

คำนำ

รายงานฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อรวบรวมรายละเอียดการเข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเซิร์น ประจำปี พ.ศ. 2556 ของนางสาวภัทราวรรณ พาสุวรรณ ระหว่างวันที่ 1 กรกฎาคมถึง 23 สิงหาคม พ.ศ. 2556 รายงานฉบับนี้ประกอบไปด้วยรายละเอียดและกิจกรรมระหว่างการทำงานที่ข้าพเจ้าได้ทำที่ ALICE การเยี่ยมชมสถานที่ต่าง ๆ ที่เซิร์น และประสบการณ์ ความประทับใจของข้าพเจ้าในส่วนบัณฑิตกประจำวัน นอกจากนี้ยังมีรูปภาพประกอบจากกิจกรรมและสถานที่ต่าง ๆ ตลอดการเข้าร่วมโครงการฯ

ข้าพเจ้าหวังว่า รายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน ทั้งในส่วนของความรู้และประสบการณ์ที่ข้าพเจ้าได้รับ และเป็นแนวทางในการเตรียมตัวสำหรับนักศึกษาที่จะเข้าร่วมโครงการฯ ในปีต่อ ๆ ไป หากมีข้อผิดพลาดประการใด ต้องขออภัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ภัทราวรรณ พาสุวรรณ

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณล้นเกล้าล้นกระหม่อม ในสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารีที่พระราชทานพระราชวโรกาสให้ข้าพเจ้าพระพุทธรักษาเป็นตัวแทนนักศึกษาไทยเข้าร่วมโครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเชิร์น ประจำปี พ.ศ. 2556 ซึ่งเป็นโอกาสและประสบการณ์ที่ดีที่สุดของข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ Dr.Petra Riedler และ Andrea Francescon ที่ปรึกษา (supervisors) ของข้าพเจ้า ที่แนะนำและให้ความรู้ในการทำงาน และช่วยเหลือข้าพเจ้าระหว่างเข้าร่วมโครงการฯ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ชิโนรัตน์ กอบเดช, คุณชาญเดช หรูนันต์ และคุณอัมพร เปรมสุวรรณ ที่ได้ประสานงานและนำข้าพเจ้าเยี่ยมชมศูนย์เทคโนโลยีไมโครอิเล็กทรอนิกส์ (TMEC) ณ จังหวัดฉะเชิงเทรา เพื่อให้ความรู้และเตรียมความพร้อมสำหรับข้าพเจ้าก่อนเข้าร่วมโครงการฯ

ขอขอบคุณดร.บุรินทร์ อัครวิทย์ และพีณัฐวิทย์ จากภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ฝึกสอนการใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลให้แก่ข้าพเจ้าก่อนเข้าร่วมโครงการฯ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.รัชภาคย์ จิตต์อารี, ศ.ดร.เดวิด จอห์น รูฟโฟโล และ ผศ.ดร.ทศพร บุญยฤทธิ์ จากภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้คำแนะนำและเขียนจดหมายรับรองการสมัครเข้าร่วมโครงการฯ ให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณ ดร. นรพัทธ์ ศรีมโนภาส, ดร.ณรงค์ จันทร์เล็ก และ พีชญาณิชฐ์ อัครตั้งตระกูลดี ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในเรื่องความเป็นอยู่ระหว่างเข้าร่วมโครงการฯ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) ที่ได้เปิดโอกาสให้เข้าร่วมกิจกรรมค่ายต่างๆ เพื่อเตรียมความพร้อมก่อนเข้าร่วมโครงการฯ และ ขอขอบคุณ คุณอุมารัชณี แก้วบุตตา และเจ้าหน้าที่ที่อำนวยความสะดวกทั้งหมดในการเข้าร่วมโครงการฯ

ขอขอบคุณ องค์การวิจัยนิวเคลียร์ยุโรป (CERN) โครงการความร่วมมือไทย-เชิร์น สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) สำนักพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ศูนย์ความเป็นเลิศทางฟิสิกส์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบริษัท ไออาร์พีซี จำกัด (มหาชน) ที่ได้ดำเนินการจัดกิจกรรมที่มีประโยชน์แบบนี้มาอย่างต่อเนื่อง

สารบัญ

หัวข้อ	หน้า
บทที่ 1 CERN Summer Student Program 2013	4
1.1 รูปแบบกิจกรรม	4
1.2 การฟังบรรยาย	5
1.3 การเยี่ยมชม	9
1.4 Workshops	15
1.5 Student session	16
บทที่ 2 What I did at CERN	17
2.1 Photolithography	17
2.2 Two-Phase Flow in Microchannel	18
2.3 PH Newsletter	19
บทที่ 3 CERN Summer Student Report	22
บทที่ 4 Experiences and Suggestions	33
ภาคผนวก : บันทึกประจำวัน (Diary)	38

บทที่ 1

CERN Summer Student Program 2013

1. รูปแบบกิจกรรม

โครงการนักศึกษาภาคฤดูร้อนเซิร์น จัดขึ้นโดย The European Organization for Nuclear Research (CERN) ณ กรุงเจนีวา ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ ในช่วงฤดูร้อนตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายนของทุกปี โดยมีนักศึกษาทั้งจากประเทศที่เป็นสมาชิก และที่ไม่ได้เป็นสมาชิกเข้าร่วมเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีระยะเวลาการเข้าร่วมโครงการฯ ที่แตกต่างกันคือ นักศึกษาจากประเทศที่เป็นสมาชิกเข้าร่วมโครงการเป็นเวลา 12 สัปดาห์ และ นักศึกษาจากประเทศที่ไม่ได้เป็นสมาชิกเข้าร่วมโครงการเป็นเวลา 8 สัปดาห์ นักศึกษาที่เข้าร่วมโครงการฯ มีทั้งที่ศึกษาฟิสิกส์ วิศวกรรม และคอมพิวเตอร์

ในปี พ.ศ. 2556 นี้มีนักศึกษาเข้าร่วมโครงการฯ ทั้งหมด 275 คนจาก 80 ประเทศทั่วโลก กิจกรรมที่จัดขึ้นโดยเซิร์นที่นักศึกษาทุกคนได้เข้าร่วม ได้แก่ การเข้าฟังบรรยายเกี่ยวกับฟิสิกส์อนุภาค และเทคโนโลยีเครื่องเร่งอนุภาคที่เซิร์น ทำงานวิจัยและนำเสนอผลงานของนักศึกษาแบบโปสเตอร์และแบบบรรยาย อบรม Workshop ต่าง ๆ เช่น การใช้โปรแกรม และการวิเคราะห์ข้อมูล และการเยี่ยมชมเครื่องเร่งอนุภาคและเทคโนโลยีต่าง ๆ ที่เซิร์น นอกจากนี้ ยังมีกิจกรรมที่นักศึกษาจัดขึ้นเองในแต่ละเย็น ได้แก่ การสอนภาษาต่างประเทศ สอนการเต้นรำ เล่นกีฬา ร้องคาราโอเกะ ดูภาพยนตร์ และพบปะสังสรรค์กัน รวมไปถึงการไปเที่ยวนอกสถานที่ในช่วงสุดสัปดาห์

การเข้าร่วมโครงการฯ ในครั้งนี้เป็นการเปิดโลกทัศน์และเปลี่ยนทัศนคติของข้าพเจ้า ทั้งในความรู้ด้านฟิสิกส์ การศึกษาในต่างประเทศ และการใช้ชีวิตในต่างประเทศ การได้พบปะผู้คนมากมายนี้เป็นโอกาสดีสำหรับข้าพเจ้าที่จะได้พัฒนาทักษะภาษาอังกฤษและการเข้าสังคม ได้เรียนรู้วัฒนธรรม แนวคิด และชีวิตความเป็นอยู่ของเพื่อนชาวต่างชาติ การเข้าร่วมโครงการฯ เต็มไปด้วยประสบการณ์ใหม่ ๆ ทำให้ทุกวันมีสีสันและมีคุณค่ามากขึ้น



รูปที่ 1: ภาพหมู่ summer students 2013

2. การฟังบรรยาย

การบรรยายเริ่มขึ้นในวันที่ 3 กรกฎาคม และสิ้นสุดในวันที่ 9 สิงหาคม ตั้งแต่เวลา 09:15-12:00 โดยมีการบรรยายวันละ 3 หัวเรื่อง หัวเรื่องละ 45 นาที และมีช่วงถาม-ตอบข้อสงสัยจากการบรรยายในวันนั้นเป็นเวลา 30 นาที ซึ่งสามารถรับฟังวิดีโอและดาวน์โหลดเอกสารประกอบการบรรยายได้ที่ <http://summer-timetable.web.cern.ch/summer-timetable/> หัวเรื่องการบรรยายมีดังนี้

- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1) Accelerators | 15) LHC Upgrade |
| 2) Accelerators in Cancer Therapy | 16) Monte Carlo |
| 3) Antimatter | 17) Neutrino Physics |
| 4) Astroparticle Physics | 18) Nuclear Physics |
| 5) Beyond the Standard Model | 19) Particle World |
| 6) Cosmology | 20) Physics at Future Collider |
| 7) Detector Simulation | 21) Search for Beyond the Standard Model at Hadron Colliders |
| 8) Detectors | 22) Standard Model |
| 9) Electronics and TDAQ | 23) Standard Model Physics LHC |
| 10) Flavour and CPV | 24) Statistics |
| 11) From Raw Data to Physics Results | 25) String Theory |
| 12) Future Colliders Technologies | 26) Triggers for LHC Physics |
| 13) Heavy Ions | |
| 14) HEP Theory Concepts | |

หัวข้อบรรยายที่สนใจ

Astroparticle Physics by Prof. Laura Covi

Astroparticle physics เป็นการศึกษาฟิสิกส์จากอนุภาคพลังงานสูงที่มาจากอวกาศ หรือที่เรียกว่า รังสีคอสมิก (cosmic rays) ในปีค.ศ. 1912 Victor Hess เป็นผู้ค้นพบและยืนยันว่ารังสีคอสมิกมาจากนอกโลก จากการขึ้นไปวัดบนบอลลูนที่ความสูงต่าง ๆ และได้พบว่า รังสีคอสมิกเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความสูง เนื่องจากข้อจำกัดของเครื่องเร่งอนุภาค รังสีคอสมิกจึงเป็นที่สนใจสำหรับการศึกษาฟิสิกส์พลังงานสูง โดยมีแหล่งกำเนิดดังนี้

รังสีคอสมิกจากกาแล็กซีทางช้างเผือกมายังโลก

- 1) Supernova remnants (SNR) จาก Fermi Shock mechanism
- 2) Neutron stars/pulsars จากสนามแม่เหล็กความเข้มสูง

3) Microquasars จาก binary systems ที่หลุมดำนั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว

รังสีคอสมิกจากกาแล็กซีอื่น ๆ มายังโลก

1) Active Galactic Nuclei (AGN) Blazars จาก supermassive black hole กลางกาแล็กซี ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดของ relativistic jets

2) Gamma Ray Bursts (GRB) จาก narrow beam ของ intense electromagnetic radiation

พลังงานที่สูงมากของรังสีคอสมิกเกิดได้จากสองกระบวนการ ได้แก่ bottom up คือ การที่อนุภาคในอวกาศถูกเร่งอย่างต่อเนื่อง และ top down คือ การสลายตัวของอนุภาคที่มีมวลขนาดใหญ่ ซึ่งไม่ได้อยู่ใน standard model อย่างไรก็ตาม ความเร็วนั้นก็ยังมีขีดจำกัดค่าหนึ่งที่ไม่ทำให้อนุภาคหลุดไปจาก gravitational system

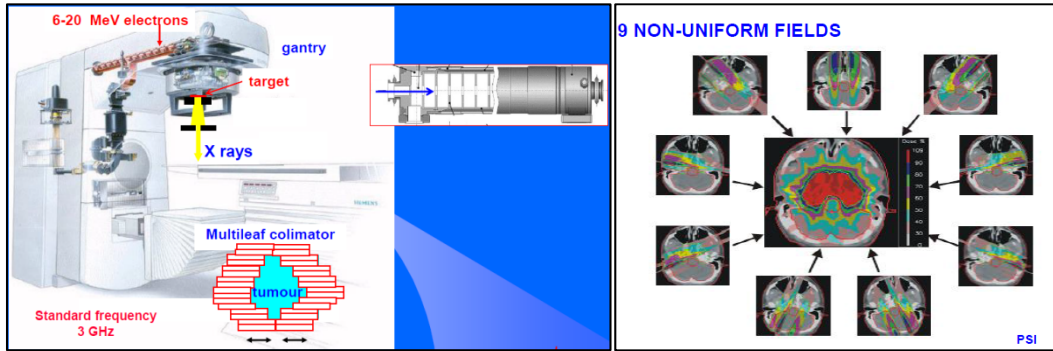
การเคลื่อนที่ของ astroparticles ที่มีประจุมีการสูญเสียพลังงานไปกับกระบวนการ scattering กับ gamma ray ซึ่งแม้ gamma ray จะไม่มีมวลแต่ก็มีพลังงานสูง นอกจากนี้ยังเกิด deflection เนื่องจากสนามแม่เหล็ก ทำให้อนุภาคเหล่านี้เสียพลังงานไปกับ synchrotron radiation อีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ charged particles เหล่านี้สูญเสียพลังงานในการเคลื่อนที่คือ เกิด interaction กับ CMB photons กลายเป็น $n + \pi^+$ หรือ $p + \pi^0$ ได้ สำหรับการเคลื่อนที่ของรังสีคอสมิกในกาแล็กซีของเรา สามารถอธิบายได้ด้วยสมการการแพร่ ดังนี้

$$\frac{\partial f}{\partial t} - \underbrace{K(E)\nabla^2 f}_{\text{diffusion}} - \underbrace{\frac{\partial(b(E)f)}{\partial E}}_{\text{energy loss}} + \underbrace{\frac{\partial(v_c f)}{\partial z}}_{\text{convective wind}} = \underbrace{Q_s}_{\text{source}} - \underbrace{2h\delta(z)\Gamma_{\text{spall}} f}_{\text{spallation}}$$

Accelerators in Cancer Therapy by Prof. Ugo Amaldi

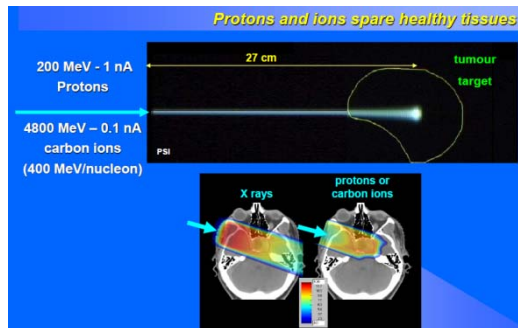
Accelerators in cancer therapy เป็นการบรรยายเกี่ยวกับบทบาทของเครื่องเร่งอนุภาคในทางการแพทย์ ซึ่งใช้ในการฉายรังสีเพื่อรักษาโรคมะเร็ง เครื่องเร่งอนุภาคที่ใช้ในทางการแพทย์มีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด ได้แก่

- 1) Cyclotron – เร่งอนุภาคให้เคลื่อนที่แบบ spiral เครื่องเร่งชนิดนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันในการวิเคราะห์และรักษาโรค
- 2) Synchrotron – ใช้เร่งอนุภาคพลังงานสูง ตัวอย่างเช่น storage ring ใน LHC
- 3) LINAC – เร่งอนุภาค hadron และ อิเล็กตรอน



รูปที่ 2: (ซ้าย) ลักษณะเครื่องฉายรังสีจาก LINAC และตัวอย่างภาพก่อนเนื่องจากการปรับ collimator (ขวา) ภาพจากเครื่องฉายรังสีจากการรวมภาพฉายรังสีจากทิศทางต่างๆ

การฉายรังสีโดยทั่วไปใช้เครื่องเร่งแบบ LINAC ฉายรังสีมายังส่วนของร่างกาย โดยการปรับ collimator เกิดเป็นรูปก้อนเนื้อที่ต้องการเห็น ตัวอย่างของการรักษาเช่น IMRT หรือ Intensity Modulated Radiation Therapy with Photons ส่งฟลักซ์ของรังสีเอ็กซ์จากทิศทางต่างๆ ดังรูปที่ 2 (ขวา) และปรับค่าความเข้มของรังสีเอ็กซ์ เพื่อทำลายก้อนเนื้อ อย่างไรก็ตาม การฉายรังสีในลักษณะนี้ทำให้ healthy tissue ถูกทำลายไปด้วย จึงต้องควบคุมปริมาณ dose ของรังสี ประกอบกับการเว้นระยะเวลาการฉายรังสีเพื่อให้ healthy tissue พักฟื้น



รูปที่ 3: ภาพเปรียบเทียบระหว่าง X-rays ที่ผ่านก้อนเนื้อไป กับ protons หรือ carbon ions ที่มีเป้าหมายหรือหยุดที่ก้อนเนื้อพอดี

การฉายรังสีแบบที่ก้อนเนื้อได้รับ dose ในปริมาณมากสามารถทำได้โดยใช้ protons หรือ carbon ions แทนการใช้รังสีเอ็กซ์ เนื่องจากโปรตอนมี Interaction กับเซลล์เมื่อเคลื่อนที่ผ่านเซลล์ ทำให้สูญเสียพลังงานจลน์ และหยุดหรือมีเป้าหมายที่ก้อนเนื้อนั้นพอดี ทำให้ก้อนเนื้อได้รับการฉายรังสีด้วยความเข้มมาก สำหรับ carbon ions นั้นต้องใช้พลังงานสูงในการเร่ง จึงต้องอาศัยเครื่องเร่งอนุภาค synchrotron

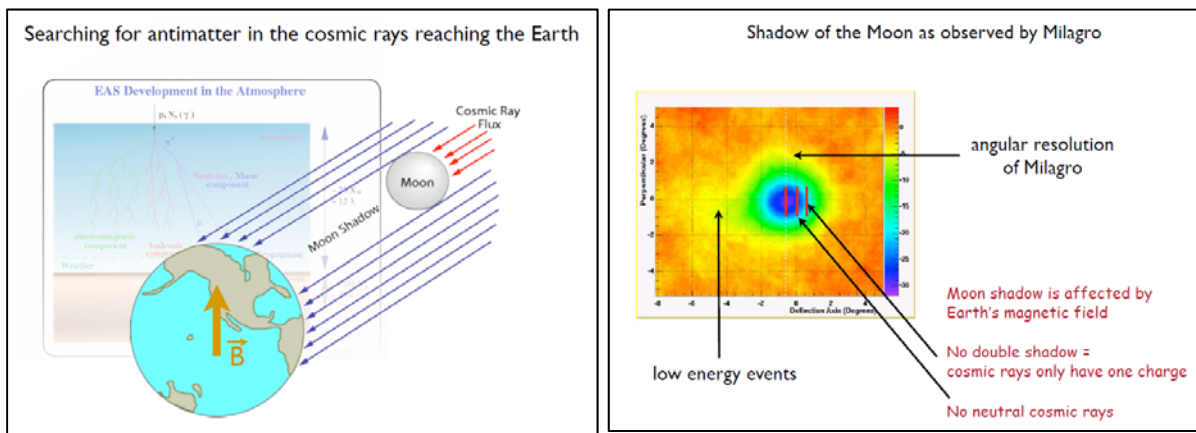
เมื่อเปรียบเทียบรังสีเอ็กซ์ กับ proton beam และ carbon ions พบว่า proton beam ซึ่งจากเครื่องเร่ง cyclotron สามารถรักษามะเร็งได้ดีพอ ๆ กับการฉายรังสีเอ็กซ์ และยังทำลาย healthy tissue น้อยกว่าในกรณีของรังสีเอ็กซ์ อย่างไรก็ตาม การรักษาทั้งสองแบบนี้สามารถรักษามะเร็งได้ 90% หาก

ต้องการทำลายเซลล์มะเร็งด้วยการฉายรังสีที่มีความเข้มสูงนั้น ต้องใช้ carbon ions จากเครื่องเร่ง synchrotron ซึ่งมีการรักษาลักษณะนี้ในประเทศญี่ปุ่น และยุโรป

Antimatter by Dr. Michael Doser

จุดประสงค์หลักของการศึกษา antimatter (ปฏิสสาร) คือ เพื่อตอบคำถามที่ว่า antimatter ของ matter (สสาร) ที่ปรากฏอยู่ทั่ว ๆ ไปนี้ หายไปไหน ซึ่งนำไปสู่การศึกษาทฤษฎี symmetry และ symmetry breaking นอกจากนี้ การชนกันของ matter-antimatter ยังเกิดอนุภาคใหม่ๆ ได้อีกด้วย ที่เซิร์นมีการยิงโปรตอนไปชนกับนิวเคลียส เพื่อให้ได้ particle-antiparticle pair ออกมา และหน่วง antiparticle เหล่านั้นให้เคลื่อนที่ช้าลงเพื่อให้สามารถตรวจวัดและนำไปศึกษา Interaction ระหว่าง particle-antiparticle ต่อไป

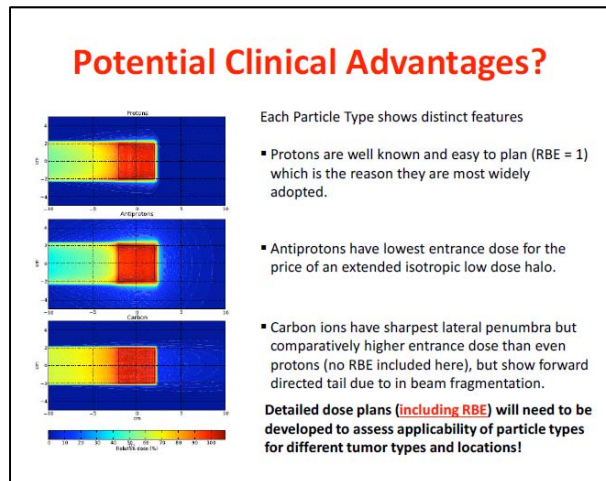
แหล่งที่มาของ Antimatter ในธรรมชาติโดยหลัก ๆ คือจากรังสีคอสมิก การทดลองที่น่าสนใจเพื่อหา antimatter ในรังสีคอสมิกคือ การตรวจวัดในบริเวณที่เป็นเงาของดวงจันทร์ ซึ่งดวงจันทร์จะรับรังสีคอสมิกไว้ทั้งหมด จึงไม่มีรังสีคอสมิกผ่านมายังโลกในบริเวณที่เป็นเงาของดวงจันทร์ แต่เมื่อคิดผลกระทบจากสนามแม่เหล็กโลก ก็จะสามารถพบรังสีคอสมิกได้ในบริเวณดังกล่าวนี้ โดยสังเกตการเปลี่ยนแปลงทิศทางการเคลื่อนที่ของรังสีคอสมิก ทำให้สามารถระบุประจุของรังสีคอสมิกได้



รูปที่ 4: (ซ้าย) ภาพแสดงตำแหน่งของโลกและดวงจันทร์ ซึ่งบริเวณ moon shadow เป็นบริเวณที่ไม่ได้รับรังสีคอสมิก (ขวา) กราฟแสดง moon shadow เมื่อคิดผลเนื่องจากสนามแม่เหล็กโลก

Antimatter มีการนำไปประยุกต์ใช้ในด้านทางการแพทย์เช่นกัน ได้แก่ positron emission tomography (PET) และ radiotherapy สำหรับ PET scan เป็นการถ่ายภาพรังสีที่เป็นที่รู้จักกันในปัจจุบันด้วยการนำ radioisotope เข้าไปในร่างกายให้ถูกตำแหน่ง เช่น ใส่อะตอมของฟลูออรีนไปในน้ำตาล เกิดเป็นน้ำตาลโมเลกุลใหม่ เมื่อเข้าสู่ร่างกาย ก็จะพบฟลูออรีนในบริเวณที่มีการใช้น้ำตาลมากซึ่งเป็นบริเวณที่มีเลือดหล่อเลี้ยงมาก เช่น สมองและหัวใจ จากนั้นก็ทำการฉายแสงผ่านอวัยวะดังกล่าวจากรอบ ๆ ทิศทาง ก็จะ สามารถ reconstruct อวัยวะนั้นได้ในแบบสามมิติ นอกจากนี้จะไปถ่ายภาพมะเร็งแล้ว PET scan ยังสามารถแสดงการเปลี่ยนแปลงหรือการทำงานของสมองได้อีกด้วย

สำหรับ Radiotherapy นั้นเป็นการฉายรังสีเพื่อรักษามะเร็ง ซึ่งมีหลักการคล้ายกับในหัวข้อ Accelerators in cancer therapy แต่ในที่นี้ ได้ใช้ antiproton เพื่อการรักษา จากผลการทดลองที่เซิร์นได้ทดลองกับเนื้อเยื่อของสัตว์ พบว่า ใช้ antiproton ปริมาณน้อยกว่าโปรตอนในการทำลายเซลล์มะเร็งจำนวนเท่ากัน อย่างไรก็ตาม antiproton มีการกระจายตัวมากกว่าจึงทำลาย healthy tissue มากกว่าโปรตอน โปรตอนจึงยังเป็นตัวเลือกที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการรักษามะเร็ง



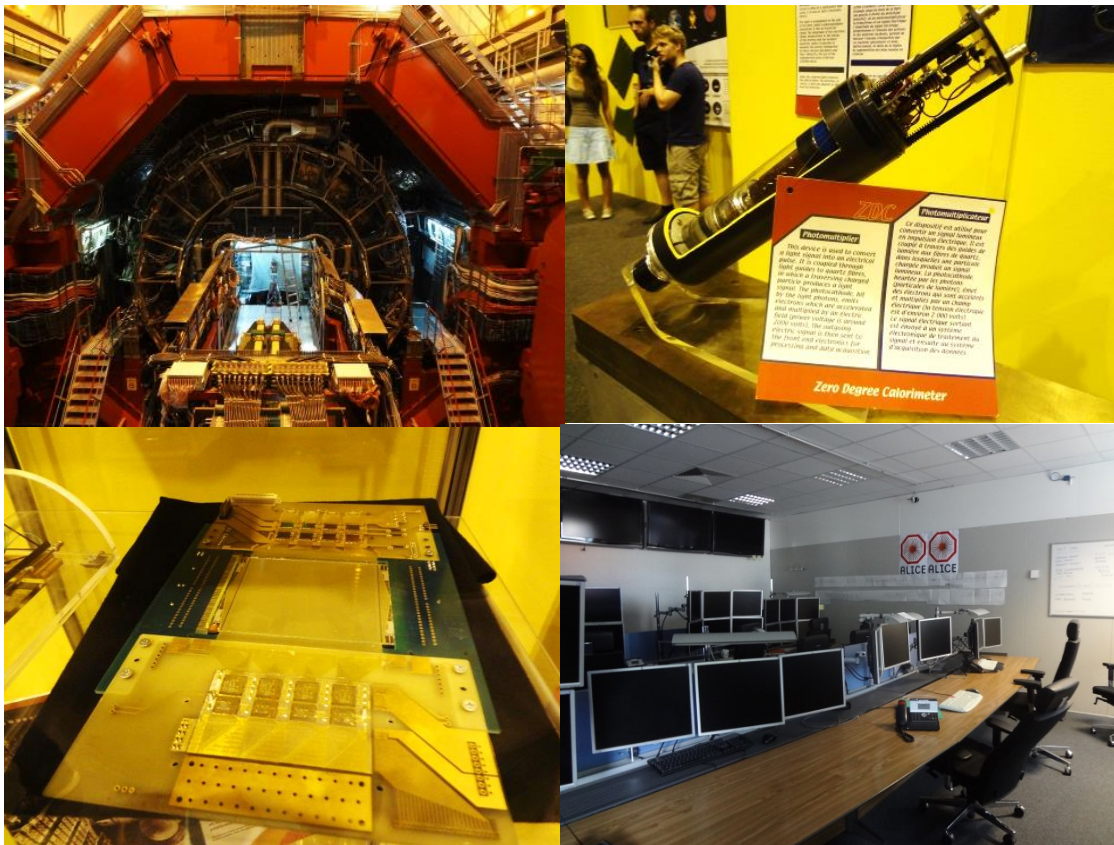
รูปที่ 5: slide เปรียบเทียบข้อดีของอนุภาคแต่ละชนิดที่นำมาใช้ในเครื่องฉายรังสี

3. การเยี่ยมชม

กิจกรรมการเยี่ยมชมสถานที่ต่าง ๆ ในเซิร์นเปิดโอกาสให้นักศึกษาได้เยี่ยมชมเครื่องตรวจวัดอนุภาคตามสถานีต่าง ๆ ของ Large Hadron Collider (LHC) ซึ่งได้เห็นเครื่องตรวจวัดของจริง เนื่องจาก LHC อยู่ในระหว่างการปิดปรับปรุง โดยข้าพเจ้าได้เยี่ยมชมและบันทึกภาพไว้ดังนี้

3.1 ALICE

A Large Ion Collider Experiment หรือ ALICE เป็นสถานีย่อยใน LHC มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาปรากฏการณ์ที่เกิดจากการชนกันของ heavy ion (Pb-Pb) เพื่อศึกษาสถานะ quark-gluon plasma ใน Quantum Chromodynamics (QCD) นอกจากนี้ข้าพเจ้ายังได้เข้าไปดูในห้องควบคุม และยังมีส่วนที่จัดแสดง detector จำลอง และชิ้นส่วนต่าง ๆ ใน ALICE detector อีกด้วย



รูปที่ 6: (บนซ้าย) ALICE detector (บนขวา) Zero degree calorimeter ภายในบริเวณที่จัดแสดงชิ้นส่วนใน detector (ล่างซ้าย) Silicon pixel detector (ล่างขวา) ห้องควบคุม ALICE detector

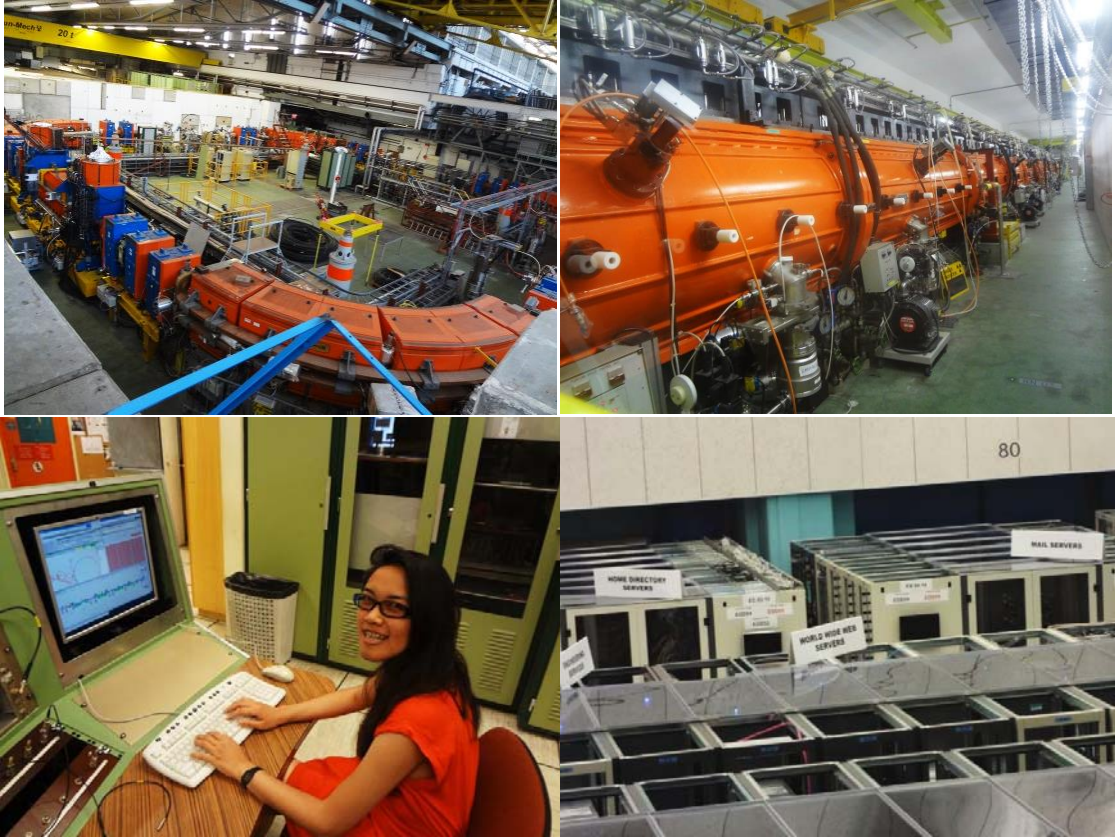
3.2 CMS

Compact Muon Solenoid หรือ CMS experiment เป็นหนึ่งในสถานีตรวจวัดอนุภาคของ LHC ศึกษาปรากฏการณ์ทั่วไปในฟิสิกส์อนุภาค รวมไปถึง การหา Higgs boson, extra dimension และ dark matter จากอันตรกิริยาการชนกันระหว่างโปรตอน-โปรตอน



รูปที่ 7: CMS detector

3.3 LEIR/LINAC/CC



รูปที่ 8: (บนซ้าย) Low Energy Ion Ring (LEIR) และ (ขวา) Linear Accelerator (LINAC)
(ล่างซ้าย) เครื่องคอมพิวเตอร์ในห้องควบคุม LINAC ซึ่งข้าพเจ้าได้ไปทดลองนั่ง (ล่างขวา) Servers ที่ศูนย์คอมพิวเตอร์

Low Energy Ion Ring หรือ LEIR เป็นเครื่องเร่งอนุภาคที่เร่งไอออนของตะกั่วเข้าไปใน LHC และ Linear particle accelerator หรือ LINAC เป็นเครื่องเร่งอนุภาคส่วนแรกที่เร่งอนุภาคโปรตอนก่อนเข้าสู่ LHC โดยนี่เป็น LINAC 2 และจะถูกเปลี่ยนเป็น LINAC 4 ในปี 2017 หรือ 2018 เครื่องเร่งอนุภาคทั้งสองนี้ ตั้งอยู่ที่ main site ของเซิร์น นอกจากนี้ ข้าพเจ้ายังได้เยี่ยมชมห้องควบคุมอันเก่าแก่ ซึ่งยังสามารถใช้งานได้จริง และเยี่ยมชมศูนย์คอมพิวเตอร์ซึ่งเต็มไปด้วย servers มากมาย

3.4 Antiproton Decelerator

Antiproton decelerator ผลิต low energy antiproton เพื่อศึกษาสมบัติของ antimatter ผู้นำการเยี่ยมชมนี้คือ Dr. Michael Doser ซึ่งเป็นผู้บรรยายเรื่อง Antimatter ให้กับพวกเรานั้นเอง นอกจากนี้ Dr. Michael ยังพยายามหาทุนเพื่อสนับสนุนนักศึกษาช่วยทำวิจัยอีกด้วย และหากใครสนใจก็สามารถส่งอีเมลไปหาเขาได้ เราจึงตื่นเต้นกันมาก



รูปที่ 9: (ซ้าย) Antiproton pipe มี dipole magnet สิ้นน้ำเงินและ quadrupole magnet สีแดง (ขวา) ภายในสถานี antiproton decelerator

3.5 SM18 Superconducting Magnet

SM18 เป็นชื่ออาคารนั่นเอง เป็นสถานที่สำหรับทดสอบ superconducting device ก่อนจะติดตั้งเข้าไปยังเครื่องเร่งอนุภาค ซึ่งกว่าจะผ่านการทดสอบทั้งหมดต้องใช้เวลาเป็นปีเลยทีเดียว ภายในอาคารยังมีการจัดแสดงชิ้นส่วนต่าง ๆ ในเครื่องเร่งอนุภาค เช่น ภาคตัดขวางของท่อภายในเครื่องเร่งอนุภาค ซึ่งประกอบไปด้วยท่อสำหรับอนุภาคสองขบวน และอีกหนึ่งท่อด้านบนสำหรับ superconductor

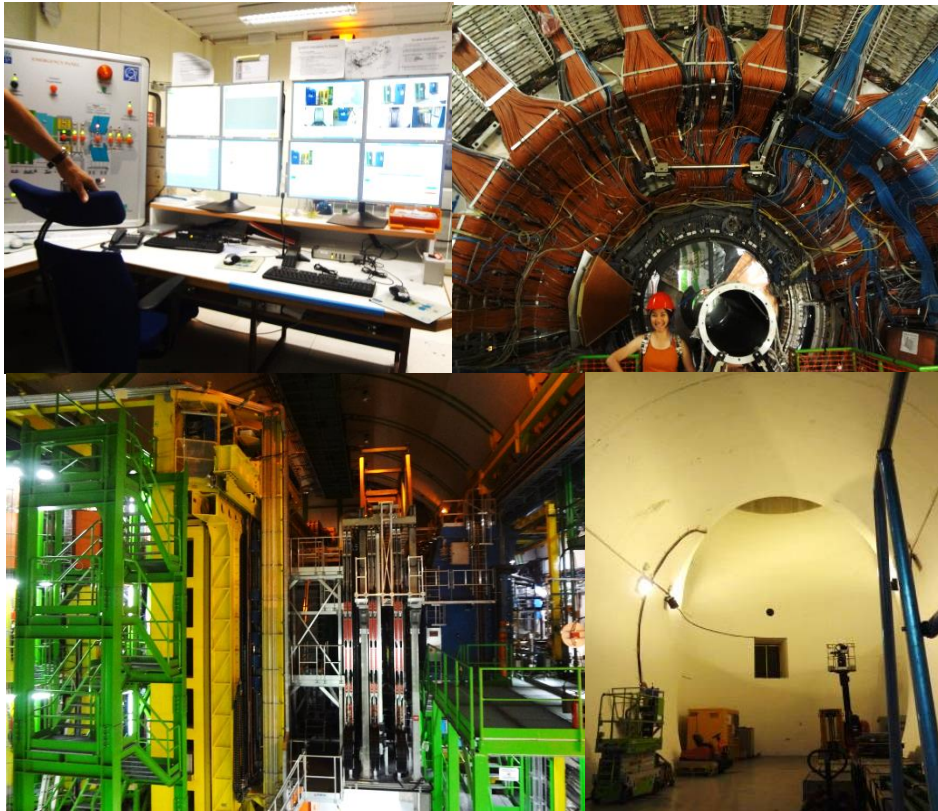


รูปที่ 10: (ซ้าย) เครื่องมือที่ใช้ทดสอบ Superconducting device ภายในสถานี SM18 (ขวา) ภายในท่อของเครื่องเร่ง

3.6 LHCb

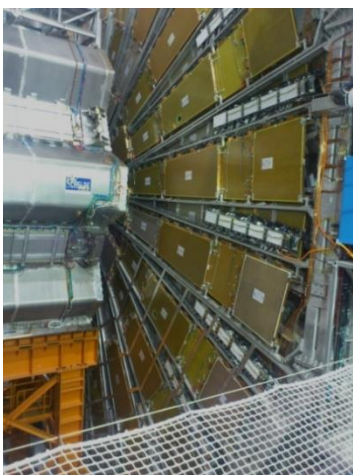
Large Hadron Collider beauty หรือ LHCb เป็นหนึ่งใน detector ของ LHC ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับ CP violation จากอันตรกิริยาของ bottom quark เพื่ออธิบาย matter-antimatter symmetry และปรากฏการณ์หลังการเกิดบิกแบง นอกจากนี้ ข้าพเจ้ายังได้เยี่ยมชมห้องควบคุมของ LHCb เยี่ยมชม DELPHI

ซึ่งเป็น detector เก่าที่ LHCb และได้ทราบว่า การนำ detector ลงมาใต้ดินนี้ ทำได้โดยการลำเลียงลงมาตาม อุโมงค์



รูปที่ 11: (บนซ้าย) ห้องควบคุม LHCb detector (บนขวา) DELPHI detector ซึ่งเป็น detector ตัวเก่า (ล่างซ้าย) LHCb detector (ล่างขวา) อุโมงค์สำหรับการเคลื่อนย้าย detector ลงมาใต้ดิน

3.7 ATLAS



A Toroidal LHC Apparatus หรือ ATLAS เป็นหนึ่งใน detector ใน LHC เพื่อการทดลองฟิสิกส์อนุภาคทั่วไป คล้าย CMS ทั้ง การหา Higgs boson, extra dimension, dark matter และอื่นๆ เพื่อ ตรวจสอบผลการทดลองซึ่งกันและกัน ATLAS เป็น detector ที่อยู่ในฝั่ง สวิสเซอร์แลนด์ และมีขนาดใหญ่มากประมาณตึก 5 ชั้น เมื่อคุยกับ summer student คนไหนเรื่อง ATLAS visit ทุกคนก็จะพูดเหมือนกัน ว่า “It’s huge!”

รูปที่ 12: ATLAS detector

3.8 The Globe

“The Globe of Science and Innovation” เป็นพิพิธภัณฑ์ที่จัดแสดงเรื่องราวเกี่ยวกับเซิร์นอย่างคร่าว ๆ ตั้งแต่งานวิจัย อุปกรณ์ เทคโนโลยีเครื่องเร่ง รวมไปถึงความรู้ทางฟิสิกส์อนุภาค โดยรวบรวมทุกอย่างไว้ในภายในห้องเดียว สามารถเข้าชมได้ฟรี ตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันเสาร์ เวลา 10:00-17:00 น. การเข้าชม The Globe ไม่ต้องจองที่นั่งแต่อย่างใด สามารถเข้าไปได้โดยไม่ต้องมีไกด์ที่เป็นเจ้าหน้าที่นำเยี่ยมชม และยังมีวิดิทัศน์ที่กล่าวถึงเซิร์นฉายให้ชม แต่เป็นภาษาฝรั่งเศส ข้าพเจ้าจึงได้แต่ยืนฟังและสนุกไปกับแสง สี เสียง ภายในห้องมืดนั้น

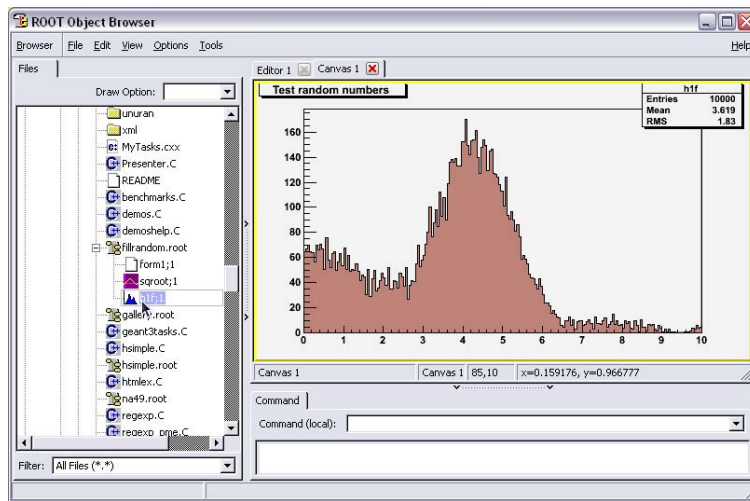


รูปที่ 13: (ซ้าย) บรรยากาศภายใน The Globe ระหว่างรับชมวิดิทัศน์ (ขวา) Crystal ซึ่งเป็นชิ้นส่วนใน LHC detector

4. Workshops

4.1 ROOT

ROOT workshop จัดขึ้นทั้งหมดสามวัน โดยให้แต่ละคนเลือกลงชื่อได้ตามเวลาที่ตัวเองสะดวก รูปแบบ workshop คือ ให้นักศึกษาเปิด tutorial จากในเว็บไซต์และทำตามขั้นตอนที่มีให้ และมีผู้อบรม 2-3 คน เดินดูรอบ ๆ ห้องเพื่อตอบคำถามและให้คำแนะนำ เนื่องจากมีจำนวนนักศึกษาในแต่ละครั้งเป็นจำนวนมากเมื่อเทียบกับผู้อบรม นอกจากนี้พื้นฐานของนักศึกษาแต่ละคนก็ไม่เท่ากัน ซึ่งข้าพเจ้าเห็นด้วยกับลักษณะของ workshop แบบนี้ โปรแกรมและ tutorial ของ ROOT สามารถดาวน์โหลดได้จาก <http://root.cern.ch/drupal/> ใน workshop นี้ ข้าพเจ้าได้เริ่มจากการนำข้อมูลมา plot histogram



รูปที่ 14: ตัวอย่าง Histogram plot จาก

http://root.cern.ch/drupal/sites/default/files/images/NewBrowser_03_0.png

4.2 Cloud Chamber

สำหรับ workshop อื่น ๆ นอกเหนือจาก ROOT workshop จะรับจำนวนนักศึกษาอย่างจำกัด โดยจะมีลิงค์ส่งเข้าอีเมลของแต่ละคนเพื่อให้เลือกวันที่สามารถเข้าร่วมแต่ละ workshop ได้ตามความสนใจ จากนั้น เจ้าหน้าที่จะเลือกและจัดกลุ่มตามวันที่แต่ละคนสะดวก นอกเหนือจาก ROOT workshop แล้ว ข้าพเจ้าได้เข้าร่วม Cloud chamber workshop เพียงแค่อย่างเดียว ซึ่งเป็น workshop ที่ให้นักศึกษาได้จำลอง cloud chamber ขึ้นมาในกล่องใสหรือตู้ปลาอันหนึ่ง ซึ่งเป็นเครื่องตรวจจับอนุภาคเครื่องหนึ่งที่สามารถทำเองที่บ้านได้ มีขั้นตอนคือ ราวแอลกอฮอล์ (Isopropanol) เข้าไปให้ทั่วกล่องใสแล้วปิดกล่อง จากนั้น ลดอุณหภูมิภายในกล่องโดยตั้งกล่องไว้บนน้ำแข็งแห้ง โดยฐานของกล่องนี้เป็นโลหะ เพื่อนำความเย็นได้ แล้วรอให้แอลกอฮอล์ควบแน่นประมาณ 15 นาที ซึ่งระหว่างรอนั้น ผู้บรรยายก็ได้ให้นักศึกษาทุกคน ซึ่งมีประมาณ 20 คน แนะนำตัว เพื่อพูดคุยและทำความรู้จักกัน ซึ่งเป็นการฆ่าเวลาที่ดีทีเดียว

เมื่อแอลกอฮอล์ควบแน่น จะเกิดไอแอลกอฮอล์ ลักษณะเป็นกลุ่มหมอกลอย อยู่ที่ด้านล่างของกล่องใส เมื่อใช้ไฟฉายฉายไฟเข้าไป จะเห็นรอยการเคลื่อนที่ของอนุภาคอยู่เป็นครั้งคราว ซึ่งมีลักษณะเป็นเส้น ๆ คล้าย jet ที่เกิดจากไอพ่นของเครื่องบิน



รูปที่ 15: (ซ้าย) ฉายไฟเพื่อสังเกตรอยการเคลื่อนที่ของอนุภาคใน Cloud chamber (ขวา) Jet จากไอพ่นของเครื่องบินบนท้องฟ้าที่เซิร์น

5. Student session

Student session เป็นการนำเสนอผลงานของ summer student โดยมีทั้งการนำเสนอแบบโปสเตอร์และแบบบรรยาย การนำเสนอแบบโปสเตอร์จัดขึ้นในบ่ายวันพุธที่ 7 สิงหาคม โดยมีนักศึกษาเจ้าของโปสเตอร์ยื่นอธิบายโปสเตอร์ของตัวเองอยู่จนถึงเย็น งานที่แต่ละคนทำนั้นน่าสนใจมาก และงานที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือ เกมส์ฟิสิกส์อนุภาค จากนักศึกษาจากประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งทำเกมส์จำลองเครื่องเร่งอนุภาคขึ้นมา โปสเตอร์เหล่านี้จะถูกจัดแสดงไปเป็นเวลาสามวันเพื่อให้ผู้ที่ไม่ได้มาร่วมงานได้มีโอกาสอ่านด้วย

สำหรับการนำเสนอผลงานแบบบรรยายจัดขึ้นเป็นเวลาสามวัน เริ่มขึ้นหลังจากที่การบรรยายจบลงแล้ว ตั้งแต่เวลา 09:15-11:45 น. โดยแต่ละคนมีเวลานำเสนอคนละ 15 นาที รวมการตอบคำถาม ข้าพเจ้าได้เข้าไปฟังบรรยายเช่นกัน แต่ไม่ได้ร่วมนำเสนอผลงาน เนื่องจากข้าพเจ้าเริ่มงานช้ากว่าคนอื่นมาก



รูปที่ 16: Poster session แสดงผลงานของ summer students

บทที่ 2

What I did at CERN

ในบทนี้มีรายละเอียดเกี่ยวกับงานที่ข้าพเจ้าได้ทำ และความรู้ใหม่ที่ข้าพเจ้าได้รับ ซึ่งต่างก็เป็นความรู้ในเชิงวิศวกรรมทั้งสิ้น ได้แก่ การเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาขั้นตอนการทำ photolithography บนแผ่น silicon ซึ่งห้องปฏิบัติการอยู่ที่มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในเมืองโลซานน์ และ ความรู้เรื่อง two-phase flow in microchannel ซึ่งเป็นการศึกษาการไหลของความร้อนใน microchannel เพื่อการประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบระบายความร้อนใน silicon detector

1. Photolithography



รูปที่ 17: Andrea และข้าพเจ้า กับชุดที่ต้องใส่เมื่อเข้า Clean room

ข้าพเจ้าได้มีโอกาสเข้าไปในห้องปฏิบัติการ (clean room) ที่ Center of MicroNanotechnology (CMI) ใน Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (EPFL) กับ Andrea ซึ่งเป็นมหาวิทยาลัยที่ Andrea กำลังศึกษาปริญญาเอกอยู่ CMI เปิดให้หน่วยงานภายนอกใช้บริการเครื่องมือและห้องปฏิบัติการ และเซิร์นก็เป็นหนึ่งในนั้น การใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือแต่ละชิ้นจึงต้องลงชื่อ Login และ logout หลังใช้งานทุกครั้ง เพื่อให้ไม่ใช้เวลาชนกัน และเพื่อให้จองเวลาใช้เครื่องได้ ก่อนจะเข้าห้องปฏิบัติการต้องใส่ชุดที่ปกคลุมตั้งแต่หัวจรดเท้าอย่างมิดชิด เพราะในห้องปฏิบัติการมีการควบคุมขนาดและปริมาณของฝุ่น เพื่อไม่ให้รบกวนการทดลอง โดยชุดที่ต้องใส่มีลักษณะดังรูปที่แสดงไว้ด้านซ้าย

Andrea ได้อธิบายขั้นตอนการใช้ photolithography ในการทำ microchannel บนแผ่น silicon wafer ให้ข้าพเจ้า โดยมีรายละเอียดคร่าวๆ ดังนี้คือ เริ่มจากการทำความสะอาดแผ่น silicon ก่อน แล้วนำแผ่น silicon มาทำ spin coating เพื่อเคลือบด้วยสาร photoresist ซึ่งเป็นสารที่มีปฏิกิริยาไวต่อแสง เมื่อเสร็จจากขั้นตอน spin coating เครื่องจะให้ความร้อนกับแผ่น silicon เพื่อให้ photoresist ติดกับแผ่น

silicon ดึขึ้น แผ่น silicon จะถูกประกบด้วย mask ซึ่งมีลวดลายหรือรูปแบบที่ต้องการ แล้วนำไปฉายด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต (UV light) ส่วนของ photoresist จะได้รับแสงยูวีเป็นลวดลายตาม mask เมื่อนำแผ่น silicon ไปทำปฏิกิริยากับสารละลายชนิดหนึ่ง ส่วนของ photoresist ที่ได้รับแสงยูวีจะถูกทำลายไป จากนั้นจะนำ mask ออกและนำไปแกะสลัก (etch) เป็นรูปแบบตามส่วนของแผ่น silicon ที่ได้รับแสงยูวี

2. Two-Phase Flow in Microchannel

เมื่อเครื่องตรวจวัดอุณหภูมิ (detector) ทำงานไปเรื่อย ๆ จะมีความร้อนเกิดขึ้นในส่วนอิเล็กทรอนิกส์ จึงจำเป็นต้องมีระบบระบายความร้อนที่มีประสิทธิภาพ เพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย เครื่องตรวจวัดอุณหภูมิ ประกอบไปด้วยซิลิกอนเซนเซอร์ซึ่งมีขนาดเล็ก ตึงมีข้อจำกัดในขนาดของระบบระบายความร้อนเช่นกัน โดยลักษณะของระบบระบายความร้อนเป็นท่อหรือทางเดินยาวขนาดเล็กในระดับไมครอน (microchannel) ซึ่งมีการทำงานดังนี้

สารทำความเย็น (refrigerant) จะถูกปล่อยเข้าไปใน microchannel สารทำความเย็นที่ใช้ในระบบนี้คือ Perfluorobutan (C_4F_{10}) ซึ่งเป็นสารที่มีจุดเดือดต่ำ เมื่อ Perfluorobutan ผ่านเข้าไปใน microchannel ก็จะถูกความร้อนที่เกิดขึ้นและพาความร้อนออกไปจากระบบ การพาความร้อนออกไปอย่างมีประสิทธิภาพ หมายความว่า อุณหภูมิภายใน microchannel นั้นคงที่หรือมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก ทำให้ต้องคำนึงถึงตัวแปรและคุณสมบัติหลาย ๆ อย่างของ microchannel เพื่อการออกแบบที่เหมาะสมกับการระบายความร้อนที่ดี อย่างไรก็ตาม การวัดอุณหภูมิโดยตรงนั้นทำได้ยาก จึงคำนวณการเปลี่ยนแปลงความดันใน microchannel แทน เพราะการเปลี่ยนแปลงความดันแปรผันตรงกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ ซึ่งมีการทำวิจัยและสรุปเป็นความสัมพันธ์ต่าง ๆ มากมายไว้แล้ว

ความดันที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด (total pressure drop) เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของความดันสถิต (static pressure drop) การเปลี่ยนแปลงจากความดันเนื่องจากการเปลี่ยนโมเมนตัม (momentum pressure drop) และการเปลี่ยนแปลงความดันเนื่องจากแรงเสียดทาน (frictional pressure drop) แต่เราคิดว่าของไหลใน microchannel เคลื่อนที่ไปในแนวระดับด้วยความเร็วคงที่ ความดันที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมดจึงเกิดจากแรงเสียดทานเท่านั้น

สิ่งที่พิเศษสำหรับ Perfluorobutan คือ การที่มีจุดเดือดต่ำ ทำให้กลายเป็นไอได้ง่ายหลังจากดูดความร้อน ใน microchannel จึงมีทั้งของไหลในสถานะก๊าซและของเหลว ความดันที่เปลี่ยนไปจึงมีทั้งในส่วนที่เป็นของเหลวและก๊าซ อย่างไรก็ตาม ความดันที่เปลี่ยนไปในสถานะก๊าซนั้นน้อยมาก จึงพิจารณาเฉพาะสถานะของเหลวเท่านั้น

สิ่งที่ต้องทำคือ คำนวณหาความดันที่เปลี่ยนไปใน microchannel จากระบบสองระบบที่เป็น prototype ที่มี เพื่อเปรียบเทียบค่าความดันที่เปลี่ยนไปที่ได้จากความสัมพันธ์ต่าง ๆ ว่า ความสัมพันธ์ใด และ

microchannel ระบบไหนที่ทำให้ความดันเปลี่ยนไปน้อยที่สุด กล่าวคือ ระบายความร้อนได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์ที่ได้จะต้องนำไปเปรียบเทียบกับผลการทดลองจริงกับตัว prototype อีกครั้งหนึ่ง

แหล่งข้อมูล

[1] Sun, L. and Mishima, K., "Evaluation analysis of prediction methods for two-phase flow pressure drop in mini-channels," International Journal of Multiphase Flow, pp. 47-54, 2008.

[2] Qu, W. and Mudawar I., "Measurement and prediction of pressure drop in two-phase micro-channel heat sinks" International Journal of Heat and Mass Transfer, 46, pp.2737-2753, 2003.

[3] Thome, J.R., "Engineering Data Book III" Wolverine Tube, Inc.} ch.13, 2004.

[4] The ALICE Collaboration, "Upgrade of the Inner Tracking System Conceptual Design Report", 2012.

3. PH newsletter

ข้าพเจ้ายังได้มีโอกาสเขียนบทความเกี่ยวกับประสบการณ์และความประทับใจของข้าพเจ้าในการเข้าร่วมโครงการฯ ครั้งนี้ โดยได้รับการติดต่อจาก Panos Charitos ซึ่งเป็นผู้จัดทำ PH newsletter สำหรับ Physics Department (PH) และได้อัปเดตขึ้นบนเว็บไซต์ข่าวของ Physics Department เมื่อวันที่ 6 สิงหาคม 2013 มีรายละเอียดดังที่แสดงด้านล่าง¹ นอกจากนี้ ยังมีบทความของนักศึกษาคนอื่นๆ ที่เข้าร่วมโครงการ ซึ่งต่างก็บอกเล่าความประทับใจ และประสบการณ์ที่น่าสนใจแตกต่างกันออกไป²

¹ <http://ph-news.web.cern.ch/PatrawanPasuwan>

² <http://ph-news.web.cern.ch/>

From Thailand to CERN

August 2013

Aug

06

2013

by Patrawan Pasuwan

How did you decide to apply for the summer student programme?

I have always wanted to explore the world. Studying abroad is the perfect choice since I can continue my study and see the world in parallel. CERN summer student programme was advertised in many universities across Thailand. Due to its short period, eight weeks for non-member state countries, I thought it would be a perfect step for me in going abroad. I knew CERN as a place where the LHC is at, but did not know much about the inside. This is my first time at CERN, and I hope it is not my last.

Tell us a few words about your project...

Here I work in ALICE with silicon microchannels that are used in the cooling system for the ITS upgrade. I am doing MATLAB simulation for the optimum pressure drop model in the microchannel. Moreover, I also help with the design of the photolithography mask.

Is your experience at CERN close to what you had expected?

Before coming here, I thought that CERN would be an almost sterilized environment and the people would be very strict. My experience so far is exactly the opposite. The atmosphere is rather friendly and I met many nice people. Moreover, I did not expect it to be this close to nature – there are fields and hills and mountains everywhere. I think it is better than what I was expecting.

How familiar were you with your project?

I had a review over the ITS upgrade, but it was so hard to understand because everything was completely new to me. When I finally came here, my supervisors were kind enough to explain in details in what they were on about. It was very nice of them. I had some ideas about microchannel and have seen the fabrication before when I attended ASEAN Synchrotron Camp hosted by SLRI (Synchrotron Light Research Institute) in Thailand. However, what I am doing here is the application of what I have seen, so it is not totally new to me.



Did you enjoy the Swiss summer? Did you have time for travelling?

The Swiss summer is pretty much like ordinary days in Thailand and the weather is quite similar. I have seen amazing cities and countrysides of Switzerland. I went to Geneva a few times without ever feeling bored as there are so many amazing things around. I also visited Yvoire and I loved the European-style houses, they looked so warm and full of life and stories. I also went to Stoos and Caumasee last week with my friends. We took cable car up to the top of the mountain and wandered around. The view up there was breath-taking. And when you could hear nothing but the wind, it was very peaceful.

The things that impressed you the most...?

The thing that impressed me is how much Europeans appreciate music and arts so much that there are numbers of art museums concerts and shows. I remember walking in Geneva during the weekend. It was a lovely Saturday with blue sky, warm sun and cool breeze. And all in a sudden I heard people playing the Four Season's in violins. That just made my day :) And another time was during the fireworks at Ferney-Voltaire. There was classic music playing along the fireworks and they even were synchronized! For example, when the rhythm was fast, there would be lots of fireworks popping in the sky. When the music was slow, you only saw one long firework at a time.

CERN Colloquium

First Planck Results and Cosmological Implications

Julien Lesgourgues presented a summary of the new Planck results on CMB anisotropies and highlighted their cosmological implications...

[Read more](#)

More news

Collide@CERN: Time, Scale and Space

When the alarm rings, you must leave!

Chemical Hazards – Safety campaign in the PH Department

AGS

ALICE

TH

ATLAS

SFT

CMS

ESE

LHCb

DT

TOTEM

EDU

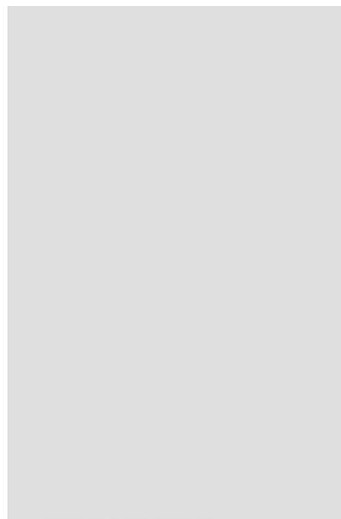
SME

LCD



From my time as a summer student at CERN I will remember...

I will remember all the people that I have met. It was quite amazing knowing people from all around the world, talking about their countries, their cultures, and their point of view.



บทที่ 3

CERN Summer Student Report

Silicon Wafer Fabrication and Two-Phase Flow in microchannel Cooling System in ALICE ITS Upgrade

Patrawan PASUWAN
Mahidol University, Thailand

Supervisors
Petra RIEDLER and Andrea FRANCESCON
ALICE, CERN

1. Overview

My summer student project covered details of the upgrade of Inner Tracking System (ITS) of the ALICE detector. The tasks are divided in two parts. First was on silicon wafer dicing technology and resistivity measurement under the supervision of Petra Riedler. Next was on silicon wafer microfabrication and two-phase flow in microchannels under the supervision of Andrea Francescon.

ITS upgrade was proposed for better detection performance and reduction of material budget. Detectors in the ITS are composed of monolithic silicon pixel chips. The thickness of the chips was proposed to be 50 μm so that particles that pass through them do not lose too much momentum. Working with very thin chips requires suitable dicing technology. Summary of dicing technology is proposed for the most suitable dicing technique. Properties of the chip can be denoted by observing its resistivity. Literature reviews on surface resistivity profile measurement is represented for consideration. Cooling system is very important for the detector. Fluid that flows along microchannel cooling system is refrigerant which evaporates when its temperature rises to a certain value. Therefore, there are two phases inside the microchannel: liquid and vapour.

The cooling system is very important for the design of the detector. Perfluorobutane (C₄F₁₀) flow boiling inside silicon micro-channels was proposed for the thermal management of the on-detector electronics. Various two-phase flow correlations have been studied and proposed in terms of two-phase frictional pressure drop. An estimation of the two-phase pressure drop is calculated by writing a simple code in order to compare with the value from experimental data.

2. Technical Design Report

2.1 Dicing Technology Summary

2.1.1 Classical mechanical dicing

Classical mechanical dicing is a classical way of dicing for a sample thicker than 100 μm . It can be done by various different techniques: dicing through in one go, various step-cut systems, and multiple blade dicers. The advantage of this technique is observable results after dicing. However, the force from the blade causes wafer chipping which damages the surface and reduces its stability. Dicing can be less precise when using the same blade over time. Blade dicing technique creates debris which wastes wafer and requires cleaning afterwards.

2.1.2 Laser dicing

Laser dicing is introduced with concerns of heat impact and debris. It is suitable for samples of less than 100 μm in thickness. A protection layer is applied before laser dicing process in order to prevent damages.

2.1.2.1 Ablation process

One approach of laser dicing is ablation process. It is the process of using a very strong laser to vaporize the sample for a very short time. Vaporization creates molten debris which deposits on the surface of the sample. This makes the sample hard to be cleaned. Moreover, it creates cracks which lessen the sample strength.

2.1.2.2 Water-guided laser

Water-guided laser is another approach with a coupling of laser and very thin water beam. The water beam not only helps in laser focusing, but it also cools down the process and cleans the dicing kerfs. The dicing tape is also used in laser dicing. In this case the tape is transparent so it is not cut by the laser. Laser dicing is good for tiny and thin chip. It causes less mechanical damage and heat impact than the classical mechanical dicing.

2.1.2.3 Stealth dicing

Another approach of laser dicing is stealth dicing. The process is composed of a pulsed laser beam of a specific wavelength that can transmit through the inner layer of the wafer. Only the inner layer is vaporized by the pulsed laser, giving no heat damage to the other layer. Stealth dicing is a fast process which causes no chipping and no debris. It is a dry process which requires no cleaning. The dicing street can be very narrow, wasting fewer wafers and leaving more space for chips. Since the action is done in the inner layer, stealth dicing is very suitable for a sample which is easy to contaminate.

2.2 Surface Resistivity Profile Measurement

2.2.1 Four-point probe

Four-point probe technique gives an average result of resistivity. It is suitable for uniformly doped semiconductor. It consists of two pairs of electrodes for carrying current and measuring voltage as shown in figure 1. The measurement can be done precisely with two measurement configurations for each probe position. First is to apply current flow in probe 1 and out at probe 4, and measure voltage between probe 2 and 3. Second is to apply current flow in probe 1 and 3, and measure voltage between probe 2 and 4. The total measured voltage for current I is

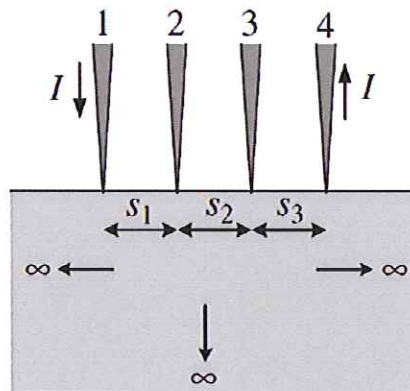


Figure 1: Four-point probe schematic (Schroder, 2006).

$$V = V_{23} = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{s_1} - \frac{1}{s_2 + s_3} - \frac{1}{s_1 + s_2} + \frac{1}{s_3} \right),$$

where ρ is the resistivity of the surface, and $s_1, s_2,$ and s_3 are probe spacings. For $s = s_1 = s_2 = s_3$, the resistivity of the material can be obtained by the following equation:

$$\rho = 2\pi s F \frac{V}{I},$$

where F is a correction factor regarding the position of the probe, and thickness of the sample and its size. The correction factor should be added because the sample is not infinitely thick. The thickness of the sample is usually in the order of probe spacing or less.

For collinear or in-line probes, the correction factors can be written as

$$F = F_1 F_2 F_3,$$

with equal probe spacing s . F_1 corrects for thickness of sample, F_2 corrects for lateral

sample dimensions, and F_3 for placement of the probe relative to the sample edges. Given t as a thickness of the sample. For non-conducting bottom wafer F_1 is

$$F_{11} = \frac{t/s}{2 \ln \{[\sinh(t/s)]/[\sinh(t/2s)]\}}$$

For a conducting bottom F_1 is $F_{12} = \frac{t/s}{2 \ln \{[\cosh(t/s)]/[\cosh(t/2s)]\}}$

For thin samples which $t \ll s$, using the approximation $\sinh(x) \approx x$ for $x \ll 1$, F_{11} reduces to

$$F_{11} = \frac{t/s}{2 \ln (2)}$$

Next is the correction of sample size. For a circular wafer of diameter D , the correction factor F_2 is

$$F_2 = \frac{\ln (2)}{\ln(2) + \ln\{[(D/s)^2 + 3]/[(D/s)^2 - 3]\}}$$

Figure 2 is a plot of F_2 for circular wafer. For $D \geq 40 s$, F_2 converges to one.

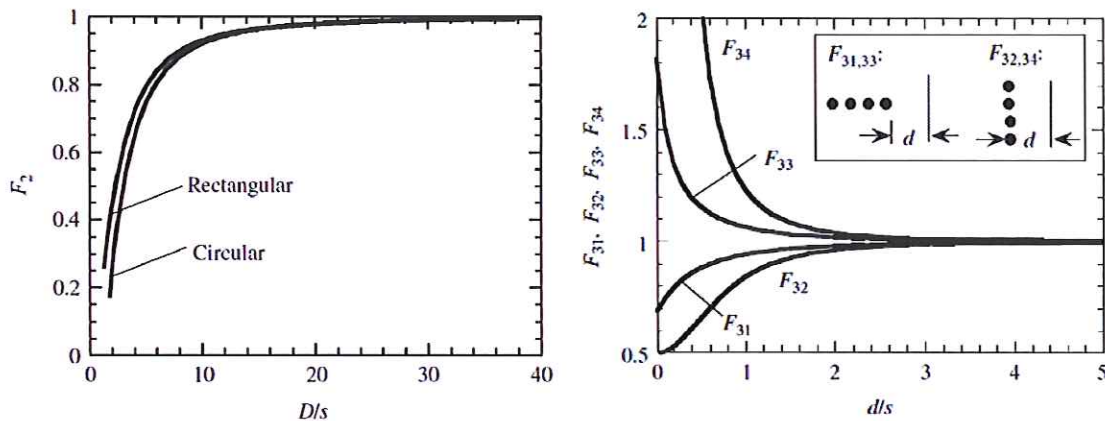


Figure 2 (left): Wafer size correction factor versus normalized wafer diameter for circular wafer (Schroder, 2006).

(right) Boundary proximity correction factor versus normalized distance (Schroder, 2006).

F_3 is the correction factor according the distance d of the probe from the boundary. It is important for small sample which the probe is near the boundary. F_{31} and F_{32} are the correction factors of non-conducting boundaries, while F_{33} and F_{34} are of conducting boundaries. The correction factors converges to unity as normalized distance d/s increases

as shown in figure 2 (right).

For a very thin sample when F_2 and F_3 are unity, the resistivity can be written as

$$\rho = \frac{\pi}{\ln(2)} t \frac{V}{I} = 4.532 t \frac{V}{I}$$

Sheet resistance characterizes thin layers – for example epitaxial films, polycrystalline layers, and metallic conductors. For a uniformly doped sample the sheet resistance is

$$R_{sh} = \frac{\rho}{t} = \frac{\pi}{\ln(2)} \frac{V}{I} = 4.532 \frac{V}{I},$$

where $t \leq s/2$.

2.2.2 Surface Resistivity Profile

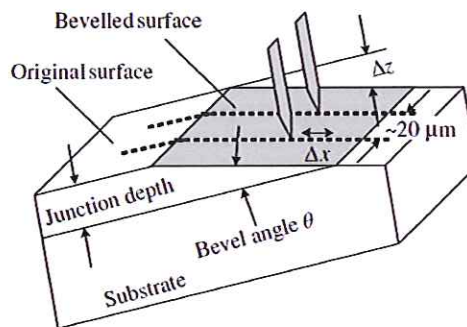


Figure 3: SRP schematic (Schroder, 2006).

Surface resistivity profile is a measurement of sample resistivity and its depth profiles. The sample is grinded in small bevel angle θ , revealing its layers of junction depth as shown in figure 3. For junction depth of 1-2 μm , the bevel angle is generally from $1^\circ - 5^\circ$. For junction depth less than 0.5 μm , $\theta \leq 0.5^\circ$. For each Δx step along the surface at bevel angle θ , the equivalent depth Δz is

$$\Delta z = \Delta x \sin(\theta)$$

The resistance measurement consists of two probes stepping along the beveled surface at each depth as shown in figure 2. The resistance is given by

$$R = 2R_p + 2R_c + 2R_{sp},$$

where R_p is the probe resistance, R_c is the contact resistance, and R_{sp} is the spreading

resistance. Spreading resistance is measured as a function of resistivity and probe diameter. For a sample resistivity ρ , the spreading resistance of a non-indenting probe of diameter $2r$ is

$$R_{sp} = \frac{\rho}{4r},$$

while that of a hemispherical indenting probe tip of radius r is

$$R_{sp} = \frac{\rho}{2r}$$

References

- Schroder, D. K. (2006). *Semiconductor material and device characterization*. (3 ed., pp. 1-44). Wiley-interscience.
- Clark, J. (n.d.). Four Point Probe Equations. *Four Point Probes — Four-Point-Probes offers 4 point probe equipment for measuring the sheet resistance and bulk (volume) resistivity of materials used in the semiconductor industry, universities, and in materials science including thin films, wafers, ing.* Retrieved July 26, 2013, from <http://four-point-probes.com/four-point-probe-equations/>

3. Photolithographic Mask Design for Mechanical Dummy Prototype

In silicon micro-fabrication processes, photolithography is used to transfer patterns to the wafer with high precision in order of microns. CleWin software is used for photolithographic mask design of silicon frames for the ITS inner layer stave cooling. The design is made in rectangular chips with sizes similar to a stave and smaller. The mask also contains bridges (figure 4) which connect microchannel between each chip in the detector. It will later be diced and assembled for mechanical test. A goal of this design is for an upgrade of ALICE detector in order to obtain high efficiency with possible low material budget.

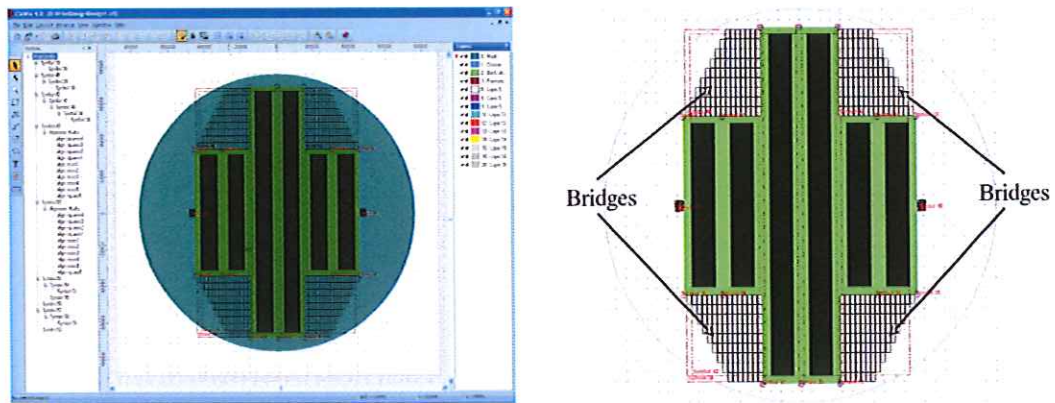


Figure 4: CleWin software (left) and small bridges in the mask (right)

4. Photolithography Process

Photolithography is conducted in a clean room at Center of MicroNanotechnology (CMI) in Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (EPFL). The process begins with cleaning silicon wafer for preparation. The wafer is spin coated with photoresist liquid. Later it is covered with patterned mask before being exposed with UV light in pattern of the mask. The pattern exposed to the UV light become soluble in a certain developer that is delivered on a spinner after exposure. At the end of the photolithography optical inspection is performed to detect any possible defect. The mask will be removed. Lastly, the wafer is etched, creating pattern of the UV-exposed part.

5. Comparison of Pressure Drop Models using MATLAB

Estimation of the frictional pressure drop is of critical importance in microchannels design because of the reduced channel's hydraulic diameter. In case of two-phase flow in microscale the pressure drop could be also much higher, causing also temperature drop along the channel. Since at the moment many correlations are available in the literature for two-phase flow in microchannels, it was of great interest to write a simple code to compare the different correlation with the incoming experimental data.

The codes are written in MATLAB software. They also include input parameters from both users and RefProp software for pressure drop calculation.

Lists of correlations:

Homogeneous model

$$\left(\frac{dp}{dl}\right)_{TP} = \frac{2f_{TP}G^2}{\rho_{TP}}$$

Lockhart and Martinelli

$$\left(\frac{dp}{dl}\right)_{TP} = \phi^2 \left(\frac{dp}{dl}\right)_{lo}$$
$$\phi^2 = 1 + \frac{C}{X} + \frac{1}{X^2}$$

Chisholm

$$\phi^2 = 1 + (X^2 - 1)[Bx^{0.875}(1-x)^{0.875} + x^{1.75}]$$

Muller, Steinhagen, and Heck

$$\left(\frac{dp}{dl}\right)_{TP} = F(1-x)^{\frac{1}{3}} + \left(\frac{dp}{dl}\right)_{lo}$$

Mishima and Hibiki

$$C = 21(1 - e^{-319D})$$

Friedel

$$\left(\frac{dp}{dl}\right)_{TP} = \phi_{lo}^2 \left(\frac{dp}{dl}\right)_{lo}$$
$$\phi_{lo}^2 = E + \frac{3.24FX}{F_r^{0.045} W e_l^{0.035}}$$

Zhang and Mishima

$$C = 21(1 - E^{-0.358/La})$$

Where

$$La = \frac{\left(\frac{\sigma}{g(\rho_l - \rho_g)}\right)^{0.5}}{D_h}$$

Lee and Lee

$$C = A\lambda^q \psi^r Re_{lo}^s,$$

where A, q, r, s are constants which are different in different flow regime^[1].

$$\lambda = \frac{\mu_l^2}{\rho_l \sigma D_h}, \psi = \frac{\mu_j}{\sigma}$$

Lee and Mudawar

For laminar liquid and laminar vapor flows

$$C = 2.16 Re_{lo}^{0.047} We_{lo}^{0.23}$$

For laminar liquid and turbulent vapor flows

$$C = 1.45 Re_{lo}^{0.25} We_{lo}^{0.23}$$

Tran et al

$$\left(\frac{dp}{dl}\right)_{TP} = \phi_{lo}^2 \left(\frac{dp}{dl}\right)_{lo}$$

$$\phi_{lo}^2 = 1 + (4.3X^2 - 1)[La(1 - x)^{0.875} + x^{1.75}]$$

Zhang and Webb

$$\phi_{lo}^2 = (1 - x)^2 + 2.87x^2 \left(\frac{p}{p_{crit}}\right)^{-1} + 1.68x^{0.25}(1 - x^2) \left(\frac{p}{p_{crit}}\right)^{-1.64}$$

Nomenclature

$\left(\frac{dp}{dl}\right)$ = pressure drop

ϕ^2 = two-phase multiplier

f = friction factor

ρ = density

L = length of microchannel

x = vapor quality

G = mass flux

D_h = hydraulic diameter

σ = surface tension

μ = dynamic viscosity

j = liquid slug velocity

Re = Reynolds number

We = Weber number

p = saturation pressure

p_{crit} = critical pressure

TP, l, g denote two phase, liquid phase, gas/vapor phase respectively.

References

[1] Sun, L. and Mishima, K., "Evaluation analysis of prediction methods for two-phase flow pressure drop in mini-channels," International Journal of Multiphase Flow, pp. 47-54, 2008.

[2] Qu, W. and Mudawar I., "Measurement and prediction of pressure drop in two-phase micro-channel heat sinks" International Journal of Heat and Mass Transfer, 46, pp.2737-2753, 2003.

[3] Thome, J.R., "Engineering Data Book III" Wolverine Tube, Inc.} ch.13, 2004.

[4] The ALICE Collaboration, "Upgrade of the Inner Tracking System Conceptual Design Report", 2012.

6. Acknowledgement

- Asst. Prof. Dr. Chinorat Kobdaj
- Dr. Petra Riedler
- Andrea Francescon
- Thailand-CERN Collaboration Program

บทที่ 4

Experiences and Suggestions

บทนี้ได้กล่าวถึงประสบการณ์ใหม่ ๆ ที่ข้าพเจ้าได้รับและสิ่งที่ข้าพเจ้าพบเจอและประทับใจ ทั้งในเรื่องการทำงาน การฟังบรรยาย สถานที่ และการพบปะผู้คน นอกจากนี้ยังมีอุปสรรคและปัญหาที่เกิดขึ้น และข้อเสนอแนะเพื่อพิจารณาสำหรับนักศึกษารุ่นต่อไป รวมไปถึงแผนการดำเนินงานหลังจากเข้าร่วมโครงการฯ

การทำงาน

เนื่องจากเซิร์นเป็นองค์กรที่มีความร่วมมือจากหลากหลายประเทศ จึงมีคนจากทั่วทุกมุมโลกมาทำงานที่นี่ ข้าพเจ้าได้เรียนรู้วัฒนธรรมการทำงานของแต่ละคน ซึ่งแตกต่างกันไป คนส่วนใหญ่เข้าและออกงานตรงเวลา เมื่อถึงเวลาทำงานก็จะทำงานอย่างมีระเบียบวินัย เมื่อถึงเวลาเลิกงานก็หยุดทำงาน และใช้เวลาหลังเลิกงานเพื่อทำกิจกรรมอื่น ๆ เช่น ออกกำลังกาย เล่นกีฬา ทำกิจกรรมชมรม หรือพบปะสังสรรค์ ซึ่งเป็นภาพที่เห็นเป็นประจำที่โรงอาหาร (R1) ของเซิร์น ทุกเย็นคนที่ทำงานที่เซิร์น รวมไปถึงนักศึกษาภาคฤดูร้อน จะมาพบปะพูดคุยกันเป็นเวลาหลายชั่วโมงจนพระอาทิตย์ตก เช่นเดียวกับในเจนีวา ผู้คนจะออกมาทำกิจกรรมรอบ ๆ ทะเลสาบ เช่น ปิกนิก ดูหนังกลางแปลง ออกกำลังกาย หรือดื่มไวน์ริมทะเลสาบ หลังเลิกงานจะมีเวลาหลายชั่วโมงในการทำกิจกรรมต่าง ๆ เนื่องจากพระอาทิตย์ตกช้า ทำให้ข้าพเจ้ามีเวลาทำอะไรได้หลายอย่างหลังเลิกงาน เช่น พบปะพูดคุยกับเพื่อนต่างชาติ ฝึกเดินซัสซ่า ซอปปิง ดูหนังกลางแปลง ทำกับข้าว และร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ที่จัดขึ้นโดยนักศึกษาภาคฤดูร้อนด้วยกัน อย่างไรก็ตาม ข้าพเจ้ายังคงเห็นคนเอเชียบางกลุ่มเลิกงานในเวลาเกือบเที่ยงคืน ซึ่งก็เป็นวัฒนธรรมการทำงานที่แตกต่างกันไป

งานที่ข้าพเจ้าได้รับมอบหมายเป็นเชิงวิศวกรรมในส่วนระบบทำความเย็นและการผลิต silicon wafer ในเครื่องตรวจวัดอนุภาค ซึ่งไม่ได้ใช้ความรู้ฟิสิกส์อนุภาคแต่อย่างใด โดยข้าพเจ้ามีที่ปรึกษาสองท่าน ได้แก่ Petra Riedler และ Andrea Francescon ในระหว่างที่เครื่องเร่งอนุภาคปิดปรับปรุง สถานีตรวจวัดต่าง ๆ จึงเขียนแผนงานการอัปเดตเครื่องตรวจวัดของตน เช่นเดียวกับ ALICE detector ได้มีรายงานการอัปเดต Inner Tracking System (ITS) และ Technical Design Report (TDS) ข้าพเจ้าได้มีส่วนร่วมในการเขียน literature review และวาดรูปใน TDS ซึ่งเป็นงานที่ได้รับมอบหมายจาก Petra แม้การทำ literature review จะเกี่ยวกับหัวข้อที่ใหม่สำหรับข้าพเจ้า เมื่อข้าพเจ้าได้รับมอบหมายงาน จะมีวันกำหนดส่งงานที่ชัดเจน แล้วปล่อยให้ทำงานด้วยตัวเอง เมื่อเกิดปัญหาหรือข้อสงสัยในการทำงาน ข้าพเจ้าสามารถขอคำปรึกษาได้ทางอีเมล การไม่ถูกตามงานหรือถามไถ่ว่ามีปัญหาอะไรหรือไม่ ทำให้ข้าพเจ้าต้องมีความรับผิดชอบและมีระเบียบวินัยในตนเองมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังได้ความรู้เพิ่มเติมในหัวข้อที่ได้ทำ literature review

ต่อมาเป็นงานที่ได้รับมอบหมายจาก Andrea คือ ออกแบบ silicon mask และคำนวณความดันภายในระบบทำความเย็นของเครื่องตรวจวัด “CleWin” เป็นซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับออกแบบ silicon mask ซึ่งมีขนาดเล็กในระดับไมครอน ซอฟต์แวร์นี้ง่ายต่อการใช้งาน ข้าพเจ้าจึงใช้เวลาไม่มากในการเรียนรู้ ในการคำนวณความดันภายในระบบทำความเย็นของเครื่องตรวจวัด Andrea ได้ให้บทความวิจัยและหนังสือเกี่ยวกับของไหลในระบบทำความเย็นแก่ข้าพเจ้าเพื่ออ่านและทำความเข้าใจ ข้าพเจ้าทำงานในห้องทำงานของ Andrea จึงสามารถถามและขอคำแนะนำจาก Andrea ได้ตลอด โดย Andrea จะอธิบายสิ่งที่ข้าพเจ้าสงสัย

อย่างละเอียดถี่ถ้วนทุกครั้ง นอกจากนี้ Andrea จะคอยถามถึงปัญหาและความคืบหน้าของงานอยู่เป็นระยะ ทำให้ข้าพเจ้าเข้าใจและทำงานได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง ซึ่งข้าพเจ้ารู้สึกโชคดีที่มีคนคอยแนะแนว และคุ้นเคยกับวิธีการทำงานแบบนี้มากกว่า

ข้าพเจ้ายังได้มีโอกาสเข้าไปในห้องปฏิบัติการ (cleanroom) ของ CMI ที่ EPFL สองครั้ง เพื่อศึกษาขั้นตอนการทำ Photolithography บน silicon wafer โดยมี Andrea เป็นผู้สาธิตและอธิบายกรรมวิธีอย่างละเอียด ข้าพเจ้าจึงได้เห็นภาพกระบวนการทั้งหมดในห้องปฏิบัติการจริง ซึ่งเป็นสิ่งใหม่สำหรับข้าพเจ้า เวลาเป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับการทำงานในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากเราใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการนี้ในนามของเซิร์น ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายเป็นรายชั่วโมง นอกจากนี้ยังมีคนอื่นที่ต้องการใช้เครื่องมือเหมือนกัน การทำงานจึงต้องว่องไวและรัดกุม

การฟังบรรยาย

ห้องบรรยายรวมที่เซิร์นเป็นห้องบรรยายที่มีคุณภาพ ซึ่งทำให้ข้าพเจ้าประทับใจมาก แต่ละที่นั่งจะมีเก้าอี้แบบ ไมโครโฟน และที่เสียบหูฟัง ซึ่งเพิ่มหรือลดเสียงได้ การบรรยายเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด โดยมีผู้บรรยายทั้งที่มาจากประเทศที่ใช้ภาษาอังกฤษเป็นภาษาราชการ และอื่น ๆ สำเนียงการพูดจึงแตกต่างกันไป ทำให้ทักษะการฟังของข้าพเจ้าดีขึ้นมาก นอกจากจะได้รับความรู้แล้ว ข้าพเจ้ายังรู้สึกโชคดีมากที่ได้ฟังบรรยายจากนักฟิสิกส์และวิศวกรระดับแนวหน้าของโลกเช่นนี้

สถานที่

CERN

ความประทับใจในสถานที่ของข้าพเจ้า เริ่มจากเซิร์นเป็นที่แรก เซิร์นเป็นสถานที่ที่รวมนักฟิสิกส์และวิศวกรระดับแนวหน้าของโลกจากหลายหลายเชื้อชาติ เซิร์นตั้งอยู่บริเวณชายแดนระหว่างประเทศสวิสเซอร์แลนด์และฝรั่งเศส มีไร่นาอยู่รอบ ๆ เงียบสงบ บรรยากาศเปิดโล่ง ไม่มีตึกสูงระฟ้า การที่มีสภาพแวดล้อมที่ดีเช่นนี้เป็นบรรยากาศที่เหมาะสมแก่การทำงานมาก เซิร์นยังมีสิ่งอำนวยความสะดวกครบครัน ทั้งห้องประชุม อาคารอเนกประสงค์ ที่พัก รวมไปถึงจักรยานและรถรับส่งไปยังสถานีต่าง ๆ ประสบการณ์ที่ดีที่สุดในการไปเซิร์นคือ ได้รู้จักกับเพื่อนต่างชาติจากทั่วโลก ได้เรียนรู้วัฒนธรรม แนวคิดและมุมมองใหม่ ๆ ของพวกเขา และเป็นโอกาสดีสำหรับการร่วมมือหรือความช่วยเหลือในอนาคต

เจนีวา

เจนีวาเป็นเมืองที่พิเศษที่มีผู้คนจากทั่วโลกมาอาศัยอยู่ การที่ราคาข้าวของในสวิสเซอร์แลนด์สูงเป็นพิเศษ จึงมีเงินมากพอเพื่อจัดกิจกรรมในโอกาสต่าง ๆ เพื่อคืนภาษีให้แก่ประชาชน ในช่วงเวลาสองเดือนที่ข้าพเจ้าได้ไปอยู่ที่เซิร์นนั้น มี “หนังกลางแปลง” ฉายที่เจนีวาทุกเย็นตั้งแต่กลางเดือนกรกฎาคมถึงกลางเดือนสิงหาคม³ ซึ่งเป็นภาพยนตร์เรื่องที่ได้รับคะแนนเสียงมากจากชาวเจนีวา มีเครื่องเล่นรอบ ๆ ทะเลสาบ มีการจุดพลุครั้งใหญ่สองครั้ง ซึ่งหนึ่งในนั้นใช้เวลาหนึ่งชั่วโมงเต็ม นอกจากนี้ยังมีคนคอยทำความสะอาดถนนทางหนทางในเมืองในเวลากลางคืน เจนีวาจึงดูสะอาดและเป็นระเบียบอยู่ตลอดเวลา

³ <http://www.cinetransat.ch/2013/#grille>

สวิสเซอร์แลนด์

สวิสเซอร์แลนด์มีประเทศเพื่อนบ้านที่พูดภาษาแตกต่างกันสามภาษา จึงมีฝั่งที่พูดภาษาฝรั่งเศสและเยอรมัน และบางที่ที่พูดภาษาอิตาลีเช่น ข้าพเจ้าได้มีโอกาสเดินทางจากเจนีวา ซึ่งเป็นฝั่งที่ใช้ภาษาฝรั่งเศส ไปยังฝั่งตะวันออกของสวิสเซอร์แลนด์ ซึ่งใช้ภาษาเยอรมัน และถึงจุดหมายที่เมือง Piotta ซึ่งใช้ภาษาอิตาลีในเวลาหนึ่งวัน ซึ่งเป็นประสบการณ์ที่แปลกใหม่ที่สร้างความสนุกสนานให้กับข้าพเจ้ามาก เพราะข้าพเจ้าพูดแค่ภาษาอังกฤษเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ทุกคนก็สามารถพูดภาษาอังกฤษได้ ทำให้ข้าพเจ้านึกถึงประเทศไทยซึ่งกำลังจะเข้าสู่ประชาคมอาเซียน ภาษาอังกฤษยังคงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการสื่อสาร โดยเฉพาะประเทศที่มีภาษาเป็นของตนเอง

ภูมิประเทศของสวิสเซอร์แลนด์เป็นสิ่งที่ข้าพเจ้าประทับใจที่สุด มีเทือกเขามากมายในสวิสเซอร์แลนด์ ในแต่ละสุดสัปดาห์ก็จะมีนักท่องเที่ยว ทั้งเป็นชาวสวิสและชาวต่างชาติเดินขึ้นเขาเพื่อชมทัศนียภาพที่สวยงามและเจียบสงจากบนยอดเขา สวิสเซอร์แลนด์มีแหล่งน้ำที่สะอาดจนสามารถดื่มได้จากก๊อกน้ำได้อย่างสนิทใจ ซึ่งเป็นสิ่งที่ข้าพเจ้าไม่เคยทำมาก่อน นอกจากนี้ ข้าพเจ้ายังประทับใจสาธารณูปโภคที่นี่มาก โดยเฉพาะระบบคมนาคม สวิสเซอร์แลนด์มีรถราง รถไฟและรถประจำทางที่เข้าถึงทั่วพื้นที่ ซึ่งต่างก็มีตารางการเดินรถที่แน่นอน ทำให้ทุกคนสามารถวางแผนการเดินทางได้ ข้าพเจ้าคิดว่า การที่มีสาธารณูปโภคดีทำให้คนไม่จำเป็นต้องใช้รถส่วนตัว จึงแทบไม่มีปัญหาจราจรติดเหมือนเมืองใหญ่ทั่วไป เช่นในกรุงเทพมหานคร นอกจากนี้สวิสเซอร์แลนด์ยังมีทางจักรยาน และผู้คนยังขับรถกันอย่างสุภาพอีกด้วย

ข้อเสนอแนะสำหรับการเข้าร่วมโครงการฯ

ในการเข้าร่วมโครงการฯ จะมีช่วงเวลาการเข้าร่วมโครงการฯ ให้เลือก เช่น 24 มิถุนายน ถึง 23 สิงหาคม หรือ 8 กรกฎาคม ถึง 30 สิงหาคม เป็นต้น ซึ่งข้าพเจ้าได้เข้าร่วมโครงการฯ ตั้งแต่วันที่ 1 กรกฎาคม ถึง 23 สิงหาคม โดยมีเวลาจัดการเอกสารทุกอย่างที่เชิร์นให้เรียบร้อย 2 วัน ก่อนที่การบรรยายจะเริ่มขึ้นในวันที่ 3 กรกฎาคม ข้าพเจ้าคิดว่า การเข้าร่วมโครงการฯ ก่อนจะมีการบรรยายประมาณหนึ่งถึงสองอาทิตย์ จะเป็นผลดีต่อตัวนักศึกษา โดยสามารถเริ่มงานได้เร็ว และมีเวลาทำงานทั้งวัน ทำให้ได้เจอ supervisor มากกว่าและเรียนรู้งานได้มากกว่า เมื่อปรับตัวได้ จัดตารางเวลาได้ และทราบว่าต้องทำงานอะไรบ้าง ก็จะสามารถกลับมาทำงานเองได้ และทำงานได้อย่างรวดเร็วขึ้น แม้ต้องใช้เวลาในช่วงเช้าเพื่อฟังบรรยาย อีกทั้งนักศึกษายังได้ทำงานและเข้าใจงานของตัวเองมากพอที่จะสามารถนำเสนอผลงานได้ ในกรณีที่ต้องการนำเสนอผลงาน นอกจากนี้ นักศึกษาจะได้กลับมาเรียนทันเวลา หรือไม่ช้าจนเกินไป กรณีที่ศึกษาต่อที่ประเทศไทย

ข้อเสนอแนะสำหรับนักศึกษารุ่นต่อไป

1. ภาษาอังกฤษ และภาษาฝรั่งเศส

ภาษาอังกฤษเป็นสิ่งสำคัญ ทักษะการฟังที่ดีจะทำให้สนุกกับการฟังบรรยายมากขึ้น ทักษะการพูดที่ดีจะช่วยให้เข้าสังคมได้อย่างมั่นใจ มีบทบาทในวงสนทนา ทำให้ได้เพื่อนใหม่มากขึ้น นอกเหนือจากเพื่อนร่วมงาน อย่างไรก็ตาม ทุกคนที่นั่นอวยชัยดีและอยากรู้จักเพื่อนใหม่ทั้งนั้น ฉะนั้น แค่ไปพูดกับเขา เขาก็จะคุยด้วยและช่วยเหลือเราเรื่องภาษาอย่างใจดี หากมีทักษะภาษาอังกฤษที่ดีอยู่แล้ว และต้องการฝึกภาษาที่สมควรฝึกภาษาฝรั่งเศส เพราะคนส่วนใหญ่พูดภาษาฝรั่งเศสเป็นหลัก

2. ศึกษางานที่จะไปทำตั้งแต่เนิ่น ๆ

ช่วงเวลาสองเดือนที่เซิร์นผ่านไปเร็วมาก จึงควรติดต่อกับที่ปรึกษาเพื่อขอศึกษางานที่จะต้องไปทำตั้งแต่ก่อนไป ควรเตรียมตัวและทำความเข้าใจงานที่จะต้องไปทำตั้งแต่ก่อนไปเซิร์น เพื่อให้ใช้เวลาเรียนรู้งานน้อยที่สุดเมื่อไปอยู่ เนื่องจากมีเวลาที่นั่นเพียงสองเดือนเท่านั้น นอกเหนือจากงานแล้ว การมีความรู้ฟิสิกส์อนุภาคไปด้วยจะทำให้ฟังการบรรยายสนุกขึ้น และสามารถถามคำถามเพิ่มเติมกับผู้บรรยายผ่านทางไมโครโฟนในห้องบรรยายได้ ซึ่งนับเป็นประสบการณ์ที่น่าตื่นเต้นมาก แต่ข้าพเจ้าไม่ได้ถามผ่านทางไมโครโฟน แต่ไปถามตัวต่อตัว เพราะวันนั้นมีคนถามเยอะมากจนหมดเวลาไปเสียก่อน

3. เพื่อนชาวต่างชาติ

การมีเพื่อนชาวต่างชาติทำให้การอยู่ที่เซิร์นสนุกขึ้นมาก เพราะพวกเขาจะทำกิจกรรมกันเกือบทุกเย็น ทำให้รู้สึกว่าได้ใช้ชีวิตจริง ๆ เพราะนอกจากจะมีอะไรใหม่ ๆ ให้ลองทำแล้ว ยังมีเพื่อน ๆ ร่วมทุกข์ร่วมสุขไปกับเราด้วย และยังช่วยเหลือกันแม้มีปัญหา ทั้งตอนอยู่เซิร์นหรือกลับประเทศมาแล้ว หากมีกำลังทรัพย์จะกลับมาสวิสเซอร์แลนด์อีกเมื่อไหร่ก็ได้ แต่คนพวกนั้นไม่ได้มาเจอกันเมื่อไหร่ก็ได้ จึงควรทำความรู้จักไว้เมื่อมีโอกาส

4. ที่พัก

ที่พักที่เซิร์นจัดให้ทั้งหมด 2 ที่ ได้แก่ CERN hostel ซึ่งอยู่ในเซิร์น และ ที่พักนอกเซิร์นที่ Robert Schumann hostel ใน St.Genis ราคาที่พักที่ถูกที่สุดคือ CERN hostel แบบ share room คือพักสองคนต่อหนึ่งห้อง หากต้องการความสะดวกสบาย ควรเลือกที่พักนี้เพราะไม่ต้องเดินทางออกนอกเซิร์น มีห้องครัวที่มีเครื่องครัวพร้อม ทั้งช้อนส้อมจานชาม หม้อ กระทะ มีดเขียง ไมโครเวฟ เต้าไฟฟ้า เต้าอบ และตู้เย็น แต่ห้องครัวจะวุ่นวายมาก เพราะเป็นห้องครัวที่ใช้ร่วมกันทั้ง hostel นอกจากนี้ การ share room จะทำให้ได้รู้จักกับเพื่อน summer student ได้ง่าย เพราะนักศึกษาจากประเทศสมาชิกมักจะทำที่พักอยู่ในเซิร์น และพบปะพูดคุยกันที่ R1 อยู่เสมอ อย่างไรก็ตาม หากต้องการความเป็นส่วนตัวด้วยราคาที่ถูกลงมาก ควรเลือกพักห้องเดี่ยวที่ St.Genis ห้องครัวที่นี่มีไมโครเวฟ หม้อ กระทะ เต้าไฟฟ้า และตู้เย็น ต้องเตรียมอย่างอื่นไปเอง แต่จะมีความเป็นส่วนตัวและเงียบสงบมาก เนื่องจากอยู่ติดทุ่งนา และมีห้องครัวให้ในแต่ละชั้น จึงไม่วุ่นวาย

5. ทำกับข้าว

ควรทำกับข้าวเป็น เพราะอยู่ไปเรื่อย ๆ จะคิดถึงอาหารไทย และการทำกับข้าวเองจะประหยัดกว่ามาก

แผนการดำเนินการหลังเข้าร่วมโครงการ

ข้าพเจ้าจะช่วยประชาสัมพันธ์โครงการความร่วมมือไทย-เซิร์น และให้คำปรึกษาแก่นักศึกษารุ่นต่อไป และช่วยพัฒนาและประชาสัมพันธ์ฟิสิกส์อนุภาคและวิทยาศาสตร์ตามความสามารถของข้าพเจ้า เพื่อให้เป็นที่รู้จักและมีกำลังคนมากขึ้น สำหรับความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของประเทศไทย

ปัจจุบันข้าพเจ้าเป็นนักศึกษาปริญญาเอกที่ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล จากความรู้และประสบการณ์ที่ข้าพเจ้าได้รับจากการเข้าร่วมโครงการ ทำให้ข้าพเจ้าค้นหาตัวเองเจอและมีเป้าหมายในการศึกษามากขึ้น โดยข้าพเจ้าสนใจจะศึกษาต่อในด้านฟิสิกส์อนุภาค ข้าพเจ้าจะนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ทั้งกับตัวข้าพเจ้า สถาบัน และประเทศไทย

ภาคผนวก บันทึกประจำวัน (Diary)

30-06-2013



“This is it. This is what I've been waiting for nine whole months.” The atmosphere of leaving the country for Europe for the first time was warm enough when there were family and friends waving me off. Since this was all new to me, I felt excited instead of sad. I barely slept on the plane since there were tons of movies to be watched. Ajarn Goi, Saroch, and I flew with AirEmirates and had a transit at Dubai airport. As we entered Swiss sky the very first thing we noticed was the Alps. They stood high and grand with snow all over. “And hello, Geneva!” Ajarn Chinorat, P'Phat (Dr.Norraphat), P'Nan (Miss Chayanit), and P'Gai (Dr.Narong) were at the airport to pick us up. Ajarn Chinorat treated us coffee. He was my supervisor, but he had to catch a flight back to Thailand right away, so we only had some time to talk. P'Phat took us back to CERN to pick up keys for our hostel, Robert Schumann Hostel in St.Genis. P'Gai was kind enough to carry my luggage all the way from the airport to my room. P'Phat and P'Gai also cooked us dinner. I couldn't be grateful enough. Everything was so nice, the weather, the atmosphere, the view, and the people. “This is it. This is peace!”

01-07-2013



The first day was always exciting. Saroch and I attended an orientation for students who had just arrived. There were so many things to be done. I needed to get CERN access card, ask for an office key, get internet access, and get a bike. I made new friends today: Umut from Turkey, Citlalli from

Mexico, Daniel from Ecuador, and Siew Yan from Malaysia. In the evening Petra, who was also my supervisor, dropped by to greet me and gave me a photocopy of a chapter I had to read, which was about silicon wafer fabrication that I had no clue about it. That was a very warm welcome :) I biked back to St.Genis and it was so tiring riding up hill. By the time I got back Carrefour was already closed, so we had MAMA for dinner. I needed to keep in mind that everything closed around seven thirty. The worst part of the day was realizing how bad I looked in the picture on CERN card. Not only the room for taking picture was quite dark, but I also looked like I was saying “what?” in the picture. Well, at least it made me laugh every time I looked at it :)

02-07-2013

I had breakfast at CERN today, and then joined Petra for a video conference to Thailand. She skyped to Thailand to discuss her work with Ajarn Chinorat and his colleagues. I finally met Andrea who was the other supervisor from Italy. He was also doing his PhD in EPFL. Not only had I got a computer, Andrea kindly asked for a LAN for me. It was delivered by a Spanish technician. It amazed me how people speaking many different languages were literally working together. In the evening Saroch and I rushed to Carrefour to buy some food. There I was introduced to Kevin from Ireland who was friends with Saroch.

03-07-2013



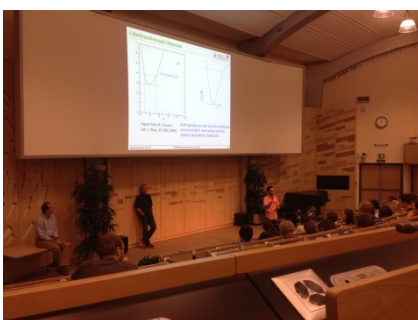
There was a shower of rain today that Saroch and I decided to take summer student bus to CERN. Today was the first day of lectures and they were very good. There were two hours of Particle World lecture by Dr. Tara Shears from University of Liverpool to give us the whole idea of particle physics. Then there was library introduction and we all received a particle pocket book from the library 😊

In the afternoon I went to the office and Andrea gave me his paper to read it through. It was on two-phase heat flow in microchannel. At five I attended the welcome ceremony for summer students to meet and get to know each other with a little bit of something to drink and bite. One of the friends I made today was Dymitro from Russia. He reminded me of Sheldon Cooper in The Big Bang Theory. At night I had a breakdown today while messaging my sister. I guessed this was what homesick felt like. ☹️

04-07-2013

“Happy Higgs Day!” I started the day with the standard model (SM) lecture by Prof. James Wells. The lecture was very difficult as he used group theory to explain about particles. Next was Statistics lectures on probability. After that there was discussion session where we could ask questions from the lectures. I thought this way of study may be practical since no one interrupted in the middle of the lecture. Plus there was enough time for not only an answer, but “a discussion.”

In the afternoon Petra assigned me to do a summary on dicing technology, draw a sketch for TDS report, and a literature review. In the evening P'Phat, P'Nan and P'Gai took P'Goi, Saroch and I had kebabs by Lake Geneva. I had never had a kebab before and it was soooooo gooooooooood. And eating by the lake was wonderful with cool breeze and endless blue water and sky. Oh I wish we had this in Thailand. I had my first ice cream here, too. The most shocking part of the day was I encountered a beggar when I was standing



alone. He was saying something in French and looking at money in my hand, so I just ran to the others. I was safe though. Phew!!!

05-07-2013



Today's lectures began with symmetry in SM, followed by accelerators and statistics lectures. The accelerators lecture started with history of accelerators. It covered numbers of accelerators and their development until the previous LHC.

In the afternoon there was a welcome lecture from the director general of CERN, Prof. Rolf-Dieter Heuer, on the past, present, and future of Particle Physics. Prof. Heuer mentioned how CERN was started after WWII. My favourite quote was "Science is what brings people together. If science can't do that, what else can?" He also mentioned that working with physicists meant dealing with egos 😊

06-07-2013

"Yvoire, here I come!" Today P'Phat, P'Gai, Saroch, Siew Yan, and I went on the first trip this weekend. We first visited the Red Cross museum in Geneva. The place kept name cards, letters, and stories of people who had sheltered at the Red Cross camp during WWII. It was very emotional reading letters of people who were taken away from their families by a war they didn't even cause it. That was something to remind me how lucky I was for having freedom, shelter, food, and safety.



After that we visited Yvoire. Yvoire was gorgeous. It was a lovely village with European style house. There were flowers at every balcony, houses made of bricks, and old green windows. I wanted a house like that! We took ferry back to Geneva and it was then that I found peace. Cool wind, warm sun, and people speaking languages I didn't

understand, it felt so right :) I felt at peace enough that I had completed all the lyrics to my unfinished song. Back at St.Genis, P'Gai and Saroch cooked us dinner and we talked for a bit. Overall, it was the best day since my arrival.

07-07-2013



Nothing was better than a lovely Sunday. There was a circus show in St.Genis at 5 p.m. But since we didn't know before, Kevin, Saroch, Siew Yan and I went there at 7. Even though Kevin knew we were too late, he was nice enough to accompany us and walked us around St.Genis. We ended up at a very nice pub

named “Charly's” and that was when Kevin introduced Irish cider to me. We had a long conversation about politics, economy, movies, songs, and drinks. This was exactly what a lazy Sunday should be like!

08-07-2013

I started the second week of my stay with SM lecture by Prof. James Well on invariance transformation under Lorentz symmetry. He also dusted off some details in particle spin tensor product, for example $|1/2\rangle \otimes |1/2\rangle = |0\rangle \oplus |1\rangle$. Next was the accelerator lecture on theory and particle trajectory inside. Lastly was the final Statistics lecture. In the afternoon I went to the office and continued on the literature review of dicing technology.

09-07-2013

Today's lectures began with the SM and followed by 2 lectures of accelerators. The accelerator lectures reached the part of the storage ring on its design and functions. There were also dipole and quadrupole magnets for focusing beam, which were represented as matrices for calculations.

There was ALICE lecture for ALICE summer students in the afternoon. I hopped on shuttle bus number 1 with Imbre from Indonesia. He worked at ALICE also and we accidentally bummed into each other. The lecture was all about ALICE detector and its purposes. Despite its size comparing to the other detectors, it allows us to study enough physics from lead-lead collision. It was a brilliant idea to have this introducing lecture for us

so we get to meet all ALICE summer students. I made new friends as well: Malte from Germany, Miguel from Chile, and another who worked in the same building as me but I didn't catch his name.

Today Saroch and I got milk from a milk machine. How cool was that! I had to admit that public utilities in Europe were well organized – automatic light, bike lane, drinkable tap water, drying machine for laundry, etc. Now this was truly civilized!

10-07-2013

Today's lectures started with the final lecture of SM on the topic of observables in SM, followed by the last lecture of accelerators. The other lecture of today was the first on detectors. I was introduced by the discovery and identification of particles with cloud chamber in the old time. Later it was developed, and then became detectors with electronic images.

There was CMS Summer Party today. P'Phat kindly took us to Point 4 CMS Detector where the party was held. It was on the French territory. The party was full of people. I didn't know anyone there since I worked at ALICE so I always hung with the Thais. At the end of the party we took photo. Since there were hundreds of people there, the



photographer had to be up on the crane. It was a very fun thing to witness and there we were in the little red rectangle! 😊

11-07-2013

There were 2 new lectures today: HEP Theory Concepts and Electronics. The HEP lecture was very exciting because the lecturer was wearing a t-shirt, shorts, and flip flops, and was using a blackboard. Moreover, he revised all the important concepts for us, such as Lagrangian, Hamiltonian, and special relativity. The electronics lecture covered all the electronic parts in detectors and how they worked.

Today P'Phat, P'Gai and Saroch cooked dinner at St.Genis. It was very nice because after we finished eating, we sat there for a very long conversation until it began to get dark. It was always fun hearing new stories about CERN and Switzerland since I was very interested in studying abroad. The only problem was that I wanted to do it as soon as possible, but the funding was still a problem 😞

12-07-2013

Today's lectures continued on HEP, electronics, and detectors. One very interesting paper mentioned today was "The search for hidden chambers in the second Giza pyramid" which was done by looking at cosmic-ray absorption by Luis Alvarez. He finally concluded that there were no chambers at all.

There was a party tonight. Kevin told me that if I wanted to make more friends, I had to go to a party. Therefore, I would not miss it. Saroch and I went back to cook dinner at our hostel and intended to bike back to CERN for the party. It turned out they built a cage for our all the bikes and it required a password to open the door, so we had to walk back to CERN. This party theme was "particle-antiparticle". I was handed a piece of paper of either a particle/antiparticle and I had to find my antiparticle/particle, then we would get free drinks. My first pair was Andrea from Russia. He was a good photographer as well. After 22 years in Thailand I had the first party of my life here at CERN. I made many new friends at my first party: Harry (Cyprus), Petros (Greece), Mohanty and Happy (India), Steven (France), Aleksis (Finland), and Jared (USA) who hosted the party.

13-07-2013

And then came Saturday 😊 After a few hour sleeps I woke up to catch the tram to Geneva. Harry, Petros, Marius, Saroch, Siew Yan, Imre, and I were going to Science Museum today. The museum was full of old precious



inventions. I was amazed by those scientists' visions as I carefully walked around the museum. Even though we didn't have to pay for the entrance, everything was well kept as if everyone still treasured it. We grabbed pizzas for lunch and had them by the lake. I loved the lake, I loved how people gathered together to do activities by the lake. It probably was the only place where people could do everything for fun. Swimming, bicycling, eating out, dancing, clubbing, outdoor cinema, parade, party, etc. you name it!

Since last week was Bastille Day, Geneva decided to hold a parade this weekend. So today there was a parade and it was super crowded. There were trucks with music and dancers on them. People at different generations from all over the city were here to enjoy the moment. I liked it how I could see children, who didn't even know how to walk, and oldies, who didn't even want to walk anymore, had their fun time in this loud and crowded parade. This was life!

14-07-2013

Due to extreme activities since Friday, there was no alarm set on this lazy Sunday. I called mum and messaged my sister on Facebook. Oh I missed them so much, especially my sister. I wish she were here to share the experience with me. This was actually the first time I called mum ever since I got here, so it was very emotional.



Then, of course, there was an unplanned activity in the evening. I joined a group of friends for the fireworks at Ferney-Voltaire. As mentioned it was Bastille Day last week, the fireworks today were for celebration. The evening at Ferney-Voltaire started with a jazz band and simple food. I also took a walk around the place. The nicest thing I saw was that people blew car horns when they passed by to greet and celebrate their national day. Finally, it got dark! When fireworks began, there was orchestral music played along in synchronized. How European was that! It was a very nice atmosphere seeing people lying down on the grass watching the fireworks.

15-07-2013

The third week lectures still began with HEP, electronics, and detectors. Today's HEP lecture was mainly on "fields". The detectors lecture went in details of silicon detector and its properties. Moreover, there were parts about damages in detector with bulk damage and leakage current.

In the afternoon there was summer students' group photo. Wow, there were loads of students, I didn't realize. After taking group picture I had to take pictures of some bead samples for Petra with a microscope. Well, there were 100 holes to be taken, so patience was required. I had lunch with Jared from the US. He was a technical student at CERN who hosted the last party, so everybody knew him. This was one of a few times I got to know popular kid, so I guessed I did pretty well 😊



16-07-2013

Today's lecture got even more interesting. The last lecture of the day was Beyond the SM, which the lecturer mentioned the problem of electroweak symmetry breaking and Higgs mechanism. I made a new friend today at the lectures. His name was Lucas from the US. He was still in high school, but he attended the lecture as well.

There would be ALICE summer party coming up, so I went to see the ALICE secretariat to pay for the ticket to the party. It was 10€ for summer students. I wonder why it was free for people at CMS. At 5 p.m. P'Gai took me to meet Panos, the PH Newsletter person for ALICE. He was working on summer students articles online and he asked me to write about my stay at CERN and other experiences. Yay!!!

17-07-2013

Today lecture on Beyond the SM was awesome. It said in the slides that most physicists believed that there would be more things to be discovered, apart from Higgs particles. This lecture broadened our perspective on how much more experiments we could conduct in this field. However, I left during the second lecture to join Petra and Andrea for a video meeting with TMEC. Petra kindly guided me through the idea of doing the literature review which she asked me to do. After lunch I took pictures of more examples for Petra. I also skyped with Ajarn Chinorat later for a little while.

18-07-2013



“And finally, it’s ALICE Summer Party!!!” Since Andrea was in Lausanne, I only did some revision in the afternoon. In the evening I took the Y-bus back to St.Genis to join the other ALICE summer students. We headed off to Point 2 together, which was where the ALICE detector was and where the party was held. There were Miguel, Vladimir, Cilalli, Santiago, and I. None of us knew how to get there, but luckily we met the others on the bus who knew where they were going, so we just followed them. The party was more like having dinner together. The staff and people who worked at ALICE were very nice and warm that it made me feel that they were more like families. I made more friends today: Vito (Lithuania), Connor (England), Ilaria (Italy), Antti and Yanne (Finland). I liked meeting new people. It was the best part of being at CERN. I got to meet and learn about people cultures and experiences from all around the world. I was so grateful I was chosen as a summer students from Thailand 😊

19-07-2013

Today was the last lecture on Nuclear physics which was on the ISOLDE facility at CERN. It covered details in both theory and applications. Some examples of ISOLDE experimental techniques were laser spectroscopy, ion traps, and Coulomb excitation. I had a question about cyclotron also and the lecturer was kind enough to answer my question individually.

I met Petra in the afternoon to fix every single thing in the literature review I sent her. She was so kind that I felt bad I didn't do the work well enough for her. In the meantime Andrea gave me a "CleWin 4.0" program for designing wafer. In the evening the Thais were out for a welcome dinner as Tua had arrived today. He was from Cambridge and he knew P'Nan. He was my age and it was very easy talking to him 'cause he was a fun guy. We had dinner at a Chinese restaurant in Geneva. Thanks to P'Nan, she was kind enough to treat Tua and me on that meal.

20-07-2013



P'Gai, P'Nan, Saroch, Tua, Siew Yan and I visited Patek-Philippe Museum for this weekend. It was the museum of two to three floors of watches and decorations. There were watches from all around the world ever since one was first made. There were even watches from our King Rama V. They were all very glamorous that I really praised the people who made them that neat. The thing that I had realized today was how rich and artistic the Europeans were, especially in Switzerland. They were rich enough to make thousands of fancy watches. The most important thing was that those watches were still being treasured and I surely did treasure them today.

21-07-2013

“Off we go to Montreux!” The Thais visited Chateau de Chillon today. It was an old but complete castle in Montreux from the middle age. The castle stood grand by the lake. Wandering inside made me felt like really living in a castle and getting a clear view of how life back then was. After that we dropped off in Lausanne to meet P’Nu and Peach, who were P’Nan’s friends. We chilled out by the lake for a couple of hours then headed home. It was the same lake in Geneva, so it was either the lake was big or Switzerland was small 😊 There was also an interesting C-shaped windmill in the lake, with the other halves on the shore. P’Nu explained that it was used to tell which season it was then. Each season wind would blow differently, changing the C-shaped windmill angle. What we had to do was we looked from the other semicircles on the shore to see which one completed the circle with the windmill in the lake. Complicated, but brilliant and interesting!



22-07-2013

The fourth week of my stay began with the new lecture on neutrino physics. The lecturer was Dr. Boris Kayser who gave the lecture very impressively. The amazing thing introduced in the lecture was that without the neutrino, angular momentum would not be conserved. In the afternoon Andrea gave me the first design of the wafer mask for a design using the CleWin software. Since everything was in microscale, the program helped in making it precise. It was very neat, but time consuming.

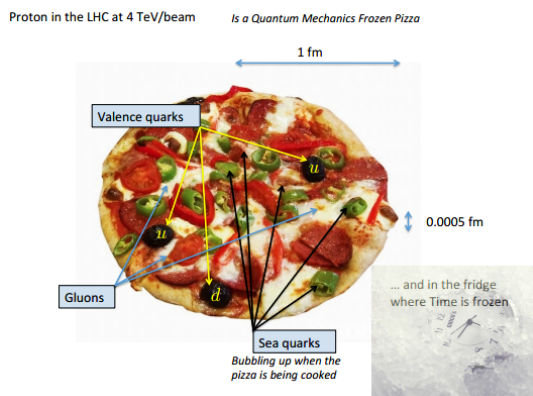
In the evening I joined the first French lesson hosted by three French summer students. They began with easy words and counting in French. The thing about numbers in French was that you didn’t only count, but you had to do the calculation also. For example, 70 was 60+10 and 90 was 40x2+10. Difficult! I also made new friend today. His name was

Henrik who was Connor's friend. He had a blog with pictures of places in Europe where he biked around. It was very awesome.

23-07-2013

Andrea picked me up early in the morning because we were going to Ecole Polytechnique Federale of Lausanne (EPFL) today. I attended a presentation about cleanroom at Center of MicroNano Technology (CMI) where Andrea and his other ALICE colleagues did their laboratory work. I had a tour around and inside the cleanroom. Since I wasn't an engineer, I had only seen this kind of room once when I visited TMEC in Chacherngsao. Andrea was kind enough to guide me through all the photolithography process. Even though the safety suit made us consume less oxygen that we were both very tired, he calmly explained all my questions very clearly.

24-07-2013



The lecture started with Physics at future collider. The lecturer introduced a proton as a frozen pizza, and explained how we got the full basic building blocks of SM. However, they were hoping that light might come from Japan, as they would built a new accelerator there. Today was the last day of the neutrino physics lecture by Dr. Boris Kayser. He left us with some open questions like 'are there more than 3 mass eigenstates?' and 'are neutrinos their own antiparticles?' Because he was very good, at the end of the lecture there was a very long applause that went on and on that made everyone in the auditorium laugh.

26-07-2013



Lectures for today were future collider's technologies and SM physics in LHC. The SM lecture this time was in general aspect, with no mathematical representation, including electroweak mixing, producing W&Z bosons, and gauge theory. In the afternoon Andrea gave me a new paper on pressure drop in microchannel for me to read it through. It had plenty of parameters and mysterious correction factors. At 4 p.m. I went to Point 2 ALICE detector with P'Gai and the others. He kindly invited me to visit ALICE detector. It was one beautiful detector which was smaller than my expectation. There were numbers of wires and magnets that I looked up to those who took parts in building and connecting them together.

P'Goi was leaving tomorrow and needed a place to stay, so I offered her my room. There was the second summer students' party tonight in theme of "radiation party". We were given glow sticks when we entered the pump hall. I met and talked with a lot of people tonight that I was very grateful of my English speaking skill. The next thing I knew was it was three in the morning. Connor kindly walked me back to St.Genis then walked himself back to CERN.

27-07-2013

This weekend Saroch, Tua, and I took a train to meet P'Nu in Zurich. Our destination was Stoos which was on the East of Switzerland where people spoke German. I had a chance to talk with a soldier who was sitting next to me on the train. I thought it was very nice how strangers could talk to each other on the train. I was told by Connor that it was very common back then. Sadly people didn't do that much anymore since they were busy on social network. This conversation included how soldier system worked in Switzerland which was new to me. New things were always interesting! We said goodbye at the Zurich train station as I joined P'Nu to Stoos. It was madly beautiful. We had a lift up the mountain and walked around until one of us needed the toilet so bad. The view up there was

astonishing. Seeing mountain ranges with snow on top in a sunny day with cool breeze was typical in Switzerland. Yet I was always blown away by the scenery. We totally forgot about the time that we had to run for our lives for the last lift down, or else it was a four-hour walk for us.

28-07-2013

This morning we headed off to Caumasee. It was another hiking place with a small blue lake. I really had fun walking up and down the mountain with the three, even though it was really tiring. The best thing about this trip, apart from heaven-like view, was that P’Nu, Saroch, and Tua all had fancy cameras. And since I was the only girl and I loved being a model so much, I had three photographers shooting pictures for me. I had an extreme fun and couldn’t be thankful enough for this opportunity I had to visit such a wonderful place 😊



29-07-2013

Oh, it rained again. I had breakfast at CERN today, wet and cold. Today’s lectures were another interesting topics on LHC upgrade, search for beyond the SM physics at LHC, and the final lecture for SM physics in LHC. The LHC was in between the long shut down for an upgrade that would increase the energy up to 7 TeV. However, there were significant challenges on magnetic field errors, collimation efficiency, machine protection, collective effects and more.

As a result of my extreme activities since Friday, plus the rain this morning, I had a fever. I was sitting in my room feeling dizzy and hot and cold. It was very bad that I had to

crawl up the bed and slept immediately. I remember the only thing I said to myself was “please, don’t die here.”

30-07-2013

I woke up this morning, still feeling sick. After a couple of Paracetamol and sleeping through one complete lecture, I finally got my energy back. I had to be okay today because there was a Cloud Chamber workshop this afternoon. The workshop was hosted by one kind old man who worked at CERN. We had a fish tank cooled down with dry ice. Inside the tank was full of alcohol. Then we shone the light from a torch to the cloud-like area down the tank and once in a while we would see particle tracks.

In the evening Connor took me to Lord Nelson’s pub. It was a nice open-air place in Geneva with a really good beer. We had a very long conversation about our cultures and experiences. I really liked how fun and easy-going he was. Meeting and getting to know so many people at CERN really did open up my eye. I really got the idea of their cultures and attitudes that I could embrace all the good side about them and help me to become a better person. Thank you for this position 😊

31-07-2013

This was half of my stay at CERN which surprised me how fast time flew. Today was the final lecture of accelerators in cancer therapy. The lecture included the quantitative and qualitative comparison between protons, X-rays, and carbon ions. The thrill of the lectures still continued as the last lecture in the morning was on supersymmetry, stating that for every particle in the SM, there is a super-partner with spin-1/2 difference. In the afternoon I continued a mask design on CleWin software.

01-08-2013

“Happy Swiss National Day!” and it was still a working day 😊 After being teased by some friends how incredible CMS was, my CMS visit day had come! I hopped on the bus with the other summies to CMS detector at point 4. The guide we got was very good. He showed us around, explaining how things worked. One thing he emphasized was some bottles of champagne. He told us that they opened a bottle of champagne every time they discovered something. How cool was that! It inspired me to try to achieve my goal, whatever

thing it would be, and opened a bottle champagne for a celebration, too. Well, let's set the first goal now: how about getting a scholarship to study particle physics in Europe?!

In the evening there was summer student barbeque party at a nice field near CERN. Since today was Swiss National Day, there were another fireworks. Oh, how I loved watching fireworks in the night sky! At the barbecue people brought their own food and drinks to eat together and socialize. I first sat with the Americans and one of them introduced me to marshmallows. Tony was the one who offered me a hot marshmallow with chocolate wafer. It was heaven-like eating them together!

02-08-2013

This morning I had two-hour Cosmology lectures which I really enjoyed. The lecturer began with the state "In General Relativity space tells mass how to move, mass tells space how to curve." And lastly they were followed by the flavor and CP violation lecture. In the afternoon I worked on a new mask design I got from Andrea, which was more complicated this time. After work Connor took me to an Indian restaurant next to CERN. We had Indian curry which was reeeeeaally goooooood!

03-08-2013

This Saturday I rushed to the bus stop with Saroch today as we were heading off to Neuchatel with P'Phat and Siew Yan. It was a very nice place for hiking. I was warned by P'Phat that we had to hike for four hours. I knew right before I left St.Genis that my shoes would probably be ruined, so I brought another pair of shoes with me. And yes, they were ruined, so I had to continue my hike with my red casual shoes which were made for shopping. They weren't really appropriate, but they looked funny. The view from the top was breath-taking as usual. Since I was a nature person, I couldn't be grateful enough of how lucky I was to witness it.



04-08-2013



P'Phat and Saroch cooked us lunch today. Siew Yan and Connor also joined. This was my chilling Sunday, so I just chilled in my room. In the evening Connor and I went to Geneva for an open-air cinema. We grabbed two chicken kebabs for each of us and walked all the way to "Parc de la Perle du Lac", which I guessed would mean "park by the lake". Since it was open-air, we had to wait until it got dark, which was around 9:30. The movie we watched was "V for Vendetta". It was my first time watching an open-air movie and also with French subtitle. I also made new friends today: Garrit and Julie from Germany, and Jake from England. I really had to thank Connor for that. Because of hanging out with him, I met a lot of people and I was more relaxed and opened. I also did more activities than how much I did when I hadn't met him. Plus, the open-air cinema by the lake was very nice that I wish we had this in Thailand.

05-08-2013

The first Monday in August began with Monte Carlo (MC) lecture. It was new to me, but there was practice exercises on MC for summer students. The next two lectures were on flavor and CP violation which the lecturer introduced the data from LHCb experiment, which the CP violation could be directly observed in D-meson decay.

In the evening I took salsa lesson organized by one of the summer students, Cristina, at the pump hall at CERN. There were more boys than girls because more boys did physics! The teacher was Lukas, who was studying Economics and went to the same salsa class as Cristina. I was very glad I joined the lesson. Not only was it fun, but I also made new friends and really learned salsa dancing skills.

06-08-2013

This morning I had breakfast in the kitchen and made new friends! They were siblings from Poland who had just moved in. Their names were Anka and Kacper (Casper). There were two new lectures today on Astroparticle Physics and Antimatter. The astroparticle physics lecture covered details about cosmic rays and its source. The antimatter lecture began with the antimatter lamp from the movie “Angels and Demons”, which really got our attention 😊 CERN also had fully equipped antiproton decelerator facility which could make an antiproton.

At work Andrea told me he would leave for a vacation soon and would be back after I left, so he suggested me to do a presentation to his colleagues while he was still here. I was very scared because I hadn't done much. Basically I was just started! But he was very kind. He told me that it would be okay and he would be there to help me throughout the presentation.

07-08-2013

Oh, it rained today 😞 Andrea helped me with the presentation about my work. After lunch was the first meeting with the cooling system group from various detectors. To me it was nerve-wracking giving a presentation to experts at CERN when I was in that field. However, people were kind enough to understand what I was trying to say and agreed with the idea. Well, it was Andrea's idea and he helped explaining what I was saying too, so he deserved all the credits. The next meeting was at four. This time was between the ALICE group. I felt like the second time was a little bit better.

After work I headed to Geneva. Connor and I planned to go to salsa dancing by the lake but they canceled it due to the rain. Instead we went to have fondue. I had never had fondue before and I really loved it. It was bacon cheese fondue and we ate it with bread. Now this was something Swiss!

08-08-2013

Another interesting lecture today was about String theory. I missed the other two because I joined Andrea to EPFL. This was also the last day I would see Petra and Andrea because they would be off for their long vacations. I took pictures with them and said

goodbye to Petra. Andrea and I were introduced to a Chinese high school boy, Daniel, who was a new trainee at ALICE. He was interested in photolithography so he joined us to EPFL. Andrea went through all the processes again for both of us. He was very kind and I felt really lucky to have him as my supervisor 😊

In the evening there was the third summer students' party held at CERN in the name "Endless Summer Party". I invited Anka and Kacper to the party. Their father worked at CERN so he kindly picked us up at St.Genis and dropped us off at CERN. Anka told me she didn't know anybody and it reminded me how I was when I first arrived. She met a Polish friend at the party, so I thought it was very good for her. This party was the third and best one for me. I danced for hours with Kacper through Michael Jackson's song that he requested. I had just realized how much I loved dancing!

09-08-2013

Today was the last day for the lecture. The closing lecture was unexpectedly beautiful. It was about CERN and their discoveries since the beginning until today. There were a group of summer students sitting in the front row, wearing toga which was Gerrit's brilliant idea. As soon as the lecture finished they just stand clapped for the lecturer. It was hilarious, yet noble 😊



In the afternoon the summer student t-shirts had arrived! It was very cool and small since I ordered the small size. I received an e-mail from the hostel saying that my room was

too untidy that the housekeeper couldn't conduct the cleaning. It was so embarrassing, so later that evening I just spent hours cleaning and tidying my room ☹️

10-08-2013

Connor's family visited him yesterday and he kindly introduced them to me. There were his grandparents, Harry and Patricia, and his mother, Julia. I had dinner with them and I really liked it. They were one happy British family that I got the story why Connor was very friendly and fun. At 10 p.m. there were fireworks by Lake Geneva which stated to be the second biggest fireworks in Europe and lasted for one hour. We met the Americans and joined them for the show. Fireworks always captured my heart. They were grand and beautiful that an hour was not enough for me. The lake was crowded by people from all over Geneva that when the showed finished the trams were completely occupied. Somehow we managed to get back home happily. It was another wonderful day for me 😊

11-08-2013

Saroch, Siew Yan, and I headed off early in the morning to meet Tua and his friend, Nong Turbo, at Zermatt. Nong Turbo studied in Cambridge also and was a trainee in Germany. Things were busy and lively up on Zermatt since it was tourist spot. There were people dressing up with Swiss costumes, parades, and chorus and marching bands. We took a train up to Gornergrat and walked around for few hours. The view up there was dream-like that I would have visited the place every month if I lived in Switzerland. We could see Matterhorn which was the mountain on Paramount pictures and Toblerone chocolate bar. I liked this trip so much because it was between us friends, so everything was very relaxing. No dramas, no worries about work or inappropriate actions, just fun and laughter of the young people!



12-08-2013

I started to write a five-page report for CERN today since I had to upload it by the end of my working day. I couldn't believe that I was leaving CERN in two weeks. Time flew! The special thing about being at CERN was the precious opportunity to meet people from ALL around the world. You could come back to Switzerland or visit CERN anytime if you could afford it, but you wouldn't be seeing the same people as you were now. Therefore, I tried to do as many activities with them as possible. Same thing I did last Monday, I had salsa lesson at the pump hall. This was only my second time, but I really felt like I was good at it.



13-08-2013

Andrea assigned me to write a MATLAB code for pressure drop calculation, he suggested me to do calculations by hand also in order to check if the answers were accurate. So I just did the calculation all day because there were many parameters and they really did confuse me. The good thing was that I could still e-mail him if I had any questions, and I did have loads. In the evening I caught the bus to Val-Thoiry shopping mall. The mall wasn't big compared to what we had in Thailand so there were not many choices for me. I also had French McDonalds' for dinner 😊

14-08-2013

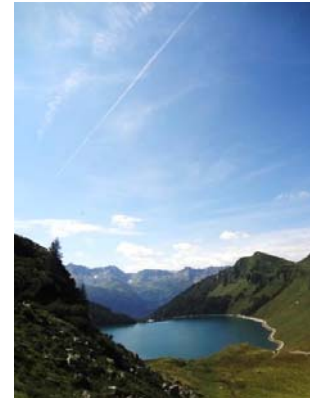
Today was the second day of the summer student session, which was organized for summer students to present their work during summer. There were from various fields: physics, engineering, and computer science. Some students even invented new thing as their projects. In the afternoon I had an Antiparticle Decelerator visit. It was incredible. The guide was Michael who was the Antimatter lecturer himself. There were complete facilities to make an antiproton at CERN. Moreover, Michael filled us up a lot of information that made me think that this was the best visit that I had had!

15-08-2013

Today was the last day of the student session. I still worked on pressure drop calculation and write some more for the report. Tonight was my last summer student party night. The theme was CERN “Around the World” party, so whoever dressed up with their national or other countries' costumes got free drink. I would miss my friends so much ☹️

17-08-2013

This weekend I hopped on the train to Piotta, which was in the South-East of Switzerland. Everything was first in German at the train station in Airolo, but the



moment we arrived at Piotta, people spoke Italian. I visited a very nice wine shop with hundreds of different wine you could ever imagine. I got a bottle of red wine which won the best wine in 2009. Classic! My destination was up the mountain to a small hostel. It was nice and cold up there, with a dam and mountain ranges. People might say that all mountains were quite similar in Switzerland, but I had to say I had never got bored of their beauty. I had Italian food for dinner and I loved it so much!

18-08-2013

Night time up on the mountain in Switzerland was cruelty since the temperature dropped so fast that I didn't want to do anything but snuggle under the blanket. As morning arrived, I just ran straight into the sun. I had breakfast then walked around the mountain and saw a beaver! How cool was that! As I kept going higher, we found a nice peaceful lake where there were loads of small fish swimming innocently. The water was very cold, so I just put my feet in there while trying to catch some fish. This was the climax of my getaway trip. It was truly peaceful up here and all I did was just looking around, embraced it, and smiled. I was very grateful to be selected to join CERN 😊



19-08-2013

And so I was back to my normal routine at CERN. Even a short getaway trip on a weekend could make me not wanting to come back to the city. Imagine how sad I would be when I got back to busy Bangkok after two months in this lovely country 😞 I came across some problems with the code, so I had to write an e-mail to Andrea. I also submitted him some of the calculations that I made. Today would be my last salsa lesson because it was my last Monday at CERN. This time the teachers were couple who really were salsa dancers. They taught many new steps and fastened things up, so I really learned a lot.

20-08-2013

Since I was waiting for Andrea's answers to my questions, I only wrote my report today. In the afternoon I visited the LHCb experiment. They observed b-quarks interaction and had published articles on antimatter. In the evening I joined "Summer students paradise picnic" at Pont de la Jonction where two rivers of different colours met. I thought it would be nice to swim in Switzerland since it had been my intention ever since I got here, but it was too cold and windy. I got the chance to get to know more people. I had a very good time talking with Jake, Derk from the Netherlands, and Katie from Scotland. There were also Joe, David, and his friends. It was Jake's birthday today, so we just sang happy birthday very loudly in the tram that it made me laugh so much. Happy birthday, Jake!

21-08-2013

I continued writing my report as the deadline was coming soon. I finished the code for Andrea. Now I just waited for his approval. This was my last week at CERN, so I went to the Indian restaurant again to enjoy my last curry for dinner. As I was told that Wednesday night was salsa night at Parc de la Perle du Lac. It was the same place where the Science museum was and where I watched the open-air cinema. Connor and I decided to go there and see how we go with our three lessons of salsa. It turned out to be a very nice and warm atmosphere of people dancing and having fun. From what I saw, they all could salsa. Although we were just beginners, we were pretty good! I really had a wonderful night. Dancing outdoors with good music at night was something I couldn't do in Thailand. I was very glad to be here with the best company I had ever had 😊

22-08-2013

I spent all day with my five-page report for CERN. Because the work I was assigned from Petra and Andrea were different tasks, it took me very long to write the overview. Tomorrow would be my last day at CERN. How fast was that! I was very sad because after two months of adaptation and adjustment, when everything fell into places, I had to leave ☹️ I had a feeling that I would not finish packing in time, so I asked the hostel for one more night. I paid for the whole stay, so I could just leave at Sunday morning. In the evening the Thais were out for our last dinner together at Thai restaurant in Geneva. P'Gai was kind enough to treat us all. It was quite expensive that I even had an idea of opening Thai restaurant in a foreign country. I mean everybody loved Thai food. It would make a fortune!

23-08-2013

And the last day had come! This was the busiest day because I had to get everything done before I left. First thing I had to do was to return all things I was given - bicycle, office key, and CERN ID card. The most frustrating thing that happened today was when I walked back to building 55 to return my office key, but I had already returned CERN ID card and I forgot to carry a temporary CERN pass with me. The security guard did his job well enough that he didn't let me in, even though he saw me walking out from the entrance, carrying nothing with me. I mean, come on, I was just a small Asian girl; I could do no harm to anyone! And even if one of the summer students tried to convince the security guard that I was with him, the guard still didn't let me in. Finally, I had to ask for another temporary pass. I was supposed to upload my report today, but since it hadn't been approved yet, I just uploaded the draft version. By the time I had finished everything, it was around midnight. Luckily, I asked the hostel for staying one more night or else it would be a lot messier than it had been!

24-08-2013

Since I didn't prioritize things well enough, I had one more day for packing. My plan for today was to redo everything again one last time – pictures at CERN, visit the globe, fondue, salsa, and Charyl's. The globe was a very nice small room, full of stories and details about CERN and particle physics. There was also a video in French about them. I took my

last pictures at CERN today, just to be sure that I was really here. It was very nice of Connor to accompany me all day. In the evening we went to Geneva to have our last fondue and salsa dancing. Unfortunately, it rained right after we had finished our meal ☹️ Instead we went to Charly's to grab some drink for this last cold night. This was the best Saturday ever!



31-08-2013



Lastly, I was truly grateful and honored for this opportunity to be chosen a CERN summer student from Her Royal Highness Princess Maha Chakri Sirindhorn. Having this opportunity made me set my goal to contribute more for Science in Thailand to help propelling it forward, just like CERN slogan of “accelerating science”.

Good bye, CERN. Thank you for all the knowledge and activities. Thank you for such a brilliant idea of holding summer student program and give the opportunity for us students to meet. Thank you for all the joy and laughter, slight tears and drinks! Most important of all, thank you for making me feel special that I valued myself enough to encourage myself to get up and do something good for myself and others.

Good bye, Geneva. Thank you for being such a special place to be to meet people from all around the world. Thank you for being such a well-organized place that made me want to be as neat as you were. Thank you for all the outdoor activities you hosted just to see our smiles. Most important of all, thank you for the fireworks!

Good bye, Switzerland. Thank you for being so expensive that made everyone, including me, treasure you more. Thank you for being so gorgeous and taking my breath away in every single trip I went. Thank you for being so beautifully peaceful that I finally found myself and knew what I wanted to do for my future. Thank you for all good food, nice people, and safety. **I shall be back again 😊**