ด้วยสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี ที่ได้พระราชทานโอกาสแก่เยาวชนไทยเพื่อเข้าร่วมกิจกรรมนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปี 2560

นายกันตภณ เจนแสงจันทร์

ภาควิชาฟิสิกส์

มหาวิทยาลัยมหิดล

โดยการสนับสนุนของ

สถาบันวิจัยเดซี (Deutsches Elektronen-Synchroton, DESY)

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ

และสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

คำนำ

รายงานเล่มนี้ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลการเข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเคซีประจำปี 2560 ของข้าพเจ้า ซึ่งข้าพเจ้าได้เข้าร่วมโครงการดังกล่าวที่จัดขึ้นระหว่างวันที่ 18 กรกฎาคม ถึง 7 กันยายน พ.ศ. 2560 โดยรายงานฉบับนี้จะประกอบด้วยข้อมูลเกี่ยวกับสถาบันวิจัยเคซี งานวิจัยระยะสั้นที่ข้าพเจ้าเข้าร่วม บันทึกประจำวันระหว่างโครงการ รวมถึงข้อคิดที่ได้รับจากการเข้าร่วมกิจกรรม

ข้าพเจ้าหวังว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่นักเรียน นักศึกษา และผู้ที่สนใจทางวิทยาศาสตร์ไม่มากก็น้อย หากมีข้อมูลที่ข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

นายกันตภณ เจนแสงจันทร์

ผู้แทนประเทศไทยโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเคซี ประจำปี 2560

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้ารู้สึกสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี ที่พระราชทานโอกาสในการเป็นผู้แทนประเทศไทยเข้าร่วมกิจกรรมนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ณ เมืองซอนเธน สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี ประจำปีพุทธศักราช 2560 ในครั้งนี้

ข้าพเจ้าขอขอบคุณคณะกรรมการและบุคลากรสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติที่ได้คัดเลือกให้ข้าพเจ้าเข้าร่วมกิจกรรม และช่วยเหลือดูแลทั้งด้านการเตรียมตัวเข้าร่วมโครงการ การอบรมเตรียมความพร้อมทางวิชาการ การอบรมภาษาอังกฤษ และติดตามให้ความช่วยเหลือขณะอยู่ในโครงการ

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ Prof. Huirong Yan, Reinaldo dos Santos de Lima และ Heshou Zhang รวมถึงบุคลากรของสถาบันเดซีที่ให้ทักษะในการทำวิจัย และความรู้ต่างๆทางวิทยาศาสตร์ที่ข้าพเจ้าสามารถนำมาพัฒนาตนเองได้ทั้งทางด้านวิชาการและการปรับตัวในการใช้ชีวิตร่วมกับผู้อื่นได้อย่างดี

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณอาจารย์และพ่อแม่ของข้าพเจ้าในการเขียนจดหมายแนะนำ และคอยให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจแก่ข้าพเจ้า รวมทั้งสนับสนุนในการเรียนทางวิทยาศาสตร์เสมอมา

นายกันตภณ เจนแสงจันทร์

ผู้แทนประเทศไทยโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปี 2560

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสถาบันวิจัยเดซี	5
บทที่ 2 โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปี 2560	8
บทที่ 3 งานวิจัยระยะสั้นที่ข้าพเจ้าเข้าร่วม	11
บทที่ 5 ข้อคิดและประโยชน์ที่ได้รับ	13
บทที่ 6 ข้อเสนอแนะในการเข้าร่วมกิจกรรม	14
บทที่ 7 บันทึกประจำวันระหว่างการเข้าร่วมกิจกรรม	15
บทที่ 8 ภาคผนวก	33

สถาบันวิจัยเดซี (Deutsches Elektronen-Synchrotron, DESY) เป็นสถาบันวิจัยระดับชาติของประเทศเยอรมนี โดยศึกษาเกี่ยวกับเครื่องเร่งอนุภาคเพื่อใช้ในการตรวจสอบโครงสร้างของสสาร หัวข้อวิจัยของสถาบันมีความหลากหลายโดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลักๆ คือ

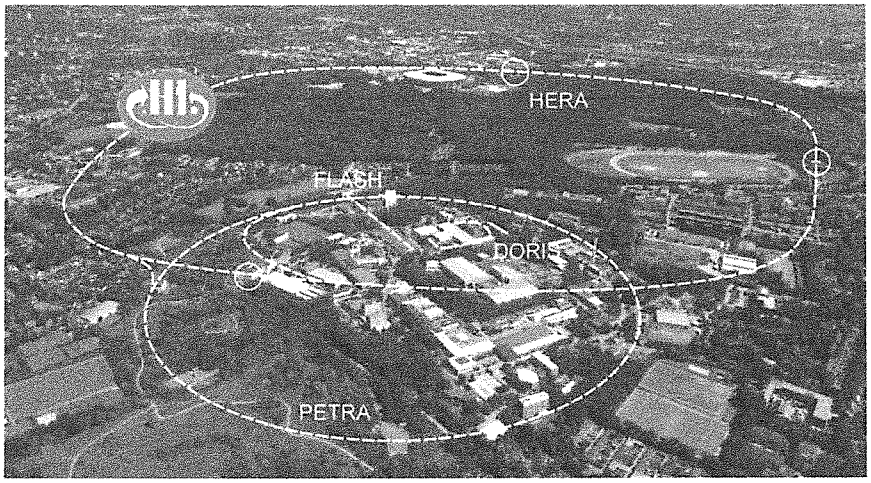
1. ฟิสิกส์อนุภาค และฟิสิกส์พลังงานสูง (Particle and High Energy Physics)

2. งานวิจัยเกี่ยวกับแสงซินโครตรอน (Photon Science)

3. งานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องเร่งอนุภาค (Development and Construction of Particle Accelerators)

สถาบันวิจัยเดซีมีทั้งหมด 2 วิทยาเขตตั้งอยู่ในเมืองฮัมบูกร์ (Hamburg) และเมืองซอยเธน (Zeuthen) โดยมีรายละเอียดในส่วนของเครื่องเร่งอนุภาคดังนี้

1. PETRA

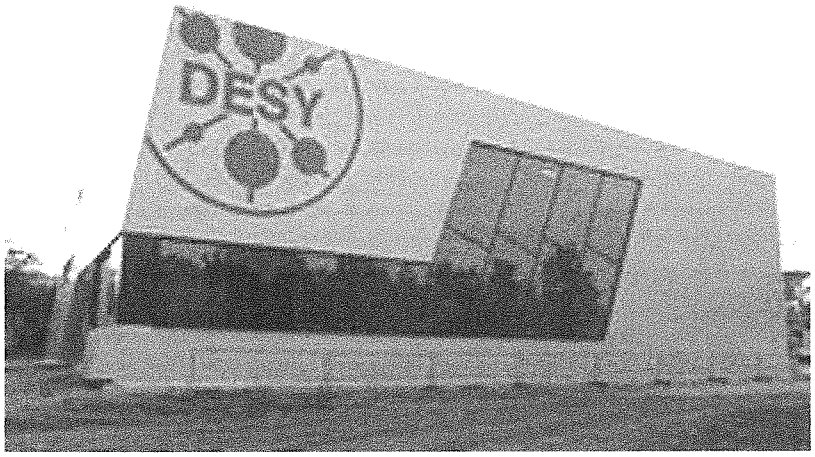


PETRA (Positron-Elektron-Tandem-Ring-Anlage) ถูกสร้างขึ้นระหว่างปี 1975 ถึง 1978 โดยมีจุดประสงค์เพื่อรองรับการวิจัยเกี่ยวกับอนุภาคพื้นฐาน โดยผลงานที่มีชื่อเสียงคือการค้นพบอนุภาคกลูออนในปี 1979. PETRA ได้มีการพัฒนาขึ้นในปี 1990 ภายใต้ชื่อ PETRA II เพื่อใช้ในการเร่งโปรตรอน อิเล็กตรอน และโพสิตรอน โดยใช้งานร่วมกับ HERA ภายหลังได้มีการพัฒนาเพื่อใช้งานในส่วนของแสงซินโครตรอน

2. HERA

HERA (Hadron-Elektron-Ring-Anlage) ถูกสร้างขึ้นระหว่างปี 1984 ถึง 1990 โดยได้รับความร่วมมือจากอีก 11 ประเทศในการสร้างและพัฒนา มีความยาวถึง 6336เมตร. HERA เคยถูกใช้ในการหาโครงสร้างของโปรตรอนและคุณสมบัติของควาร์ก โดยได้ปิดการใช้งานลงเมื่อปี 2007

3. FLASH



FLASH (Free-electron-LASer in Hamburg) เป็นเครื่องเร่งอนุภาคชนิดเส้นตรงที่มี free electron laser สำหรับการแผ่รังสีในช่วง UV ถึง Soft X-ray ซึ่งมีการทำการทดลองอยู่ในขณะนี้

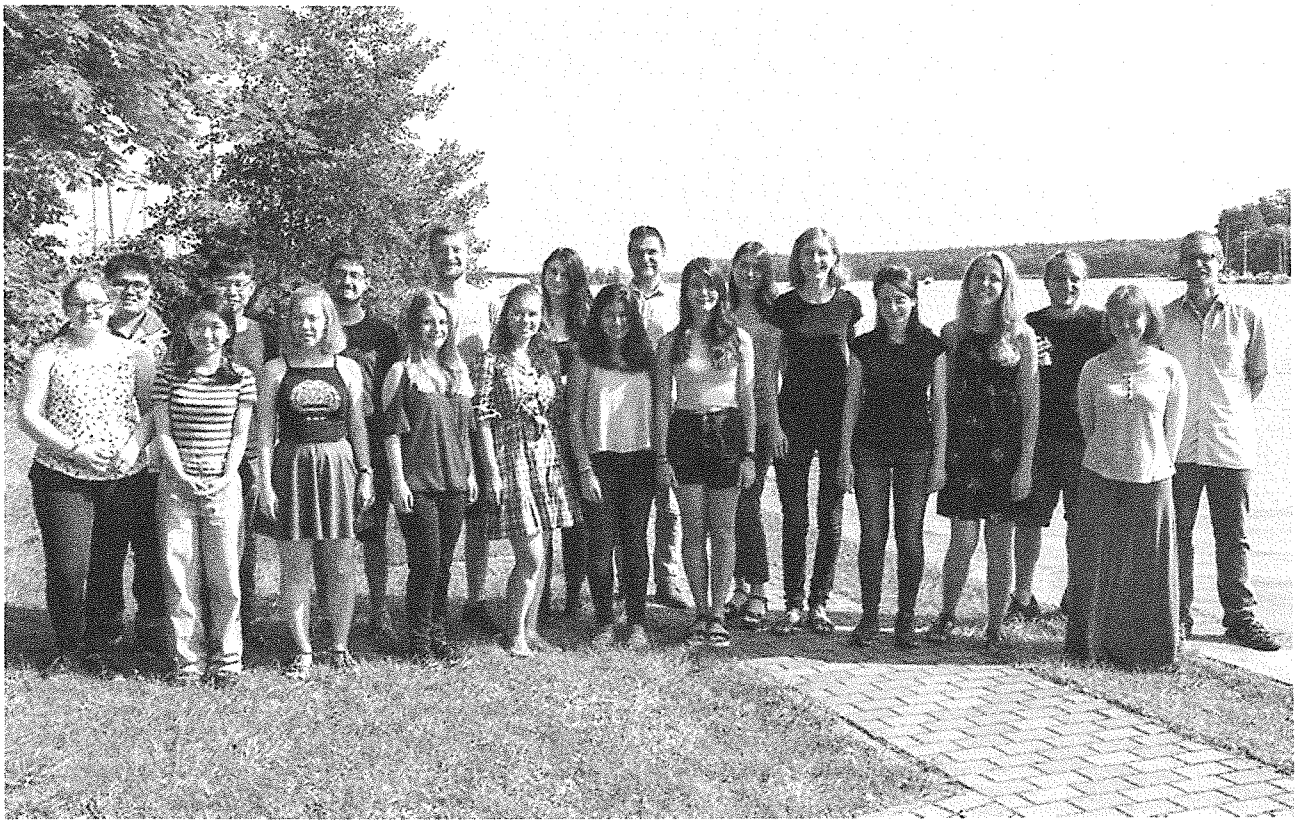
4. European XFEL

The European x-ray free electron laser (European XFEL) เป็น x-ray laser ที่ใหญ่และมีความเข้มสูงที่สุดในโลก ซึ่งมีการสร้างขึ้นเป็นผลสำเร็จในปี 2017 มีความยาวทั้งหมด 2.1 กิโลเมตร ประกอบด้วยเครื่องเร่งอนุภาคแบบเส้นตรงซึ่งสามารถเร่งอิเล็กตรอนให้มีพลังงานถึง 17.5 GeV โดยสามารถประยุกต์ใช้ได้ในทั้งงานด้านเคมี ชีววิทยา และฟิสิกส์วัสดุศาสตร์.

บทที่ 2 โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปี 2560

โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซีเป็นโครงการของสภาบันเดซีที่เปิดรับเยาวชนนักศึกษาระดับปริญญาตรีปีชั้นปีที่ 3 หรือ 4 และนักศึกษาระดับชั้นปริญญาโทปีที่ 1 หรือ 2 ได้เข้าร่วมปฏิบัติงานวิจัยวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับสถาบันเดซีที่เมืองฮัมบูร์กหรือเมืองซอยเธน ในช่วงปิดเทอมฤดูร้อนของประเทศเยอรมนี

โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปี 2560 จัดขึ้นระหว่างวันที่ 18 กรกฎาคม 2560 ถึง 7 กันยายน 2560 โดยมีนักศึกษาเข้าร่วมทั้งหมด102 คน โดยเมืองซอยเธนที่ข้าพเจ้าเข้าร่วมโครงการมีนักศึกษาทั้งหมด 17 คน โดยมาจากประเทศต่างๆ คือ รัสเซีย 3 คน อังกฤษ 2 คน อเมริกา 2 คน สเปน 2 คน ไทย 2 คน อาร์เมเนีย 1 คน ไอร์แลน 1 คน สก๊อตแลนด์ 1 คน จีน 1 คน อาร์เจนตินา 1 คน และ ยูเครน 1 คน



หัวข้อวิจัยของสถาบันเดซีที่เมืองซอยเธนจะเน้นไปทางฟิสิกส์อนุภาคดาราศาสตร์ (Astroparticle Physics) ซึ่งเป็นการศึกษาอนุภาคที่มาจากอวกาศ กลุ่มวิจัยที่เกี่ยวข้องจะมีทั้งทางด้านทฤษฎี (THAT, NEUCOS) เครื่องตรวจจับอนุภาค (CTA, Icecube, ALICE)

กิจกรรมที่ทำระหว่างโครงการจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ เลคเชอร์ในตอนเช้า 9:00 น. ถึง 11:00 น ที่มีเนื้อหาครอบคลุมหัวข้อวิจัยที่เกี่ยวข้อง. และในช่วงบ่ายจะเป็นการปฏิบัติงานในกลุ่มวิจัยของแต่ละคน โดยตารางกิจกรรมในช่วงเช้าเป็นดังนี้

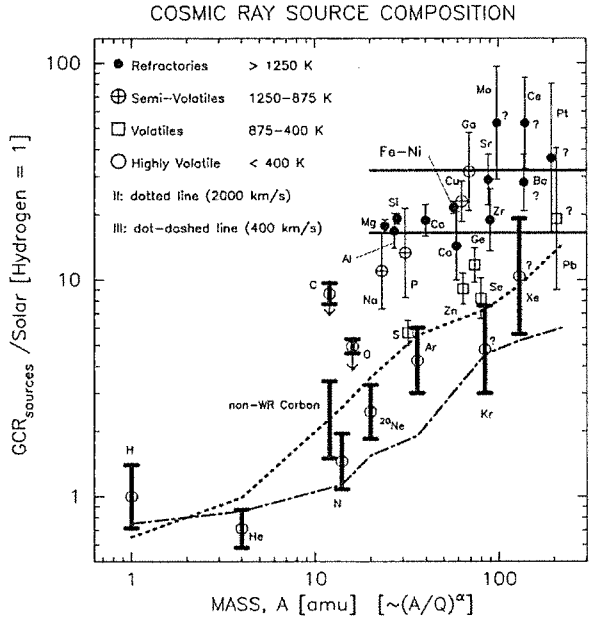
วันที่	หัวข้อกิจกรรม	ผู้บรรยาย
18 กรกฎาคม	กล่าวต้อนรับ/แนะนำโครงการ	Karl Jansen
19 กรกฎาคม	Computing	Stephan Wiesand
20 กรกฎาคม	Computing	Stephan Wiesand
24 กรกฎาคม	Introduction into Data Analysis	Orel Gueta
25กรกฎาคม	Neutrino Physics I	Walter Winter
26กรกฎาคม	Neutrino Physics II	Walter Winter
27กรกฎาคม	Accelerator Physics I	Pedro Castro
28 กรกฎาคม	Accelerator Physics II	Pedro Castro
31 กรกฎาคม	Introduction to the Standard Model I	Thorsten Kuhl
1สิงหาคม	Introduction to the Standard Model II	Thorsten Kuhl
2สิงหาคม	Introduction to the Standard Model III	Thorsten Kuhl
2สิงหาคม	Students intermediate reports (afternoon)	Students
3สิงหาคม	LHC I	Ingo Bloch
4สิงหาคม	LHC II	Ingo Bloch
7สิงหาคม	Lattice Gauge Theory	Constantia Alexandrou
8สิงหาคม	Photoinjector PITZ, I	Gregor Loisch
9สิงหาคม	Photoinjector PITZ, II	Gregor Loisch
11สิงหาคม	Introduction to Magnetohydrodynamics	Rolf Buhler
16สิงหาคม	Advanced Methods of Data Analysis	Orel Gueta
17สิงหาคม	Machine Learning Techniques	Stefan Ohm
21 สิงหาคม	Dark Matter I	Moritz Hutten
22สิงหาคม	Dark Matter II	Moritz Hutten
24สิงหาคม	Trip to DESY Hamburg I	-
25สิงหาคม	Astroparticle Physics (in Hamburg)	Gernot Maier
28สิงหาคม	Cosmology I	Jakob Nordin
29สิงหาคม	Cosmology II	Jakob Nordin
31สิงหาคม	Perturbative QCD I	Johannes Blumlein

1กันยายน	Perturbative QCD II	Johannes Blumlein
4กันยายน	Introduction into Monte Carlo Methods	Johannes Knapp
6กันยายน	Final student reports	Students
7กันยายน	Final student reports	Students

บทที่ 3 งานวิจัยระยะสั้นที่ข้าพเจ้าเข้าร่วม

ข้าพเจ้าได้เข้าร่วมกลุ่มวิจัยทางทฤษฎี THAT ย่อมาจาก Theory of Astroparticle Physics งานวิจัยหลักของกลุ่มจะเป็นการศึกษารังสีคอสมิคที่มาจากอวกาศ มีอาจารย์ที่ปรึกษาหลักคือ Prof.Huirong Yan ที่เป็นหัวหน้ากลุ่มวิจัย และนักวิจัยพี่เลี้ยง Heshou Zhang ที่คอยให้คำแนะนำข้าพเจ้าตลอดโครงการ หัวข้อวิจัยที่ข้าพเจ้าได้ปฏิบัติคือ การศึกษาการเร่งของเม็ดฝุ่น (Grain) ในสสารระหว่างดวงดาว (Interstellar Medium) โดยข้าพเจ้าทำในส่วนของการจำลองการเคลื่อนที่ของเม็ดฝุ่น

จุดเริ่มต้นของงานวิจัยนี้มาจากการค้นพบว่าองค์ประกอบของรังสีคอสมิคที่มาจากนอกระบบสุริยะ (Galactic Cosmic Rays, GCR) และ รังสีคอสมิคที่มาจากดวงอาทิตย์ (Solar Cosmic Rays) มีสัดส่วนของธาตุที่ระเหยได้ยาก (Refractory Elements) ที่ต่างกัน ดังรูป



โดยปริมาณของธาตุที่ระเหยได้ยากในรังสีคอสมิคที่มาจากนอกระบบสุริยะมีค่ามากกว่ารังสีคอสมิคจากดวงอาทิตย์ โดยการศึกษาสเปกตรัมทำให้พบว่าธาตุพวกนี้อยู่ในเม็ดฝุ่น ทำให้เชื่อได้ว่าในสสารระหว่างดวงดาวที่เป็นแหล่งกำเนิดของรังสีคอสมิคที่มาจากอวกาศนั้น จะมีการเร่งของพวกเม็ดฝุ่นก่อนหน้าที่จะกลายเป็นรังสีคอสมิคได้

การเร่งของเม็ดฝุ่นที่ข้าพเจ้าศึกษานั้นเกิดมาจากกการที่สสารระหว่างดวงดาวมีสภาวะการเป็นแม่เหล็ก (magnetized) และมีความปั่นป่วน (turbulent) ซึ่งจะก่อให้เกิดคลื่นที่เรียกว่า MHD waves มีอันตรกิริยากับเม็ดฝุ่น และทำให้เกิดการเร่งได้

คลื่น MHD waves นั้นสามารถแบ่งได้เป็น 3 โหมดหลักๆคือ Alfven wave, Fast wave และ Slow waveซึ่งงานของข้าพเจ้าคือการศึกษาการเร่งของเม็ดฝุ่นในโหมดต่างๆ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการเร่ง ข้าพเจ้าเขียนโปรแกรมทำ Simulationโดยใช้ภาษา fortran ซึ่งเป็นภาษาคอมพิวเตอร์พื้นฐานเหมือนกับภาษาซี โดยข้าพเจ้าจะดัดแปลงตัวโปรแกรมก่อนหน้าที่ใช้สำหรับรังสีคอสมิคให้ปรับใช้กับเม็ดฝุ่น ซึ่งข้อแตกต่างที่สำคัญระหว่างรังสีคอสมิคและเม็ดฝุ่นคือ รังสีคอสมิคจะมีมวลที่น้อยและมีอัตราเร็วใกล้กับอัตราเร็วแสง (relativistic particles) ซึ่งมากกว่าอัตราเร็วของเม็ดฝุ่น ทำให้สมการทางฟิสิกส์ที่ใช้ในตัวโปรแกรมมีรูปแบบต่างกัน

แรงที่กระทำกับเม็ดฝุ่นจะมี 2 แรงหลักๆคือ แรงแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Force, f_L) กับแรงที่เกิดจากความหนืด (Hydrodrag Force, f_d) ตามสมการด้านล่าง

$$\mathbf{f_L} = \mathbf{j} \times \mathbf{B} = (\mathbf{B} \cdot \nabla)\frac{\mathbf{B}}{\mu_0} - \nabla\left(\frac{\mathbf{B^2}}{\mathbf{2}\mu_0}\right)$$

$$\mathbf{f_d} = -\frac{\mathbf{mv^2}}{\mathbf{t_{drag}}}$$

โดยจากเครื่องหมายของทั้งสองแรงจะเห็นได้ว่าแรงแม่เหล็กไฟฟ้าจะทำให้ความเร็วของเม็ดฝุ่นเพิ่มขึ้น ขณะที่แรงที่เกิดจากความหนืดจะทำให้ความเร็วลดลงซึ่งแปรผันกับความเร็วกำลังสองของเม็ดฝุ่น ดังนั้นความเร็วของเม็ดฝุ่นจะลู่เข้าค่าคงที่เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง

จากผลการทำ Simulation พบว่าการเร่งของเม็ดฝุ่นที่อยู่ใน Fast mode จะมีประสิทธิภาพมากที่สุด ตามด้วย Slow mode และ Alfven mode ตามลำดับ โดยความแรงของสนามแม่เหล็กมีผลต่อประสิทธิภาพในการเร่งด้วยโดยการเร่งจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อสนามแม่เหล็กมีความเข้มสูง

*รายละเอียดเพิ่มเติมสามารถอ่านได้เพิ่มเติมที่ภาคผนวก

บทที่ 4 ประโยชน์จากการเข้าร่วมกิจกรรม

การเข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซีของข้าพเจ้าในครั้งนี้ได้มอบประสบการณ์ต่างๆมากมายและทำให้ตัวข้าพเจ้าพัฒนาขึ้นในหลายด้าน ประการแรกคือการเรียนเลคเชอร์ในช่วงเช้าซึ่งมีหลายหัวข้อที่ตรงกับความสนใจของข้าพเจ้า และอาจารย์ผู้สอนก็ให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนของงานวิจัยที่ทำอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งนับเป็นสิ่งที่ข้าพเจ้าหาไม่ได้ตามหลักสูตรในห้องเรียน การทำงานวิจัยนั้นก็มีการทำงานอย่างเป็นระบบและช่วยเหลือกันตลอด เช่น นักวิทยาศาสตร์หลายแต่ละคนในห้องวิจัยก็มีความเชี่ยวชาญต่างกัน ทั้งในส่วนการเขียนโปรแกรมและด้านทฤษฎี ซึ่งเวลามีปัญหาเกิดขึ้นในงานของแต่ละคน ทุกคนก็จะมานั่งปรึกษากันเกี่ยวกับสาเหตุและวิธีการแก้ไข โดยสำหรับตัวข้าพเจ้าที่เป็นนักศึกษาภาคฤดูร้อนนั้นก็ได้รับการช่วยเหลือจากนักศึกษาปริญญาเอกที่อยู่ในกลุ่มตั้งแต่ทั้งด้านเกี่ยวข้องกับงานวิจัยจนไปถึงทักษะการทำงานและการใช้ชีวิตระหว่างอยู่ในเยอรมนี เช่น การขึ้นรถไฟฟ้า การใช้โทรศัพท์ อาหารการกิน ภาษาเยอรมัน เป็นต้น

ส่วนด้านการใช้ชีวิตกับเพื่อนนั้น สำหรับข้าพเจ้าในช่วงแรกจะอยู่กับพี่ชลิตเป็นส่วนมาก แต่เมื่อเวลาผ่านไป หลังจากที่ได้ทำกิจกรรมต่างๆร่วมกัน ทำให้ผมสนิทกับเพื่อนต่างชาติมากขึ้น โดยเฉพาะ Sarah เพื่อนที่มาจากสก๊อตแลนด์ซึ่งอยู่ในกลุ่มวิจัยเดียวกัน เมื่อเวลาแต่ละคนมีปัญหาเล็กน้อยก็ให้คำปรึกษาให้กันได้อย่างดี เนื่องจากในกลุ่มวิจัยของข้าพเจ้าทำงานเลิกค่อนข้างดึกทำให้เวลาชีวิตส่วนมากพวกข้าพเจ้าจะอยู่กันในห้องทำงานทำให้สนิทกันได้ค่อนข้างรวดเร็ว ซึ่งเพื่อนคนอื่นๆพวกเราก็รู้จักกันมากขึ้นจากการไปเที่ยวด้วยกันช่วงวันหยุดสุดสัปดาห์ รวมทั้งการทำกิจกรรมต่างๆที่ทางเดซีได้จัดขึ้น ทำให้ข้าพเจ้าได้เรียนรู้วัฒนธรรมทางด้านภาษา อาหาร และแนวคิดใหม่ๆมากขึ้น และยังเป็นการสร้างความสัมพันธ์ในเชิงวิชาการในอนาคตกับเพื่อนที่มีความสนใจเหมือนกันอีกด้วย

ด้านทักษะทางการทำวิจัยของข้าพเจ้านั้นได้รับการฝึกฝนให้มีความรับผิดชอบต่องานที่ทำมากขึ้น เพราะข้าพเจ้าต้องรายงานผลกับอาจารย์ที่ปรึกษาในกล่มวิจัยทุกอาทิตย์ ทำให้ข้าพเจ้าต้องจัดสรรเวลาให้เหมาะสม ทักษะทางด้านการเขียนโปรแกรมของข้าพเจ้าพัฒนาขึ้นค่อนข้างมาก เนื่องจากข้าพเจ้าต้องเรียนรู้การเขียนโปรแกรมด้วยภาษาคอมพิวเตอร์ fortran ซึ่งข้าพเจ้าไม่เคยเรียนมาก่อน และได้รับความช่วยเหลือจากอาจารย์รวมถึงพี่นักวิจัยในห้อง ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำงานสำเร็จได้ด้วยดี

บทที่ 5 ข้อเสนอแนะในการเข้าร่วมกิจกรรม

ด้านการเตรียมตัว

- การยื่นขอวีซ่าเยอรมันนั้นมีความเป็นระเบียบค่อนข้างสูงจึงควรรีบติดต่อไว้ก่อนเพราะอาจมีการใช้เอกสารเพิ่มเติมจากสถาบันการศึกษาในไทย

- เนื่องจากเป็นฤดูร้อน สภาพอากาศโดยทั่วไปจึงไม่หนาวแตกต่างจากบ้านไทยมาก แต่ช่วงต้นเดือนกันยายน อากาศจะเริ่มหนาวมากขึ้น จึงควรเตรียมเสื้อกันหนาวเผื่อไปด้วย และมีฝนตกค่อนข้างบ่อยจึงควรพบร่มหรือเสื้อกันหนาวไปด้วย

- ควรติดต่ออาจารย์ที่ปรึกษาทันทีหลังจากได้รับการติดต่อมาจากสถาบันเพื่อเริ่มศึกษาเกี่ยวกับหัวข้อวิจัยก่อน และถามเกี่ยวกับการเตรียมตัวเบื้องต้นก่อนไป

ด้านการใช้ชีวิต

- ควรพกถุงผ้าไปร้านค้าซุปเปอร์มาร์เก็ต เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการซื้อ

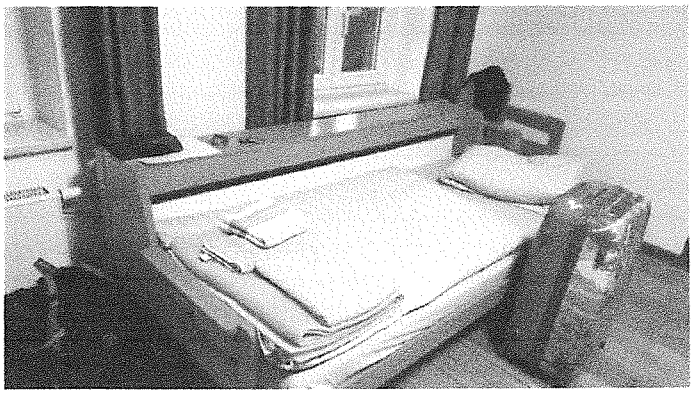
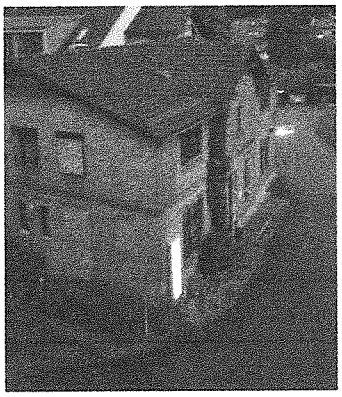
- ในครัวส่วนกลางมีอุปกรณ์ทำอาหารอยู่มากมาย สามารถเตรียมวัตถุดิบไปจากไทยหรือหาซื้อที่ซุปเปอร์มาร์เก็ตได้ซึ่งเปิดทำการทุกวันยกเว้นวันอาทิตย์

ด้านการทำวิจัย

- หากมีปัญหาในการทำวิจัยจริงๆควรปรึกษาอาจารย์หรือคนในแลปโดยตรง เพื่อไม่ให้เป็นการเสียเวลาในการทำมาก

- ควรหัดใช้ซอฟต์แวร์พื้นฐานเช่น LATEX และภาษาเขียนโปรแกรมพื้นฐานเช่น C, python เป็นต้น

วันที่ 16 กรกฎาคม 2560

วันนี้เป็นวันเริ่มต้นการเดินทาง ผมกับครอบครัวเดินทางไปถึงที่สนามบินสุวรรณภูมิเวลาตีสามครึ่ง หลังจากนั้นผมกับพี่เล็กก็เริ่มต้นเดินทาง เราบินตรงจากสุวรรณภูมิไปลงที่ cologn-bonn เพื่อต่อเครื่องไปที่ Berlin เราพบว่าflight ที่ต่อเครื่องนั้น delay ไปประมาณครึ่งชั่วโมง หลังจากนั้นเราก็นั่งรถบัสจากสนามบิน TXL ไปที่ Beusselstrase เพื่อนั่ง S-41 ลงที่ Neukolln แล้วนั่งรถไฟสาย S-46ต่อไป Zeuthen พอถึงสถานีผมกับพี่เล็กก็เดินหาทางไปที่ DESY ตอนแรกเราเดินหลงทาง โชคดีที่เจอคนเยอรมันที่ช่วยบอกทางไปให้ เราเดินถึงที่พัก DESY เวลาประมาณสามทุ่มครึ่งของที่นี่ เจ้าหน้าที่ก็ให้กรอกเอกสารเข้าพักและบอกทางไปห้องพัก

วันที่ 17 กรกฎาคม 2560

วันนี้ช่วงเช้า ผมกับพี่เล็กไปที่ supermarket ชื่อ REWE ที่อยู่ใกล้กับที่พัก เราเดินซื้อของจำพวก ขนมปัง นม เราไม่ได้เอาถุงมาใส่ของด้วย เพราะที่นี่เขาไม่มีบริการถุงให้ หลังจากนั้นเรากลับมาถึงที่พัก เจอเพื่อน 2 คนที่เป็น summer student เหมือนกัน คนนึงเป็นผู้หญิงชื่อ Giuliana มาจาก Argentina แต่เรียนที่ New Yorkส่นอีกคนมาจาก Ireland เรียนที่ London สองคนนี้พูดภาษาอังกฤษเก่งมาก เราก็ทักทายกันและเขามาชวนไป supermarket อีกรอบ เราก็ไปเดินเล่นตามเขาไปคุยกันระหว่างทาง หลังจากนั้นช่วงบ่ายผม

กับพี่เล็กก็ตั้งใจจะกลับไป Airport เพื่อซื้อ sim แต่ไปถึงที่ขายตั๋วแล้วพบว่าเครื่องรับเงินสดไม่ได้ เราเลยเดินหากันในเมืองแล้วพบร้าน cafe ที่มีบริการ free-wifi ให้ เราจึงกินข้าวเที่ยงกันที่นี่ และติดต่อกับคนที่ไทยกัน หลังจากนั้นเราก็กลับมาที่พัก

วันที่ 18 กรกฎาคม 2560

วันนี้เป็นวันแรกของการทำงาน ช่วงเช้าผมกับพี่เล็กไปฟังพิธีเปิดในช่วงเช้าที่ห้องประชุม เจ้าหน้าที่ก็ได้แนะนำเกี่ยวกับเรื่องทั่วไปและพูดถึงเรื่อง safety เวลาเกิดเหตุฉุกเฉิน หลังจากนั้นอาจารย์หรือรุ่นพี่ประจำแลปก็จะมาพาเด็กที่อยู่ในสังกัดตัวเองไปที่ห้องแลป ในห้องแลปที่ผมอยู่มีนักเรียนอีกคนมาจาก scotland ชื่อ Sarah ช่วงบ่ายพี่แลปที่ดูแลผมชื่อ Heshou ก็พูดเกี่ยวกับเรื่องที่ทำและอธิบายเกี่ยวกับตัวโปรเจกต์ ซึ่งความรู้ที่ใช้เกี่ยวกับ magnetohydrodynamics ซึ่งผมไม่เคยเรียนมาก่อน ทำให้ประสบปัญหาในการทำความเข้าใจค่อนข้างมาก โดยรุ่นพี่แลปก็ให้ผมอ่านตัว literatures และให้มา discuss กันทีหลัง ซึ่งในวันนี้ผมมีความกังวลมากว่าเรื่องที่ทำนั้นเราจะทำได้หรือเปล่า

วันที่ 19 กรกฎาคม 2560

วันนี้เป็นวันที่สองของการฝึกงาน ช่วงเช้าผมกับพี่เล็กไปเรียนวิชา programming ซึ่งอาจารย์ก็พูดเกี่ยวกับการใช้งาน Linux ซึ่งอธิบายถึงคำสั่งในการใช้งานต่างๆ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อทุกคน เพราะเครื่องคอมพิวเตอร์ประจำตัวของแต่ละคนที่ห้องแลปจะเป็นระบบปฏิบัติการนี้ วันนี้ในห้องแลป อาจารย์ที่ปรึกษาของผมเข้ามาพร้อมกับอาจารย์อีกคนชาวบราซิลซึ่งมีความเชี่ยวชาญด้าน programming การเขียน python ในช่วงเช้าก่อนพัก ผมไปนั่งคุยกับอาจารย์ถึงสิ่งที่ผมกำลังจะทำ ซึ่งอาจารย์ก็อธิบายให้เข้าใจได้ง่ายขึ้นพอสมควร ช่วงบ่ายผมก็มานั่งอ่านวิทยานิพนธ์ต่อ และพึ่งทราบว่าวันนี้เป็นวันเกิดของ Heshou พี่ที่ดูแลผม พี่เขาซื้อ cake มาเลี้ยงคนในแลปแล้วคุยกันในแลป ทำให้ช่วยกระชับความสัมพันธ์ได้ดีขึ้นพอสมควร

วันที่ 20 กรกฎาคม 2560

วันนี้เป็นวันที่สามของการฝึกงาน ตอนช่วงเช้าพวกเรามีเรียน programming ซึ่งเป็น part ต่อจากเมื่อวาน หลังจากนั้นเราก็แยกย้ายกันไปที่ห้องแลป วันนี้พี่ที่ดูแลผมไม่มาเพราะมี meeting ที่ postdam ในห้องจึงมีแค่สามคน วันนี้ผมเลยนั่งอ่าน textbook เกี่ยวกับ plasma physicsทั้งวัน เพราะพรุ่งนี้ต้องไป discuss สิ่งที่อ่านมาเพื่อใช้ในการทำ project วันนี้ตอนช่วงเที่ยงเรากินข้าวกลางวันที่โรงอาหารกับ group ใหญ่ที่ทำทฤษฎี และได้คุยกับคนที่ชื่อ orlena มาจากยูเครนที่ทำวิจัยในกลุ่มเดียวกัน หลังจากนั้นก็กลับมานั่งอ่านที่ห้องแลปทั้งวันและออกมาตอนประมาณทุ่มครึ่ง

วันที่ 21 กรกฎาคม 2560

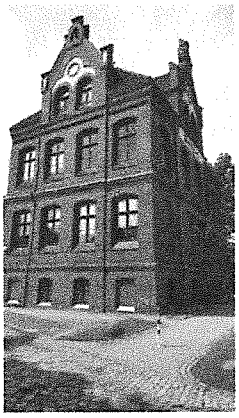
วันนี้เป็นวันที่สี่ของการฝึกงาน ช่วงเช้าวันนี้ไม่มี lecture แต่จะเป็นการ discuss ถึงปัญหาที่แต่ละคนมีแล้วจากนั้นก็ไปถ่ายรูปกลุ่มกัน หลังจากนั้นก็แยกย้ายกันไปในห้องแลป วันนี้พี่ที่คุมผมกลับมาที่ห้องแล้วและบอกว่าช่วงบ่ายจะมา discuss เนื้อหาที่อ่านกัน วันนี้ในห้องแลปไปกินข้าวกันบ่ายโมงเนื่องจากมี phone call คุยกันในแลป ทำให้ที่โรงอาหารปิด เราจึงเดินไปกิน pizza กันที่แถว S-bahn station วันนี้ก็มีพี่แลปที่เป็นคนบราซิลเมื่อวันก่อนมาด้วย ช่วงกินก็พูดกันถึงอาหารและวัฒนธรรมของแต่ละประเทศ หลังจากนั้นเราก็เดินกลับมากันที่ห้องแลป และช่วงบ่ายกลับมาที่ห้อง ผมก็ไป discuss กับพี่แลป พี่ก็เช็คความเข้าใจเราด้วยการถามคำถามและให้เราอธิบาย ก็มีที่ทั้งตอบได้และไม่ได้ พี่เขาก็อธิบายมาเพิ่มให้ และจากนั้นก็พูดถึงสิ่งที่ผมต้องทำในโปรเจค ซึ่งสิ่งที่ต้องทำต่อไปหลังจากนี้คือการทำความเข้าใจ code ที่พี่ให้มา ซึ่งจุดประสงค์คือต้องมีการปรับ code จากการใช้กับ cosmic rays เป็น

ใช้กับ grains ซึ่งต้องเปลี่ยน code จาก relativistic เป็น non-relativistic และเปลี่ยนค่าคงที่ต่างๆเช่น มวล ความเร็ว เป็นต้น ซึ่งผมก็นำมาทำต่อวันหยุดเสาร์-อาทิตย์นี้

วันที่ 22 กรกฎาคม 2560

วันนี้เป็นวันเสาร์ซึ่งเป็นวันหยุดแรกหลังจากการทำงาน ถึงกระนั้นผมก็เห็นนักวิจัยในห้องแลปมาทำงานกันบางส่วน วันนี้ในช่วงเช้าผมกับพี่เล็กไปซักผ้าที่ห้องเครื่องซักผ้า หลังจากนั้นก็ไปที่ supermarket netto ซึ่งอยู่ไกลพอสมควรจากที่พัก จุดประสงค์หลักของผมคือไปซื้อซิมโทรศัพท์ เนื่องจากพี่ในแลปต้องการให้มีไว้เผื่อติดต่อ หลังจากนั้นเราก็กลับมาที่พัก ซึ่งผมยังไม่สามารถ activate ซิมการ์ดได้ เนื่องจากมีข้อผิดพลาดตรงการยืนยันตัวตน จึงคิดว่าจะค่อยไปถามพี่แลปตอนวันจันทร์ วันนี้ช่วงบ่ายเราอยู่กันในห้อง ซึ่งแทบไม่เจอใครในหอพักเลย ตกเย็นจึงรู้ว่าเพื่อนส่วนมากไปเที่ยวกันที่ Berlin ซึ่งไปเยี่ยมชมพิพิธภัณฑ์กัน และพอใกล้ค่ำผมกับพี่เล็กก็ไปซื้อของที่ supermarket rewe ที่อยู่ใกล้ เนื่องจากนึกขึ้นได้ว่าวันอาทิตย์ร้านส่วนมากในเมืองจะปิดทำการซึ่งรวมถึง supermarket ด้วย

วันที่ 23 กรกฎาคม 2560



วันนี้เป็นวันอาทิตย์ ผมไปซักผ้าส่วนที่เหลือจากเมื่อวานในช่วงเช้า หลังจากนั้นช่วงบ่ายผมเดินไปสำรวจรอบเมือง ซึ่งเดินไปพบร้านอาหารจีนและร้านอาหารกรีก และไปนั่งพักผ่อนแถวริมทะเลสาบด้วย โดยวันนี้พบว่าร้านค้าส่วนมากในเมืองจะปิดทำการและผู้คนจะไม่ค่อยออกมาเดินนอกบ้านกันในวันอาทิตย์ วันนี้จึงเป็นวันที่ผมได้พักผ่อนมากที่สุดของสัปดาห์

วันที่ 24 กรกฎาคม 2560

วันนี้เริ่มต้นสัปดาห์ที่สองของการฝึกงาน ช่วงเช้าเราเข้าเรียน Lecture เรื่อง data analysis ซึ่งอาจารย์สอนเรื่อง distribution function ต่างๆที่ใช้ในเรื่องการตรวจวัดอนุภาค พร้อมคำนวณความคลาดเคลื่อนที่เกิดจาก random variable และ systematic error ซึ่งมีประโยชน์ค่อนข้างมาก เนื่องจากเป็นการนำเรื่องที่เรียนในมหาวิทยาลัยมาใช้ให้เห็นภาพมากขึ้น หลังจากนั้นผมก็ไปนั่งทำงานที่ห้องแลป วันนี้พี่แลปของผมไม่มา ผมจึงใช้เวลาทั้งวันในการทำความเข้าใจ code ภาษา fortran ซึ่งวันนี้เป็นวันที่ผมคุยกับ Sarah มากขึ้น เขาบอกว่าไปเที่ยวเบอร์ลินมาเมื่อวันเสาร์พร้อมเล่าเรื่องพิพิธภัณฑ์ที่ไปมา และวันนี้ก็คุยถึงงานที่ทำของแต่ละคนกันพร้อมแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน

วันที่ 25 กรกฎาคม 2560

วันนี้ตอนเช้าพวกเราเรียน lecture เรื่อง neutrino physics ส่วนที่ 1 กับ Prof. Walter Winter ซึ่งเป็นหัวข้อที่น่าสนใจมาก เพราะ neutrino เป็นอนุภาคที่ศึกษาได้ยากมาก เพราะมันแทบจะไม่ทำปฏิกิริยากับสสารอะไรเลยทำให้มันถูกตรวจจับได้ยากซึ่งหัวข้อหลักพูดถึงแหล่งกำเนิดของนิวตริโนจากอวกาศ และบรรยายถึงการเปลี่ยนชนิดของนิวตริโน (neutrino oscillation) ซึ่งสามารถแก้ปัญหาการตรวจวัดจำนวนนิวตริโนที่มาจากอวกาศและจำนวนนิวตริโนที่คำนวณทางทฤษฎีที่ไม่ตรงกันได้ (Solar Neutrino Problem)

วันที่ 26 กรกฎาคม 2560

ในช่วงเช้าพวกเราก็ยังเรียน lecture เรื่องneutrino physics ส่วนที่ 2 ซึ่งเรื่องที่เพิ่มเติมจากเมื่อวานคือ เรื่อง CP Violation ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในแบบจำลองอนุภาคมูลฐาน (standard model) ว่าปริมาณของสสารกับปฏิสสารมีปริมาณไม่เท่ากันในจักรวาล โดยสสารในเอกภพมีจำนวนมากกว่าปฏิสสาร

ในช่วงบ่าย ข้าพเจ้าก็ทำงานวิจัยในห้อง โดยวันนี้พี่แลปได้ให้อภิปรายคำถามที่ข้าพเจ้าสงสัยเกี่ยวกับตัวโปรแกรม ซึ่งข้าพเจ้าก็ถามถึงหน้าที่ของฟังก์ชันย่อยต่างๆในโปรแกรม และทำให้ข้าพเจ้าเข้าใจเกี่ยวกับโปรแกรมมากขึ้น และตอนเย็นพี่แลปชวนผมกับ Sarah ไปที่ University of Postdam ในวันพรุ่งนี้ เนื่องจากจะมีคนในแลปพูดสัมมนา

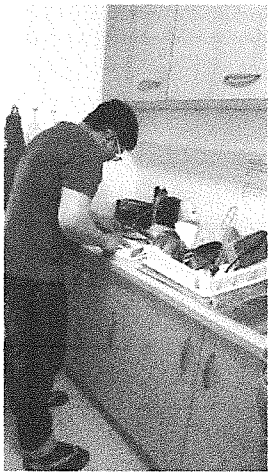
วันที่ 27 กรกฎาคม 2560

ช่วงเช้าของวันนี้ข้าพเจ้าได้ไปที่สถานีรถไฟตอนเช้าและไปที่ Potsdam พร้อมกับพี่แลปและ Sarah ระหว่างทางเราก็นั่งคุยเรื่องภาษาของประเทศตนเองกัน ซึ่งทำให้ได้ข้าพเจ้ามีมุมมองด้านนี้มากขึ้น เมื่อถึงมหาลัยในช่วงเช้าข้าพเจ้ากับ Sarah ก็นั่งทำงานของแต่ละคนกัน และในช่วงบ่ายก็นั่งเข้าฟังสัมมนาซึ่งพูดเรื่องการแบ่งประเภท Magnetic field turbulence โดยใช้ Stokes Parameters ซึ่งเกี่ยวข้องกับงานของ Sarah มาก หลังจากนั้นในช่วงเย็นทุกคนก็เดินทางกลับมาที่ Zeuthen เมื่อถึงที่พักก็พบว่า lecture เมื่อเช้าอาจารย์ได้ให้การบ้านมาให้แต่ละคนหาข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องเร่งอนุภาคของประเทศตนเอง

วันที่ 28 กรกฎาคม 2560

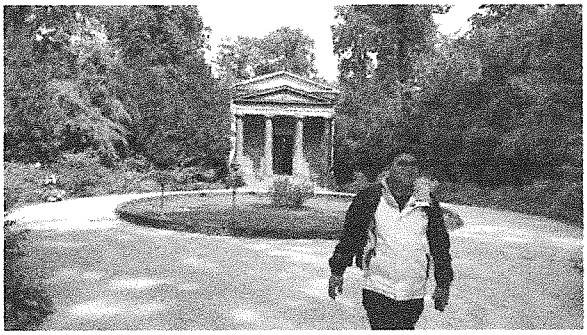
ตอนเช้าพวกเราเรียนเรื่อง Accelerator Physics ส่วนที่ 2 ต่อจากเมื่อวานซึ่งข้าพเจ้าไม่ได้เข้าเรียน ซึ่งส่วนของวันนี้อาจารย์พูดถึงแรงที่กระทำกับอนุภาคและความถี่ของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องเร่งแต่ละประเภท และวัสดุ superconductor ที่ใช้ในเครื่องเร่งอนุภาค หลังเลิกเรียน อาจารย์ชวนพวกเราไปดูเครื่องเร่ง PITZ ที่อยู่ในศูนย์วิจัย ในอาทิตย์ท้ายๆของโปรแกรมนี้

วันที่ 29 กรกฎาคม 2560



วันนี้เป็นวันเสาร์ ข้าพเจ้าไปซักผ้าในตอนเช้า และนั่งทำงานอยู่ที่ห้องตอนเช้า หลังจากนั้นพี่เล็กชวนไปร้านซูเปอร์มาร์เก็ตที่เมืองข้างๆ ซึ่งพวกเราก็ได้ซื้อวัตถุดิบทำอาหารมาทำกินในตอนเย็นกัน พวกเราทำผัดผักกับไก่อบที่ซื้อมา

วันที่ 30 กรกฎาคม 2560



วันนี้ข้าพเจ้ากับพี่เล็กไปเที่ยวกันที่ Neukolln กรุงเบอร์ลิน ซึ่งตอนแรกพวกเราตั้งใจไปพบกับ Sarah กับ Lindsey ที่ปราสาทในเมือง เมื่อไปถึงแล้วพวกเราไม่พบสองคนนั้นและเนื่องจากข้าพเจ้าไม่ได้ขอเบอร์ Sarah ไว้ทำให้เราไม่เจอกัน หลังผมกับพี่เล็กจึงตัดสินใจไปเที่ยวกันที่สวนสัตว์ในกรุงเบอร์ลิน ซึ่งที่นี่กว้างใหญ่และมีสัตว์หลากหลายชนิดมากทั้ง นก ฮิปโป แพนด้า และสัตว์น้ำหลากหลายชนิด ตอนเย็นได้รับการติดต่อจากพี่โบนัทเรื่องการเดินทางไปเที่ยวที่มิวนิคในวันที่ 4-6 สิงหาคม ซึ่งผมกับพี่เล็กก็ตอบตกลงเนื่องจากพวกเราอยากพักผ่อนในที่ไกลๆบ้าง

วันที่ 31 กรกฎาคม 2560

วันนี้ตอนเช้าเรียนเรื่อง Standard Model ซึ่งเป็นพื้นฐานของฟิสิกส์อนุภาค ซึ่งส่วนแรกเป็นการพูดถึงประเภทของอนุภาคใน Standard Model และแรงที่กระทำระหว่างกัน ซึ่งคล้ายกับที่ข้าพเจ้าเรียนมาเมื่อตอนอยู่ไทย จะมีเพิ่มขึ้นมาในส่วนของ Feynman

Diagram ที่เรียนละเอียดขึ้นกว่าที่ไทย ตอนกินข้าวผมถาม Sarah เกี่ยวกับการเตรียมสไลด์เพื่อนำเสนอหัวข้อวิจัยในวันพุธนี้ ซึ่ง Sarahบอกว่าไม่น่าจะลงรายละเอียดงานมาก เพราะแต่ละคนมีเวลานำเสนอคนละ 5 นาทีเท่านั้น ช่วงบ่ายของวันนี้ ข้าพเจ้าได้รับมอบหมายจากพี่แลปให้ทดลองรัน simulation ของ cosmic rays ที่ค่าเริ่มต้นต่างๆ และดูผลลัพธ์ที่ได้

วันที่ 1 สิงหาคม 2560

ช่วงเช้าของวันนี้ข้าพเจ้าเรียนเรื่อง standard model ในส่วนที่ 2 ซึ่งเรียนเกี่ยวกับ Quantum electrodynamics และ Strong Interaction ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการอธิบายอัตรกิริยาของอนุภาคพื้นฐานได้เป็นอย่างดีบ่ายวันนี้ข้าพเจ้านำผลจากการทดลองรัน simulation ไปให้พี่แลปดู และได้รับคำแนะนำเพิ่มเติมว่าให้เพิ่มจำนวนการรันมากขึ้นและทดลองปรับเงื่อนไขเริ่มต้นแค่อย่างเดียว จึงจะสามารถเปรียบเทียบผลระหว่างกันได้ และในวันพรุ่งนี้จะมีการนำเสนอหัวข้อวิจัยของแต่ละคน ตอนเย็นข้าพเจ้าก็ปรึกษาเกี่ยวกับหัวข้อและขั้นตอนที่จะทำกับพี่แลปด้วย

วันที่ 2 สิงหาคม 2560

วันนี้มีการนำเสนอหัวข้อวิจัยในช่วงบ่ายซึ่งข้าพเจ้ากับพี่เล็กค่อนข้างตื่นเต้นเพราะเป็นการนำเสนอครั้งแรก ช่วงเช้ายังคงมีเรียนตามปกติซึ่งเป็นส่วนของ standard model ส่วนสุดท้าย ซึ่งพูดถึง electroweak interactions และพูดถึงอนุภาคฮิกกส์ ซึ่งทั้งหมดในวันนี้เป็นสิ่งที่ข้าพเจ้าไม่เคยเรียนมาก่อนจากไทย และเนื้อหาส่วนมากข้าพเจ้าตามไม่ทัน วันนี้ช่วงบ่ายมีการนำเสนอหัวข้องานวิจัยของแต่ละคนโดยในการรายงานส่วนแรกจะเป็นประวัติส่วนตัวของแต่ละคน ส่วนต่อมาจะเป็นการแนะนำกลุ่มวิจัย และส่วนสุดท้ายจะเป็นการพูดถึงหัวข้อวิจัย อาจารย์จัดลำดับโดยการใช้ขนาดไฟล์ที่ส่งมาเป็นเกณฑ์ โดยคนที่ส่งไฟล์ที่มีขนาดใหญมากก็จะได้พูดคนแรกๆ โดยผมได้พูดคนกลางๆ และพี่เล็กพูดคนเกือบสุดท้าย โดยเพื่อนหลายคนมีวิธีการพูดที่น่าสนใจมาก บางคนก็มีของชอบที่แปลกเช่น Laura บอกว่าชอบทุกอย่างที่เป็นกบ ส่วนงานวิจัยแต่ละคนก็มีความหลากหลายทั้งในด้านทฤษฎี การทำแบบจำลอง รวมเป็นถึงการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเครื่องเร่งอนุภาค ซึ่งการนำเสนอก็ผ่านไปได้ด้วยดีทุกคน

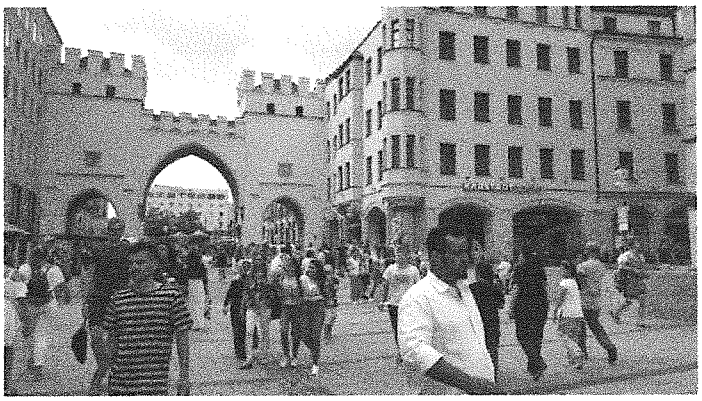
วันที่ 3 สิงหาคม 2560

วันนี้ตอนเช้า พวกเราเรียนเกี่ยวกับ LHC ซึ่งเป็นเครื่องเร่งอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก อยู่ในเขตแดนของประเทศสวิตเซอร์แลนด์และประเทศฝรั่งเศส ซึ่งอาจารย์พูดถึงหลักการทำงานของเครื่องและแสดงภาพของส่วนต่างๆในเครื่องเร่งทั้งที่ใช้ในการเร่งอนุภาค การสร้างแกงชินโครตรอน และการตรวจวัดอนุภาค วันนี้ตอนบ่ายข้าพเจ้าก็ทำในส่วนของ simulation ที่ได้รับมอบหมายเพิ่มเติม และถามคำถามกับพี่แลปบางส่วนเกี่ยวกับรายละเอียดที่ใช้ในโปรแกรม ตอนเย็นวันนี้ข้าพเจ้าได้คุยกับพี่โบนัทเรื่องการเดินทางไปมิวนิคในวันพรุ่งนี้ทั้งเรื่องรอบรถไฟที่ไปถึง และแผนการท่องเที่ยว

วันที่ 4 สิงหาคม 2560

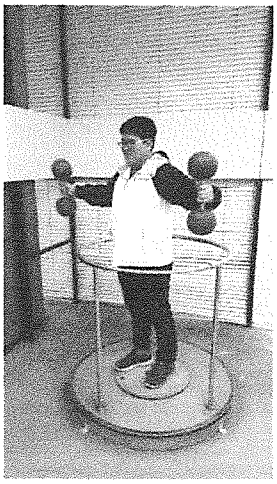
ช่วงเช้าวันนี้เป็นการเรียนเรื่อง LHC ส่วนที่สอง ซึ่งเกี่ยวกับการทดลองหาอนุภาคฮิกกส์ในเครื่อง LHC และอาจารย์ยังอธิบายเกี่ยวกับการหาสสารมืดอีกด้วย หลังจากเลิกเรียนอาจารย์พาพวกเรามาดูชิ้นส่วนของ LHC ที่ไม่ได้ใช้งานแล้ว และตั้งอยู่ภายในสถาบันรวมถึงอธิบายหลักการทำงานเพิ่มเติมอีกด้วย ในช่วงเย็นผมกับพี่เล็กเดินทางไปที่สถานีรถไฟไปเบอร์ลินและนั่งรถไฟความเร็วสูงต่อไปที่เมืองมิวนิค ซึ่งเวลาในการเดินทางประมาณ 10 ชั่วโมง คืนวันนี้เราสองคนจึงนอนอยู่ในรถไฟ

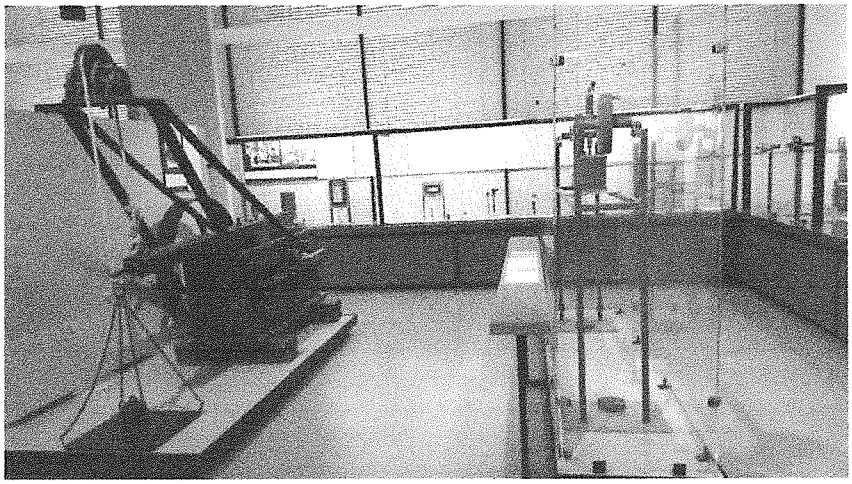
วันที่ 5 สิงหาคม 2560



วันนี้ข้าพเจ้ากับพี่เล็กถึงที่มิวนิคกันประมาณ 8 โมงเช้าซึ่งพี่โบนัทรออยู่ในสถานีก่อนหน้าอยู่พักหนึ่งแล้ว หลังจากทักทายกันเราก็ไปที่โรงแรมที่จองไว้ก่อนเพื่อเอากระเป๋าไปเก็บ ซึ่งพี่โบนัทได้วางแผนการเดินทางทั้งหมดของวันนี้ไว้แล้ว เริ่มแรกเราก็ไปเที่ยวกันที่พระราชวังในเมือง หลังจากนั้นช่วงบ่ายก็ไปเที่ยวกันที่ stadium ของสโมสรฟุตบอล Bayern Munich เนื่องจากพี่โบนัทต้องการซื้อเสื้อฟุตบอล ซึ่งภายในก็มีทิพิธภัณฑ์ให้เยี่ยมชม ซึ่งมีบอกถึงตั้งแต่ประวัติการก่อตั้งสโมสร ไปจนถึงรางวัลที่เคยได้รับ จากนั้นพวกข้าพเจ้าก็ไปเดินเล่นในร้านค้าต่างๆตามเมืองและแวะรับประทานไอศกรีม หลังจากนั้นช่วงเย็นพวกข้าพเจ้าก็ไปกินขาหมูที่เขาได้มีการแนะนำกันในอินเทอร์เน็ต ซึ่งรสชาติก็พอใช้ได้แต่ราคาค่อนข้างสูงเช่นกัน หลังจากนั้นพวกเราก็เดินทางกลับโรงแรม

วันที่ 6 สิงหาคม 2560





วันนี้พวกเราเช็คเอาท์ออกจากโรงแรมและเดินทางไปที่พิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์ที่อยู่ภายในตัวเมือง ค่าเข้าชมนั้นสำหรับนักเรียน นักศึกษาจะได้รับส่วนลดด้วย ภายในพิพิธภัณฑ์นั้นมีสิ่งประดิษฐ์ต่างๆมากมายทั้งในด้านวิทยาศาสตร์การแพทย์ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และทางด้านดาราศาสตร์ซึ่งผมกับพี่เล็กสนใจเป็นพิเศษ พิพิธภัณฑ์นี้มีจุดน่าสนในมากมายทั้งในด้านเกร็ดความรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานสำหรับเด็กไปจนถึงเรื่องที่เรียนในระดับมหาวิทยาลัย และมีการทดลองทางวิทยาศาสตร์ให้ทำมากมาย จึงเป็นสิ่งที่เหมาะสมสำหรับเด็กมากและทำให้เห็นว่าประเทศเยอรมนีให้ความสนใจทางด้านวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง หลังจากเข้าชมพิพิธภัณฑ์แล้ว พวกข้าพเจ้าก็เดินทางไปที่สถานีรถไฟเพื่อรับประทานอาหารกลางวัน และแยกย้ายกันกลับเมืองซอยเธนและฮัมบูร์ก

วันที่ 7 สิงหาคม 2560

เช้าวันนี้พวกข้าพเจ้าเรียนเรื่อง lattice gauge theory ซึ่งเป็นเรื่องเกี่ยวกับแบบจำลองอนุภาคมูลฐาน ซึ่งหัวข้อวันนี้เป็นหัวข้อที่มีความซับซ้อนมากสำหรับข้าพเจ้า เนื่องจากเป็นการประยุกต์ใช้ความรู้จาก QCD และ QED ที่ข้าพเจ้าไม่ค่อยเข้าใจเท่าไร หลังจากนั้นตอนกลางวันพวกเราก็ได้มานั่งกินข้าวกัน และคุยกันถึงเรื่องการเดินทางช่วงสุดสัปดาห์ที่ผ่านมา พบว่าเพื่อนบางส่วนก็มีไปเที่ยวที่ Prague เหมือนกัน วันนี้ตอนบ่ายผมก็ได้มานั่งวิเคราะห์ผลของ simulationที่ทำมาตลอดสัปดาห์ที่ผ่านมากับพี่ในแลป และทำให้ผมเข้าหลักการทางฟิสิกส์ของ cosmic rays มากขึ้น

วันที่ 8 สิงหาคม 2560

วันนี้ช่วงเช้าเรียนเรื่องเครื่องเร่งอนุภาค PITZ ส่วนที่หนึ่ง เครื่องเร่งอนุภาค PITZเป็นเครื่องเร่งอนุภาคที่อยู่ภายในสถาบันเดซีที่ซอยเธนแห่งนี้ โดยอาจารย์สอนเกี่ยวกับหลักการทำงานและข้อมูลพื้นฐานทางฟิสิกส์ของเครื่อง ช่วงบ่ายของวันนี้พี่แลปได้ให้ข้าพเจ้าลองปรับค่าพารามิเตอร์ในโปรแกรมจากที่ใช้กับ cosmic rays ให้เปลี่ยนนำมาใช้กับอนุภาคฝุ่น grains ได้ โดยได้นั่งอภิปรายกันถึงเรื่องเปลี่ยนสมการให้เป็น non-relativistic สำหรับอนุภาคที่มีความเร็วต่ำได้ และงานต่อไปคือการหาค่ามวลและรัศมีของ grains ที่เหมาะสมสำหรับ การทำsimulation

วันที่ 9 สิงหาคม 2560

ช่วงเช้าของวันนี้ข้าพเจ้าได้เรียนเกี่ยวกับเครื่องเร่งอนุภาค PITZ ส่วนที่ 2 ซึ่งเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้แสงซินโครตรอนจากเครื่อง โดยท้ายคาบอาจารย์ได้บอกว่าจะพาไปดูเครื่องเร่งอนุภาค PITZ ในช่วงก่อนจบโปรแกรม ช่วงบ่ายวันนี้ข้าพเจ้าได้มานั่งคำนวณหาค่ารัศมีที่ควรใช้ simulation โดยศึกษาข้อมูลในเปเปอร์ของอาจารย์ โดยเลือกช่วงที่ทำให้ประจุของ grains ประมาณค่าคงที่ได้ ในช่วงตอนหัวค่ำข้าพเจ้าได้มานั่งหาข้อมูลเพิ่มเติมที่ห้องสมุดเกี่ยวกับ MHD waves ในส่วนของทฤษฎีเพิ่มเติม

วันที่ 10 สิงหาคม 2560

วันนี้ในช่วงเช้าไม่มีเลคเชอร์ ข้าพเจ้ากับพี่ชลิตจึงมานั่งกันที่ห้องแลปตอนเช้าตั้งแต่ประมาณ 9 โมง โดยช่วงเช้าพี่แลปยังไม่มา ข้าพเจ้าจึงนั่งคุยกับ Sarah เรื่องงานที่แต่ละคนทำกัน โดยงานของSarah จะทำในส่วนของการแยกโหมดของ MHD waves โดยการเลือกใช้ Polarization ของ Stoke's Parameterซึ่งสัมพันธ์กับงานของข้าพเจ้าในบางส่วน หลังจากนั้นข้าพเจ้าก็อธิบายในส่วนงานของข้าพเจ้าและนั่งอภิปรายปัญหาที่เกิดขึ้นในงานของแต่ละคนกัน หลังจากนั้นช่วงบ่ายข้าพเจ้าก็นั่งทำงานในส่วนของเมื่อวานต่อ

วันที่ 11 สิงหาคม 2560

วันนี้ช่วงเช้าเรียนเลคเชอร์ในส่วนของ Introduction to Magnetohydrodynamics ซึ่งมีประโยชน์สำหรับข้าพเจ้ากับ Sarah มาก เนื่องจากเป็นหัวข้อที่ตรงกับงานวิจัยและทำให้พวกเราเข้าใจเกี่ยวกับ MHD waves มากขึ้น ซึ่งหลังจากเลคเชอร์เสร็จข้าพเจ้าก็ได้ไปถามคำถามเพิ่มเติมกับอาจารย์ หลังจากนั้นตอนบ่ายข้าพเจ้ากับ Sarahก็มาถามคำถามกับพี่แลปเกี่ยวกับสมการต่างๆซึ่งทำให้พวกเราเข้าใจศัพท์เทคนิคและสมการต่างๆมากขึ้น

วันที่ 12 สิงหาคม 2560

วันนี้ช่วงเช้าข้าพเจ้าได้คุยโทรศัพท์กับแม่ทาง Line เนื่องจากเป็นวันแม่ และบอกว่าวันนี้จะไปที่ Potsdamกับพี่ชลิต โดยนัดกับเพื่อนอีก 2 คน คือ Sarah และ Kathryn ซึ่งเป็นเพื่อนชาวอังกฤษอีกคน โดยหลังจากที่พวกเรานั่งรถไปที่เบอร์ลินก็เปลี่ยนขบวนเพื่อไปที่ Potsdam โดยระหว่างทางพวกข้าพเจ้าคุยกันถึงเรื่องความก้าวหน้าของงานวิจัยของแต่ละคน ซึ่งสำหรับผมนับเป็นการฝึกฟังภาษาอังกฤษสำเนียงอังกฤษของข้าพเจ้ามาก เนื่องจากสำเนียงของ Kathryn นั้นทำให้ข้าพเจ้าคุ้นเคยมากขึ้น หลังจากถึงที่ Potsdam

เราได้ไปเที่ยวที่ปราสาทก่อนซึ่งเป็นสิ่งก่อสร้างทางยุโรปที่ข้าพเจ้าคิดว่าสวยงามกว่าปราสาทของเบอร์ลินเสียอีก ลักษณะของสถานที่นั้นจะเป็นสวนที่มีปราสาทมากมายหลายแบบ โดยเราได้แวะทานข้าวภายในนั้นเลย หลังจากนั้นเรารอคิวเข้าไปในปราสาทที่มี Audio ให้รับชมเวลาเราเดินไปตามจุดต่างๆในปราสาท ซึ่งภายในแต่ละห้องมีประวัติศาสตร์ที่น่าสนใจมาก

วันที่ 13 สิงหาคม

วันนี้ข้าพเจ้าซักผ้าในช่วงเช้าเสร็จ หลังจากนั้นข้าพเจ้ากับพี่ชลิตก็ทำอาหารกินกันในหอพักเนื่องจากวันนี้เป็นวันอาทิตย์ หลังจากนั้นแต่ละคนก็มาทำงานที่ค้างของแต่ละคนให้แล้วเสร็จ ช่วงเย็นข้าพเจ้าก็ได้ออกไปเดินเล่นนอกสถาบันเพื่อให้ผ่อนคลายมากขึ้น

วันที่ 14 สิงหาคม 2560

วันนี้พวกเรากลับมาทำงานตามปกติ และเนื่องจากไม่มีเลคเชอร์ในช่วงเช้า ผมจึงนั่งทำงานทั้งวันภายในห้องแลป โดยวันนี้มีนักวิจัยในแลปอีกคนชาวบราซิลเข้ามาสอนผมเกี่ยวกับ Simulation คือการแปลงหน่วยทางกายภาพเช่น มวลที่มีหน่วยเป็นกิโลกรัม ความเร็วที่มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที ให้กลายเป็นไม่มีหน่วยหรือที่เรียกว่า code unit นั่นเอง ทั้งนี้เพื่อเป็นการให้ข้อมูลทั้งหมดของเราอยู่ในส่วนของ datacube และ timescale ที่เราสามารถสังเกตุได้

วันที่ 15 สิงหาคม 2560

เช้าวันนี้เป็นอีกวันที่ไม่มีเลคเชอร์ ผมกับ Sarah เข้ามาที่ห้องทำงานกันประมาณ 9 โมงครึ่ง โดย พี่ในแลปได้บอกให้ผมกับ Sarah ลองแปลงสมการทางฟิสิกส์ที่ผมใช้ให้อยู่ใน code unit ให้ได้ โดยให้ผมกับ Sarah ทำแยกกันแล้วมาเปรียบเทียบผลลัพธ์กัน ซึ่งโชคดีที่ผลที่พวกเราได้นั้นถูกต้องและตรงกันเพียงแต่ใช้คนละวิธีในการคิด หลังจากนั้นในช่วงบ่ายผมจึงมานั่งปรับสมการในโปรแกรม เพื่อให้กลายเป็น code unit ตามที่เขียนไว้ โดยวันนี้ในช่วงบ่ายผมได้เดินไปหาพี่ชลิตที่ห้องแลปด้วยเพื่อเล่าเรื่องต่างๆเป็นการผ่อนคลายสมองกันช่วงเวลาว่าง

วันที่ 16 สิงหาคม 2560

วันนี้ในช่วงเช้าไม่มีเลคเชอร์อีกเช่นเคยโดยวันนี้ผมได้รับการติดต่อจากพี่โบนัทให้ผมโทรคุยติดต่อกับสถานกงสุลเพื่อนัดพบกับคุณ Stefanทางนั้น โดยตอนแรกผมค่อนข้างกังวลเรื่องการสื่อสาร แต่ก็สามารถผ่านไปได้ด้วยดี เนื่องจากเจ้าหน้าที่นั้นใจดีและเป็นกันเองมาก โดยได้วันนัดคือ 21 สิงหาคม เวลาบ่ายสาม หลังจากโทรนัดเสร็จผมก็กลับมาทำงานที่ห้องต่อ ในช่วงเช้าวันนี้มีเลคเชอร์ในหัวข้อ Advanced Method for Data Analysis โดยอาจารย์ที่สอนวันนี้เป็นนักวิจัยที่อยู่ในแลปของพี่ชลิต ซึ่งหัวข้อหลักๆจะเป็นการวิเคราะห์ผลข้อมูลซึ่งได้จากเครื่องตรวจจับอนุภาค และเรียนรู้เกี่ยวกับ noise ที่เกิดขึ้น โดยจริงๆแล้วในส่วนนี้จะไม่ค่อยเกี่ยวข้องกับงานของผมเท่าไรเนื่องจากผมทำทางด้านทฤษฎีโดยตรง แต่เนื้อหาก็มีความน่าสนใจและมีประโยชน์มากสำหรับเพื่อนๆ ช่วงบ่ายหลังจากนั้นผมก็มาลองรันโปรแกรมด้วยจำนวนอนุภาคหลักร้อย เพื่อดูผล แต่ผลปรากฏว่าต้องรอเป็นเวลาค่อนข้างนานมาก ทำให้ผมสามารถดูผลได้ในวันพรุ่งนี้ ซึ่งผมจริงทำการรันในเงื่อนไขเริ่มต้นหลายๆค่า เพื่อดูผลและประหยัดเวลามากขึ้น ช่วงเย็นก็คุยกับพี่เล็กเรื่องวางแผนการเดินทางโดยคาดว่าจะไปหลังจากเลคเชอร์ในช่วงเช้า

วันที่ 17 สิงหาคม

วันนี้หัวข้อการเรียนในช่วงเช้าคือMachine Learning Techniques ซึ่งมีความน่าสนใจสำหรับผม เนื่องจากเป็นการสอนให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้และทำงานแทนเราได้ในหลายๆอย่าง ซึ่งอาจารย์ได้ให้ตัว package ที่ใช้ในภาษาซี และ python มา ให้ทุกคนลองทำดูได้ หลังจากนั้นในช่วงบ่ายผมก็กลับมาทำงานต่อโดยดูในส่วนของผลที่ได้จากเมื่อวาน พบว่ารัศมีการโคจรของ particle นั้นเล็กเกินไปจนไม่สามารถมองเห็นได้ วันนี้ผมจึงใช้เวลานั่งคิดค่าเริ่มต้นที่เหมาะสมเพื่อให้เห็นเส้นทางการเคลื่อนที่ที่ชัดเจนมากขึ้น หลังจากนั้นช่วงเย็นผมได้บอกพี่แลปไว้ล่วงหน้าว่าวันจันทร์จะไม่อยู่เนื่องจากไปพบท่านกงสุล

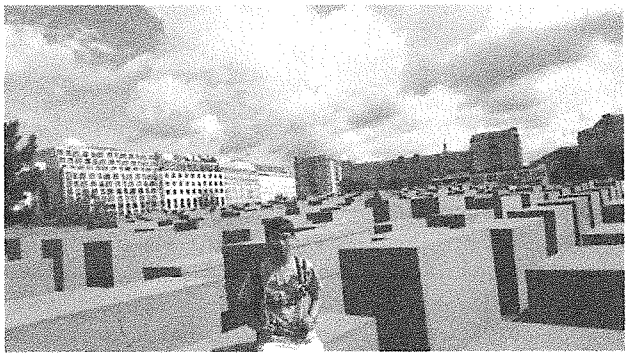
วันที่ 18 สิงหาคม

ช่วงเช้าของวันนี้ไม่มีเลคเชอร์ โดยวันนี้ผมอยู่กับSarah แค่สองคนในห้องวิจัย เนื่องจากวันนี้คนในแลปมีประชุมกันที่ Potsdam โดยวันนี้ผมนั่งคิดเรื่องเงื่อนไขของค่าคงที่ต่างๆอยู่นาน หลังจากนั้นก็เลือกใช้ค่าที่อยู่ใน paper ที่ผมหาได้และรองรันดู วันนี้ผมก็คุยกับพี่ชลิตเรื่องการเดินทางไปเที่ยวที่เบอร์ลินช่วงวันหยุดนี้ โดยเราเลือกไปกันวันอาทิตย์นี้ และเช็คเวลารถที่เดินทางไปฮัมบูรก์วันอาทิตย์นี้ด้วย

วันที่ 19 สิงหาคม

วันนี้เป็นวันเสาร์ซึ่งหลังจากได้ซักผ้าเสร็จแล้ว ผมก็ออกมานั่งข้างนอกหอพักเพื่อเปลี่ยนบรรยากาศ และทำงานในส่วนของโปรแกรมที่พี่แลปให้ไว้ให้สำเร็จ และอ่านหนังสือเพิ่มเติมเกี่ยวกับ Turbulence wave เพื่อให้เข้าใจมากขึ้น หลังจากนั้นก็ขึ้นไปที่ห้องและคุยกับพี่ชลิตเรื่องไปเบอร์ลินวันพรุ่งนี้ ซึ่งคราวนี้พี่เขาได้วางแผนการเดินทางไว้หมดแล้วทั้งสถานที่ เวลา และขบวนรถที่นั่งไป ซึ่งเป็นการเที่ยวที่มีการวางแผนดีที่สุดตั้งแต่เดินทางมา

วันที่ 20 สิงหาคม



ช่วงเช้าวันนี้พวกเราเดินทางไปที่สถานีรถไฟ S46 เพื่อนั่งรถไปเบอร์ลิน โดยสถานที่แรกที่เราไปคือ รัฐสภาซึ่งมีขนาดใหญ่มาก แต่พวกเราไม่สามารถเข้าไปข้างในได้เนื่องจากต้องลงทะเบียนล่วงหน้า ต่อจากนั้น พวกเราเดินทางไปที่อนุสรณ์สถานของชาวยิวซึ่งมีจำนวนอยู่มากมาย หลังจากนั้นใกล้ๆกันพวกเราเดินไปที่ประตูเมือง Brandenburg ซึ่งภายในมีร้านค้าต่างๆมากมายให้เลือกซื้อ ซึ่งผมได้ซื้อของฝากบางส่วนจากที่นี่ หลังจากนั้นพวกเราเดินทางไปที่กำแพงเบอร์ลิน ซึ่งเป็นกำแพงที่มีภาพวาดทางศิลปะ

ต่างๆมากมาย โดยแต่ละภาพก็มีความหมายที่ค่อนข้างลึกซึ้ง หลังจากนั้นพวกเราก็เตรียมกับ Zeuthen กัน ระหว่างทางพบกับวงดนตรีที่เล่นอยู่ข้างทางเดินที่มีคนมุงอยู่เป็นจำนวนมากเป็นการร้องเพลงเกี่ยวกับพระเจ้า พวกเราหยุดฟังกันสักพักหนึ่งเสร็จแล้วก็เดินทางกลับเดซี

วันที่ 21 สิงหาคม

วันนี้พวกเราเข้าเรียน Lecture ในตอนเช้าก่อนซึ่งเกี่ยวกับ Dark Matter ในส่วนที่หนึ่ง ซึ่งเป็นหัวข้อที่พี่ชลิตสนใจมากเนื่องจากเกี่ยวข้องโดยตรงกับงานวิจัยของพี่เขาที่ไทย หลังจากเลิกเรียนเสร็จพวกเราได้เดินทางด้วยรถไปไปที่ Berlin เพื่อไปขึ้นรถไฟ ICE ไปที่ Hamburg ซึ่งเราเริ่มเดินทางกัน 11:28 ถึง 14:22 ตามตารางเวลาพอดี ซึ่งทันนัดกันที่สถานกงสุลเวลา 15:00 พี่จอมพจน์ที่เป็นนักศึกษาฤดูร้อนเดซีปีที่แล้วได้เข้าร่วมด้วย โดยพวกเรานัดเจอกันในสถานีหลังจากนั้นก็เดินไปที่สถานกงสุล โดยเราใช้เวลาหาอยู่นานพอสมควร เนื่องจากไม่ตรงกับแผนที่ใน Google Map แต่ก็ถึงที่หมายทันเวลาพอดี โดยเมื่อเข้าไปถึงเจ้าหน้าที่ก็ให้นั่งรอสักพักแล้วคุณ Stefan ก็เข้ามาซึ่ง ท่านได้ถามเกี่ยวกับการเดินทางมาคร่าวๆ ที่อยู่ของพวกเราในประเทศไทย หลังจากนั้นก็พามานั่งกินกาแฟที่โรงแรมที่อยู่ใกล้กับสถานกงสุล โดยท่านได้ถามข้อมูลของพวกเราแต่ละคนทั้งด้านการศึกษา ประสบการณ์ต่างๆที่เราได้รับเมื่ออยู่ที่เดซี และยังเล่าให้ฟังถึงเป้าหมายที่สำคัญของโครงการนี้ หลังจากนั้นพวกเราได้กลับไปที่สถานกงสุลกัน หลังจากนั้นคุณสเตฟานได้ชวนทานข้าวกันอาทิตย์นี้ แต่ผมกับพี่ชลิตที่อยู่ไกลไม่สามารถมาได้ จากนั้นพวกเราได้ลำรากันที่สถานกงสุลแล้วจากนั้นพวกเราก็เดินทางไปกินไอศกรีมกันที่ถนนข้างๆ และพูดคุยเรื่องต่างๆกัน แล้วหลังจากนั้นพวกเราก็เดินทางไปที่สถานีกันเพื่อซื้อของและเดินทางกลับ

วันที่ 22 สิงหาคม

วันนี้ในตอนเช้าพวกเราเรียนเกี่ยวกับ Dark Matter ในส่วนที่ 2 ซึ่งต่อจากเมื่อวาน โดยหลักๆจะเป็นการพูดถึงหลักฐานที่แสดงการมีอยู่และการวัดสสารมืดทั้งทางตรงและทางอ้อม ช่วงบ่ายผมได้กลับเข้ามาที่ห้องวิจัยพี่แลปกับ Sarah ก็ถามเกี่ยวกับการเดินทางเมื่อวาน และคุยกันเรื่องที่เดินทางไปที่ Hamburg วันที่ 24 สิงหาคมนี้ด้วย ซึ่งเป็นการเดินทางไปที่ DESY Hamburg เป็นเวลา 4 วัน หลังจากนั้นพี่ในแลปก็คุยกับพวกเราเรื่องงานวิจัยของแต่ละคน และคุยเรื่องความคืบหน้างานวิจัยโดยรวมของคนในแลปกัน ซึ่งส่วนของพี่แลปก็กำลังจะเรียนจบปริญญาเอกในปีหน้าแล้ว และวางแผนในการทำ Postdoc ที่อเมริกา ช่วงนี้จึงค่อนข้างยุ่งกับการตีพิมพ์เปเปอร์ของตนเองอยู่

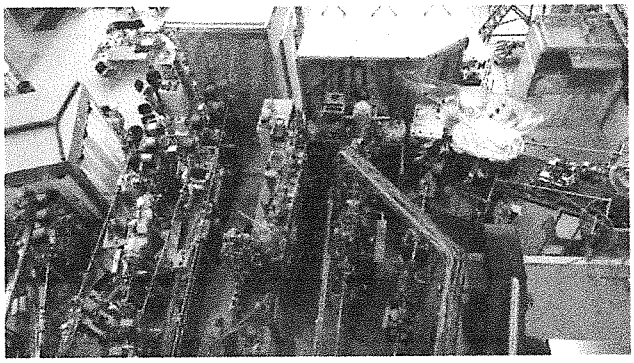
วันที่ 23 สิงหาคม

ช่วงเช้าของวันนี้เป็นอีกครั้งที่ไม่มีเลคเชอร์ พวกเราได้นั่งทำงานกันอยู่ในห้องแลปโดยวันนี้ผมได้ถามคำถามกับพี่แลปในส่วนของ code ที่ผมไม่เข้าใจ คือการเชื่อมจุด (interpolation) ของสนามแม่เหล็กแต่ละจุดใน datacube ที่มีคำสั่งที่ซับซ้อนและมีการเรียก subfunction ค่อนข้างมาก ต่อจากนั้นพี่แลปผมก็ได้สั่งงานเพิ่มในช่วงระหว่างอยู่ Hamburg และบอกถึงวิธีการเชื่อมคอมกับเซิฟเวอร์ของเดซี เพื่อให้ผมสามารถทำงานได้ หลังจากนั้นผมับพี่เล็กก็กลับมาเตรียมของในตอนเย็นเพื่อการเดินทางไป Hamburgในวันพรุ่งนี้เช้า

วันที่ 24 สิงหาคม

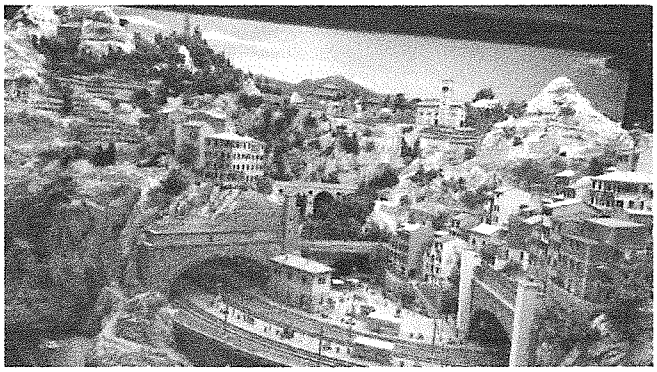
วันนี้พวกเรานักศึกษาภาคฤดูร้อนทั้ง 17 คน เดินทางไปที่เมือง Hamburg โดยพวกเรานัดพบกับ Gernot กันที่เบอร์ลิน หลังจากนั้นพวกเราก็นั่งรถไฟ ICE กันไปที่ Hamburg โดยพวกเราถึงที่เมืองกันค่อนข้างดึก หลังจากที่สถานีพวกเราก็นั่งรถเมล์ไปที่ร้านอาหารเยอรมันตามที่ Gernot แนะนำ โดยภายในโต๊ะผมนั่งคุยกับ Olena เพื่อนที่มาจากยูเครนซึ่งเขาก็บอกว่ารู้สึกใจหายที่อีกสองอาทิตย์ก็ต้องเดินทางออกจากเยอรมันแล้ว พวกเราแต่ละคนสั่งอาหารกันโดยที่แปลเมนูกันไม่ค่อยออกเนื่องจากเป็นภาษาเยอรมัน ทำให้เวลาอาหารมาถึงที่โต๊ะแล้วก็ไม่แน่ใจว่าเป็นของใคร ช่วงเวลาหลังจากนั้นเราก็พูดกันถึงวันและสนามบินที่แต่ละคนกลับกัน และจากนั้นเราทั้งหมดก็เดินทางไปที่พักที่ DESY ด้วยรถเมล์ โดยทางเดซีจัดห้องพักให้เหมือนกันที่ซอยเธน โดยผมก็อยู่กับพี่ชลิตเหมือนเดิม

วันที่ 25 สิงหาคม



วันนี้ตอนเช้าพวกเราเรียนเลคเชอร์กันในหัวข้อ Astroparticle Physics โดยนั่งเรียนกันในห้องใหญ่ที่แตกต่างกับตอนอยู่ *Zeuthen* หัวข้อหลักที่พูดจะเกี่ยวกับ Cosmic rays ทั้งในด้านประวัติศาสตร์การค้นพบ รวมถึงเครื่องมือที่ใช้วัด ซึ่งเลคเชอร์คราวนี้จะค่อนข้างครอบคลุมเนื้อหาในหลายด้านในงานวิจัยของผมทำให้เป็นประโยชน์มากหลังจากนั้นช่วงบ่ายพวกเราก็ได้ไปดูส่วนของเครื่องเร่งอนุภาคทั้ง FLASH, HERA และPETRA ที่อยู่ในสถาบันเดซี หลังจากนั้นก็ไปดู European XFEL ที่อยู่เมืองใกล้ๆที่กำลังอยู่ในระหว่างการสร้างด้วย โดยการเดินทางจะมีคนที่นั่งรถไปกับ Gernot และอีกส่วนนั่งรถไปกับ Daniel ที่เป็นเพื่อนชาวสเปนแต่เนื่องจากเขายังไม่ชินกับการใช้เกียร์ทำให้เพื่อนหลายคนค่อนข้างหวาดเสียวในการเดินทาง หลังจากดูงานเสร็จช่วงเย็นก็มีการจัดงานปาร์ตี้ต้อนรับนักศึกษาเดซีจากซอยเธนด้วย ซึ่งภายในงานมีทั้งบาร์บีคิว เครื่องดื่มต่างๆมากมาย โดยพวกเราก็แยกเป็นกลุ่มเพื่อเล่นเกมการ์ด และสนุ๊กเกอร์ที่อยู่ภายในงาน หลังจากนั้นก็มีคอนเสิร์ตจัดขึ้นเป็นที่สนุกสนานมาก

วันที่ 26 สิงหาคม



วันนี้เป็นวันเสาร์ซึ่งพวกเรานักศึกษาเดซีจากซอยเธนตัดสินใจแยกเป็นสองกลุ่มเพื่อเดินทางไปเที่ยวในฮัมบูร์ก โดยจะมีไปที่ Miniature Museum และ Art Museum ซึ่งผมกับพี่เล็กตัดสินใจไปที่ Miniature Museum โดยมีเพื่อนชาว Armenia, Russia ร่วมเดินทางด้วย โดยภายใน Miniature Museum นั้น มีการจำลองเมืองขนาดเล็กมากมายทั้งในส่วนของเมืองในเยอรมัน และเมืองหลวงที่สำคัญของโลกด้วย ส่วนที่ผมประทับใจมากที่สุดคือในส่วนแบบจำลองสนามบินที่มีการจำลองการขึ้น-ลงของเครื่องบิน โดยภายในพิพิธภัณฑ์มีขนาดใหญ่มากและมีการจำลองเมืองทั้งในเวลากลางวันและกลางคืนทำให้พวกเราสามารถใช้เวลาทั้งวันในที่นี้ได้ หลังจากนั้นเพื่อนในกลุ่มอยากไปดูโบสถ์ที่อยู่ใกล้ๆกัน ซึ่งภายในตกแต่งไว้อย่างสวยงามมาก ในช่วงเย็นผมกับพี่ชลิตได้นัดพี่ขจีวรรณและพี่รชาลิส ซึ่งเป็นนักศึกษาภาคฤดูร้อนที่ฮัมบูกร์ โดยพวกเราได้เดินทางไปที่งาน Carnaval ซึ่งภายในงานมีเครื่องเล่นสวนสนุกต่างๆมากมาย โดยที่น่าประทับใจคือการเล่นเครื่องเล่นทีคล้ายไวกิ้งแต่มีการหมุนรอบตัวเองด้วย หลังจากเสร็จจากที่นี้พวกเราก็เดินทางกลับสถาบันกัน

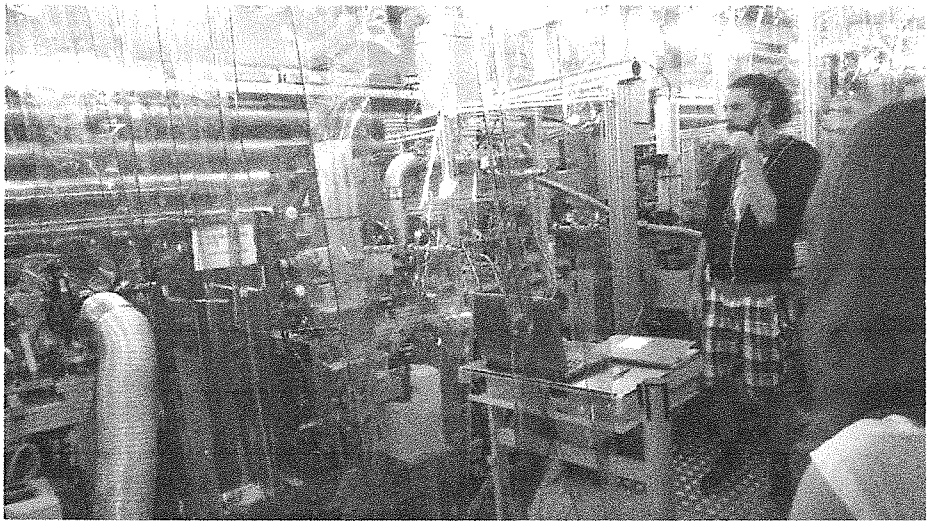
วันที่ 27 สิงหาคม

วันนี้เป็นวันสุดท้ายของพวกเราที่อยู่ที่ฮัมบูร์ก หลังจากที่พวกเราแต่ละคน check out จากที่พักแล้ว พวกเราบางไปนั่งกินบุฟเฟต์อาหารเช้ากันที่โรงอาหารของสถาบันเดซี โดยระหว่างกินก็คุยเรื่องอนาคตแต่ละคนว่าจะเรียนต่อกันที่ไหน จากนั้นพวกเราทำรายงานที่ต้องส่งให้ที่เดซีรอเวลาจนถึงช่วงบ่ายกันเป็นการฆ่าเวลา หลังจากนั้นก็ไปที่สถานีกันเพื่อเดินทางกลับที่ Zeuthen กัน

วันที่ 28 สิงหาคม

วันนี้ช่วงเช้าเป็นการเรียนการสอนในหัวข้อ Cosmology ส่วนที่ 1 ซึ่งตรงกับความสนใจของผมและพี่ชลิต เนื้อหาในส่วนนี้เป็นการศึกษา ดวงดาวและกาแล็กซีต่างๆในอวกาศซึ่งอาจารย์สอนตั้งแต่ประวัติศาสตร์การเกิด Big bang จนถึงปัจจุบัน หลังจากนั้นในช่วงบ่ายผมก็กลับมานั่งทำรายงานที่ห้องโดยคุยกับพี่แลปในส่วนของการจัดเรียงเนื้อหาในรายงานและรายละเอียดเล็กน้อยต่างๆ ส่วนผลที่ได้รันไว้นั้นก็มีบางส่วนที่สามารถใช้ได้แล้ว โดยสามารถเห็นอัตราเร็วที่เพิ่มขึ้นของเม็ดฝุ่นจาก simulation ได้แล้ว

วันที่ 29 สิงหาคม

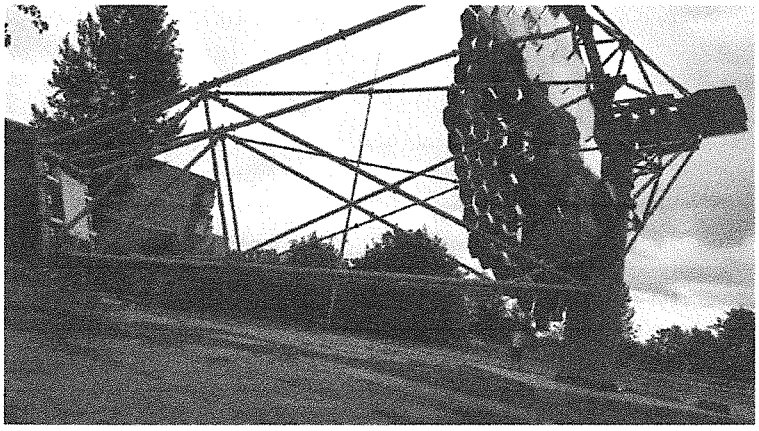


วันนี้เป็นการเรียนเนื้อหาของ Cosmologyที่ต่อจากเมื่อวาน โดยวันนี้หลักๆอาจารย์จะเชื่อมโยงไปกับต้นกำเนิดของ Standard Model ที่ใช้ในปัจจุบัน หลังจากเลิกเรียนเสร็จแล้วอาจารย์อีกคนที่อยู่ในกลุ่มวิจัย PITZ ได้อาสาพาไปดูเครื่องเร่งอนุภาค PITZ ตามที่ได้กล่าวไว้ โดยเครื่องนี้จะอยู่ในชั้นใต้ดิน โดยรวมแล้วจะมีขนาดที่ค่อนข้างเล็กกว่าเครื่องเร่งที่อยู่ใน Hamburg พอสมควร แต่ก็สามารถใช้งานได้หลายอย่างทั้งการเร่งอนุภาคและการผลิตแสงซินโครตรอน ในช่วงบ่ายวันนี้ผมเริ่มให้ความสำคัญกับรายงานที่ต้องส่งให้สถาบันเดซีมากขึ้น โดยผมได้ทำการรันข้อมูลที่เหมาะสมเพื่อมาใส่ในรายงานได้

วันที่ 30 สิงหาคม

วันนี้ช่วงเช้าไม่มีเลคเชอร์ พวกเราแต่ละคนก็ทำรายงานกันเป็นส่วนมาก โดย Gernot บอกว่ารายงานให้ส่งได้จนถึงวันที่ 4 โดยวันนี้งานหลักของผมคือการเขียนรายงานในส่วนของทฤษฎีซึ่งค่อนข้างมีจำนวนมาก โดยผมต้องสรุปผลให้ได้เหลือไม่เกิน 5 หน้า และผมยังได้ปรึกษา Sarah เรื่องการเขียนรายงานให้ถูกต้องตามหลักไวยากรณ์ด้วย วันนี้ตอนบ่ายพี่ในแลปได้เลี้ยงไอศกรีมผมกับ Sarah เนื่องจากวิทยานิพนธ์ของเขาได้รับการอนุมัติแล้ว ซึ่งพี่แลปบอกว่าหลังจากนี้จะสามารถมาช่วยพวกเราทำในส่วนของรายงานได้แล้ว

วันที่ 31 สิงหาคม



เช้าวันนี้มีเลคเชอร์ในส่วนของ Perturbative QCD ในส่วนที่หนึ่ง โดยเลคเชอร์วันนี้จะมีความพิเศษตรงอาจารย์จะใช้เครื่องฉายแผ่นใสและเขียนกระดานแทนการใช้ Slide จากพาวเวอร์พอยท์ โดยอาจารย์ค่อนข้างเคร่งครัดในการเรียนมาก ทำให้แต่ละคนต้องตั้งใจกันเป็นพิเศษ ส่วนของเนื้อหานั้นค่อนข้างยากมากสำหรับผมเนื่องจากต้องมีพื้นฐานทางด้านฟิสิกส์อนุภาคพอสมควร ช่วงบ่ายวันนี้อาจารย์ได้อาสาพาไปดูเครื่อง CTA ซึ่งเป็นเครื่องวัดรังสีคอสมิค โดยเป็นเครื่องต้นแบบอยู่ที่เมืองข้างๆ ในช่วงเย็นของวันนี้มีงานบาร์บีคิวที่พวกเรานักศึกษาภาคฤดูร้อนจัดขึ้นเพื่อลากับ Giuliana เพื่อนจากอาร์เจนตินา เพราะเธอได้กลับก่อนจบโปรแกรมโดยเดินทางกลับวันเสาร์นี้ โดยงานปาร์ตี้เป็นไปอย่างสนุกสนานมีการทำอาหารและเล่นแบตมินตันกัน และช่วงค่ำมีเพื่อนบางคนที่ลงไปเล่นน้ำในทะเลสาบที่อยู่ใกล้ๆอย่างสนุกสนาน

วันที่ 1 กันยายน

วันนี้มีเลคเชอร์เรื่องPerturbative QCD ในส่วนที่สอง ซึ่งผลจากความเข้มงวดของอาจารย์ทำให้เพื่อนบางคนที่ไม่ได้มาเมื่อวานนั้นค่อนข้างตกใจ เนื่องจากต้องทำตามกฎอย่างเคร่งครัด หลังจากเลคเชอร์เสร็จ ก็เป็นการพูดรายงานของ Giuliana ซึ่งเกี่ยวกับงานวิจัยในกลุ่มของ CTA โดยในความคิดผม เขานำเสนอได้ดีมากทั้งการใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและน่าติดตาม ซึ่งเพื่อนคนอื่นก็คิดแบบเดียวกันเช่นกัน หลังจากนั้นพวกเราก็แยกย้ายกลับมาทำรายงานกันในช่วงบ่ายและตอนเย็นพากันไปกินที่ร้านพิซซ่าเพื่อเป็นการอำลา Giuliana ครั้งสุดท้าย

วันที่ 2 กันยายน

วันนี้เป็นวันเสาร์ซึ่งผมต้องรีบทำรายงานทั้งหมดให้เสร็จภายในวันอาทิตย์นี้เนื่องจากต้องส่งให้อาจารย์ที่ปรึกษาช่วงตรวจเช็คก่อนส่งให้ Gernot โดยผมกับพี่ชลิตเข้ามานั่งทำที่ห้องวิจัยกันวันนี้ ซึ่งผมค่อนข้างคุ้นชินกับโปรแกรม LATEX อยู่พอสมควรแล้วทำให้ใช้เวลาในส่วนนี้ไม่นานมาก ซึ่งผมตั้งใจนั่งทำรายงานวันนี้ให้เสร็จและส่งให้ Sarah ดูเพื่อตรวจการใช้ภาษาก่อนที่จะส่งให้อาจารย์ในวันพรุ่งนี้

วันที่ 3 กันยายน

วันนี้ผมตื่นเช้าขึ้นมาซักผ้า หลังจากนั้นก็นัดคุยกับ Sarah เพื่อขอให้ช่วยตรวจดูรายงานของผม โดย Sarah ได้ช่วยเหลือผมได้เป็นอย่างดี โดยเขาได้อ่านรายงานทั้งหมดของผมและทำเครื่องหมายแก้คำศัพท์ไว้ให้เลย ทำให้ผมรู้สึกขอบคุณเป็นอย่างมาก หลังจากนั้นผมก็ได้ส่งให้อีเมลล์ให้อาจารย์ตรวจ โดยผมได้รับอีเมลล์ตอบกลับมาในช่วงเย็นโดยให้แก้ในส่วนของความสัมพันธ์ของเม็ดฝุ่นกับรังสีคอสมิคในส่วนของ introduction เพิ่มเติม ซึ่งสุดท้ายผมก็สามารถเสร็จได้ในวันนี้ โดยวันนี้ก่อนที่ผมจะเข้านอนผมยังเห็นพี่ชลิตนั่งทำงานอยู่ค่อนข้างดึก ซึ่งพี่เขาบอกว่าอยากจะทำผลให้เสร็จเร็วๆ ผมจึงขอตัวนอนก่อน

วันที่ 4 กันยายน

วันนี้ในช่วงเช้าจะเป็น Lecture สุดท้ายของโปรแกรมในครั้งนี้ เป็นการเรียนเรื่อง Introduction into Monte Carlo Methods ซึ่งสามารถใช้ในส่วนของแอพลิเคชันต่างๆ เช่นการทำ simulation หรือ การแก้สมการทางฟิสิกส์ เป็นต้น โดยพวกเราได้ส่งรายงานให้

Gernot ก่อนเที่ยงวันนี้ หลังจากนั้นตอนบ่ายผมกับ Sarah ก็มานั่งทำสไลด์เพื่อพูดในวันสุดท้ายของโครงการ โดยมีพี่แลปคอยให้ความช่วยเหลือด้วยอยู่ตลอด โดย Sarah สามารถทำสไลด์เสร็จได้ภายในวันนี้เลย ทำให้ได้ซ้อมพูดกับพี่แลปและนักวิจัยอีกคนด้วย

วันที่ 5 กันยายน

วันนี้เป็นวันที่อาจารย์เข้ามาในสถาบันเพื่อฟังผมกับ Sarah ซ้อมพูดกัน ซึ่ง Sarah เป็นฝ่ายพูดก่อนและผมพูดตามทีหลัง โดยอาจารย์ได้ให้ความคิดเห็นว่าในตอนพูดพวกเราสามารถเชื่อมโยงงานวิจัยของแต่ละคนเข้าด้วยกันได้เพราะมีความเกี่ยวข้องกันอยู่ ซึ่งโดยรวมแล้วอาจารย์บอกว่าพวกเราทำได้ดีกว่าที่อาจารย์คาดหวังไว้ตอนแรกทำให้เราดีใจกันมาก หลังจากนั้นผมได้ซ้อมพูดอีกรอบกับนักวิจัยอีกคนที่อยู่ในห้องเพื่อเพิ่มความมั่นใจให้ตนเองมากขึ้น รวมถึงให้ Sarah ช่วยแก้การใช้ภาษาของผมในสไลด์อีกด้วย ทำให้ผมค่อนข้างมั่นใจกับการนำเสนอในวันที่ 7 นี้

วันที่ 6 กันยายน

วันนี้เป็นวันนำเสนอผลงานวันแรก ซึ่งการนำเสนอจะถูกแบ่งเป็นสองวันคือวันนี้และวันพรุ่งนี้แบ่งตามกลุ่มวิจัย โดยวันนี้จะมีเพื่อนพูดกันก่อนบางส่วน ในการนำเสนอจะมีอาจารย์ของแต่ละกลุ่มวิจัยเข้าฟังด้วย ทำให้จำนวนคนฟังในห้องมีมากขึ้น โดยในช่วงแรกผมค่อนข้างกังวลมาก เพราะต้องรายงานเป็นภาษาอังกฤษต่อหน้าคนต่างชาติจำนวนมากเป็นประสบการณ์แปลกใหม่ แต่บรรยากาศโดยรวมก็เป็นไปอย่างราบรื่น ช่วงบ่ายนี้คนที่รายงานเสร็จแล้วบางส่วนได้ชวนกันไปนั่งเรือที่เมืองใกล้ๆซอยเธนกัน โดยบางคนก็ไปเที่ยวที่เบอร์ลินกัน ส่วนผมกับพี่ชลิตนั้นก็ขอฝึกซ้อมเพิ่มเติม

วันที่ 7 กันยายน

วันนี้เป็นวันสุดท้ายของโปรแกรมนักศึกษาภาคฤดูร้อน และเป็นวันที่ผมกับพี่ชลิตนั้นต้องรายงานผลด้วย โดยผมจะพูดก่อนในช่วงครึ่งแรก ซึ่งตอนแรกผมค่อนข้างตื่นเต้นมากเนื่องจากมีคนในกลุ่มวิจัยอื่นนั่งอยู่ด้วย พอนำเสนอจบก็มีคำถามบางส่วนซึ่งผมก็สามารถตอบได้ หลังจากนั้นก็มาคุยกับพี่แลป โดยพี่แลปก็มีให้เพิ่มเติมข้อมูลบางส่วนจากการนำเสนอและบอกข้อแนะนำต่างๆเพื่อปรับปรุงการนำเสนอครั้งหน้าให้ดียิ่งขึ้น หลังจากนั้นเป็นการนำเสนอของ Sarah ซึ่งโดยส่วนตัวแล้วผมคิดว่าเธอทำได้ดีมาก หลังจากนั้นเป็นการนำเสนอในส่วนของกลุ่มวิจัย CTA ซึ่งพี่ชลิตก็เป็นหนึ่งในนั้น ซึ่งพี่ชลิตก็ทำได้ดีเช่นกัน หลังจากการนำเสนอเสร็จ Gernot พาพวกเราไปที่ร้านอาหารจีนในเมืองซอยเธนเป็นการปิดท้ายโปรแกรมในครั้งนี้ ซึ่งผมขอให้เพื่อนชาวจีนช่วยแปลอาหารให้และแนะนำอาหารที่น่าสนใจให้

วันที่ 8 กันยายน

วันนี้เป็นวันสุดท้ายก่อนที่ผมกับพี่ชลิตจะกลับไทย โดยวันนี้เพื่อนหลายคนได้เดินทางกลับประเทศของตัวเองแล้ว โดยช่วงเช้าผมกับ Sarah ได้เข้าไปที่ห้องวิจัยเพื่อบอกลาอาจารย์กับพี่ในแลปเป็นครั้งสุดท้าย ซึ่งอาจารย์ได้เรียกผมเข้าไปคุยในห้องและถามเกี่ยวกับความรู้สึก และสิ่งที่เป็นข้อเสนอแนะได้และถามถึงความสนใจในการทำวิจัยของผมกลังจบโปรแกรมในครั้งนี้ หลังจากนั้นผมได้ทำการลากับอาจารย์ พี่แลป และ Sarah ก่อนเดินทางไปเบอร์ลินในวันนี้ ซึ่ง Sarah จะเดินทางกลับช่วงบ่ายนี้ทำให้เราต้องลากันก่อน หลังจากนั้น ผม พี่ชลิต และ Tatevik เพื่อนจาก Armenia ได้เดินทางเข้า Berlin เพื่อซื้อของฝากต่างๆ และพี่ชลิตได้นำเสนอให้รับประทานอาหารเย็นที่ร้านอาหารไทยในเมืองข้างๆ ซึ่งเป็นการแนะนำอาหารไทยให้ชาวต่างชาติครั้งแรกของพวกเรา หลังจากนั้นพวกเราก็ได้บอกลากันที่สถาบันกันตอนกลางคืน เนื่องจากเที่ยวบินของผมกับพี่ชลิตนั้นเช้ามาก โดยวันนี้เป็นวันที่ผมรู้สึกใจหายมากที่สุดเพราะต้องบอกลากับเพื่อนทุกคนที่อยู่ร่วมกันมา 2 เดือน ในช่วงค่ำผมกับพี่ชลิตได้จัดกระเป๋ากันเพื่อเตรียใตัวกลับในวันพรุ่งนี้เช้า

วันที่ 9 กันยายน

วันนี้เป็นวันสุดท้ายของการอยู่ที่เยอรมนี พวกเราได้ check out ออกจากที่เดซีกันตอนประมาณตีห้าและเดินทางด้วยรถไฟไปที่สนามบิน Tegel ซึ่งเป็นสนามบินเดียวกับตอนที่มาถึง การเดินทางในครั้งนี้เป็นไปอย่างราบรื่น เนื่องจากพวกเราค่อนข้างชำนาญกับเส้นทางแล้ว พวกเราต่อแถวรอเช็คอินขึ้นเครื่องค่อนข้างนานมาก เนื่องจากพนักงานเคาน์เตอร์มาสาย หลังจากนั้นเราเดินทางจาก Berlinไปที่ Cologne เพื่อต่อเครื่องกลับไทย โดยรอบนี้เครื่องบินดีเลย์หลายชั่วโมงทำให้เวลาถึงไทยเลื่อนไปอีก โดยเมื่อเรามาขึ้นเครื่องก็มีเสียงตามสายเพื่อขออภัย และบอกว่าจะบินให้ถึงที่หมายโดยเร็วที่สุด ซึ่งทำให้ผมกับพี่เล็กค่อนข้างตื่นเต้นกับการเดินทางในครั้งนี้ สุดท้ายแล้วพวกเราก็เดินทางถึงประเทศไทยโดยสวัสดิภาพ

ภาคผนวก

Grain Acceleration in the Interstellar Medium (ISM)

DESY Summer Student Programme, 2017

Kantapon Jensanjun
Mahidol University, Thailand

Supervisors
Heshou Zhang
Prof.Huirong Yan

September 4, 2017

Abstract

We simulate the grain's acceleration in the turbulent electromagnetic fields. We take into account the gyroresonance of grains with MHD waves in each mode (Alfvenic, slow and fast modes). Gyroresonance can accelerate and scatter the grains. We ignore the scattering process because of low efficiency. We also take into account the hydrodynamic force by collisions of grains with plasma fluid. We find that the fast mode gives the most contribution to grain acceleration. And the strength of magnetic field can determine the relative importance of gyroresonance and hydrodynamical drag.

Keywords: MHD turbulence, Gyroresonance, Hydrodynamical drag

MAHIDOL
UNIVERSITY
Wisdom of the Land

Contents

1 Introduction 1

2 Theoretical Background 2
- 2.1 Magnetohydrodynamics 2
- 2.2 Acceleration of the grains 3
- 2.3 Magnetohydrodynamic Turbulence 4
- 2.4 Grain Charging 5

3 Simulation Method 6

4 Results 7

5 Conclusions 10

1 Introduction

Dust grains are considered an important component of the Interstellar Medium (ISM). Even though they are only 1% of mass of the ISM, they can catalyze the formation of gas-phase molecules such as H_2 which involve the collapse and formation of stars and planets. Grain acceleration also explain overabundance of refractory elements in galactic cosmic rays. The stochastic acceleration can be acted as preacceleration mechanism of the ions released from the grains which can be further accelerated in the shock (See YLD04). In addition, dusts play an important role in the ISM by providing insight to star formation activity. Therefore, many studies of acceleration of the grains in the astrophysical plasma become important. We believe that the various processes such as radiation, ambipolar diffusion and gravitational sedimentation can not provide enough random velocity to affect the grain's interstellar population. In this work, the acceleration of the grains comes from the interaction with magnetohydrodynamic (MHD) waves and hydrodynamical drag.

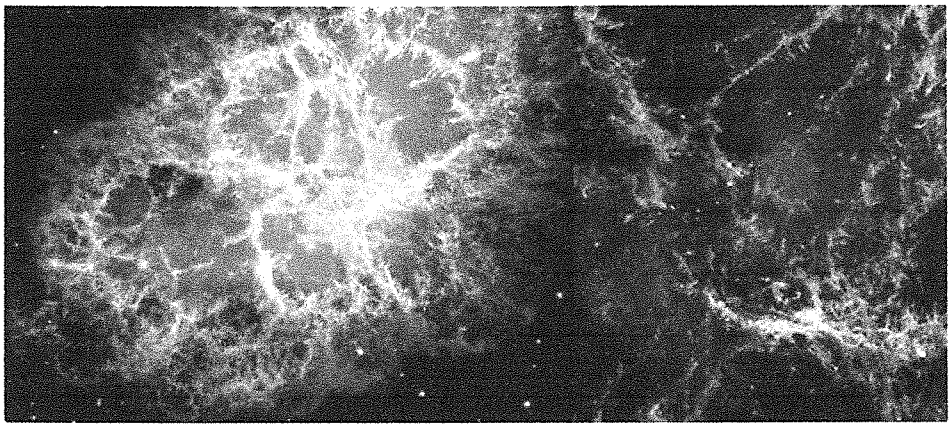


Figure 1: Crab Nebula, an example of interstellar medium. It is a supernova remnant with multi-scale structure. Credit Image: wiki/Crabnebula

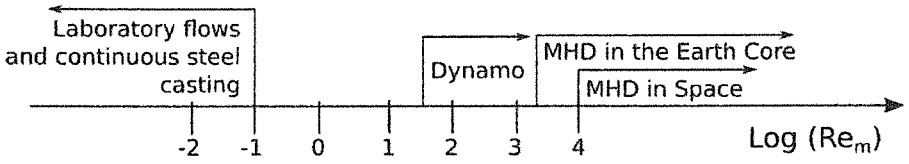


Figure 2: Magnetic Reynold number Re_m in log scale for different processes. $Re_m \geq 10^3$ for astrophysical objects

ISM is magnetized and turbulent. Charged grains can be scattered and accelerated by having interactions with magnetized and turbulent medium. Astrophysical plasma has very large magnetic Reynold numbers ($R_m = \mu_0 \sigma v L$) due to large-scale (L) involved (Figure 2). We can then assume that the magnetic field convects with the plasma fluid. This is referred to be "flux freezing". The movement of grains inside ISM then affect the magnetic configuration. In plasma, electrons and ions are locked together by electrostatic forces as the drift velocities are small. Thus, we can define the plasma as made of a single component.

2 Theoretical Background

2.1 Magnetohydrodynamics

In magnetohydrodynamics (MHD), we make an approximation that the electrons and ions are locked together. Thus, in the frame of fluid, the charge density (ρ') is much less than current density ($\mathbf{j'/c}$). This makes the electric field less than magnetic field ($\mathbf{E} << \mathbf{B}$). Another assumption is that the fluid velocity is nonrelativistic. In such a case, we can rewrite the Maxwell's equations and equation of continuity as MHD equations as follows:

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0 \tag{1}$$

$$\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} = \nabla \times (\mathbf{v} \times \mathbf{B}) \tag{2}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho v) = 0 \tag{3}$$

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v} \cdot \nabla)\mathbf{v} = -\frac{1}{\rho}\nabla p + \frac{1}{4\pi\rho}(\nabla \times B) \times B \tag{4}$$

where $B, \rho, \mathbf{v}$ are magnetic field, fluid density and flow velocity.

We consider the plasma fluid to have homogeneous magnetic field, density and pressure with fluid initial velocity at rest. We can split these physical quantities into 2 parts which are mean values and fluctuation terms.

$$\mathbf{B} = \mathbf{B} + \mathbf{h}, \qquad \rho = \rho + \rho', \qquad \mathbf{p} = \mathbf{p} + \mathbf{p}' \tag{5}$$

From these small perturbation, together with wave solution form to solve MHD equations, we get 3 different modes of oscillations.

Alfven Waves
The Alfven wave is described by dispersion relation

$$\omega^2 = v_A^2 k^2 cos^2 \alpha \tag{6}$$

where α is the angle between magnetic field ($\mathbf{B}$) and wave propagation direction ($\mathbf{k}$) and $v_A = (B^2/4\pi\rho)^{1/2}$ is called the Alfven speed. This wave corresponds to the magnetic tension. Alfven wave is mostly incompressive unlike other modes.

Fast and Slow waves
The dispersion relation becomes

$$\omega^2 = \frac{k^2}{2}\left((v_A^2 + u_0^2) \pm \left[(v_A^2 + u_0^2)^2 - 4v_A^2 u_0^2 \cos^2\alpha\right]\right) \tag{7}$$

where u_0 is sound speed. The plus sign represent the fast MHD wave with higher phase velocity and the minus sign shows the slow MHD wave with lower phase velocity. The phase variation in pressure and magnetic field oscillation are correlated for fast mode and anti-correlated for slow mode (Figure 4.) so that the restoring force of slow mode is weaker than that of fast mode.

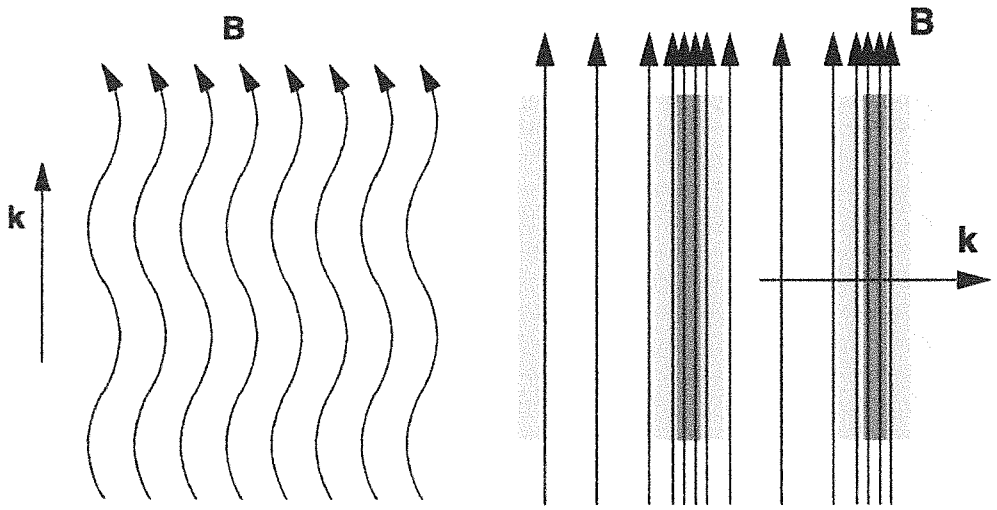


Figure 3: Left: the propagation of Alfven wave. The fluctuation is perpendicular to the field line d ; Right: the propagation of magnetoacoustic wave (Fast and Slow wave). We can see the compression of the medium.

2.2 Acceleration of the grains

When the grain is moving inside the plasma, there are 2 main forces exerting on the grains. There are electromagnetic forces from gyroresonance and hydrodrag force which is due to collisions with the neutrals and ions in plasma

The grain's acceleration occurs from the gyroresonance interaction with MHD waves. The resonance condition is

$$\omega - k_{\|} v\mu = n\Omega \tag{8}$$

where ω is the wave frequency,$k_{\|}$ is the parallel component of wavevector along the magnetic field,v is the particle velocity,μ is the cosine of pitch angle.

According to the interaction of grains with MHD waves, there are scattering and acceleration processes. In this work, we neglect the scattering process as it is less efficient for sub-Alfvenic grains with non-parallel motion to the magnetic field.

I. Electromagnetic Force

In MHD case, we can neglect the electric field in the lab frame. The Lorentz force on a charged grains is given by

$$f_L = \frac{1}{4\pi}(\nabla \times \mathbf{B}) \times \mathbf{B} \tag{9}$$

$$= \frac{1}{4\pi}(\mathbf{B} \cdot \nabla)\mathbf{B} - \frac{1}{8\pi}\nabla^2 \mathbf{B} \tag{10}$$

where f_L is the Lorentz force per unit volume

The first term on the right hand side corresponds to the magnetic tension in the direction of magnetic field. The second term can be thought of as magnetic pressure.

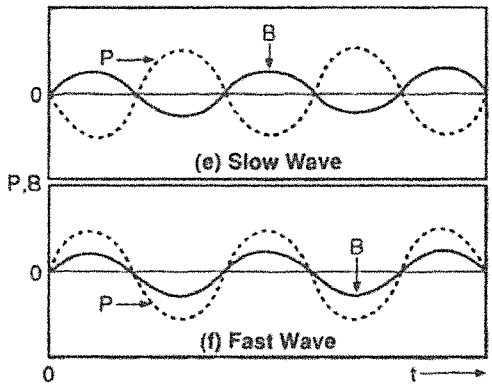


Figure 4: Shows the phase of pressure fluctuation and magnetic field. In slow wave (up), the fluctuation is out of phase with magnetic field. In fast wave (down) the fluctuation is in phase with magnetic field.

II. Hydrodynamical Drag Force

When the grains move into the fluid. They will be exerted by drag force due to the viscosity of the fluid. The hydrodrag force can be written as follows:

$$F_d = -\frac{mv}{t_{\rm drag}} \tag{11}$$

where $t_{\rm drag}$ is the drag time due to collision with atoms in plasma. It is generally defined as $t^0_{\rm drag} = (a\rho_{\rm gr}/n_n)(\pi/8m_n k_B T)^{1/2}$. When the grain's velocity become supersonic, the drag time become $t^s_{drag} = t_{\rm drag}/(0.75 + 0.75c_s^2/v^2 - c_s^3/2v^3 + c_s^4/5v^4)$ where c_s is the sound speed in the plasma.

As from these two forces, the electromagnetic force accelerates grains while hydrodrag force decelerates grains. After certain time, the velocity of grains should converge to constant value.

2.3 Magnetohydrodynamic Turbulence

For ISM, many astrophysical phenomena can drive the turbulence such as supernovae explosions, collimated outflows, plasma instabilities etc. As the astrophysical plasma is turbulent, there will be an energy cascade of the MHD waves. We make an assumption that MHD turbulence follows Kolmogorov's law.

According to the above figure, the turbulence occur from the injection scale and cascade down to cutoff scale. The injection scale is the scale where energy is injected and large eddies are created. These large eddies transfer energy to smaller eddies. This process occur as Kolmogorov's law until the scale in which cascading rate equals to the damping rate. This scale is called cutoff scale. In CNM, the damping process is due to neutral-ion collision. For grains to be accelerated, the scale in which resonance of grain-wave interaction occurs must be larger than cutoff scale.

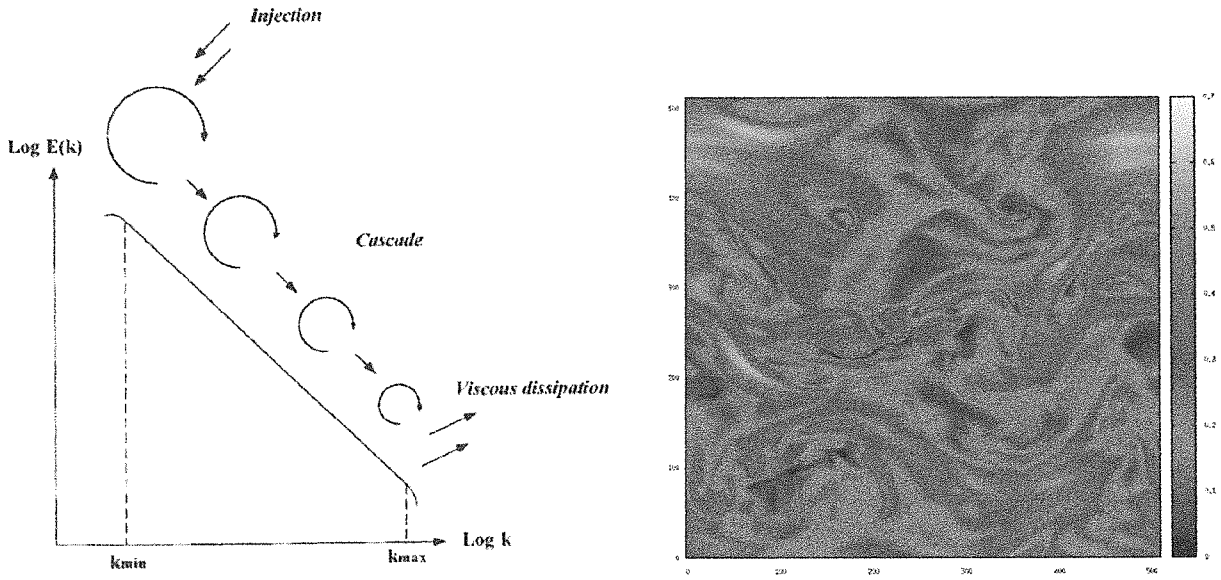


Figure 5: Left: Kolmogorov's theory represents the energy cascade from injection scale to cutoff scale with power law ($E \sim k^{-5/3}$) ; Right: This figure shows example of slice of our magnetic field datacube used in the simulation. We can see many scales of eddies there. The colorbar represents the strength of magnetic field.

2.4 Grain Charging

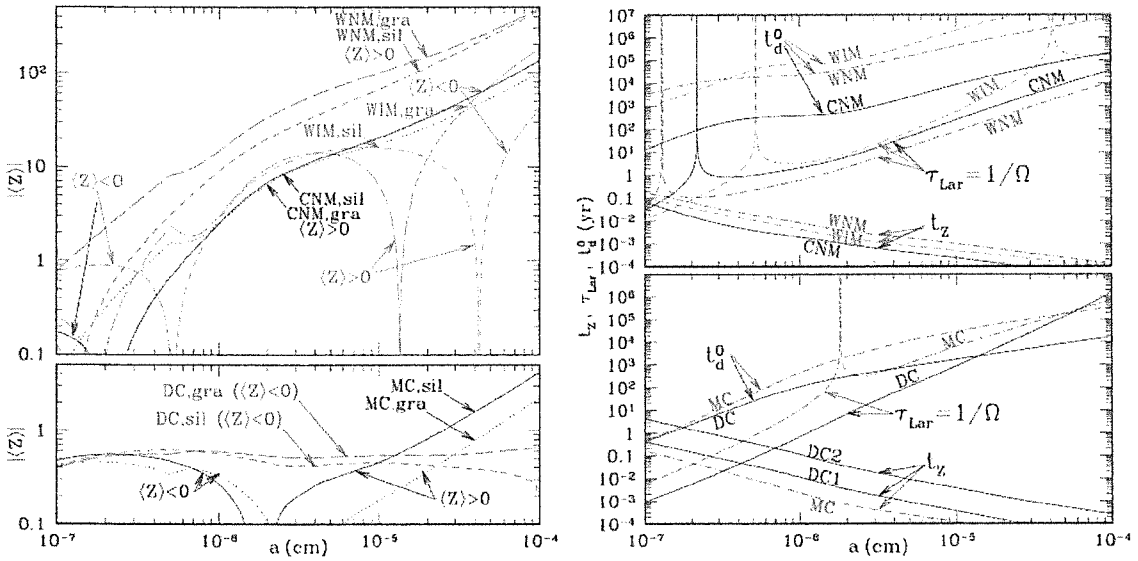


Figure 6: Left: The figure shows the average electric charge number in each phase of ISM.; Right: The figure shows the charge fluctuation time (t_z) versus other dynamical times.

As the grains are subjected to the Lorentz force, we should look at the charge of the grains. The net charge of the grains depend on the rate of collision of electrons which add negative charge and with ions with ions which remove negative charge. Moreover, the

photoelectric emission also removes the negative charge from the grains. As a consequence, grains have a fluctuation time (t_z).

According to the above figure, we apply the radius of the grain greater than 10^{-5} cm in our simulation. Because the fluctuation time is much shorter than other dynamical times so that we can neglect the charge fluctuation and assume that electric charge number $Z =< Z >$ which is obtained from Figure 6.

3 Simulation Method

After getting the physical values for each parameter in CNM from YLD04, we can apply the initial values in the simulation. We write the program in fortran language and plot the results by using Gnuplot.

ISM	CNM
T(K)	100
$n_{\rm H}(\rm cm^{-3})$	30
$n_e(\rm cm^{-3})$	0.03
G_{UV}	1
B(μG)	6
L(pc)	0.64*
$V = V_A$(km/s)	2*
damping	neutral-ion
$k_c(\rm cm^{-1})$	7×10^{-15}

Figure 7: This figure shows the physical parameters of the ISM in the CNM phase from YLD04. The calculated sound speed $c_s = 2.1$ km/s

The code does the following steps:

1. Obtain the magnetic field and velocity field datacube for MHD turbulence of different modes (original, fast, Alfven, slow) from PENCIL
2. Interpolate magnetic field and velocity field from each point.
3. Inject 200 grains with radius (a = 3×10^5 cm) into the datacube with random initial positions and initial pitch angle. The initial velocities are 10^5 cm/s.
4. Update the grains's acceleration from electromagnetic force and hydrodynamical drag force in each time.
5. Save the grains's positions and velocities at each time

4 Results

After running the simulation, we plot the trajectory of the grains in 3-dimension

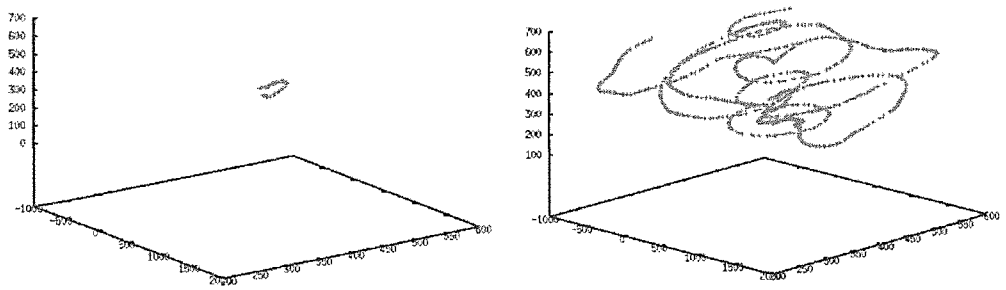


Figure 8: Left: the trajectory of a grain from the beginning to t = 50 ; Right: the trajectory of a grain from the beginning to t = 1000.

As the grains are subjected to magnetic force in the plasma, grains start to gyrate. We can see that the Larmor radius gets larger at later time. As the Larmor radius is proportional to the particle's velocity ($R_L = \frac{mv}{qB}$), the velocity then increases with time. We can see the acceleration of the grains. This acceleration is from the fluctuation of magnetic field the plasma which generates the electric field to accelerate the particle. Moreover, there is also the hydrodrag force which decelerates the grains. From the equation (11), we can see that the hydrodrag force gets higher with the grain's velocity. Finally, the grain's velocity will converge to constant value.

Next, we simulate with number of particles = 100 to observe the ensemble properties in 3 different modes and in total mode datacube.

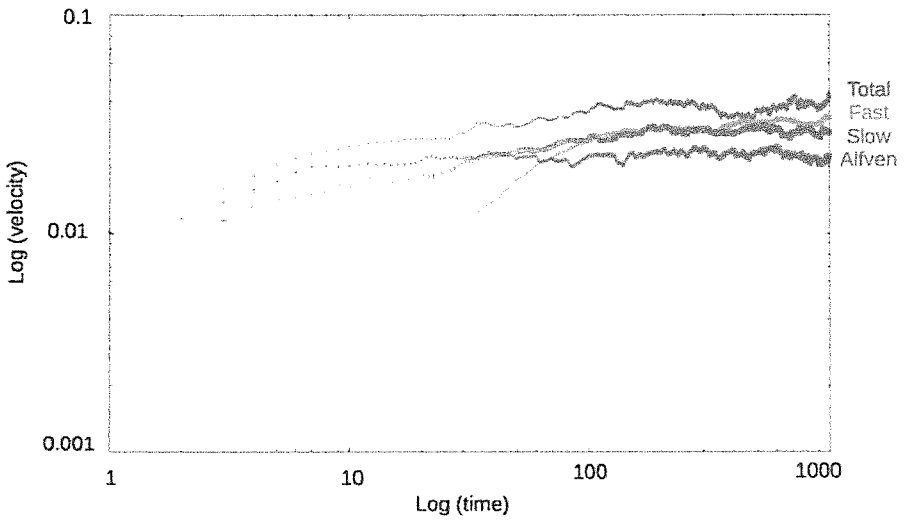


Figure 9: This figure shows the average velocity of the grain with $N = 200$ versus time in log scale. The red line represents the grain's velocity in MHD datacube. The green line shows the the grain's velocity in fast MHD datacube. The purple line shows the the grain's velocity in slow MHD datacube. The blue line shows the the grain's velocity in Alfven MHD datacube.

The Figure 9 shows the grain's average velocity (N=200) versus time in total, fast, slow, Alfven modes with $B = 6\mu G$. We can see the combination of 3 modes results in highest final velocity. The grain's final velocity in fast mode is highest. The velocity increase in Alfven mode is small compared to others. If we also plot ($v \propto t^{1/2}$), we can see that increase in slow mode is parallel to this line. This means grains in slow mode follow diffusion process in momentum space.

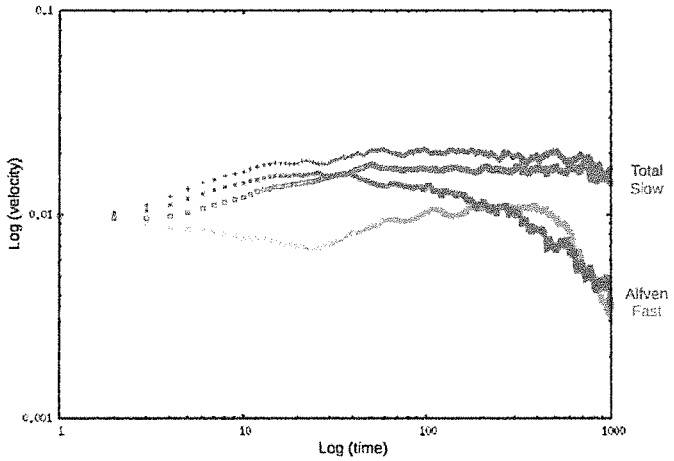


Figure 10: This figure shows the average velocity of the grains with $N = 200$ versus time in log scale with 3 times less than normal magnetic field strength. The red line represents the grain's velocity in MHD datacube. The green line shows the grain's velocity in fast MHD datacube. The purple line shows the the grain's velocity in slow MHD datacube. The blue line shows the the grain's velocity in Alfven MHD datacube.

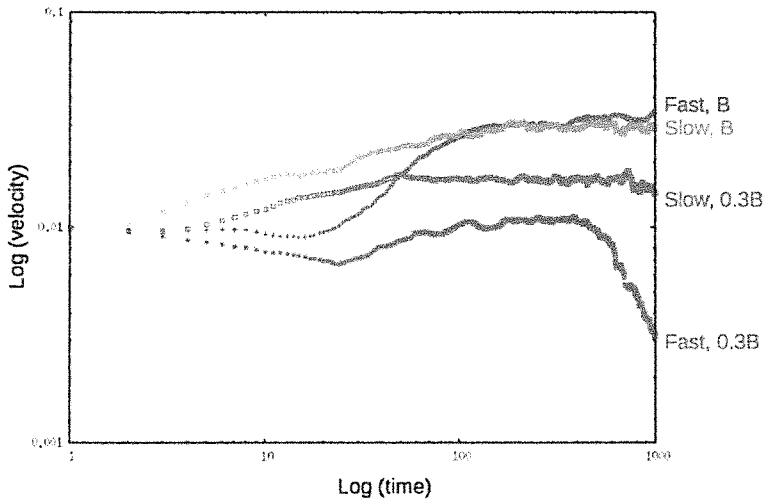


Figure 11: This figure compares the fast mode and slow mode in different magnetic field t. The red line and blue line represent the average grain velocity in fast mode with $B = 6\mu G$ and $B = 2\mu G$ respectively.The green line and purple line represent the average grain velocity in slow mode with $B = 6\mu G$ and $B = 2\mu G$ respectively.

The Figure 10 shows the grain's velocity versus time in total, fast, slow, Alfven modes with $B = 2\mu G$. The grain velocity for fast mode and Alfven drop at later time. They can be interpreted that in the fast mode and Alven mode, the energy of turbulence wave are small at weak magnetic field. The hydrodrag term dominates so as the grain's velocity decreases. In Figure 12, we use the power spectrum of each turbulent mode from the datacube. We can see all lines follow the same energy cascade. It can be seen that the Fast mode has the lowest energy at injection scale.

If we compare the grain's velocity in fast mode and slow mode with different magnetic field strength (Figure 11), we can see the higher final velocity in stronger magnetic field strength in both fast and slow modes. This is because the hydrodrag decreases with the strength of magnetic field. In magnetically dominant regions, gyroresonance is dominant. In weakly magnetized regions, the hydrodrag dominates.

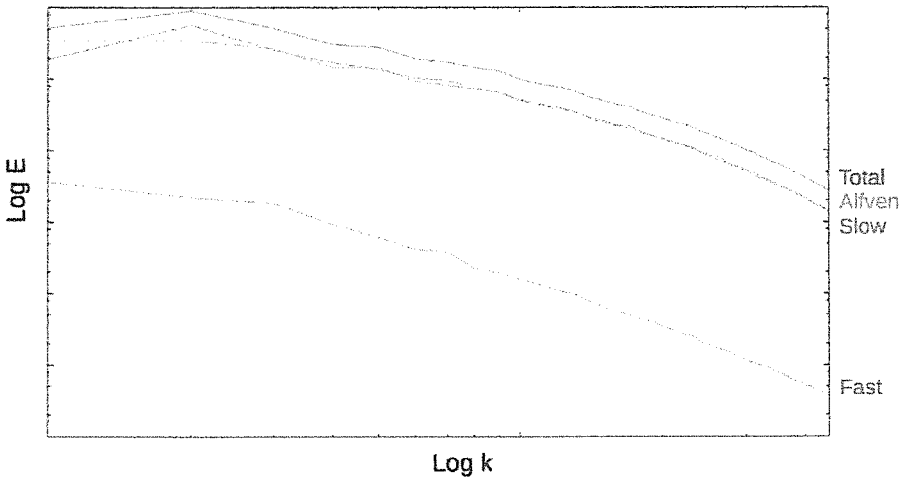


Figure 12: This figure shows the power spectrum of one of our datacube, the original (red), Alfven mode (green),Slow mode (purple) and Fast mode (blue)

In CNM, we can see that grains travel with highest speed in fast mode. The reason is that fast mode turbulent is isotropic. The Alfven mode and slow mode are not important because of their anisotropy. The eddies are elongated along the magnetic field. This makes $k_{\|} < k_{\perp}$ which means the there is less energy at the resonance point. This is also consistent with the result in YL03.

5 Conclusions

In this work, we simulate the grain's motion in the Cold Neutral Medium (CNM). The gyroresonance interaction leads to scattering and acceleration of the grains. For sub-Alfvenic grains, we can neglect the scattering process because of low efficiency (YL03). The fast mode is the dominant contribution to grains' acceleration while Alfven mode is not important. The anisotropy of Alfven mode and Slow mode leads to the suppression of gyroresonance.

The strength of magnetic field determines the relative importance of gyroresonance and hydrodynamical drag. In highly magnetized medium, the gyroresonance dominates. In small magnetized medium, the hydrodynamic drag dominates as it decreases with magnetic field strength. The condition for gyroresonance ($k_{res} < k_c$) determines the critical size of the grains. For smaller grains, the gyroresonance gets damped at resonance frequency so that the grains cannot be accelerated.

In future work, we can try with evolving magnetic field and velocity field datacube. Because the grains are non-relativistic particles, we may take into account the evolution of magnetic field as well.

Acknowledgements

I would like to thank my supervisor Heshou Zhang who taught and supported me during this project . Specially thanks to Prof. Huirong Yan and Reinaldo dos Santos de Lima for guiding me in this project. Furthermore, I would like to thank National Science and Technology Development Academy, Thailand for giving me the opportunity to participate in this program.

References

[1] Yan, H., Lazarian, A. 2003 *Grain Acceleration By Magnetohydrodynamic Turbulence: Gyromechanism* (YL03)

[2] Yan, H., Lazarian, A. 2004 *Dust Dynamics In Compressible Magnetohydrodynamic Turbulence* (YLD04)

[3] Yan, H., Lazarian, A. 2008 *Cosmic Ray Scattering and Streaming in Compressible Magnetohydrodynamic Turbulence* (YL08)