ด้วยสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี

ที่ได้พระราชทานโอกาสแก่เยาวชนไทยเข้าร่วมกิจกรรมนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปี 2561

นายณัฐจักษ์ พลเสน

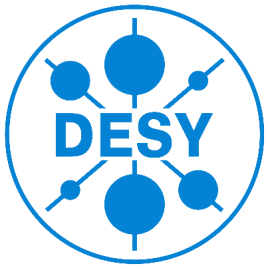
ภาควิชาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยการสนับสนุนของ

สถาบันวิจัยเดซี (Deutsches Elektronen-Synshrotron, DESY)

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

และ สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)



ด้วยสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี

ที่ได้พระราชทานโอกาสแก่เยาวชนไทยเข้าร่วมกิจกรรมนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปี 2561

นายณัฐจักษ์ พลเสน

ภาควิชาฟิสิกส์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โดยการสนับสนุนของ

สถาบันวิจัยเดซี (Deutsches Elektronen-Synshrotron, DESY)

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)

และ สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน)

คำนำ

รายงานฉบับนี้เรียบเรียงขึ้นจากประสบการณ์ของข้าพเจ้าในการเข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ประจำปี 2561 ประกอบด้วย ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสถาบันวิจัย กิจกรรมในโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี งานวิจัยระยะสั้นของข้าพเจ้า และข้อคิดและประสบการณ์ที่ข้าพเจ้าได้รับ

การเข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซีเป็นประสบการณ์อันมีค่ายิ่งของข้าพเจ้า ข้าพเจ้าหวังว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่ได้อ่าน หากมีความผิดประการใด ข้าพเจ้าขอน้อมรับและขออภัย

ณัฐจักษ์ พลเสน

ผู้แทนประเทศไทยโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี 2561

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณล้นเกล้าฯ อันหาที่สุดมิได้ของสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา ฯ สยามบรมราชกุมารี ที่ได้พระราชทานโอกาสอันมีค่าให้ข้าพเจ้าได้เข้าร่วมกิจกรรมนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี ณ สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี ประจำปี 2561

ข้าพเจ้าขอขอบคุณคณะทำงานจากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ที่ได้ประสานงาน ช่วยจัดการอบรมเตรียมพร้อม และดูแลในเรื่องต่างๆ เป็นอย่างดี

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ Mr. Stefan Krohn กงสุลใหญ่กิตติมศักดิ์ประจำนครฮัมบูร์ก สหพันธ์สาธารณรัฐเยอรมนี ที่ได้สนับสนุนกิจกรรมนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซีตลอดมา นอกจากนี้ท่านได้ให้โอกาสนักศึกษาไทยจากกิจกรรมภาคฤดูร้อนเดซีได้เข้าพบเพื่อแนะนำและพูดคุยเกี่ยวกับความร่วมมือกับเดซีในภายหน้า โดยท่านกงสุลให้การต้อนรับเป็นอย่างดี

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ Hannes Jung และ Armando Bermudez Mertinez ที่ได้ดูแลและให้ความช่วยเหลือข้าพเจ้าในการทำวิจัยที่เดซีอย่างต่อเนื่อง

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณอย่างสุดซึ้งสำหรับครอบครัว คนรัก อาจารย์ และเพื่อนๆ ที่ได้ให้การสนับสนุนทั้งทางรูปธรรมและนามธรรมกับข้าพเจ้าโดยเสมอมา

ณัฐจักษ์ พลเสน

ผู้แทนประเทศไทยโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี 2561

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสถาบันเดซี	5
บทที่ 2 โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี 2561	13
บทที่ 3 งานวิจัยระยะสั้นระหว่างเข้าร่วมโครงการ	15
บทที่ 4 ข้อคิดและประโยชน์ที่ได้รับ	17
บทที่ 5 บันทึกประจำวัน	18
ภาคผนวก	43

บทที่ 1 ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับสถาบันเดซี

สถาบันวิจัยเดซี (Deutsches Elektronen-Synchrotron : DESY)

สถาบันวิจัย DESY หรือชื่อเต็มว่า Deutsches Elektronen-Synchrotron เป็นสถาบันวิจัยเครื่องเร่งอนุภาคในประเทศเยอรมนี ซึ่งเน้นการใช้เครื่องเร่งอนุภาคเพื่อการวิจัยทางฟิสิกส์ใน 3 สาขา คือ ฟิสิกส์อนุภาค ฟิสิกส์ของแสง และฟิสิกส์ของเครื่องเร่งอนุภาค โดย DESY ยังเป็นหนึ่งในกลุ่มวิจัย Helmholtz Association ของประเทศเยอรมนี DESY เริ่มดำเนินการในปี ค.ศ.1959 ในเมืองฮัมบูร์ก เขตบาร์เรนเฟลทางตะวันตกของเมือง และในปี ค.ศ.1992 จึงได้ผนวกสถาบันวิจัยฟิสิกส์พลังงานสูงในเมืองซอยเธนเข้าเป็นส่วนของ DESY เนื่องจากการรวมประเทศเยอรมนี

เดซีมีพันธกิจในการวิจัยเกี่ยวโครงสร้างและการทำงานของสสารต่างๆ เพื่อความรู้ระดับรากฐานที่จำเป็นต่อการพัฒนาสังคมในอนาคต ทำให้เดซีเป็นองค์กรเปิดซึ่งส่งเสริมความร่วมมือระดับนานาชาติ และอนุญาตให้นักวิทยาศาสตร์ต่างชาติเข้ามาใช้เครื่องมือได้ โดยมีหลักดังนี้

1. **งานวิจัยที่ล้ำหน้า** : เดซีพยายามพัฒนาอุปกรณ์และเครื่องมืออยู่ตลอดเวลา เพื่อสนับสนุนและรองรับการทดลองที่ทันสมัย อันเป็นรากฐานของความสำเร็จ
2. **งานที่เป็นประโยชน์ต่อสังคม** : เดซีได้พูดคุยกับหลากหลายหน่วยงานจากทั้งด้านวิทยาศาสตร์ สังคม และเศรษฐกิจ และได้เปิดเผยงานวิจัย และอุปกรณ์เครื่องมือสำหรับทุกๆ ภาคส่วน เพื่อการถ่ายทอดนวัตกรรมไปสู่สังคม

3. **ความร่วมมือ** : เดซีเป็นหนึ่งในกลุ่มวิจัย Helmholtz Association ซึ่งเป็นความร่วมมือระหว่างมหาวิทยาลัย และสถาบันวิจัยต่างๆ ในเยอรมนี นอกจากนี้เดซียังร่วมมือกับหน่วยงานต่างชาติ และหน่วยงานทางด้านสังคมและเศรษฐกิจอีกด้วย
4. **เสรีภาพและความรับผิดชอบ** : เดซีมีอิสระในการทำงานวิจัย ซึ่งหมายความว่าเดซีต้องมีความรับผิดชอบต่อสังคม และใช้เงินทุนให้เกิดประโยชน์สูงสุด
5. **การทำงานร่วมกัน** : อีกหนึ่งปัจจัยของความสำเร็จของเดซี มาจากนักวิจัยที่หลากหลายทั้งทางด้านมุมมอง และวัฒนธรรมซึ่งทำงานร่วมกันด้วยความเคารพและเท่าเทียม
6. **คุณภาพ** : เดซีมุ่งพัฒนาคุณภาพของการวิจัย การแบ่งปันความรู้และการวิจารณ์อย่างสร้างสรรค์จะทำให้เราพัฒนาไปด้วยกัน
7. **สนับสนุนคนรุ่นใหม่** : เดซีสนับสนุนและพร้อมที่จะฝึกฝนนักวิจัยรุ่นใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเพื่อหล่อเลี้ยงความรู้สึกดีๆ ที่มีต่อวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
8. **การทำงานและชีวิตส่วนตัว** : เดซีสนับสนุนความสมดุลระหว่างการทำงานและชีวิตส่วนตัวเพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน
9. **สุขภาพและความปลอดภัย** : นักวิจัยเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดของความสำเร็จของเดซี เราจึงสร้างสภาพแวดล้อม และมาตรฐานความปลอดภัยที่ดีที่สุด ทั้งเพื่อนักวิจัยและบุคคลภายนอก นอกจากนี้เรายังคำนึงถึงสุขภาพทางกายและทางใจของทุกๆ คน
10. **ความยั่งยืน** : เดซีคำนึงถึงความยั่งยืนของสังคม ทั้งทางสิ่งแวดล้อม และศีลธรรมอันดี

งานวิจัยที่เดซีมีความหลากหลาย อาทิเช่น วิทยาศาสตร์พื้นฐานของเอกภพ การพัฒนาวัสดุใหม่ๆ หรืองานวิจัยเพื่อการต่อยอดทางการแพทย์ งานวิจัยเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับปัญหาที่เราต้องเผชิญในอนาคตอย่างเช่น ปัญหาด้านพลังงานและสภาพอากาศ งานวิจัยที่เดซีแบ่งเป็น 3 หัวข้อหลักดังนี้

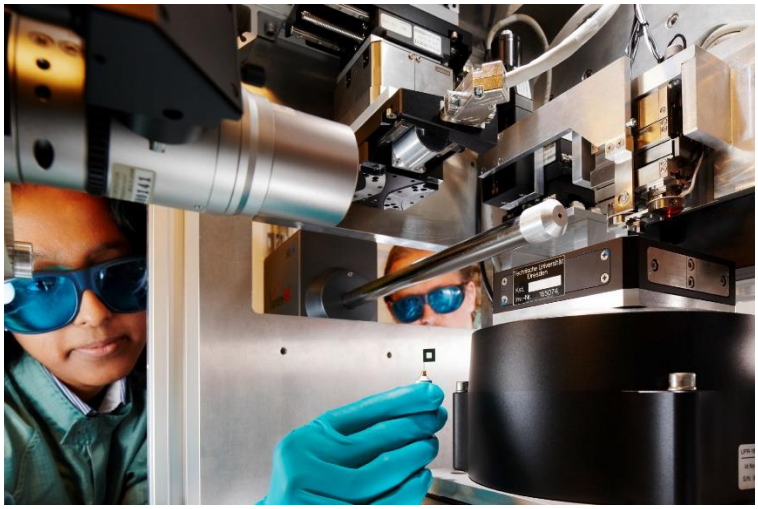
1. เครื่องเร่งอนุภาค

เครื่องเร่งอนุภาคเป็นหนึ่งในเครื่องมือที่สำคัญที่สุดสำหรับวิทยาศาสตร์ยุคใหม่ โดยเครื่องเร่งจะเร่งอนุภาคที่มีประจุให้มีความเร็วใกล้เคียงกับแสง ซึ่งจะทำให้อนุภาคนั้นมีพลังงานสูงมาก และเป็นประโยชน์ต่อวิทยาศาสตร์ในหลายๆ สาขา เช่น ใช้ในการศึกษาฟิสิกส์อนุภาคเพื่อศึกษาองค์ประกอบที่เล็กมากๆ ของสสาร ใช้ในการศึกษาเคมี วัสดุศาสตร์ และชีววิทยา โดยอนุภาคที่ถูกเร่งจะปลดปล่อยรังสีเอกซ์ที่มีความเข้มสูงมากเพื่อนำมาศึกษา วัสดุ หรือโปรตีนต่างๆ นอกจากนี้เครื่องเร่งอนุภาคยังนำมาทำลายเซลล์มะเร็งได้อีกด้วย เดซีได้พยายามสร้างเครื่องเร่งอนุภาคที่มีประโยชน์ทั้งการศึกษาฟิสิกส์พื้นฐานของอนุภาค และการใช้งานของรังสีเอกซ์ เช่น European XFEL ซึ่งได้เปิดใช้งานแล้วในบางส่วน นอกจากนี้ด้วยความร่วมระหว่างเดซีและสถาบันวิจัยต่างๆ ทั่วโลก เดซียังได้สร้างเทคโนโลยีเครื่องเร่งอนุภาคชนิดใหม่ที่เรียกว่า TESLA ซึ่งประกอบจากตัวนำยิ่งยวด เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในด้านพลังงาน โดยตัวนำยิ่งยวดนี้จะต้องทำงานที่อุณหภูมิ -271 องศาเซลเซียส จึงทำให้ต้องใช้

ฮีเลียมในการหล่อเย็นอยู่ตลอดเวลา โดย European XFEL ก็ใช้เทคโนโลยี TESLA เช่นกัน และ TESLA ยังได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อประสิทธิภาพที่สูงขึ้นและการใช้ทรัพยากรที่คุ้มค่า

2. ฟิสิกส์ของแสง

แหล่งกำเนิดแสงที่เดซีเกิดจากเครื่องเร่งอนุภาคที่ปลดปล่อยรังสีเอกซ์ความเข้มสูงซึ่งทำหน้าที่เป็นเสมือนกล้องจุลทรรศน์ชั้นยอดที่สามารถมองเห็นได้ในระดับอะตอม ทำให้สามารถนำไปใช้ในการศึกษา เคมี ชีววิทยา และวัสดุศาสตร์ได้เป็นอย่างดี เช่น การนำไปใช้ศึกษานาโนเทคโนโลยีสำหรับการผลิตวัสดุใหม่ๆ และในทางการแพทย์ ใช้ศึกษาวัสดุใหม่เพื่อนำมาใช้ในเซลล์เชื้อเพลิงและเซลล์สุริยะ หรือใช้ในการศึกษายาชนิดต่างๆ โดยในขณะนี้เดซีกำลังให้ความสนใจกับการพัฒนาเซลล์สุริยะที่บาง ยืดหยุ่นได้ และราคาไม่แพง เพื่อนำไปติดตั้งกับอุปกรณ์ต่างๆ เช่น กระจก หรือ กระเป๋า ซึ่งเรียกว่า Organic Solar Cell โดยเซลล์ชนิดนี้สร้างขึ้นจากแผ่นพลาสติกที่สามารถนำไฟฟ้าได้และถูกนำมาต่อกับขั้วไฟฟ้า โดยยิ่งการเชื่อมต่อทำได้ดีเท่าไหร่เซลล์ก็จะยิ่งมีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งทีมวิจัยของเดซีกำลังใช้รังสีเอกซ์ความเข้มสูงเพื่อศึกษาการเชื่อมต่อระหว่างพลาสติกและทองคำเพื่อนำมาพัฒนาต่อไป



3. ฟิสิกส์อนุภาค

ฟิสิกส์อนุภาคเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานของสสารต่างๆ ซึ่งขยายไปถึงการช่วยอธิบายการกำเนิดและวิวัฒนาการของเอกภพในวิชาเอกภพวิทยา ซึ่งเป็นจุดประสงค์หลักของการก่อตั้งเดซี โดยเดซีได้ประสบความสำเร็จในการศึกษาฟิสิกส์อนุภาคอย่างมาก เช่น การค้นพบ gluon จากเครื่องเร่งอนุภาค PETRA และการศึกษาโครงสร้างภายในของโปรตอนด้วยเครื่องเร่งอนุภาค HERA ในปัจจุบันนักวิจัยของเดซีได้ร่วมมือกับนักวิจัยของเซิร์นและสถาบันอื่นๆ เพื่อศึกษาฟิสิกส์อนุภาค นอกจากนี้นักวิจัยบางส่วนยังได้ศึกษาเกี่ยวกับเอกภพวิทยาและอนุภาคจากเอกภพอีกด้วย

นักวิจัยของเดซีได้เข้าร่วมในการวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องอนุภาค LHC ของเซิร์นซึ่งเป็นเครื่องเร่งอนุภาคที่เร่งโปรตอนให้ชนกันที่ระดับพลังงานสูงมากๆ เพื่อศึกษาอนุภาคพื้นฐานของสสารต่างๆ โดยได้คาดหวังว่าข้อมูลจากเครื่องเร่งอนุภาคนี้จะช่วยไขปริศนาของฟิสิกส์อนุภาคได้ เช่น คำอธิบายของการมีอยู่ของมวลสาร ซึ่งคาดว่าเกิดจากอนุภาคที่ชื่อว่า Higgs ซึ่งได้ถูกค้นพบที่ LHC ในปี ค.ศ.2012 นอกจากนี้ LHC ยังหวังว่าจะตอบคำถามเกี่ยวกับทฤษฎีสมมาตรยิ่งยวด (Supersymmetry) อีกด้วย

สำหรับการศึกษาอนุภาคจากเอกภพ (ดาราศาสตร์อนุภาค) นักวิจัยส่วนใหญ่จะอยู่สถาบันเดซีที่ซอยเธน โดยศึกษาจากอนุภาคนิวตริโนและรังสีแกมมาซึ่งมาจากนอกโลก อนุภาคเหล่านี้มีพลังงาน

สูงมากและอาจสูงถึงสิบล้านเท่าของอนุภาคจากเครื่องเร่ง LHC ซึ่งที่มาของอนุภาคเหล่านี้เป็นสิ่งที่อาจตอบคำถามที่สำคัญทางฟิสิกส์ได้ อย่างเช่น หลุมดำ และทฤษฎีสมมาตรยิ่งยวด

การศึกษาวิทยาศาสตร์ก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็วและมีความซับซ้อนขึ้นอย่างมาก ทำให้เป็นไปไม่ได้เลยที่จะขาดความร่วมมือกันของนักวิจัย เดซีเล็งเห็นและให้ความสำคัญกับความร่วมมือต่างๆ โดยในแต่ละปีจะมีวิทยาศาสตร์รับเชิญกว่า 3000 คนจาก 40 ประเทศทั่วโลกมาร่วมทำการวิจัยที่เดซี โดยเดซีมีความร่วมมือที่สำคัญดังนี้

1. Center for Free-Electron Laser Science (CFEL)

CFEL ได้ถูกจัดตั้งขึ้นจากความร่วมมือระหว่างเดซี Max Planck Society และมหาวิทยาลัยฮัมบูร์ก เพื่อศึกษากระบวนการทางเคมีในระดับโมเลกุล เช่น กระบวนการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารต่างๆ โดยใช้อุปกรณ์ที่ทันสมัย เช่น พัลส์ของรังสีเอกซ์จาก European XFEL, เลเซอร์ หรือ กล้องจุลทรรศ์อิเลคตรอน

2. Center for Structural Systems Biology (CSSB)

CSSB เป็นความร่วมมือที่จัดตั้งขึ้นเพื่อศึกษาโครงสร้างต่างๆ ในทางชีววิทยาเพื่อนำผลไปประยุกต์ใช้ ยกตัวอย่างเช่น การใช้รังสีเอกซ์ความเข้มสูงเพื่อศึกษาโครงสร้างและกระบวนการต่างๆ ของเชื้อวัณโรคเพื่อหาช่องทางการรักษาที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนี้ CSSB ยังมีความร่วมมือ

กับ European Molecular Biology Laboratory (EMBL) และ Helmholtz Center for Infection Research อีกด้วย

3. NanoLab

นาโนเทคโนโลยีกำลังมีบทบาทอย่างมากต่อการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอื่นๆ เช่น ทางด้านวัสดุศาสตร์ และคอมพิวเตอร์ โดยการใช้รังสีเอกซ์จากเครื่องเร่งอนุภาค PETRA III และ FLASH เดซีสามารถศึกษาโครงสร้างระดับนาโนด้วยความละเอียดสูงและกำลังสร้างสถาบันวิจัย NanoLab เพื่อศึกษาเกี่ยวกับเทคโนโลยีนาโนโดยเฉพาะ นอกจากนี้ NanoLab ยังช่วยลดความยุ่งยากของการขอใช้ Beamline ที่เดซีอีกด้วย เนื่องจากนักวิจัยจากภายนอกจะสามารถใช้ NanoLab เพื่อสร้างชิ้นตัวอย่างสำหรับการทดสอบได้ที่เดซี แทนที่การขนส่งชิ้นตัวอย่างจากห้องทดลองของตนเองซึ่งมีความเสี่ยงและความซับซ้อนมากกว่า

นอกจากนี้ยังเป็นที่ทราบกับดีว่าเดซีมีความร่วมมืออันแน่นแฟ้นกับเซิร์นในการศึกษาฟิสิกส์อนุภาคดังที่ได้กล่าวไปแล้ว

เดซีมีบทบาทสำคัญในการสร้างนักวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่ ด้วยสภาพแวดล้อมการทำงานอย่างเป็นมืออาชีพท่ามกลางผู้คนจากหลากหลายวัฒนธรรม เดซีจะช่วยสร้างความคิดสร้างสรรค์และหล่อหลอมนักวิจัยรุ่นใหม่ด้วยความท้าทายมากมาย นักศึกษาและนักวิจัยที่ผ่านการทำงานที่เดซีประสบ

ความสำเร็จทั้งในสายงานทางด้านวิทยาศาสตร์และทางธุรกิจ เดซีได้ร่วมมือกับมหาวิทยาลัยฮัมบูร์กมาเป็นเวลานาน และในปี ค.ศ.2011 ได้ริเริ่มความร่วมมือ Partnership for Innovation, Education and Research (PIER) ซึ่งเน้นงานวิจัยทางด้าน ฟิสิกส์อนุภาค (และดาราศาสตร์อนุภาค) วิทยาศาสตร์นาโน วิทยาศาสตร์ของแสง และชีววิทยาด้านการติดเชื้อและโครงสร้าง โดยเน้นการส่งเสริมให้นักศึกษาปริญญาเอกเข้ามาทำวิทยานิพนธ์กับเดซี ซึ่งนักศึกษาจะได้รับการดูแลและฝึกฝนจากนักวิจัยมืออาชีพ นอกจากนี้ PIER ยังได้ร่วมมือกับ Helmholtz Association เพื่อส่งเสริมความร่วมมือระหว่างภาคการศึกษาและภาคอุตสาหกรรม ทำให้การจ้างงานเป็นไปอย่างราบรื่นขึ้น

นอกจากนี้เดซียังให้ความสำคัญและรู้สึกยินดีเป็นอย่างยิ่งที่ได้มีส่วนร่วมในการพัฒนาชุมชน เดซีได้พยายามถ่ายทอดเทคโนโลยี และยินดีที่จะมีส่วนร่วมในงานวิจัยของภาคเอกชนเพื่อทำให้ฮัมบูร์กและเยอรมันตอนเหนือเป็นผู้นำทางด้านเทคโนโลยี และเดซียังได้ร่วมมือกับรัฐบาลเยอรมันในโครงการนำร่องต่างๆ การก่อสร้างสถาบันและอุปกรณ์ในเดซียังช่วยกระตุ้นเศรษฐกิจของเมือง มีการจ้างงานมากกว่า 2,000 อัตรา และดึงดูดนักวิทยาศาสตร์และนักศึกษาจากทั่วโลก นอกจากนี้ในทุกๆ 2 ปี เดซียังได้เปิดให้บุคคลทั่วไปและนักเรียนได้เข้าชมสถาบัน ซึ่งโดยปกติจะมีผู้เข้าชมมากถึง 10,000 คน ทั้งหมดนี้นับเป็นความภาคภูมิใจอย่างมากของเดซีที่ได้รับมอบหมายให้มีหน้าที่พัฒนาและสรรสร้างสังคมดังที่ได้กล่าวไว้ในพันธกิจของเดซี

บทที่ 2 โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี 2561

โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซีจัดขึ้นเพื่อให้โอกาสแก่นักศึกษาปริญญาตรีและปริญญาโท ได้มีโอกาสเข้าร่วมการทำวิจัยระยะสั้นกับนักวิจัยของสถาบันเดซี อันถือเป็นโอกาสที่หาได้ยากยิ่ง โดยในระหว่างโครงการจะมีทั้งการบรรยาย การทำวิจัย และการพาชมสถานที่ทดลองต่างๆ ทั้งนี้โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซีได้ถูดจัดขึ้นสองที่ คือที่เมืองฮัมบูร์กและเมืองซอยเธน ซึ่งโครงการที่เมืองฮัมบูร์กจะเน้นการวิจัยเรื่องฟิสิกส์อนุภาค และฟิสิกส์ของแสง ส่วนโครงการที่ซอยเธนจะเน้นการวิจัยเรื่องดาราศาสตร์อนุภาค

ในปีนี้โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซีซึ่งเป็นโครงการที่ข้าพเจ้าเข้าร่วม ได้มีผู้เข้าร่วมโครงการทั้งหมด 100 คน จาก 28 ประเทศทั่วโลก และแบ่งกิจกรรมออกเป็นสองกลุ่ม คือ **ฟิสิกส์ของแสง** ซึ่งจะมีทั้งงานวิจัยพื้นฐานและงานวิจัยที่ประยุกต์แสงเข้ากับวิชาต่างๆ เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา วัสดุศาสตร์ การศึกษาโครงสร้างผลึก กิจกรรมอีกกลุ่มหนึ่งคือ **ฟิสิกส์อนุภาค** ซึ่งมีทั้งงานทางด้านการวิเคราะห์ ทฤษฎี และอุปกรณ์ตรวจจับอนุภาค นอกจากนี้ยังรวมถึงดาราศาสตร์อนุภาคอีกด้วย

ทั้งนี้ข้าพเจ้าทำการวิจัยในส่วนของการวิเคราะห์ทางฟิสิกส์อนุภาคโดยการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสร้างผลการทดลองจำลองขึ้นมาจากโมเดลทางทฤษฎี แต่เนื่องจากโปรแกรมเหล่านี้ต้องได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ข้าพเจ้าจึงได้ช่วยในการวิเคราะห์ผลจากโปรแกรมเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป โดยทั่วไปนั้นในแต่ละวันจะมีการบรรยายในช่วงเช้า และการทำวิจัยในช่วงบ่าย ดังนี้

วันที่	การบรรยาย	ผู้บรรยาย
17 กรกฎาคม	Welcome Session	DESY Staff
18 กรกฎาคม	Introduction to HEP	Geiser Achim
19 กรกฎาคม	Introduction to Photon Science	Gehrke Rainer
20 กรกฎาคม	Introduction to Photon Science	Gehrke Rainer
23 กรกฎาคม	Introduction to Accelerator Physics	Castro Pedro
24 กรกฎาคม	Introduction to Accelerator Physics	Castro Pedro

24 กรกฎาคม	DESY Tour	DESY Staff
26 กรกฎาคม	Detector for HEP	Gregor Ingrid-Maria
27 กรกฎาคม	HEP Theory	Grojean Christophe
1 สิงหาคม	Detector for HEP	Gregor Ingrid-Maria
2 สิงหาคม	HEP Theory	Grojean Christophe
3 สิงหาคม	HEP Theory	Grojean Christophe
6 สิงหาคม	Quantum Chromodynamics	Dielh Markus
7 สิงหาคม	Quantum Chromodynamics	Dielh Markus
8 สิงหาคม	Dark Matter	Lindner Axel
8 สิงหาคม	XFEL Tour	XFEL Staff
10 สิงหาคม	String Theory	Schomerus Volker
14 สิงหาคม	Physics Beyond Standard Model	Grojean Christophe
15 สิงหาคม	Higgs Physics	Raspereza Alexei
17 สิงหาคม	Astroparticle Physics	Maier Gernot
17 สิงหาคม	PIER Party	PIER Staff
20 สิงหาคม	Cosmology	Westphal Alexander
22 สิงหาคม	Future Accelerators	Buesser Karsten
22 สิงหาคม	Plasma Wake Field Acceleration	Osterhoff Jens
23 สิงหาคม	Top Physics	Grohsjean Alexander
24 สิงหาคม	Flavour Physics	Cunliffe Sam
6 กันยายน	Summer Student Session	DESY Staff

บทที่ 3 งานวิจัยระยะสั้นระหว่างเข้าร่วมโครงการ

ในโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซีข้าพเจ้าได้อยู่ในกลุ่มวิจัย CMS ซึ่งทำหน้าที่วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการชนกันของโปรตอนพลังงานในเครื่องเร่งอนุภาค LHC (Large Hadron Collider) ที่ CERN เนื่องจากฟิสิกส์อนุภาคขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็น ผลการทดลองที่ได้จึงไม่ได้ตรงไปตรงมาในลักษณะใช่หรือไม่ใช่ แต่ต้องวัดผลในเชิงสถิติว่ามีผลการทดลองแบบต่างๆ เกิดขึ้นตามที่ทฤษฎีได้ทำนายไว้หรือไม่ ด้วยเหตุนี้การที่จะพิสูจน์ทฤษฎีทางฟิสิกส์อนุภาคเราต้องมีเครื่องมือในการสร้างเหตุการณ์แบบสุ่มซึ่งเรียกว่า Monte Carlo Event Generator ตามชื่อผู้คิดค้นกระบวนการ โดยกระบวนการสร้างเหตุการณ์สำหรับการชนกันของอนุภาคจะแบ่งเป็น 5 ขั้นตอนคือ

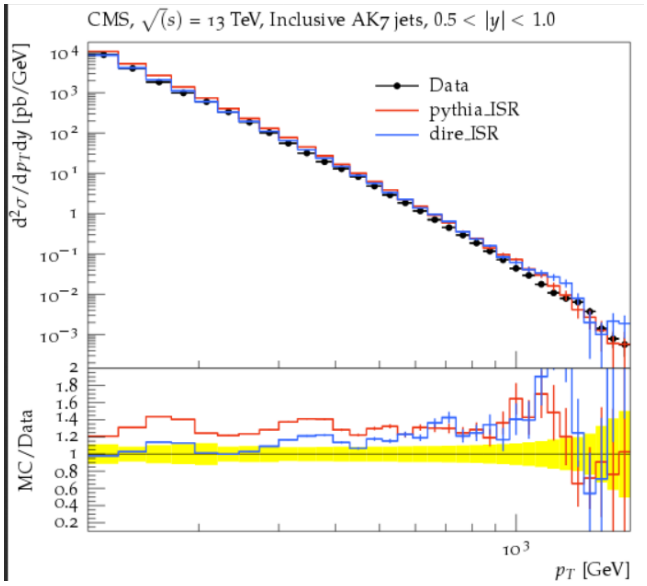
1. Hard Process เป็นกระบวนการหลักของการชน
2. Patron Shower เป็นการแผ่รังสีของอนุภาคซึ่งมีทั้ง Initial State Radiation (ISR) ซึ่งเป็นการแผ่รังสีก่อนการชน และ Final State Radiation (FSR) ซึ่งเป็นการแผ่รังสีหลังการชน
3. Hadronization เป็นกระบวนที่อนุภาคก่อตัวหลังการชน
4. Underlying Event เป็นการคำนึงถึงการชนย่อย เช่น ในการชนกันของโปรตอนอาจมีอนุภาคย่อยในโปรตอนมากกว่า 1 คู่ที่เกิดการชน
5. Unstable Particle Decay เป็นการสลายตัวของอนุภาคที่ไม่เสถียรหลังการชน

ในการพิสูจน์ทฤษฎีหรือการค้นพบทางฟิสิกส์อนุภาค เราจะสร้างเหตุการณ์แบบสุ่มจาก Monte Carlo Event Generator โดยมีพื้นฐานจากทฤษฎีที่ต้องการจะพิสูจน์ หากผลที่ได้สอดคล้องกับผลจากการทดลอง เราจะสรุปได้ว่าทฤษฎีนั้นมีความน่าเชื่อถือ ดังนั้นจึงเป็นความจำเป็นที่จะต้องสร้าง Monte Carlo Event Generator ที่มีความแม่นยำใกล้เคียงกับสิ่งที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุดเพื่อไม่ให้ ความน่าเชื่อถือของทฤษฎีคลาดเคลื่อน

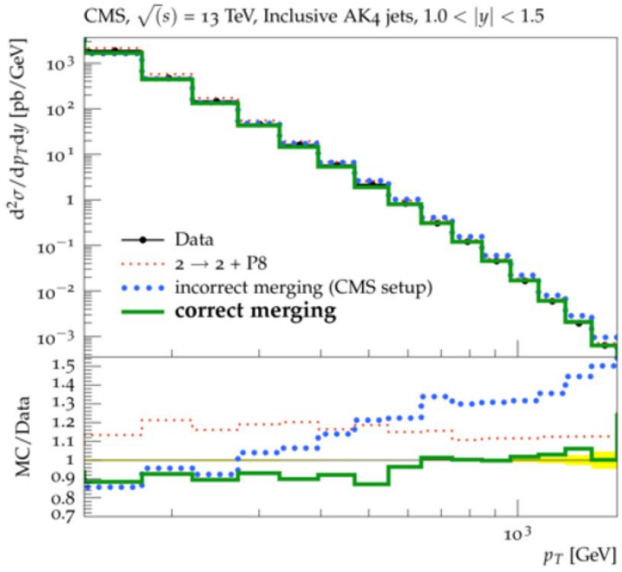
งานของข้าพเจ้ามี 2 ส่วน ส่วนแรกคือการเปรียบเทียบผลที่ได้จาก Pythia ซึ่งเป็น Monte Carlo Event Generator ชนิดหนึ่ง กับผลที่ได้จาก Dire ซึ่งเป็นส่วนเสริมของ Pythia ในส่วน Patron Shower ส่วนที่สองคือการแก้ปัญหาจากการใช้ Madgraph ซึ่งเป็นส่วนเสริมในส่วน Hard

Process ซึ่งต้องมีการปรับค่าต่างๆ เนื่องจากที่ผ่านมาการใช้ Madgraph ให้ผลที่ขัดแย้งกับการทดลองมาโดยตลอด

สำหรับในส่วนแรกข้าพเจ้าได้มีการศึกษากระบวนการต่างๆใน Pythia โดยการเปรียบเทียบกราฟ และเปรียบเทียบกราฟของ Pythia กับ Dire ดังภาพ



ในส่วนที่สองข้าพเจ้าได้ทำการปรับค่าต่างๆที่ใช้ใน Madgraph จนสามารถแก้ไขปัญหาได้ตามกราฟสีเขียว (จากสีฟ้าที่เป็นปัญหา) ดังภาพ



*รายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัยอยู่ในภาคผนวก

บทที่ 4 ข้อคิดและประโยชน์ที่ได้รับ

โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซีเป็นประสบการณ์อันมีค่าที่หาได้ยากยิ่ง ทุกๆอย่างล้วนเป็นสิ่งใหม่และเป็นการเรียนรู้ ข้าพเจ้าอาจไม่สามารถถ่ายทอดออกมาเป็นคำพูดได้ทั้งหมด แต่สามารถสรุปได้ดังนี้

ข้าพเจ้าได้เรียนรู้การใช้ชีวิตและทำสิ่งต่างๆด้วยตัวเอง ตอนอยู่ที่ประเทศไทยหน้าที่ของข้าพเจ้าคือการเรียน คุณพ่อและคุณแม่จะทำอาหารและดูแลงานบ้านต่างๆ แต่อยู่ที่นี่ต่างออกไป ข้าพเจ้าต้องทำอาหารเอง จัดการชีวิตตัวเองทั้งหมด

ข้าพเจ้าได้เรียนรู้ที่จะบริหารเวลาเพื่อความสมดุลระหว่างการทำงานและชีวิตส่วนตัว ในตอนที่เราเป็นนักเรียน เรามักจะได้รับการบอกว่าให้ตั้งใจเรียนและเรียนให้เต็มที่ เวลาส่วนใหญ่หมดไปกับการเรียน ซึ่งต่างกับชีวิตจริงที่มีสิ่งต่างๆที่ต้องรับผิดชอบมากมาย อยู่ที่นี่ข้าพเจ้าได้มีเวลาทั้งหมดเป็นของตัวเองและจัดสรรเวลาสำหรับสิ่งต่างๆ เหมือนเป็นการเรียนรู้ตัวเองว่าการจัดสรรเวลาแบบไหนที่เหมาะกับเรา เพื่อที่จะดูแลครอบครัวต่อไปในอนาคต

ข้าพเจ้าได้เรียนรู้การทำงานร่วมกับนักวิจัย เรียนรู้ที่จะมีความรับผิดชอบที่มากกว่าการเรียนในมหาวิทยาลัย ที่มหาวิทยาลัยอาจารย์จะคอยบอกเราว่าต้องทำอย่างไรบ้าง แต่ในการทำวิจัยจริงๆ เราจะต้องเป็นคนคิดและออกแบบเอง การเข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซีทำให้ข้าพเจ้าได้เตรียมพร้อมสำหรับการเป็นนักวิทยาศาสตร์ในอนาคต

ข้าพเจ้าได้เรียนรู้ฟิสิกส์อนุภาคเชิงทดลองซึ่งเป็นสิ่งที่หาได้ยากมากๆในประเทศไทย ข้าพเจ้าได้ทำการวิเคราะห์และวิจัยในหัวข้อนี้จริงๆซึ่งไม่มีโอกาสทำได้เลยในประเทศไทย

ประสบการณ์เหล่านี้เป็นสิ่งที่มีค่าที่จะทำให้ข้าพเจ้าเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ดีในอนาคต

บทที่ 5 บันทึกประจำวัน

วันพฤหัสบดีที่ 19 กรกฎาคม 2561

เวลาส่วนใหญ่ของวันนี้หมดไปกับการเดินทาง ซึ่งเป็นเดินทางคนเดียวครั้งแรก ถือเป็นประสบการณ์ที่ดี เราต้องมีความรอบคอบและทักษะในการแก้ปัญหา ไม่ตื่นกลัว และเตรียมพร้อมอยู่เสมอ การเดินทางเป็นไปอย่างราบรื่น ไม่มีปัญหาด้านการตรวจคนเข้าเมือง ข้าพเจ้ามาถึงสนามบินฮัมบูร์กเวลาประมาณ 22.00 น. จากนั้นได้เรียกแท็กซี่เข้ามาที่สถาบันเดซี ถึงเวลาประมาณ 23.00น. จึงได้จัดของเล็กน้อยและเข้านอน

วันศุกร์ที่ 20 กรกฎาคม 2561

วันนี้เป็นวันแรกที่ข้าพเจ้าได้เข้าร่วมกิจกรรม ข้าพเจ้าตื่นตอน 04.00 น. และไม่สามารถหลับต่อได้อีก จึงเขียนอีเมลไปหาอาจารย์และเตรียมความพร้อม เวลา 07.00 น. ได้เดินสำรวจบริเวณรอบๆ สถาบัน พบว่ามีสถานีตำรวจ ร้านสะดวกซื้อ และซุปเปอร์มาร์เก็ตซึ่งอยู่ไม่ไกลออกไป แต่ยังไม่เปิดทำการ จึงได้ซื้อซิมการ์ดจากร้านสะดวกซื้อ และกลับมาลงทะเบียนที่ห้องพัก จากนั้นจึงเข้าไปพบอาจารย์ (Mr. Hannes Jung) ท่านใจดีมาก แนะนำเรื่องต่างๆ เป็นอย่างดี จากนั้นจึงได้เข้าฟัง

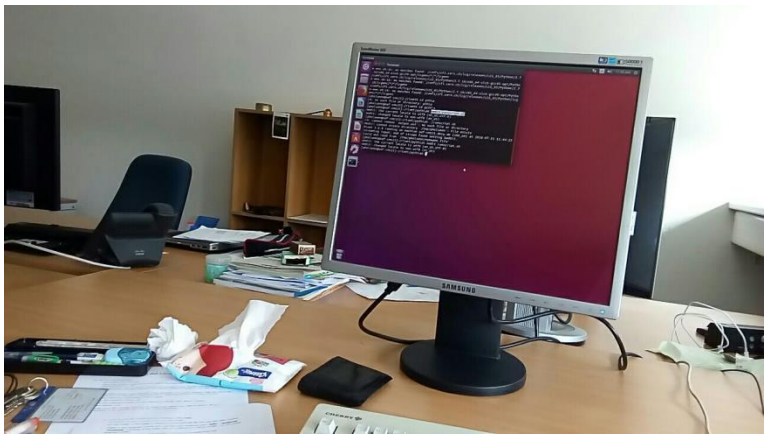
บรรยายเรื่อง ฟิสิกส์พลังงานสูง และแสง ในช่วงบ่ายจึงได้เริ่มเข้าทำงาน ได้ทำความรู้จักกับนักเรียนปริญญาเอกอีก 4 คนซึ่งทำงานอยู่ในห้องเดียวกัน จากนั้นในช่วงเย็นจึงได้เดินไปซื้อวัตถุดิบจากซุปเปอร์มาร์เก็ตเพื่อมาทำอาหารทานเอง เนื่องจากข้าพเจ้ารู้สึกไม่ชอบอาหารที่โรงอาหาร และอาหารจากซุปเปอร์มาร์เก็ตซึ่งส่วนใหญ่มีรสเปรี้ยว... เพียงรสเดียว

วันเสาร์ที่ 21 กรกฎาคม 2561

วันนี้ได้พักผ่อนอย่างเต็มที่และได้ออกไปทำงานในช่วงเช้า โดยได้พบกับนักศึกษาปริญญาเอกอีกคนหนึ่งซึ่งมาทำงานเช่นกัน ในช่วงบ่ายได้กลับมาจัดข้าวของและเสื้อผ้าต่างๆ ให้เข้าที่เข้าทางมากขึ้น เตรียมเอกสารสำหรับการลงทะเบียนในวันจันทร์ และพักผ่อน ในตอนเย็นจึงได้ออกไปซุปเปอร์มาร์เก็ตเพื่อทำอาหารเตรียมไว้สำหรับวันอาทิตย์ซึ่งร้านค้าต่างๆ จะไม่เปิดบริการ นอกจากนี้ยังได้ซื้อน้ำยาซักผ้าและผ้าสำหรับเช็ดพื้นห้องด้วย

วันอาทิตย์ที่ 22 กรกฎาคม 2561

ในช่วงเช้าข้าพเจ้าใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับการพักผ่อนและเขียนบทความสำหรับกลุ่มนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซีในเฟสบุ๊ค จากนั้นช่วงบ่ายได้ออกไปทำงานโดยความคืบหน้าในขณะนี้อยู่ที่การศึกษาการใช้โปรแกรม Rivet เพื่อวิเคราะห์ผลการทดลองทางฟิสิกส์อนุภาคจากนั้นจึงกลับมาพักผ่อน

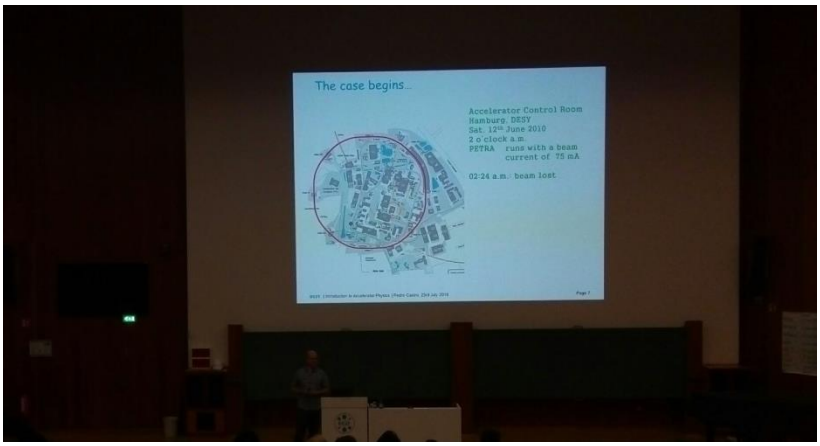


วันจันทร์ที่ 23 กรกฎาคม 2561

ในช่วงเช้ามีการบรรยายในหัวข้อฟิสิกส์ของเครื่องเร่งอนุภาค เป็นการบรรยายที่ดี ได้ความรู้เกี่ยวกับการสร้างและออกแบบเครื่องเร่งอนุภาค รวมถึงหลักทางฟิสิกส์ ต่อมาในช่วงบ่ายได้มีการทัวร์รอบๆ DESY โดยได้ไปชมเครื่องเร่งอนุภาค HERA ซึ่งได้หยุดการทำงานไปแล้ว และใช้เป็นพิพิธภัณฑ์แทน ได้เห็นทั้งในส่วนของอุปกรณ์การเร่งอนุภาค และส่วนที่เป็นเครื่องตรวจวัดอนุภาค ทำให้เข้าใจเนื้อหาจากการบรรยายได้เพิ่มขึ้น โดยเครื่องเร่งอนุภาคนี้อยู่ใต้ดินลึกเกินกว่า 30เมตร ทำให้ต้องใช้บัตรผ่านเข้า-ออกตามกฎการเข้าเหมืองของเยอรมัน เป็นระบบที่รัดกุมและดีมาก จากนั้นในช่วงเย็นได้นั่งรถไฟเข้าไปในเมืองกับกลุ่มเพื่อนคนไทย และพี่คนไทยที่มาศึกษาต่อที่ฮัมบูร์ก (ทุน พสวท.) เพื่อซื้อซิมการ์ด เพื่อนๆ นั้นได้ซิมการ์ดกันหมด ยกเว้นข้าพเจ้าที่มีปัญหาเรื่องการเปิดใช้ซิมการ์ด จากนั้นจึงเดินดูบริเวณรอบๆ และแวะทานข้าวที่ร้านอาหารจีน

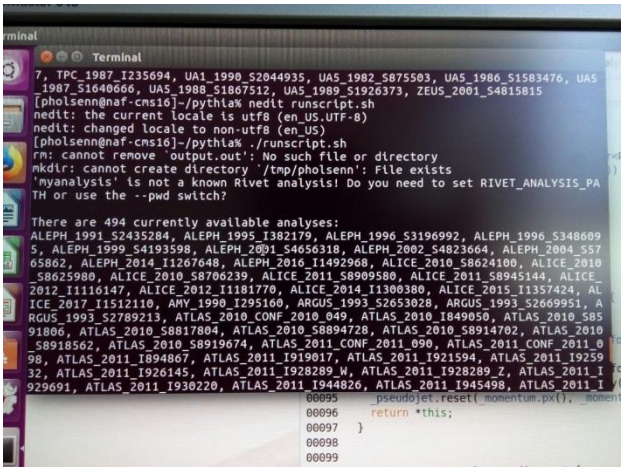
วันอังคารที่ 24 กรกฎาคม 2561

ในช่วงเช้ายังคงเป็นการบรรยายในหัวข้อเครื่องเร่งอนุภาคเช่นเดิม ในช่วงบ่ายได้เข้าทำวิจัยต่อ โดยมีปัญหาติดขัดและไม่เข้าใจบ้าง แต่อาจารย์ Hannes ได้คอยแนะนำเป็นอย่างดี ในช่วงนี้ยังคงเป็นการทำแบบฝึกหัดการใช้โปรแกรมเพื่อเตรียมความพร้อมในการทำวิจัย จากนั้นในช่วงเย็นจึงเดินไปซื้อวัตถุดิบมาทำอาหารตามปกติ



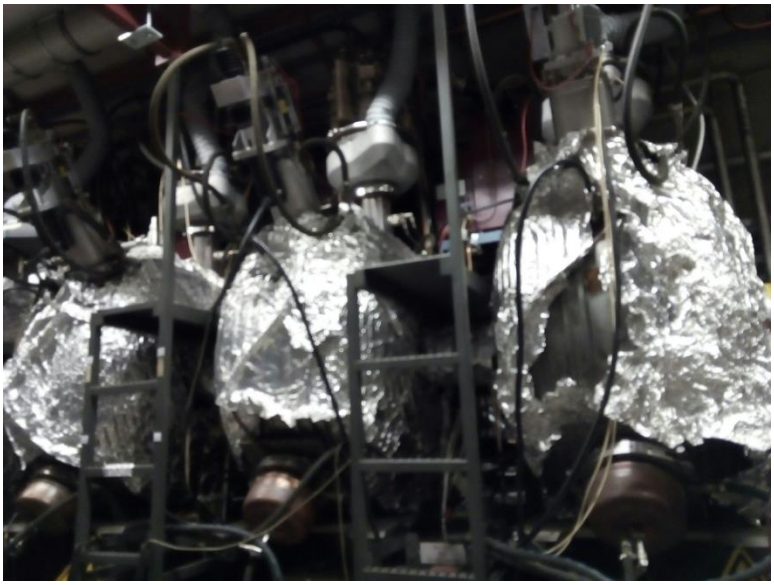
วันพุธที่ 25 กรกฎาคม 2561

วันนี้ไม่มีการบรรยายซึ่งเป็นวันที่ข้าพเจ้าชอบเป็นพิเศษเนื่องจากจะได้ทำงานอย่างต่อเนื่อง วันนี้ได้เข้าทำงานตั้งแต่ 8 โมง โดยที่นักเรียนปริญญาเอกที่เข้าทำงานวิจัยส่วนใหญ่จะมาประมาณ 10 โมง (แต่กลับช้ากว่าข้าพเจ้า) ช่วงเช้าเป็นช่วงเวลาที่สงบ และอากาศเย็นกำลังดี ข้าพเจ้ากลับเวลาประมาณ 4 โมง เพื่อไปซื้อวัตถุดิบมาทำอาหารตามปกติเนื่องจากเป็นช่วงที่ไม่มีใครใช้ครัวมากนัก



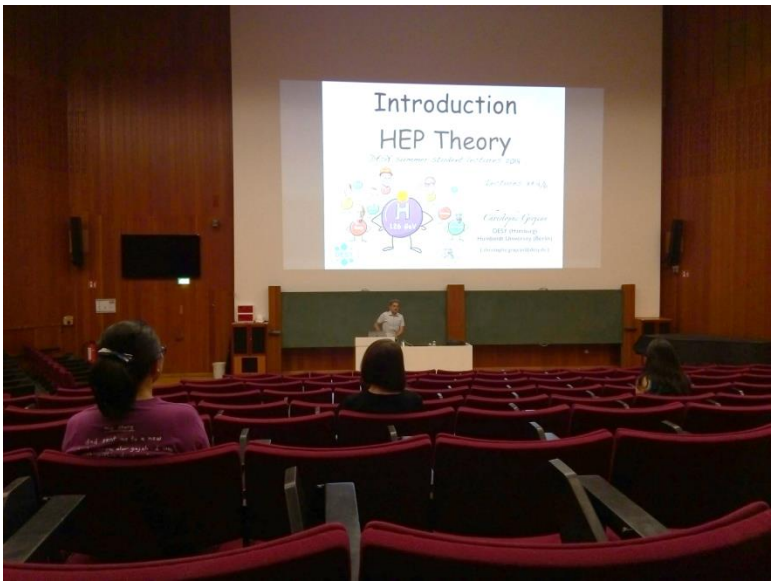
วันพฤหัสบดีที่ 26 กรกฎาคม 2561

ในช่วงเช้ามีการบรรยายหัวข้อ เครื่องตรวจวัดอนุภาค เป็นการบรรยายที่สนุก ผู้บรรยายพูดค่อนข้างเร็ว แต่ชัดเจน และมีการสอดแทรกอารมณ์ขันอยู่เป็นช่วงๆ เธอเล่าถึงประสบการณ์การทำงานของเธอ ทำให้ได้ข้อคิดว่า เราต้องคำนึงถึงผลของการกระทำแต่ละอย่างด้วย ยกตัวอย่างเช่น เครื่องเร่งอนุภาค HERA ที่ DESY ใช้ยูเรเนียมเป็นตัววัดอนุภาคซึ่งมีประสิทธิภาพที่สูงมาก แต่หลังจากหยุดการทำงานของเครื่องแล้วต้องขนส่งยูเรเนียมกลับไปที่สหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นกระบวนการที่ยุ่งยากและสิ้นเปลือง ทำให้ไม่มีใครใช้ยูเรเนียมในเครื่องตรวจวัดอีกเลย ในช่วงบ่ายมีการสอนการใช้โปรแกรม ROOT ซึ่งเป็นโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและฟิสิกส์อนุภาค ทำให้ได้ความรู้ใหม่ๆ



วันศุกร์ที่ 27 กรกฎาคม 2561

วันนี้เป็นวันแรกของการบรรยาย ฟิสิกส์ทฤษฎีสำหรับฟิสิกส์พลังงานสูงซึ่งถือเป็นหัวข้อที่ค่อนข้างยาก แต่เนื่องจากเป็นวันแรกจึงยังไม่มีรายละเอียดมากนัก โดยผู้บรรยายได้ทบทวนความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ และพื้นฐานฟิสิกส์อนุภาค ในช่วงบ่ายได้เข้าทำการวิจัยตามปกติ โดยงานเริ่มมีความยากและท้าทายมากขึ้น



วันเสาร์ที่ 28 กรกฎาคม 2561

วันนี้อินเทอร์เน็ตที่หอพักเกิดขัดข้องและไม่สามารถใช้งานได้ จึงได้เดินไปยังห้างสรรพสินค้าที่อยู่ใกล้ที่สุดเพื่อจัดการเรื่องซิมการ์ดให้เสร็จสิ้น โดยระหว่างทางได้ผ่านร้านเครื่องใช้สำนักงาน และร้านสุขภัณฑ์จึงได้แวะเข้าไปเดินพักผ่อน พร้อมทั้งคิดเกี่ยวกับของฝากที่จะซื้อกลับบ้านด้วย ห้างสรรพสินค้าที่นี่เป็นห้างขนาดกลาง 2 ชั้น ข้าพเจ้าได้เข้าไปถามเรื่องซิมการ์ดกับร้านอิเลกทรอนิกส์ที่ชื่อ Saturn ซึ่งเป็นร้านใหญ่มีหลายสาขาในเยอรมัน ได้ความว่าต้องใช้ใบยืนยันที่อยู่ด้วย(ซึ่งอาจต้องลองติดต่อผู้จัดการที่หอพัก) จึงลองมาถามที่ร้าน O2 ซึ่งเป็นร้านบริการเครือข่ายมือถือโดยเฉพาะ ได้ความว่าการเปิดซิมการ์ดเป็นเรื่องที่ยุ่งยากจะขอเปิดให้เฉพาะผู้ที่เป็นประชาชนเยอรมันเท่านั้น ข้าพเจ้าเริ่มหมดหวัง และคิดว่าจะลองเข้าร้านอื่นแบบสุ่มๆ ดู เนื่องจากมีร้านบริการเครือข่ายอยู่หลายร้าน ต่อมาได้เข้าไปที่ร้าน Telecom ซึ่งร้านนี้ยินดีทำให้และใช้เพียงพาสปอร์ตเท่านั้น จึงตกลงเปิดซิมการ์ดกับที่นี่ และได้เปิดซิมการ์ดในราคา 10 ยูโรต่อเดือน (แบบเติมเงิน) ตามโปรโมชั่นที่ข้าพเจ้าได้เลือก จากนั้นจึงได้เดินดูสินค้าต่างๆ จนทั่ว และซื้อวัตถุดิบกลับไปทำอาหารที่หอพัก ในช่วงบ่ายได้เข้ามาทำงานที่ค้างไว้จากวันศุกร์ และพักผ่อน

วันอาทิตย์ที่ 29 กรกฎาคม 2561

วันนี้อินเทอร์เน็ตที่หอพักยังคงใช้การไม่ได้ จึงได้ออกมาที่ทำงานแต่เช้าเพื่อใช้อินเทอร์เน็ตในการติดต่อกลับไปประเทศไทย และเขียนบทความลงกลุ่มนักศึกษาภาคฤดูร้อน DESY นอกจากนี้ยังได้ทำงานต่ออีกเล็กน้อยเพื่อเตรียมคุยกับอาจารย์ในวันพรุ่งนี้ ในช่วงบ่ายได้กลับไปทานข้าวและพักผ่อนที่หอพัก จากนั้นจึงออกมาที่ทำงานอีกครั้งหนึ่ง

วันจันทร์ที่ 30 กรกฎาคม 2561

วันนี้ไม่มีการเรียนการสอนใดๆ ทำให้ได้ใช้เวลาทั้งหมดในการทำวิจัย ซึ่งอยู่ในขั้นตอนของการคำนวณ (โดยใช้คอมพิวเตอร์) เพื่อศึกษาผลจากแบบจำลองทางฟิสิกส์แต่ละรูปแบบ วันนี้มีปัญหาบ้างแต่ก็ได้รับการช่วยเหลือจากอาจารย์เป็นอย่างดี ในช่วงพักเที่ยงได้กลับมารับประทานอาหารและที่หอพัก และงีบเล็กน้อย ทำให้รู้สึกกระปี้กระเปร่าในช่วงบ่าย และรู้สึกว่ามีสมาธิกับงานมากขึ้น ในช่วงเย็นพี่ๆคนไทยที่ทำงานอยู่ที่ DESY ได้พาไปรับประทานอาหารบุฟเฟ่ต์ที่ร้านอาหารจีน และกลับมาพักผ่อน

วันอังคารที่ 31 กรกฎาคม 2561

วันนี้เป็นอีกหนึ่งวันที่ไม่มีการเรียนการสอน โดยในช่วงเช่ากลุ่มวิจัยของอาจารย์จะมีการประชุมกัน (ทุกๆ วันอังคาร) เพื่อรายงานความคืบหน้าและแลกเปลี่ยนความรู้ มีชื่อการประชุมว่าฟิสิกส์และคุกกี้ เพื่อไม่ให้พักดูเครียดเกินไป การประชุมส่วนใหญ่เป็นการพูดคุยกัน รายงานผล และแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เป็นการประชุมแบบสบายๆ และเป็นมิตร วันนี้ข้าพเจ้าได้พบกับนักศึกษาปริญญาเอกซึ่งเป็น “พี่เลี้ยง” ของข้าพเจ้า เป็นชาวคิวบาชื่อ อาร์มานโด เป็นคนใจดีและแนะนำเรื่องต่างๆ เป็นอย่างดี

วันพุธที่ 1 สิงหาคม 2561

วันนี้มีการบรรยายเรื่อง การตรวจวัดอนุภาค ต่อจากสัปดาห์ที่แล้ว ซึ่งได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ในครั้งนี้มีการเปลี่ยนห้องบรรยายมาเป็นห้องเล็กลง ทำให้ที่นั่งในห้องเต็มทุกที่ การบรรยายจบไปด้วยดีและเป็นที่ประทับใจของทุกคน ในช่วงบ่ายได้เข้าทำการวิจัยตามปกติ โดยมักได้รับความช่วยเหลือจากอาร์มานโดเป็นหลัก ทั้งในเรื่องการวิเคราะห์ผล และโปรแกรมที่จะใช้ต่อไป โดยส่วนมากอาจารย์จะเข้ามาเพื่อติดตามผลในช่วงเย็นก่อนเลิกงาน หรือช่วงเช้าก่อนทำงาน

วันพฤหัสบดีที่ 2 สิงหาคม 2561

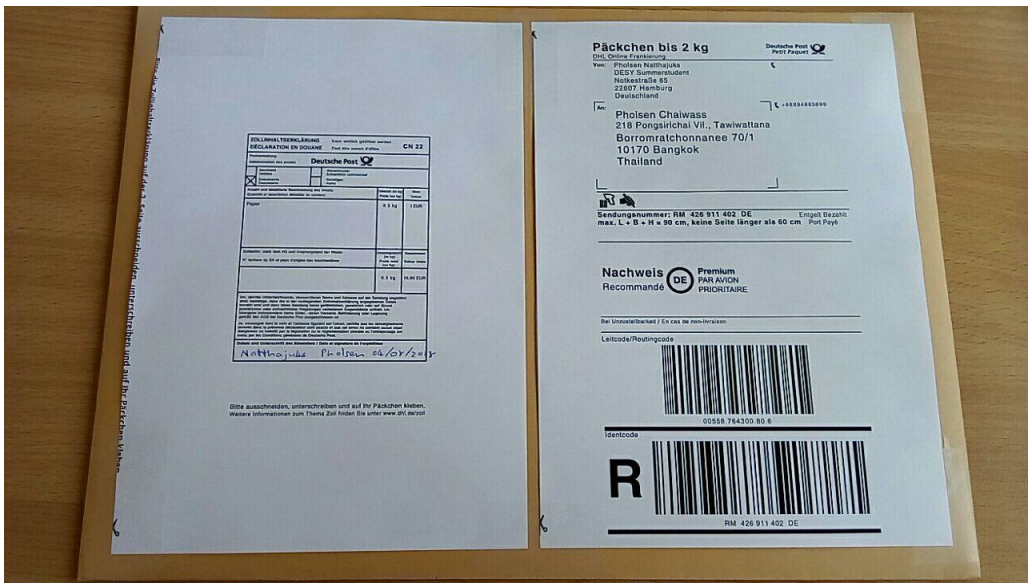
วันนี้มีการบรรยายฟิสิกส์ทฤษฎีต่อจากเมื่อสัปดาห์ที่แล้ว เนื้อหายากขึ้นและอาจารย์เริ่มใช้กระดานเพื่อพิสูจน์สูตรต่างๆ การเรียนเป็นไปอย่างราบรื่น เนื่องด้วยเวลาของการบรรยายที่มีไม่มาก นักอาจารย์จึงพิสูจน์อย่างคร่าวๆโดยเน้นไอเดียเป็นหลัก และให้แบบฝึกหัดไปฝึก ในช่วงบ่ายได้เข้าทำวิจัย และช่วงเย็นอาจารย์ได้พานักเรียนภาคฤดูร้อน และนักวิจัยในกลุ่มไปรับประทานอาหารร่วมกันที่ร้านอาหารกรีกชื่อว่า Olympisches Feuer และได้เล่าถึงประวัติของพื้นที่บริเวณนั้นว่าได้เคยมีการประท้วงต่อต้านการเหยียดผิว และได้แนะนำสถานที่ท่องเที่ยวต่างๆ

วันศุกร์ที่ 3 สิงหาคม 2561

ในช่วงเช้าได้มีการบรรยายฟิสิกส์ทฤษฎี ซึ่งการบรรยายครั้งนี้เป็นการบรรยายครั้งสุดท้ายก่อนที่จะได้มาพบอาจารย์ท่านนี้อีกในช่วงท้ายของการเรียนภาคฤดูร้อน จำนวนผู้ฟังการบรรยายลดลงไปบ้าง ในช่วงบ่ายได้เข้าทำงาน โดยเกิดปัญหากับโปรแกรมที่อาร์มานโดให้ใช้ในการวิเคราะห์ผล ซึ่งเขาก็ยังไม่ได้สามารถแก้ได้ ด้วยความเกรงใจข้าพเจ้าจึงบอกเขาว่า ไม่เป็นไร ไม่ต้องรีบ และกลับมาจดจ่อกลับการวิเคราะห์ผลที่อาจารย์เคยมอบหมายไว้

วันเสาร์ที่ 4 สิงหาคม 2561

วันนี้ข้าพเจ้าพยายามส่งจดหมายกลับไปที่บ้านโดยบริการของ DHL ในช่วงเช้าข้าพเจ้าได้พยายามเดินไปที่ร้านของ DHL สองร้าน โดยร้านที่นี่มีลักษณะเป็นเหมือนร้านสะดวกซื้อที่มีบริการรับฝากจดหมายไปถึง DHL แต่ไม่มีร้านของ DHL โดยตรง ร้านแรกหยุดพักร้อน ในขณะที่ร้านที่สองเหมือนจะพูดภาษาอังกฤษไม่ได้ หรือหยุดให้บริการ DHL ไปแล้ว ข้าพเจ้าจึงกลับมาที่หอพัก และใช้บริการส่งจดหมายออนไลน์ โดยต้องเข้าไปลงทะเบียนแบบออนไลน์ และส่งจดหมายที่ Packstation ซึ่งมีลักษณะเป็นสถานีรับจดหมายของ DHL ซึ่งอยู่ด้านล่างของหอพัก



วันอาทิตย์ที่ 5 สิงหาคม 2561

วันนี้ใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับการพักผ่อนอยู่ที่ห้อง และจัดเอกสารต่างๆเกี่ยวกับการเรียน ซิมการ์ด และเอกสารทางราชการของเยอรมันนี ติดต่อกลับไปหาคนที่ประเทศไทย จัดห้องและทำความสะอาดห้อง นอกจากนี้ยังได้เขียนบทความเรื่อง “การติดต่อสื่อสาร” ลงกลุ่มเฟสบุ๊คของโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเดซี จากนั้นจึงจัดการกับอีเมลและเตรียมความพร้อมที่จะทำงานในสัปดาห์ถัดไป

วันจันทร์ที่ 6 สิงหาคม 2561

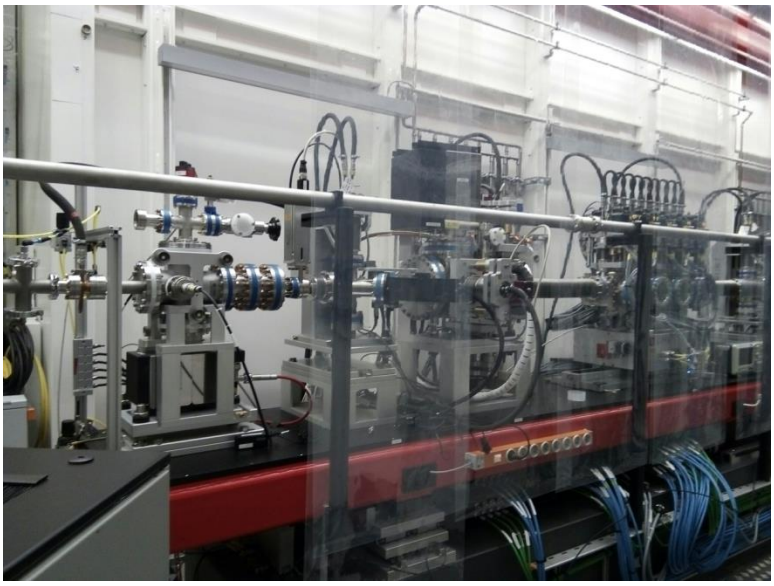
ในช่วงเช้าได้มีการบรรยายเรื่อง Quantum Chromodynamics ซึ่งตรงกับหัวข้อที่ข้าพเจ้ากำลังทำการวิจัยอยู่ อาจารย์บรรยายคร่าวๆแต่ครอบคลุม ในช่วงบ่ายได้เข้าทำการวิจัยจึงได้นำความรู้จากการบรรยายในช่วงเช้ามาประยุกต์ใช้ วันนี้อาร์มานโดได้แก้ปัญหาเรื่องโปรแกรมได้แล้ว และได้ลองใช้โปรแกรมให้ดู โดยได้มอบหมายงานและอธิบายงานให้ข้าพเจ้าเป็นอย่างดี ช่วงเย็นจึงได้กลับมาพักผ่อนตามปกติ

วันอังคารที่ 7 สิงหาคม 2561

ในช่วงเช้ามีการบรรยายต่อจากเมื่อวานในหัวข้อ Quantum Chromodynamics ซึ่งเป็นทฤษฎีที่อธิบายเกี่ยวกับอนุภาคภายในโปรตอนและเป็นพื้นฐานของการทดลองฟิสิกส์อนุภาคในทุกวันนี้ โดยตัวทฤษฎียังไม่ถูกต้องทั้งหมด และยังต้องอาศัยผลการทดลองเพื่อช่วยพัฒนาทฤษฎีและพิสูจน์แบบจำลองต่างๆ จากนั้นในช่วงบ่ายได้กลับมาพบอาร์มานโดเพื่อดูผลการวิเคราะห์ของเมื่อวานและทำผลการวิเคราะห์เพิ่มเติม นอกจานี้อาร์มานโดยังได้ช่วยตอบคำถามเกี่ยวกับการบรรยายในช่วงเช้าอีกด้วย

วันพุธที่ 8 สิงหาคม 2561

ในช่วงเช้ามีการบรรยายเกี่ยวกับ Dark Matter ซึ่งเป็นปริศนาที่สำคัญของนักฟิสิกส์ เนื่องจากทฤษฎีที่มีอยู่ไม่สามารถอธิบายการขยายตัวของเอกภพ (Dark Energy) และความเร็วของการโคจรของกาแลกซี่ได้ (Dark Matter) จึงมีการคาดการณ์ว่าเรายังไม่พบอนุภาคอีกบางจำพวกหรือทฤษฎีที่เรามีอยู่ยังไม่แม่นยำเพียงพอ การบรรยายเป็นไปด้วยดี ผู้บรรยายมักถามคำถามให้ผู้ฟังคิดและช่วยกันตอบ ทำให้การบรรยายไม่น่าเบื่อ ในช่วงบ่ายได้ไปทัวร์สถานที่ทำการวิจัยจากรังสีเอกซ์ความเข้มสูงซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการเร่งอนุภาคที่ DESY สถาบันวิจัยมีชื่อว่า European XFEL ซึ่งเป็นความร่วมมือของกลุ่มประเทศยุโรปในการสร้างขึ้นมา สถาบันได้เปิดให้บริการแล้วบางส่วนและบางส่วนยังก่อสร้างอยู่ มีลักษณะของ Beamline (สถานที่ทำการทดลอง) คล้ายกับ Beamline ของเครื่องเร่งอนุภาคที่โคราช โดยใช้รังสีเอกซ์ความเข้มสูงยิงชิ้นตัวอย่างที่ต้องการตรวจสอบ เพื่อดูโครงสร้างของสารนั้น โดยสามารถศึกษาได้ลึกถึงระดับอะตอม



วันพฤหัสบดีที่ 9 สิงหาคม 2561

วันนี้ไม่มีการบรรยายใดๆ แต่ในช่วงเช้ามีการประชุมของกลุ่ม CMS เพื่อชี้แจงเรื่องต่างๆ และมีการนำเสนอผลงานของนักศึกษาจบใหม่ในกลุ่ม CMS การประชุมเป็นไปอย่างราบลื่น เนื้อหาในการประชุมเป็นลักษณะของการรายงานความคืบหน้า เช่น รายงานความพร้อมของอุปกรณ์วัดอนุภาคที่ CERN การขอค่าเดินทาง การบรรยายและความคืบหน้าของโครงการวิจัยต่างๆ จากนั้นจึงได้เข้าทำการวิจัยตามปกติ โดยวันนี้ได้นำเสนองานเกี่ยวกับการ merging Madgraph ความแตกต่างระหว่าง Madgraph และ Pythia และขั้นตอนต่อไปในการหา Merging Scale ซึ่งมีอาร์มานโดคอยแนะนำและติดตามอยู่ตลอด

วันศุกร์ที่ 10 สิงหาคม 2561

ในช่วงเช้าได้มีการบรรยายเกี่ยวกับ Dark Matter ต่อจากวันพุธ ในวันนี้เป็นการบรรยายเกี่ยวกับความพยายามในการทดลองต่างๆ เพื่อค้นหาอนุภาคที่น่าจะเป็น Dark Matter ซึ่งกำลังอยู่ในการดำเนินการและได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก ต่อมาได้มีการบรรยายเกี่ยวกับ String Theory ซึ่งเป็นทฤษฎีที่มีแนวโน้มว่าจะสามารถแก้ปัญหาการรวมความโน้มถ่วงเข้ากับแรงอื่นๆ ได้ ซึ่งในท้ายที่สุดอาจนำไปสู่การอธิบาย Dark Matter และฟิสิกส์ที่เป็นพื้นฐานของทฤษฎีต่างๆ ในปัจจุบัน เพื่อนคน

ไทยให้ความสนใจกับทฤษฎีนี้อย่างมาก ในช่วงบ่ายได้กลับมาทำการวิจัยต่อ โดยการสร้างกราฟที่ละเอียดขึ้นเพื่อค้นหา Merging Scale

วันเสาร์ที่ 11 สิงหาคม 2561

ในช่วงเช้าข้าพเจ้าได้เดินไปที่ร้านอุปกรณ์เครื่องเขียนและห้างสรรพสินค้าใกล้กับเดซี เพื่อเลือกซื้อของฝากให้กับคุณพ่อคุณแม่ ญาติๆ อาจารย์ คนที่ข้าพเจ้ารักและเพื่อนๆ ใช้เวลาอยู่นานหลายชั่วโมง ก็ได้ของฝากมาประมาณหนึ่ง เมื่อรู้สึกล้าเต็มที่จึงเดินกลับที่พักพร้อมกับแวะซื้อวัตถุดิบกลับมาทำอาหารในวันอาทิตย์และวันจันทร์

วันอาทิตย์ที่ 12 สิงหาคม 2561

ในช่วงเช้าข้าพเจ้าได้ใช้เวลาในการทำความสะอาดและจัดของในห้อง จากนั้นในช่วงบ่ายจึงได้ออกไปทำงานที่อาร์มานโดฝากไว้ให้ในวันศุกร์ บรรยากาศเป็นไปอย่างสงบ ช่วงนี้อากาศเริ่มเย็นทำให้ข้าพเจ้าและเพื่อนๆ คนไทยรู้สึกดีเป็นอย่างมากเนื่องจากไม่ได้สัมผัสอากาศในลักษณะนี้บ่อยนัก จากนั้นในตอนเย็นจังได้กลับมาพักผ่อนเพื่อเตรียมความพร้อมในสัปดาห์ถัดไป

วันจันทร์ที่ 13 สิงหาคม 2561

วันนี้ไม่มีการบรรยายในช่วงเช้า ข้าพเจ้าจึงเข้าไปวิเคราะห์ผลจากโปรแกรมที่ได้ทำไว้ เพื่อนำมาวิเคราะห์กับอาร์มานโดอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นอาร์มานโดได้แก้ไขโปรแกรมที่ข้าพเจ้าได้ทำไว้เพื่อที่จะได้ทำการวิเคราะห์ต่อในช่วงบ่าย อย่างไรก็ดีระบบของเดซีมีปัญหาในช่วงบ่ายทำให้ข้าพเจ้าไม่สามารถเข้าสู่ระบบเพื่อทำงานได้ ข้าพเจ้าจึงนำผลการวิเคราะห์เก่ามาประมวลอีกครั้งหนึ่ง จากนั้นจึงกลับมาพักผ่อน

วันอังคารที่ 14 สิงหาคม 2561

ในช่วงเช้ามีการบรรยายเกี่ยวกับ Beyond Standard Model ซึ่งว่าด้วยทฤษฎีที่อยู่เหนือไปจากทฤษฎีที่เราใช้ในฟิสิกส์อนุภาคทุกวันนี้ ทฤษฎีเหล่านี้ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อไขปริศนาของฟิสิกส์อนุภาคที่ทฤษฎีในปัจจุบันไม่สามารถอธิบายได้ เช่น Dark Matter โดยนักทดลองต่างๆ ทั้งที่เซิร์นและเดซีก็ได้พยายามหาหลักฐานใหม่ๆ เพื่อมายืนยันการมีอยู่และพัฒนาทฤษฎีเหล่านี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ในช่วงบ่ายข้าพเจ้าได้เข้าทำการวิจัยและในช่วงเย็นมีการประชุมเพื่อติดตามผลงานของนักศึกษาภาคฤดูร้อนซึ่งเป็นไปอย่างราบรื่น

วันพุธที่ 15 สิงหาคม 2561

ในช่วงเช้ามีการบรรยายเรื่อง Higgs Physics ซึ่งเป็นการบรรยายเกี่ยวกับอนุภาค Higgs ซึ่งเป็นอนุภาคที่อธิบายถึงการมีมวลของอนุภาคต่างๆ การบรรยายเป็นไปอย่างราบลื่นและราบเรียบเล็กน้อย ซึ่งข้าพเจ้าคิดว่ามีลักษณะคล้ายตัวข้าพเจ้าขณะพูดนำเสนองาน จึงคิดว่าตัวข้าพเจ้าเองควรปรับปรุงให้การนำเสนองานมีความน่าสนใจมากขึ้น ในช่วงบ่ายข้าพเจ้าได้เข้าทำการวิจัยตามปกติ

วันพฤหัสบดีที่ 16 สิงหาคม 2561

วันนี้ไม่มีการบรรยายใดๆ ช่วงนี้ข้าพเจ้าเริ่มเข้าสำนักงานช้าลงเนื่องจากสามารถทำงานที่ห้องได้ และรู้สึกมีสมาธิมากกว่า นอกจากนี้ข้าพเจ้ายังได้เริ่มเขียนรายงานสำหรับการทำวิจัยที่เดซีโดยใช้โปรแกรม Latex ซึ่งต้องใช้เวลาเรียนรู้ แต่เป็นสิ่งที่ดีเนื่องจากจะสามารถใช้เขียนงาน Senior Project สำหรับจบการศึกษาได้ด้วย วันนี้อาร์มานโดไม่อยู่ และจะกลับมาในวันจันทร์ ข้าพเจ้าจึงใช้เวลาในการศึกษาและลองผิดลองถูกด้วยตนเอง

วันศุกร์ที่ 17 สิงหาคม 2561

วันนี้มีการบรรยายเกี่ยวกับดาราศาสตร์อนุภาคโดยนักวิจัยจากซอยเธน ในช่วงบ่ายคุณ Olaf ได้เรียกเข้าพบเพื่อพูดคุยและสอบถามเกี่ยวกับกระบวนการคัดเลือกนักเรียนภาคฤดูร้อนจากไทย

นอกจากนี้ในช่วงเย็นยังมีปาร์ตี้เพื่อเลี้ยงต้อนรับเพื่อนๆ จากซอยเธนซึ่งเข้ามาชมเครื่องเร่งอนุภาคที่ฮัมบูร์ก

วันเสาร์ที่ 18 สิงหาคม 2561

วันนี้ข้าพเจ้าได้ออกไปซื้อของฝากและได้แวะคืนขวดพลาสติกที่ซุปเปอร์มาร์เก็ต เมื่อเราคืนขวดชนิดพิเศษ ซึ่งมีสัญลักษณ์ Pfund เราจะได้เงินคืน 0.25 เซนต์ต่อขวด ซึ่งจะสามารถเลือกได้ว่าเราจะบริจาคหรือ นำไปขึ้นเงินที่พนักงาน อย่างไรก็ดีเมื่อเราซื้อขวดชนิดนี้ เราจะต้องจ่ายเงินเพิ่มขวดละ 0.25เซนต์เช่นกัน ระบบนี้จึงเป็นเสมือนการรับฝากขวด ที่ทำให้เราต้องกลับมาคืนขวดและทำให้ระบบการจัดการขยะและรีไซเคิลเป็นไปอย่างสะดวก เมื่อซื้อของฝากเสร็จแล้วข้าพเจ้าจึงได้กลับมาพักผ่อนในตอนบ่าย

วันอาทิตย์ที่ 19 สิงหาคม 2561

วันนี้ข้าพเจ้าได้ใช้เวลาในการพักผ่อน และพูดคุยกับคนที่ประเทศไทย นอกจากนี้ยังได้จัดการเกี่ยวกับเรื่องทะเบียนการเรียนที่ประเทศไทย เนื่องจากมหาวิทยาลัยได้เริ่มการเรียนการสอนแล้ว ในช่วงเช้าได้ทำอาหารและฝึกการใช้เตาอบซึ่งไม่เคยใช้มาก่อน โดยต้องปรับอุณหภูมิและเวลาให้ดี หากอุณหภูมิสูงเกินไปหรือใช้เวลานานเกินไปเนื้อจะไหม้ได้ หากอุณหภูมิต่ำเกินไปเนื้อจะสุกเท่ากันทั้งหมด อาจทำให้ไม่อร่อยได้

วันจันทร์ที่ 20 สิงหาคม 2561

ในช่วงเช้ามีการบรรยายเรื่องจักรวาลวิทยาซึ่งเป็นการประยุกต์ทฤษฎีที่มีอยู่ อาทิเช่น ทฤษฎีสนามควอนตัม (ฟิสิกส์อนุภาค) และทฤษฎีสัมพัทธภาพ เพื่อนำไปอธิบายความเป็นมาของจักรวาล และปรากฏการณ์ต่างๆ ในระดับใหญ่ๆ จักรวาลเป็นที่ที่น่าสนใจเนื่องจากมีปรากฏการณ์ต่างๆ ในระดับสุดขั้วและยังไม่สามารถอธิบายได้ เช่น Dark Matter หรือแหล่งกำเนิดอนุภาคพลังงานสูงซึ่งถ้าตรวจจับได้จะสามารถช่วยในการแก้ปริศนาต่างๆ ได้มากมาย ทำให้จักรวาลมีลักษณะเป็นห้องทดลองขนาดใหญ่ของมนุษย์ ในช่วงบ่ายได้กลับมาทำการวิจัยตามปกติ โดยในวันนี้อาจารย์ได้มาติดตามความคืบหน้าซึ่งเป็นไปด้วยดี

วันอังคารที่ 21 สิงหาคม 2561

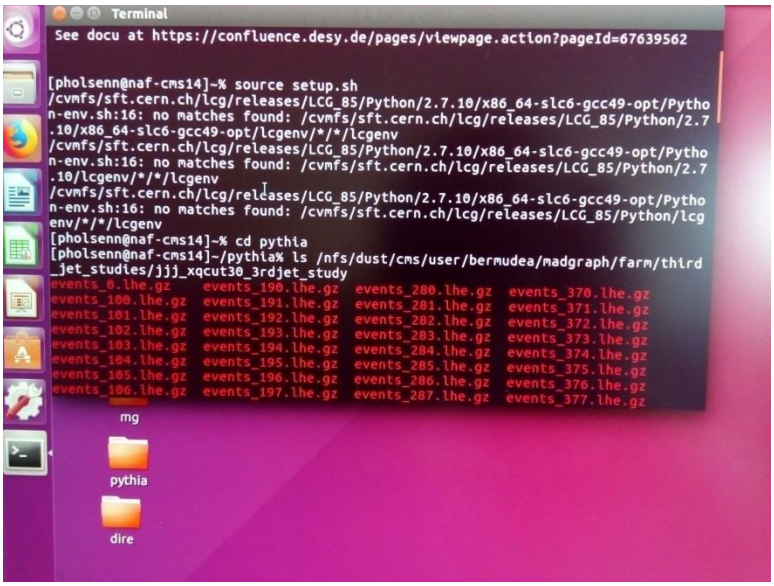
วันนี้ไม่มีการบรรยาย แต่ว่าในช่วงเช้าได้มีช่างมาซ่อมอ่างล้างหน้าในห้องซึ่งมีปัญหาเรื่องน้ำรั่วจากท่อ ข้าพเจ้าจึงอยู่ที่ห้องในช่วงเช้า จากนั้นในช่วงบ่ายจึงได้ออกไปทำการวิจัยและเข้าประชุมเพื่อรายงานความคืบหน้าให้กลุ่มวิจัยรับทราบ ข้าพเจ้าและเพื่อนๆ ในกลุ่มมีความก้าวหน้าต่างๆ มานำเสนอ เป็นไปด้วยดี โดยเราเริ่มคิดถึงขั้นสุดท้ายของการวิจัยว่าจากข้อมูลที่เรามีอยู่จะสามารถสรุปและนำเสนอให้กับนักศึกษาภาคฤดูร้อนคนอื่นๆ ได้อย่างไรบ้าง

วันพุธที่ 22 สิงหาคม 2561

ในช่วงเช้ามีการบรรยายเกี่ยวกับเครื่องเร่งอนุภาค โดยมีทั้งการสร้างเครื่องเร่งอนุภาคใหม่ที่มีประสิทธิภาพและพลังงานที่สูงกว่าเดิม โดยใช้เครื่องเร่งอนุภาคแนวตรงเนื่องจากการใช้เครื่องเร่งอนุภาคแนวโค้งที่ใช้กันอยู่จะทำให้อนุภาคสูญเสียพลังงานในการเปลี่ยนทิศทาง โดยเครื่องเร่งอนุภาคแนวตรงนี้มีขนาดถึง 30 กิโลเมตรและมีแผนว่าจะสร้างในญี่ปุ่น จากนั้นในช่วงบ่ายจึงได้เข้าทำการวิจัยตามปกติ โดยอาร์มานโดได้ทำตัวอย่างสำหรับการวิเคราะห์มาเพิ่ม

วันพฤหัสบดีที่ 23 สิงหาคม 2561

วันนี้ในช่วงเช้าไม่มีการบรรยายเนื่องจากผู้บรรยายติดภารกิจสำคัญ วันนี้จึงได้ทำงานและเขียนรายงานสำหรับส่งเดซี มีปัญหาอยู่บ้างเนื่องจากเนื้อหาที่เกี่ยวกับงานที่ทำค่อนข้างเยอะ และข้าพเจ้าค่อนข้างลังเลในการเลือกเนื้อหาที่สำคัญและตัดเนื้อหาส่วนที่ไม่สำคัญ



วันศุกร์ที่ 24 สิงหาคม 2561

วันนี้ในช่วงเช้ามีการบรรยายเรื่องฟิสิกส์ของประจุสี ซึ่งเป็นประจุที่ใช้ในการอธิบายอนุภาคที่อยู่ภายในโปรตอน การบรรยายเป็นไปอย่างราบรื่น ในช่วงบ่ายได้กลับมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยช่วงนี้มีความกดดันเล็กน้อยเนื่องจากใกล้วันนำเสนองานและส่งรายงาน

วันเสาร์ที่ 25 สิงหาคม 2561

วันนี้ใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับการจัดการเอกสารที่ประเทศไทย เนื่องจากมีเอกสารเกี่ยวกับการขอรับทุนค่าเล่าเรียน โดยคนที่ประเทศไทยให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีทำให้เรื่องต่างๆ เป็นไปอย่างราบรื่น ช่วงนี้อุณหภูมิค่อนข้างปั่นป่วนและเริ่มเข้าสู่หน้าหนาว คาดว่าอาจเป็นผลจากภาวะโลกร้อนด้วยส่วนหนึ่ง โดยในขณะเดินออกไปซื้อวัตถุดิบทำอาหารได้ใส่ผ้าพันคอซึ่งคนที่ประเทศไทยได้ถักไว้ให้ รู้สึกคิดถึงและดีใจเป็นอย่างมาก บุคคลนั้นก็ดีใจเป็นอย่างมากเช่นกัน

วันอาทิตย์ที่ 26 สิงหาคม 2561

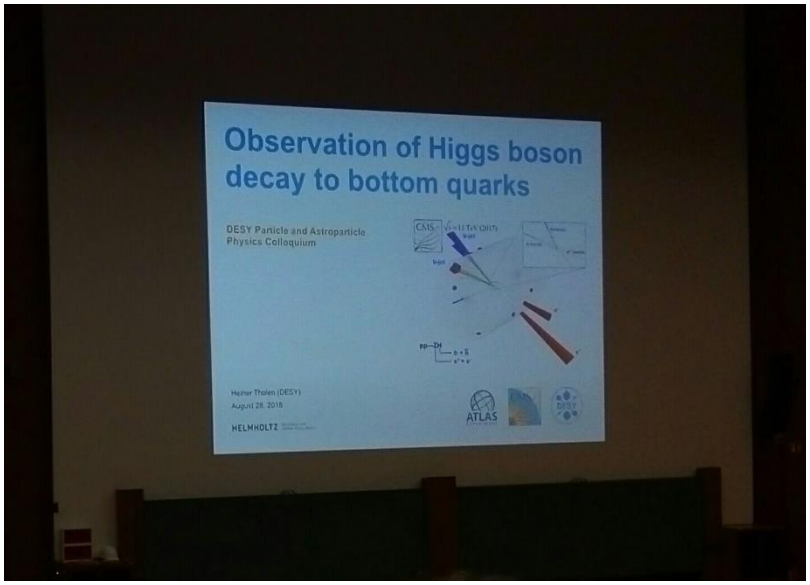
วันนี้ได้ใช้เวลาส่วนใหญ่ไปกับการทำอาหารและพักผ่อน นอกจากนี้ยังได้วางแผนเรื่องการทำงานและการจัดการต่างๆ เนื่องจากใกล้เวลากลับประเทศไทยแล้ว

วันจันทร์ที่ 27 สิงหาคม 2561

วันนี้ได้ใช้เวลาในการทำงานและเตรียมสรุปข้อมูลครั้งสุดท้ายเพื่อนำเสนอต่ออาจารย์ในวันพรุ่งนี้ เพื่อดูว่ามีความผิดพลาดหรือส่วนที่ต้องเพิ่มเติมอย่างไรบ้าง และเตรียมการนำเสนอในวันจันทร์หน้า

วันอังคารที่ 28 สิงหาคม 2561

วันนี้ได้นำเสนอข้อมูลครั้งสุดท้ายต่ออาจารย์โดยพบว่ายังมีส่วนที่ต้องเพิ่มเติมให้ชัดเจนขึ้น และอาจารย์ต้องการให้นำเสนอและลองแก้ปัญหาที่ยังไม่สามารถแก้ได้โดยใช้งานของข้าพเจ้า นอกจากนี้ในช่วงเย็นได้มีการประกาศการค้นพบช่องทางการสลายตัวของอนุภาคฮิกส์ไปเป็น bottom ควาร์ก



วันพุธที่ 29 สิงหาคม 2561

วันนี้ไม่มีการบรรยายใดๆ ข้าพเจ้าจึงได้ใช้เวลาส่วนใหญ่ในการหาข้อมูลเพื่อเขียนรายงาน และเตรียมการนำเสนอ โดยที่ยังมีการวิเคราะห์ข้อมูลอยู่เนื่องจากข้อมูลที่มีอยู่นั้นไม่เพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ในช่วงพลังงานสูง จึงต้องสร้างตัวอย่างข้อมูลเพิ่ม โดยอาร์มานโดได้ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

วันพฤหัสบดีที่ 30 สิงหาคม 2561

วันนี้ในช่วงบ่ายอาจารย์ได้นัดซ้อมนำเสนอผลงานซึ่งจะมีขึ้นในวันจันทร์ที่ 3 กันยายน โดยมีเวลาในการนำเสนอ 10 นาที และเวลาสำหรับการตอบคำถาม 2 นาที การซักซ้อมเป็นไปอย่างราบลื่น โดยสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มได้ช่วยกันปรับปรุงการนำเสนอ และวิเคราะห์ผลกันอย่างสนุกสนาน ทำให้เป็นการประชุมที่ยาวนานประมาณ 2 ชั่วโมง เห็นได้ชัดว่านักเรียนทุกคนล้าจากการประชุม แต่เป็นการฝึกฝนสำหรับการประชุมนานๆ เป็นอย่างดี

วันศุกร์ที่ 31 สิงหาคม 2561

วันนี้ได้ทำจากวิเคราะห์ผลต่อและปรับปรุงการนำเสนอ โดยในช่วงบ่ายอาจารย์ได้เรียกประชุมอีกครั้งเพื่อทำการซักซ้อมและให้คำแนะนำครั้งสุดท้าย การประชุมเป็นไปด้วยดี แต่การวิเคราะห์ผลของข้าพเจ้ายังไม่สมบูรณ์เนื่องจากมีการส่งงานเข้ามาในระบบคอมพิวเตอร์เป็นจำนวนมาก จึงต้องอยู่วิเคราะห์ผลต่อในช่วงเย็น ผลที่ได้เป็นที่น่าพอใจอย่างมาก ทั้งนี้ยังมีการวิเคราะห์ผลอีกส่วนที่ข้าพเจ้าไม่สามารถสร้างตัวอย่างการทดลองเองได้ อาร์มานโดจึงเสนอที่จะทำการวิเคราะห์ให้ และให้ข้าพเจ้าใช้เวลาในการเตรียมตัวนำเสนอ

วันเสาร์ที่ 1 กันยายน 2561

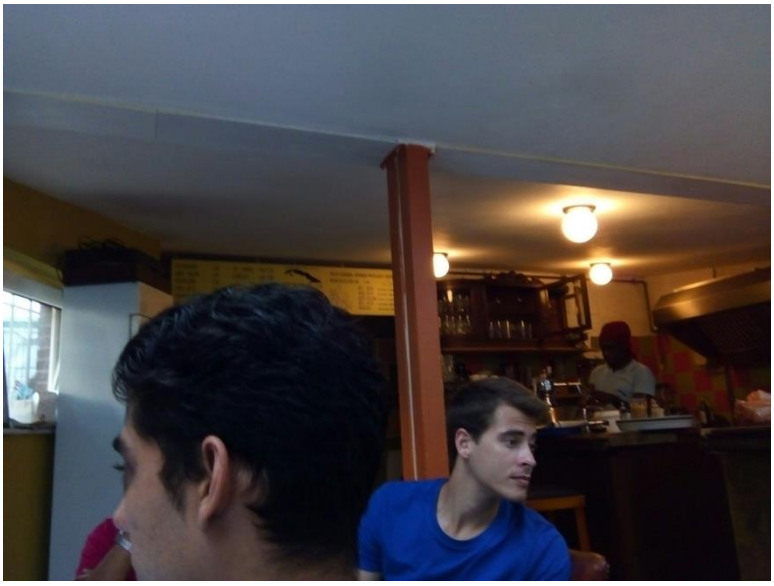
วันนี้ข้าพเจ้าได้ใช้เวลาส่วนใหญ่ในการเขียนรายงานและเตรียมตัวนำเสนอ โดยอาร์มานโดได้ส่งผลการวิเคราะห์มาในช่วงเย็น เป็นผลการวิเคราะห์ที่น่าพอใจเป็นอย่างมาก โดยสามารถแก้ไขปัญหาที่มีมานานของการใช้โปรแกรมนี้ได้ ข้าพเจ้าได้ปรับปรุงสไลด์การนำเสนอ และส่งให้อาจารย์อีกครั้ง

วันอาทิตย์ที่ 2 กันยายน 2561

วันนี้ได้ใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่ที่ห้องเพื่อเตรียมการนำเสนอ และเขียนรายงาน

วันจันทร์ที่ 3 กันยายน 2561

วันนี้ได้มีการประชุมนำเสนอผลงาน นักเรียนแต่ละคนทำผลงานและการนำเสนอออกมาได้อย่างดี มีการถามคำถามจากอาจารย์เนื่องจากเป็นงานใหม่ที่อาจารย์ก็ได้รับความรู้เช่นกัน การประชุมมีตั้งแต่ 9.30 ถึง 15.00 เป็นการประชุมที่ค่อนข้างเหนื่อย แต่ก็เป็นประสบการณ์ที่ดีมาก จากนั้นได้มีการโหวตการนำเสนอที่น่าสนใจเพื่อนำไปนำเสนอใน Summer Student Session ในวันพฤหัสบดี ในช่วงเย็นอาจารย์ได้พาไปรับประทานอาหารเพื่อเป็นการเลี้ยงส่งอีกครั้ง โดยในครั้งนี้ได้ไปที่ร้านอาหารคิวบา เป็นอาหารที่มีลักษณะใกล้เคียงกับอาหารไทย รสชาติดี



วันอังคารที่ 4 กันยายน 2561

วันนี้ได้ไปพบท่านกงสุลและท่านฑูตที่จะมาประจำการที่ประเทศไทย โดยท่านได้พาไปรับประทานอาหารที่ร้านอาหารอิตาลี อาหารรสชาติดี และของหวานรสชาติดีมาก ท่านกงสุลถามไถ่เรื่องความเป็นอยู่และงานที่นี่ และได้กล่าวถึงความเป็นไปได้ของความร่วมมือในอนาคตและต้องการให้ติดต่อกับสถาบันเดซีอย่างต่อเนื่อง ท่านกงสุลและท่านทูตเป็นคนเก่งและใจดีมาก

วันพุธที่ 5 กันยายน 2561

วันนี้ได้ทำการปรับปรุงรายงานเพื่อส่งให้สถาบันเดซี และเก็บของต่างๆ นอกจากนี้ในช่วงบ่ายอาจารย์ยังได้พาไปดื่มกาแฟ และพูดคุยเกี่ยวกับความรู้สึกที่สถาบันเดซี เป็นประสบการณ์ที่ดีมาก ในช่วงเย็นได้ไปรับประทานอาหารที่บ้านของอาร์มานโด

วันพฤหัสบดีที่ 6 กันยายน 2561

วันนี้ได้มีกิจกรรมการบรรยายของนักเรียนภาคฤดูร้อนตั้งแต่ 9.30 ถึง 16.20 การบรรยายน่าสนใจ และเป็นไปด้วยความเรียบร้อย เป็นประสบการณ์ที่หาได้ยากในชีวิต

วันศุกร์ที่ 7 กันยายน 2561

วันนี้ได้เดินทางกลับบ้าน กลับไปหาความอบอุ่นที่คุ้นเคย

ภาคผนวก

Study of ISR, FSR, MPI Effects on Inclusive Jet in Pythia and Dire & Study on Madgraph MLM Merging

Natthajuks Pholsen, Chulalongkorn University, Thailand

September 5, 2018

Abstract

In this work, we study the effects of initial state radiation (ISR), final state radiation (FSR), and multiparton interaction (MPI) on the cross section of inclusive jet using CMS_2016_I1459051 analysis. We also demonstrate that to successfully use Madgraph with MLM merging to describe the experimental data, one needs to consider the relevance between xqcut, qcut, and the scale of the process. In doing so, we solve the weird behavior of Madgraph in CMS analyses.

[0]This work could not be accomplished without the help of Armando and other people in Hannes's group. Thank you very much.

Contents

1 Introduction **3**

2 Background Knowledge **3**
2.1 Quantum Chromodynamics 3
2.2 Jets 4
2.3 Underlying Processes in Monte Carlo Event Generators 4
2.3.1 Hard Process 5
2.3.2 Parton Shower 5
2.3.3 Hadronization 5
2.3.4 Underlying Events 5
2.3.5 Unstable Particle Decays 5
2.4 MC Event Generator and Plugins in This Study 5
2.4.1 Pythia 5
2.4.2 Dire 6
2.4.3 Madgraph 6
2.5 MLM Merging 6
2.6 CMS Analysis for Inclusive Jet Cross Section used in This Study 6

3 Results **7**
3.1 Effects of ISR, FSR, MPI on Inclusive Jet Cross Section in Pythia 7
3.1.1 ISR 8
3.1.2 FSR 8
3.1.3 MPI 9
3.1.4 ISR, FSR, and MPI 9
3.2 Effects of ISR, FSR, MPI on Inclusive Jet Cross Section in Dire 10
3.2.1 Background 10
3.2.2 ISR 11
3.2.3 FSR 11
3.2.4 MPI 12
3.2.5 ISR, FSR, MPI 12
3.3 MLM Merging 13
3.3.1 2→3 Matrix Elements 13
3.3.2 Relevance between Xqcut and Qcut 14
3.3.3 Observable Dependence 15
3.3.4 Scale Dependence & CMS Problem Solved 16

1 Introduction

My work in summer student program is divided into two parts. The first part is the study of ISR, FSR, and MPI on the differential cross section of inclusive jet in Pythia and the study of those in Dire. The second part concerns the problem of the weird behavior of Madgraph in CMS analyses.

2 Background Knowledge

2.1 Quantum Chromodynamics

Quantum Chromodynamics (QCD) is a theory that describes strong interactions between partons. Partons is a group of elementary particles including quarks and gluons, which are the exchange particles for strong interaction. The theory is part of the Standard Model (SM) that explains the interactions, namely electromagnetic, weak, and strong interactions, between elementary particles.

Although QCD is very successful, it needs some parameters from the experimental data such as the parton density function (PDF) that explains the composition of quarks and gluons in a particle. Extracting data from experiments for QCD is not an easy task since there is a phenomenon called "confinement." Confinement means that we can only observe quarks when they form a colorless particle, hadron, which can be divided into two types known as baryon and meson. A baryon is composed of three quarks while a meson is composed of one quark and one antiquark. Confinement happens because the coupling of strong interactions increases when transferred momentum decreases. This means the interactions become stronger when quarks are farther apart. At some point, it will be energetically favorable for the creation of quark-antiquark pairs that bind with original particles to form new hadrons. Hence, this process is called "hadronization." The process cannot be described by perturbative QCD, and we still do not understand it fully [1].

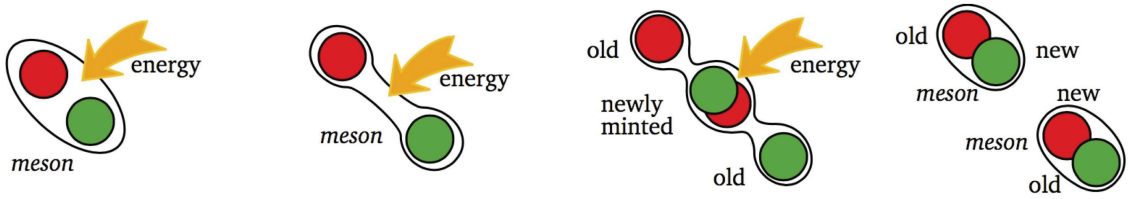


Figure 1: Hadronization Process [7]

2.2 Jets

The real situation is complex, and hadronization occurs repeatedly turning quarks in the collision into jets of particles as in Figure 2. In order to study a QCD process, we observe and extract information of original quarks and gluons through the energy and angular distributions of the jets [1]. As we cannot describe the hadrons inside the jets by perturbative QCD, two models have been studied in detail to explain jets phenomenologically. The first model, "string model," states that quarks form string-like gluonic flux tubes when they move apart, and the tubes break up when it is around 1 fm long to create quark-antiquark pairs. In the second model called "cluster hadronization," partons in colliding particles pre-arrange themselves into colorless groups that eventually decay into hadrons.

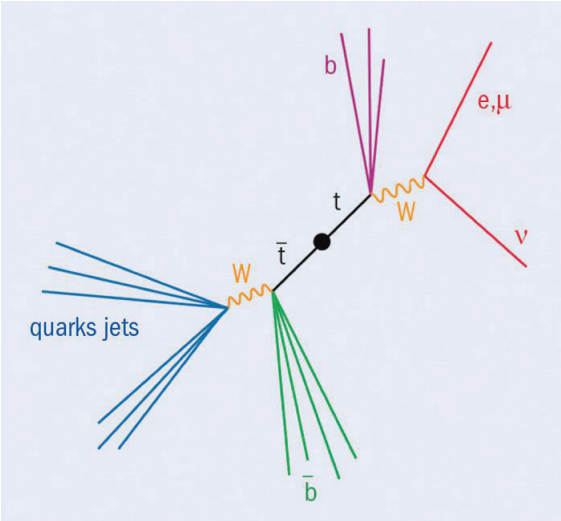


Figure 2: Jets of quarks [2]

2.3 Underlying Processes in Monte Carlo Event Generators

Monte Carlo (MC) event generators are tools for creating experimental predictions based on physical theories and algorithms. Consequently, they are used to indicate physical findings and verify particle physics theories. For example, if an MC event generator based on a particular model gives results that agree with experimental data, we can probably say the model is correct. The event generators can also help to design future experiments. For these reasons, the event generators are indispensable to particle physics.

There are different MC event generators such as Pythia and Herwig with plugins such as Madgraph and Dire. Although these generators and plugins are based on different models, they have the same five underlying processes [4].

2.3.1 Hard Process

The hard process describes the lowest order terms in perturbative QCD. It uses Parton Distribution Functions (PDFs), which are based on experimental data and models, for the probabilistic composition of partons in protons and constructs the core process of each proton-proton collision.

2.3.2 Parton Shower

Similar to electrons radiating photons in Quantum Electrodynamics (QED), partons in QCD also radiate gluons. This is taken into consideration in an MC event generator by a process called parton shower. The process is further divided into the radiation before and after the collision. They are called "initial state radiation (ISR)" and " final state radiation (FSR)" respectively.

2.3.3 Hadronization

Due to the phenomenon of confinement mentioned above, it is impossible to observe separate partons; hence, we need to incorporate hadronization into MC event generators to correctly describe the data from the collisions. The choice of hadronization models is different for each event generator. For example, the string model is used in Pythia while the cluster hadronization model is used in Herwig and Sherpa.

2.3.4 Underlying Events

In one proton-proton collision, there can be more than one parton-parton interaction, and this is often the case because the parton clusters become large at larger energies[4]. The model used to describe events apart from those generated in the hard process is called "multiparton interaction (MPI)." It is implemented differently for each event generator. Moreover, the PDFs also play a role in this part.

2.3.5 Unstable Particle Decays

One more thing to consider after hadronization is that the resulting hadrons may not be stable and decay further. This is taken into account to increase the accuracy of event generators and often referred to as "secondary particle decays."

Next are information on an event generator, Pythia, and its plugins, Dire and Madgraph, used in this work.

2.4 MC Event Generator and Plugins in This Study

2.4.1 Pythia

Pythia is a general-purpose Monte Carlo event generator that has usually been used in the analyses of particle collisions in high-energy physics. More information on the algorithms of Pythia can be found in Reference [8].

2.4.2 Dire

Dire is available as a plugin to Pythia and Sherpa. It generates parton shower, with next-to-leading-order accuracy, based on the color dipoles and uses transverse momentum in the soft limit as its evolution variable [6].

2.4.3 Madgraph

Madgraph is a matrix-element generator that can be interfaced with parton shower from an MC event generator. It creates matrix elements for events with more than 2 outgoing particles, such as $2 \to 3$ events. This helps Pythia and other MC event generators that generate only $2 \to 2$ events.

2.5 MLM Merging

As mentioned that Madgraph, which generates events with more than 2 outgoing particles, is only a plugin, MC event generators can describe three-jet events or more by themselves. The final state radiation resembles having more outgoing particles and is used to approximate them. With Madgraph plugin, the results would be more accurate since matrix elements for multiple-jet events are considered. However, one needs to be careful not to doubly count the multiple-jet matrix elements and the approximation from the parton shower. This is done by a merging algorithm.

The merging algorithm used in this study is called MLM merging, which is proposed by Michelangelo L. Mangano [5]. There are two parameters to be considered in this merging scheme, xqcut and qcut. Both of them signify the minimal difference between jets. Their exact definition may vary, but it is largely related to the transverse momentum (p_T) of the jets. The xqcut is implemented in the creation of matrix elements in order to avoid soft and collinear divergences. On the other hand, the qcut is used as a merging scale to avoid the double count.

Let us use the analyses of three-jet events as an example to understand the role of qcut in MLM merging scheme. After $2 \to 2$ and $2 \to 3$ matrix elements are generated and showered, the $2 \to 2$ events that are lower than the qcut and the $2 \to 3$ events that are higher than the qcut will be accepted, and other events are rejected [5]. This is because the approximation from parton shower ($2 \to 2$ events) is more accurate in low p_T region and $2 \to 3$ matrix elements are more accurate in high p_T region. One would also see the verification of this statement from this study.

2.6 CMS Analysis for Inclusive Jet Cross Section used in This Study

In this study, the rivet plugin CMS_2016_I1459051 is used. It plots double differential inclusive jet cross section as a function of p_T and rapidity at a certer-of-mass energy of 13 TeV. Jets are clustered by anti-k_t algorithm, and jet size of R=0.4 (AK4) and R=0.7 (AK7) are considered [9].

In the anti-k_t algorithm, one defines the distance between particle i and j as d_{ij} and the distance between particle i and the beam as d_{iB} :

$$d_{ij} = min(k_{ti}^{2p}, k_{tj}^{2p}) \frac{\Delta_{ij}^2}{R^2} \tag{1}$$

$$\Delta_{ij}^2 = (y_i - y_j)^2 + (\phi_i - \phi_j)^2 \tag{2}$$

$$d_{iB} = k_{ti}^{2p} \tag{3}$$

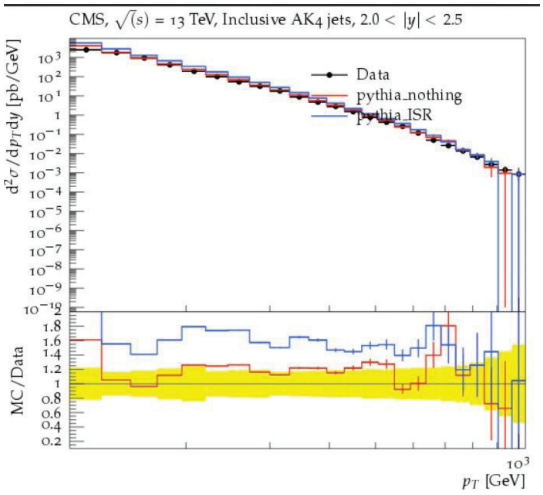
where k_{ti} is the transverse momentum of particle i, y is rapidity, ϕ is azimuthal angle, and R is the radius parameter. The variable p signifies the jet algorithm being used, and p=-1 for the anti-k_t algorithm [3]. Then, after the calculation of all distances, if the minimum distance is that between particle i and particle j, recombine the particles, but if the minimum distance is that between particle i and the beam, the particle is considered a jet. The process is repeated until there is no particle left.

3 Results

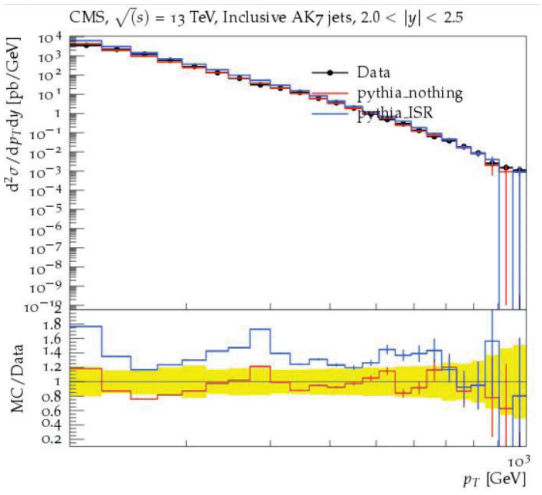
3.1 Effects of ISR, FSR, MPI on Inclusive Jet Cross Section in Pythia

In this subsection, the effects of initial state radiation (ISR), final state radiation (FSR), and multiparton interaction (MPI) on inclusive jet are demonstrated by comparing their graphs with the graph acquired without these processes using CMS_2016_I1459051 analysis.

3.1.1 ISR



(a) Effect of ISR in Pythia (AK4)

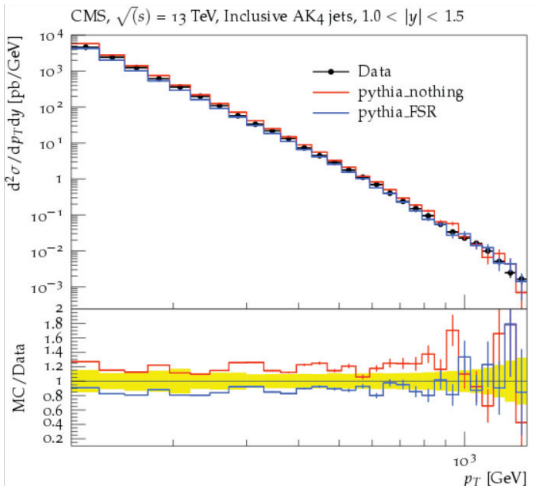


(b) Effect of ISR in Pythia (AK7)

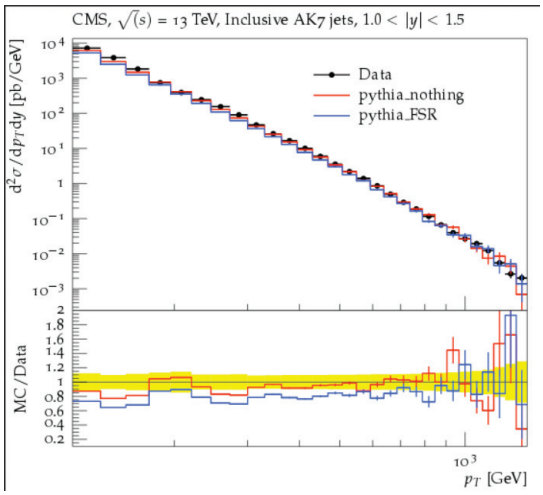
Figure 3: Effect of ISR in Pythia

Initial state radiation increases the differential cross section of inclusive jet by no less than 40% in both AK4 and AK7 jet sizes. This results in too high cross section.

3.1.2 FSR



(a) Effect of FSR in Pythia (AK4)

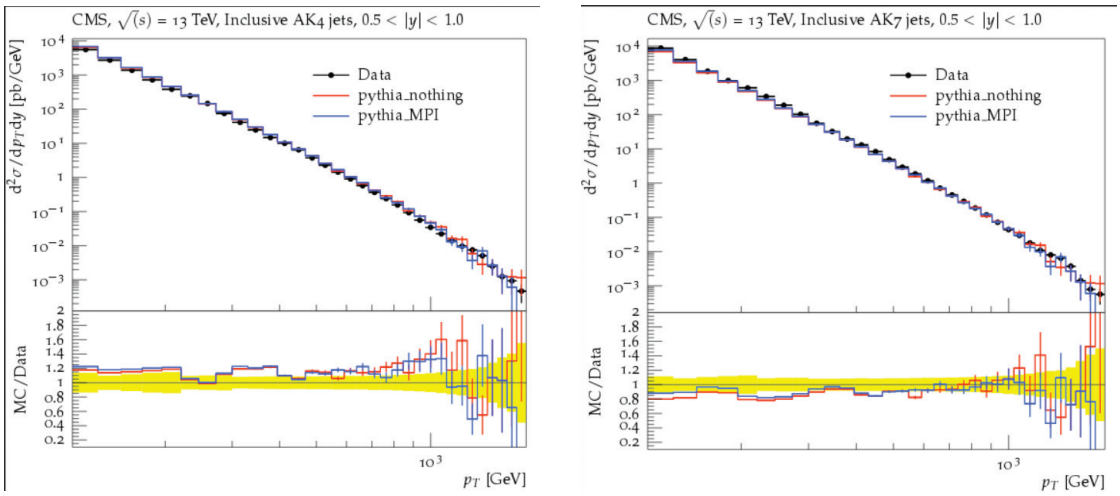


(b) Effect of FSR in Pythia (AK7)

Figure 4: Effect of FSR in Pythia

Final state radiation decreases the differential cross section of inclusive jet by around 30% in AK4 jet size. The effect is less in AK7 than in AK4; hence, it should be concluded that FSR results in radiations that are out of the cone.

3.1.3 MPI



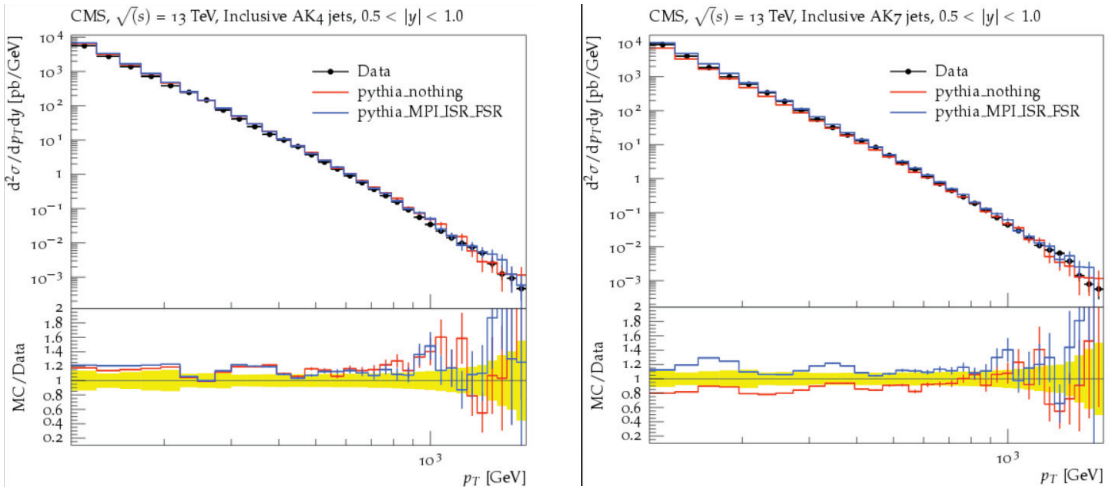
(a) Effect of MPI in Pythia (AK4)

(b) Effect of MPI in Pythia (AK7)

Figure 5: Effect of MPI in Pythia

Multiparton interaction increases a little the differential cross section of inclusive jets. The effect is more distinct in AK7 jet size, which would be because MPI produces more particles which can be clustered into the jet of larger radius.

3.1.4 ISR, FSR, and MPI



(a) Effect of ISR, FSR, and MPI in Pythia (AK4)

(b) Effect of ISR, FSR, and MPI in Pythia (AK7)

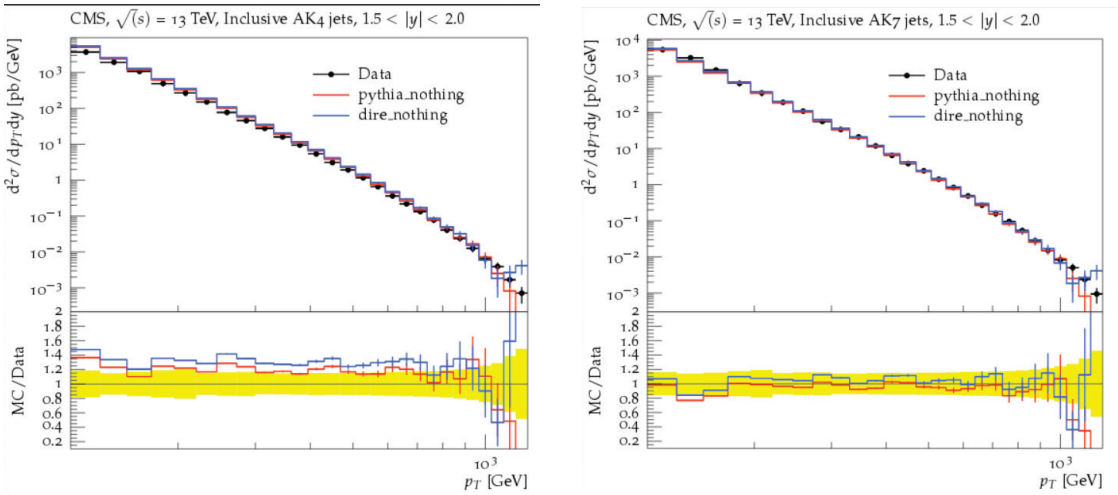
Figure 6: Effect of ISR, FSR, and MPI in Pythia

When the effects of ISR, FSR, and MPI are included altogether, the differential cross section of inclusive jet increases for AK7. The increase is 30% in AK7 compared to much more smaller difference in AK4, and does not contribute to the accuracy of the cross section.

3.2 Effects of ISR, FSR, MPI on Inclusive Jet Cross Section in Dire

In this subsection, ISR and FSR are calculated by Dire as a plugin to Pythia. The effects of Dire on inclusive jet are demonstrated by comparing the graphs obtained with Dire plugin with the graphs produced by Pythia alone using CMS_2016_I1459051 analysis.

3.2.1 Background



(a) Effect of Dire background (AK4)

(b) Effect of Dire background (AK7)

Figure 7: Effect of Dire background

In these graphs, ISR, FSR, and MPI are turned off. It is expected that Dire and Pythia should give the same results since Dire only takes part in ISR and FSR. However, one sees that the differential cross section of inclusive jet from Dire is higher than that from Pythia by 10%. The difference is attributed to different values of α_s in Pythia and Dire.