delta S}{\delta \omega} = 0$. Therefore we have

$$\delta S = \frac{\delta S}{\delta e} + \frac{\delta S}{\delta \psi}. \tag{6}$$

After that, we operate the supersymmetry transformation to e^a_μ and ψ_μ, we get

$$\begin{aligned} \delta e^a_\mu &= \tfrac{1}{2}\bar{\epsilon}\gamma^a\psi_\mu \\ \delta\psi_\mu &= D_\mu\epsilon \end{aligned} \tag{7}$$

and for inverse vielbein

$$\begin{aligned} \delta e^\mu_a &= -\tfrac{1}{2}\bar{\epsilon}\gamma^\mu\psi_a \\ \delta e &= \tfrac{1}{2}e(\bar{\epsilon}\gamma^\rho\psi_\rho). \end{aligned} \tag{8}$$

With 6 we can see that the action 4 is invariant under transformations 7 and 8. Hence we obtain $\mathcal{N} = 1$ $D = 4$ supergravity.

3 $D = 11$ supergravity

Supergravity in 11 dimensions was first constructed by [2] (see also [7]). The 11D supergravity theory, which is the $\mathcal{N} = 1$ SUSY theory, contains the graviton and gravitino. When checking for a number of degrees of freedom of each field, we find that the graviton has 44 degrees of freedom and the gravitino has 128 degrees of freedom. The

problem is that in a SUSY theory we need to match the numbers of degrees of freedom of bosonic and fermionic fields. Since $128 - 44 = 84$, we need a field that contains 84 degrees of freedom. Fortunately, there is a field in 11D that contains exactly 84 degrees of freedom. That field is an antisymmetric rank 3 tensor $A_{\mu\nu\rho}$.

We already obtained the $\mathcal{N} = 1$ $D = 4$ supergravity theory from the last section. By modifying the action 4, we get the complete action for 11D supergravity. First of all, we define the kinetic term for $A_{\mu\nu\rho}$

$$F_{\mu\nu\rho\sigma} = 4\partial_{[\mu}A_{\nu\rho\sigma]} \tag{9}$$

Then we have the 11D action written as

$$\begin{aligned} S = \tfrac{1}{2\kappa^2}\textstyle\int d^{11}xe[R(\omega) - \bar{\psi}_\mu\gamma^{\mu\nu\rho}D_\nu(\tfrac{\omega+\hat{\omega}}{2})\psi_\rho - \tfrac{1}{24}F_{\mu\nu\rho\sigma}F^{\mu\nu\rho\sigma} \\ - \tfrac{\sqrt{2}}{192}\bar{\psi}_\nu(\gamma^{\alpha\beta\gamma\delta\nu\rho} + 12\gamma^{\alpha\beta}g^{\gamma\nu}g^{\delta\rho})\psi_\rho(F_{\alpha\beta\gamma\delta} + \hat{F}_{\alpha\beta\gamma\delta}) \\ - \tfrac{2\sqrt{2}}{144^2}\epsilon^{\mu_1\mu_2\mu_3\mu_4\mu_5\mu_6\mu_7\mu_8\mu_9\mu_{10}\mu_{11}}F_{\mu_1\mu_2\mu_3\mu_4}F_{\mu_5\mu_6\mu_7\mu_8}A_{\mu_9\mu_{10}\mu_{11}}] \end{aligned} \tag{10}$$

where

$$\begin{aligned} \hat{\omega}_{\mu ab} &= \omega_{\mu ab}(e) - \tfrac{1}{4}(\bar{\psi}_\mu\gamma_a\psi_b - \bar{\psi}_a\gamma_\mu\psi_b + \bar{\psi}_b\gamma_a\psi_\mu) \\ \hat{F}_{\mu\nu\rho\sigma} &= F_{\mu\nu\rho\sigma} + \tfrac{3}{2}\sqrt{2}\bar{\psi}_{[\mu}\gamma_{\nu\rho}\psi_{\sigma]} \end{aligned} \tag{11}$$

are the supercovariant extensions of ω and $F_{(4)}$. Then, we construct transformation rules of all the fields using reference from the last section, we get

$$\begin{aligned} \delta e^a_\mu &= \tfrac{1}{2}\bar{\epsilon}\gamma^a\psi_\mu \\ \delta\psi_\mu &= D_\mu(\hat{\omega})\epsilon + \tfrac{\sqrt{2}}{288}(\gamma^{\alpha\beta\gamma\delta}{}_\mu - 8\gamma^{\beta\gamma\delta}\delta^\alpha_\mu)\hat{F}_{\alpha\beta\gamma\delta}\epsilon \\ \delta A_{\mu\nu\rho} &= -\tfrac{3\sqrt{2}}{4}\bar{\epsilon}\gamma_{[\mu\nu}\psi_{\rho]}. \end{aligned} \tag{12}$$

The results above give us the complete theory of supergravity in 11 dimensions. Notice that the first 3 terms in the action 10 are kinetic terms for the graviton, gravitino and antisymmetric tensor, respectively. The forth term in 10 is a coupling between the gravitino and antisymmetric tensor. Finally, the last term is a Chern-Simons term, which is there to make the action invariant under supersymmetry transformation.

4 $\mathcal{N} = 2$ $D = 4$ Supergravity

$\mathcal{N} = 2$ $D = 4$ supergravity is an extended theory of $\mathcal{N} = 1$ $D = 4$ theory. This theory contains a graviton field e^a_μ, 2 gravitini fields ψ^i_μ, where $i = 1, 2$, and a (abelian) vector field A_μ. Notice that we can think of $\mathcal{N} = 2$ theory as $\mathcal{N} = 1$ gravity multiplet coupling with $\mathcal{N} = 1$ gravitino multiplet. Thus we can write down the theory as

$$S = \frac{1}{2\kappa^2}\int d^4xe[e^{a\mu}e^{b\nu}R_{\mu\nu ab}(\omega) - \bar{\psi}^i_\mu\gamma^{\mu\nu\rho}D_\nu\psi^i_\rho - \frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + \frac{1}{8}\epsilon_{ij}\bar{\psi}^i_\mu\gamma^{[\mu}\gamma_{\rho\sigma}\gamma^{\nu]}\psi^j_\nu F_{\alpha\beta}\hat{F}^{\alpha\beta}] \tag{13}$$

where $\epsilon_{12} = \epsilon^{12} = 1$,

$$F_{\mu\nu} = \partial_\mu A_\nu - \partial_\nu A_\mu \tag{14}$$

is an abelian field strength tensor and

$$\hat{F}_{\mu\nu} = F_{\mu\nu} - \epsilon_{ij}\bar{\psi}^i_\mu \psi^j_\nu \tag{15}$$

is its supercovariant extension. The last term of the action 17 is the interaction between the gravitini and the vector field. To construct the transformation rules for the theory, we modify those of section 2, we get

$$\begin{aligned}
\delta e^a_\mu &= \tfrac{1}{2}\bar{\epsilon}^i \gamma^a \psi^i_\mu \\
\delta\psi_\mu &= D_\mu(\hat{\omega})\epsilon - \tfrac{1}{8}\epsilon^{ij}\gamma^{\rho\sigma}\gamma_\mu \epsilon^j \hat{F}_{\rho\sigma} \\
\delta A_\mu &= \epsilon_{ij}\bar{\epsilon}^i \psi^j_\mu .
\end{aligned} \tag{16}$$

To check whether 17 is invariant under 16 or not, we use the same method as in section 2, i.e. 1.5 order formalism.

Notice that if we set $\psi^{i=2}_\mu = A_\mu = 0$, we get

$$S = \frac{1}{2\kappa^2}\int d^4x e[e^{a\mu}e^{b\nu}R_{\mu\nu ab}(\omega) - \bar{\psi}^1_\mu \gamma^{\mu\nu\rho}D_\nu \psi^1_\rho], \tag{17}$$

which is the same theory with $\mathcal{N} = 1$ supergravity, where $\psi_\mu = \psi^1_\mu$. Thus, this fact shows that we can obtain $\mathcal{N}$ theory from $\mathcal{N}' > \mathcal{N}$ theory that lives in the same dimensional spacetime. This method of reducing supersymmetry is called truncation.

5 The bosonic sector of matter coupled $\mathcal{N} = 2$ $D = 4$ supergravity

We couple $\mathcal{N} = 2$ $D = 4$ Supergravity with n vector multiplets and n_H hypermultiplets (see [9, 10]). Thus, in this theory, we have a graviton, 2 gravitini, $n+1$ vectors, n scalar complex field from n vector multiplets, $2n$ spin-$\frac{1}{2}$ fields from n vector multiplets, $2n_H$ spin-$\frac{1}{2}$ from n_H hypermultiplets, and $4n_H$ real scalar fields from n_H hypermultiplets. We can write the bosonic of matter coupled $\mathcal{N} = 2$ $D = 4$ supergravity as

$$\begin{aligned}
S = \int d^4x e[&R + g_{i\bar{j}}(z,\bar{z})\nabla^\mu z^i \nabla_\mu z^{\bar{j}} - 2\lambda h_{uv}(q)\nabla^\mu q^u \nabla_\mu q^v \\
&+ i(\bar{\mathcal{N}}_{AB}\mathcal{F}^{-A\mu\nu}\mathcal{F}^{-B}_{\mu\nu} - \mathcal{N}_{AB}\mathcal{F}^{+A\mu\nu}\mathcal{F}^{+B}_{\mu\nu}) - V]
\end{aligned} \tag{18}$$

where $I, i = 1, 2, ..., n$ and $u, v = 1, 2, ..., 4n_H$. As we can see, the second and third terms in the equation 18 are the terms for scalar fields z from vector multiplets and q hypermultiplets, respectively. The complex scalar fields z span the special Kahler

manifold (see [11] for detail) $\mathcal{M}_{SK}$ and the real scalar fields q span the quaternionic Kahler manifold $\mathcal{M}_{QK}$. Therefore the scalar manifold is written as

$$\mathcal{M}_{scalar} = \mathcal{M}_{SK} \times \mathcal{M}_{QK}. \tag{19}$$

Since $\mathcal{M}_{scalar}$ is in the form of a coset manifold G/H, where G is an isometry group and H is a holonomy group. In particular, H has a general form as

$$H = H_R \times H_{matt} \tag{20}$$

where H_R is an automorphism of supersymmetry algebra (R-symmetry) and H_{matt} is a compact group acting on matter fields. R-symmetry group for $\mathcal{N} = 2$ supergravity in 4 dimensions is $U(2)$ and we know the relation that $U(2) \sim U(1) \times SU(2)$ and from 19 we have $H = H^{(SK)} \times H^{(QK)}$. Thus, we find that

$$\begin{aligned} H^{(SK)} &= U(1) \times H^{(SK)}_{matt} \\ H^{(QK)} &= SU(2) \times H^{(QK)}_{matt}. \end{aligned} \tag{21}$$

The metric $g_{i\bar{j}}$ in the second term of 18 is the metric of the special Kahler manifold and is defined as

$$g_{i\bar{j}} = \partial_i \partial_{\bar{j}} \mathcal{K} \tag{22}$$

where $\mathcal{K}$ is the Kahler potential. Moreover, we can define Kahler 2-form as

$$K = i g_{i\bar{j}} dz^i \wedge dz^{\bar{j}}. \tag{23}$$

This geometry will be called the Kahler space if the form K is closed, i.e. $dK = 0$. The special Kahler space has isometry which is described by Killing vectors k^i_I. We have a symmetry of the metric an infinitesimal transformation

$$z'^i \to z^i + \theta^A k^i_A \tag{24}$$

and we have the condition for isometry transformation (see [8] for the proof) as

$$\begin{aligned} \nabla_i k_{Aj} + \nabla_j k_{Ai} &= 0 \\ \nabla_i k_{A\bar{j}} + \nabla_{\bar{j}} k_{Ai} &= 0 \end{aligned} \tag{25}$$

where $k_{Aj} = g_{ji} k^j_A$ and $\nabla_i k_{Aj} = \partial_i k_{Aj} - \Gamma^m_{ij} k_{Am}$. In addition, we can also write an algebra for the Killing vectors as

$$[k_A, k_B] = f_{AB}{}^C k_C \tag{26}$$

where $k_A = k^i_A \partial_i + k^{\bar{i}}_A \partial_{\bar{i}}$ is a Killing vector on a tangent space. Then we define the Killing vector in terms of a momentum map as

$$k^i_A = i g^{i\bar{j}} \partial_{\bar{j}} \mathscr{P}_A \tag{27}$$

and since $\mathcal{K}$ is invariant under the transformation of isometry group G, we have

$$k^i_A \partial_i \mathcal{K} + k^{\bar{i}}_A \partial_{\bar{i}} \mathcal{K} = 0. \tag{28}$$

Then we have the condition

$$i\mathscr{P}_A = \frac{1}{2}(k^i_A \partial_i \mathcal{K} - k^{\bar{j}}_A \partial_{\bar{j}} \mathcal{K}) = k^i_A \partial_i \mathcal{K} = -k^{\bar{j}}_A \partial_{\bar{j}} \mathcal{K}. \tag{29}$$

Furthermore, the Killing vectors contain both isometry indices i, j and symplectic indices A, B. Then we define a vector V^M in terms of X^A and F_A where $A = 1, 2, ..., n+1$ according to the numbers of vector fields in the theory. Thus we have

$$V^M = \begin{pmatrix} X^A \\ F_A \end{pmatrix}. \tag{30}$$

When acting the transformation of group G on V^M, we have

$$(k^i_A \partial_i + k^{\bar{i}}_A \partial_{\bar{i}}) \begin{pmatrix} X^A \\ F_A \end{pmatrix} = \mathcal{G} \begin{pmatrix} X^A \\ F_A \end{pmatrix} \tag{31}$$

then we see that $\mathcal{G} \in Sp(2n+2, \mathbb{R})$. Hence we can conclude that the isometry group G is embedding in the symplectic group $Sp(2n+2, \mathbb{R})$. In addition, [9] proved that the holonomy group is $U(n+1)$. Therefore we have the special Kahler manifold written in the form

$$\mathcal{M}_{SK} = \frac{Sp(2n+2, \mathbb{R})}{U(n+1)}. \tag{32}$$

6 Future work

Our next work is to study $\mathcal{M}_{QK}$ side of the relation 19. Then study the fermionic sector of matter coupled $\mathcal{N} = 2$ $D = 4$ supergravity and the gauged theory.

References

[1] Progress Toward A Theory Of Supergravity *Daniel Freedman, Sergio Ferrara and Peter van Nieuwenhuizen.* Physical Review D. 13(12): 32143218, 1976.

[2] Supergravity in theory in 11 dimensions. *Eugene Cremmer, Bernard Julia and Joel Scherk.* Physics Letters B, 76(4): 409-412, 1978.

[3] String theory dynamics in various dimensions. *Edward Witten.* Nuclear Physics B, 443(1): 85-126, 1995.

[4] Zum Unittsproblem in der Physik. *Theodor Kaluza.* Sitzungsber. Preuss. Akad. Wiss. Berlin. (Math. Phys.): 966972, 1921.

[5] Quantentheorie und fnfdimensionale Relativittstheorie. *Oscar Klein.* Zeitschrift fr Physik A. 37(12): 895906, 1926.

[6] On a theory of particles with half-integral spin. *William Rarita and Julian Schwinger.* Phys. Rev., 60: 6161, Jul 1941.

[7] Supergravity. *Daniel Freedman and Antoine Van Proeyen.* Cambridge University Press, New York, USA, 2012.

[8] Gauged Supergravity and AdS/CFT Holography. *Parinya Karndumri.* Danex Intercorporation, Bangkok, Thailand, 2018.

[9] Gauged Supergravities. *Mario Trigiante.* arXiv:1609.09745v4, 2017.

[10] Introduction to Supergravity. *Horatiu Nastase.* arXiv:1112.3502v3, 2012.

[11] Special Kahler Manifolds. *Daniel Freed.* Communications in Mathematical Physics, 203: 31-52, 1999.