



# CERN-International

## High School Teacher Programme 2022

### รายงานการเข้าร่วมโครงการครูฟิสิกส์ภาคฤดูร้อนเชิร์น

ระหว่างวันที่ 2 - 17 กรกฎาคม 2565



**KVIS**  
KAMNOETVIDYA  
SCIENCE ACADEMY

นางสาวสุรนันท์ อนันตชัยศิลป์

โรงเรียนกำเนิดวิทย์ จังหวัดระยอง



## Acknowledgement

“ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งและสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณของสมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้ากรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ที่ให้โอกาสข้าพเจ้าได้เข้าร่วมโครงการ The International High School Teacher Programme 2022 และได้มีโอกาสมายังสถาบันวิจัยระดับโลกที่ข้าพเจ้ามีความสนใจได้รับความรู้และประสบการณ์จำนวนมาก ทั้งในด้านวิชาการและด้านการสอน ข้าพเจ้าเชื่อว่าความรู้และประสบการณ์เหล่านี้ จะถูกถ่ายทอดไปยังนักเรียนของข้าพเจ้าและนักเรียนอื่นๆในประเทศไทย รวมไปถึงครูคนอื่นๆ ในประเทศไทยอีกด้วย โดยเริ่มจากภาคการศึกษาหน้า (ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565) ข้าพเจ้ามีโครงการเปิดวิชาเลือก Classical Field Theory & Introduction to Particle Physics ร่วมกับ ดร.ปริญญา ศิริมาจันทร์ โดยวิชานี้ได้รวบรวมความรู้ที่ได้จากเซิร์นในครั้งนี้ เพื่อถ่ายทอดให้กับนักเรียน

นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) และเจ้าภาพจัดอบรมเตรียมความพร้อมก่อนเข้าร่วมกิจกรรม โรงเรียนมหิตลวิทย์านุสรณ์

ท้ายสุดข้าพเจ้าขอขอบคุณโรงเรียนกำเนิดวิทย์ที่เห็นความสำคัญและให้การสนับสนุนอย่างต่อเนื่อง

นางสาวสุนันท์ อนันตชัยศิลป์

โรงเรียนกำเนิดวิทย์

จังหวัดระยอง

## PREFACE

### องค์การวิจัยนิวเคลียร์ยุโรป (The European Organization for Nuclear Research; CERN)

องค์การวิจัยนิวเคลียร์ยุโรปหรือเซิร์นก่อตั้งขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1954 โดยชาติสมาชิกตั้งต้นทั้งหมด 12 ประเทศ สาเหตุที่ชื่อองค์การวิจัยนิวเคลียร์ยุโรปเนื่องจากในยุคนั้นยังไม่มีการค้าพบอนุภาคมูลฐานต่าง ๆ ดังที่ทราบกันดีว่างานวิจัยหลักของเซิร์นในปัจจุบันคือการเร่งลำอนุภาคโปรตอนสองลำให้มีความเร็วเข้าใกล้ความเร็วแสงแล้วนำมาชนกันเพื่อศึกษาอนุภาคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น รวมไปถึงการชนไอออนของตะกั่วเพื่อศึกษาเกี่ยวกับจุดกำเนิดของเอกภพด้วย

ในปัจจุบันเซิร์นมีชาติสมาชิกทั้งหมด 22 ประเทศและชาติสมาชิกร่วมอีก 8 ประเทศ เนื่องจากเครื่องเร่งอนุภาคปัจจุบันของเซิร์นได้ค้นพบสิ่งต่าง ๆ ในระดับพลังงานนั้นทั้งหมดแล้ว เซิร์นจึงมีแผนที่จะพัฒนาเครื่องเร่งอนุภาคเดิมและสร้างเครื่องเร่งอนุภาคใหม่ โดยที่แผนกำลังอยู่ในช่วงศึกษาและประเมินผล โดยมีความเป็นไปได้สองอย่างคือเครื่องเร่งอนุภาคเชิงเส้น CLIC หรือเครื่องเร่งอนุภาควงกลม FCC ซึ่งจะมีเส้นรอบวงประมาณ 80-100 กิโลเมตรและอาจทำพลังงานได้สูงถึง 100 TeV

### โครงการความร่วมมือไทย-เซิร์น

สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ทรงสนพระทัยในวงการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นอย่างมาก และด้วยพระมหากรุณาธิคุณของพระองค์ทำให้ประเทศไทยมีความร่วมมือกับหน่วยงานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีชั้นนำในหลายประเทศ ทั้งในด้านการศึกษาและการวิจัย องค์การวิจัยนิวเคลียร์ยุโรปหรือเซิร์น (The European Organization for Nuclear Research (CERN)) ณ สมาพันธรัฐสวิส ก็เป็นหนึ่งในหน่วยงานที่มีความร่วมมือกับประเทศไทย โดยเมื่อวันที่ 16 มีนาคม 2552 ได้มีการลงนามในเอกสารแสดงเจตจำนงที่จะมีความร่วมมือกัน (Expression of Interest: EOI) ระหว่างสถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) และเซิร์น โดยความร่วมมือที่เห็นได้ชัดเจนคือการส่งนักศึกษาและครูฝึกไปเข้าร่วมโครงการภาคฤดูร้อนที่เซิร์นต่อเนื่องทุกปี นอกจากนี้ยังมีการสนับสนุนการวิจัยร่วมกับเซิร์นสำหรับนักศึกษาปริญญาโทและเอกอีกด้วย

### The International High School Teacher Programme: HST

โครงการ The International High School Teacher Programme (HST) เป็นหนึ่งในโครงการที่เกี่ยวกับการศึกษาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาเกี่ยวกับการเนื้อหาและการเรียนการสอน โดยเฉพาะฟิสิกส์อนุภาค เพื่อนำไปถ่ายทอดต่อให้กับนักเรียนในประเทศของตัวเองต่อไป สาเหตุที่กลุ่มเป้าหมายของโครงการเป็นครูวิทยาศาสตร์เนื่องจากครูวิทยาศาสตร์มีส่วนสำคัญในการสร้าง

นักวิทยาศาสตร์สำหรับอนาคต ทั้งในด้านของเนื้อหาและแรงบันดาลใจ อีกทั้งการอบรมครูจะให้ผลแบบระยะยาวและรวดเร็ว กล่าวคือครูหนึ่งคนจะสอนนักเรียนเป็นจำนวนมากต่อรุ่นและอาจถึงหลายหมื่นคนตลอดวิชาชีพ

ในส่วนของประเทศไทยแต่เดิมส่งตัวแทนครูฟิสิกส์เข้าร่วมโครงการนี้ตั้งแต่ปีพ.ศ. 2553 โดยในแต่ละรุ่นจะมีตัวแทนครูฟิสิกส์จากประเทศไทยเข้าร่วมทั้งหมด 2 คน และเมื่อปีพ.ศ. 2562 มีตัวแทนครูฟิสิกส์จากประเทศไทยเข้าร่วมทั้งหมด 1 คน เนื่องจากทางเขิร์นเพิ่มโปรแกรมสำหรับครูขึ้นอีก 1 โปรแกรม ตัวแทนครูฟิสิกส์จากประเทศไทยอีก 1 คนจึงเข้าร่วมโครงการใหม่ และปีนี้เป็นปีแรกที่ประเทศไทยได้ส่งตัวแทนครูเคมีจากประเทศไทยเข้าร่วมโครงการนี้ทั้งหมด 1 คน ซึ่งคือข้าพเจ้า

โดยโครงการ The International High School Teacher Programme (HST) ในปีนี้ได้เลื่อนการจัดมาถึง 2 ปี เนื่องจากสถานการณ์การแพร่ระบาดของโควิด 19 โดยมีครูเข้าร่วมทั้งหมด 43 คน จากทั้งหมด 34 ประเทศ ดังนี้



ภาพหมู่ของครูที่เข้าร่วมโครงการ The International High School Teacher Programme (HST)

จำนวน 43 คน จากทั้งหมด 34 ประเทศ และ Jeff Wiener ผู้ดูแลโครงการ



รายชื่อครูผู้เข้าร่วมโครงการ The International High School Teacher Programme (HST) 2022

HST2022 Participants

| #  | First Name(s)     | Family Name(s)      | Country                | Email                                                                              |
|----|-------------------|---------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Alisher           | Arstanbek           | Kyrgyzstan             | <a href="mailto:aarstanbek@bis.kg">aarstanbek@bis.kg</a>                           |
| 2  | Amstrong Tah      | Forwah              | Cameroon               | <a href="mailto:forwahtah@gmail.com">forwahtah@gmail.com</a>                       |
| 3  | Andrew            | Moore               | Italy                  | <a href="mailto:doctormossie@gmail.com">doctormossie@gmail.com</a>                 |
| 4  | Antònia           | Vidal Nicolau       | Spain                  | <a href="mailto:antoniavidal@gmail.com">antoniavidal@gmail.com</a>                 |
| 5  | Apurva            | Sarkar              | India                  | <a href="mailto:apurva.dais@gmail.com">apurva.dais@gmail.com</a>                   |
| 6  | Ari               | Heino               | Finland                | <a href="mailto:atheino@gmail.com">atheino@gmail.com</a>                           |
| 7  | Ashley            | McCarl Palmer       | Canada                 | <a href="mailto:ashley_mccarlpalmer@wrdsb.ca">ashley_mccarlpalmer@wrdsb.ca</a>     |
| 8  | Christine         | DiMenna             | United States          | <a href="mailto:christine.dimenna@gmail.com">christine.dimenna@gmail.com</a>       |
| 9  | Dana              | Eliyahu             | Israel                 | <a href="mailto:danaga99@gmail.com">danaga99@gmail.com</a>                         |
| 10 | Dana              | Jančinová           | Slovakia               | <a href="mailto:dana.jancinova@gmail.com">dana.jancinova@gmail.com</a>             |
| 11 | Daniel            | Kallenberg          | United States          | <a href="mailto:dkallenberg@sbcsk.k12.in.us">dkallenberg@sbcsk.k12.in.us</a>       |
| 12 | Deborah           | Ward                | New Zealand            | <a href="mailto:debw@mmc.school.nz">debw@mmc.school.nz</a>                         |
| 13 | Erin Kelley Beggs | Treder              | United States          | <a href="mailto:erin.treder@gmail.com">erin.treder@gmail.com</a>                   |
| 14 | Funda             | Kaçan               | Turkey                 | <a href="mailto:fkaraosmanoglu@tac.k12.tr">fkaraosmanoglu@tac.k12.tr</a>           |
| 15 | Grant             | Pusey               | Australia              | <a href="mailto:gpusey@churchlands.wa.edu.au">gpusey@churchlands.wa.edu.au</a>     |
| 16 | Jantina Janna     | Nauw - Van Der Vegt | Netherlands            | <a href="mailto:jnauw@ichthuskampen.nl">jnauw@ichthuskampen.nl</a>                 |
| 17 | John              | Thompson            | United States          | <a href="mailto:john.thompson@pisd.edu">john.thompson@pisd.edu</a>                 |
| 18 | Joseph            | Hortezuela          | Philippines            | <a href="mailto:jphortezuela@cvisc.pshs.edu.ph">jphortezuela@cvisc.pshs.edu.ph</a> |
| 19 | Karin             | Quemeneur           | France                 | <a href="mailto:karin.quemeneur@free.fr">karin.quemeneur@free.fr</a>               |
| 20 | Katherine         | Dombrowsky          | United Kingdom         | <a href="mailto:katherinekgordon@gmail.com">katherinekgordon@gmail.com</a>         |
| 21 | Koko              | Dove                | Australia              | <a href="mailto:koko.dove@det.nsw.edu.au">koko.dove@det.nsw.edu.au</a>             |
| 22 | Lars Elkjaer      | Jørgensen           | Denmark                | <a href="mailto:aglej@aggym.dk">aglej@aggym.dk</a>                                 |
| 23 | Manuela Maria     | Ioia                | Romania                | <a href="mailto:manu_ioia@yahoo.ro">manu_ioia@yahoo.ro</a>                         |
| 24 | Marlena           | Cukteras            | Croatia                | <a href="mailto:mcukteras@gmail.com">mcukteras@gmail.com</a>                       |
| 25 | Martina           | Obdržálková         | Czech Republic         | <a href="mailto:m.obdrzalkova@gmail.com">m.obdrzalkova@gmail.com</a>               |
| 26 | Mary              | Fisher              | United Kingdom         | <a href="mailto:milf87@gmail.com">milf87@gmail.com</a>                             |
| 27 | Max Frans Johan   | Duijsens            | Netherlands            | <a href="mailto:duijsens@tele2.nl">duijsens@tele2.nl</a>                           |
| 28 | Miljan            | Rupar               | Bosnia and Herzegovina | <a href="mailto:miljan_deus@yahoo.com">miljan_deus@yahoo.com</a>                   |
| 29 | Murray            | Guest               | Canada                 | <a href="mailto:m.guest@shaw.ca">m.guest@shaw.ca</a>                               |
| 30 | Nadia             | Renzo               | Canada                 | <a href="mailto:nadia.renzo@csmc.qc.ca">nadia.renzo@csmc.qc.ca</a>                 |
| 31 | Najwa Huda        | Shaharil            | Malaysia               | <a href="mailto:naiwa.shaharil@gmail.com">naiwa.shaharil@gmail.com</a>             |
| 32 | Natalia           | Rodriguez Pardo     | Spain                  | <a href="mailto:natrodpar@yahoo.es">natrodpar@yahoo.es</a>                         |
| 33 | Olha              | Doskochynska        | Ukraine                | <a href="mailto:olyasokil1@gmail.com">olyasokil1@gmail.com</a>                     |
| 34 | Omid              | Shamsara            | Iran                   | <a href="mailto:shamsaraomid@gmail.com">shamsaraomid@gmail.com</a>                 |
| 35 | Pernilla          | Berglund            | Sweden                 | <a href="mailto:pernilla.berglund17@icloud.com">pernilla.berglund17@icloud.com</a> |
| 36 | Sara              | Rombetto            | Italy                  | <a href="mailto:sara.rombetto@gmail.com">sara.rombetto@gmail.com</a>               |
| 37 | Simon Augustin    | Sutter              | France                 | <a href="mailto:suttersimon@gmail.com">suttersimon@gmail.com</a>                   |
| 38 | Slobodan          | Mentović            | Montenegro             | <a href="mailto:slobodan.mentovic@gmail.com">slobodan.mentovic@gmail.com</a>       |
| 39 | Suranan           | Anantachaisilp      | Thailand               | <a href="mailto:suranan.a@kvis.ac.th">suranan.a@kvis.ac.th</a>                     |
| 40 | Tracie            | Schroeder           | United States          | <a href="mailto:tschroeder@cgrove417.org">tschroeder@cgrove417.org</a>             |
| 41 | Ujjwal            | Poudel              | Nepal                  | <a href="mailto:uijwal.poudel44@gmail.com">uijwal.poudel44@gmail.com</a>           |
| 42 | Urszula           | Rybaltowska         | Poland                 | <a href="mailto:urszularybaltowska@gmail.com">urszularybaltowska@gmail.com</a>     |
| 43 | Zokir             | Abdurakhmanov       | Qatar                  | <a href="mailto:zokirr@gmail.com">zokirr@gmail.com</a>                             |

# DAILY NOTES

1<sup>st</sup> July – 16<sup>th</sup> July 2022

## Day 0: The Journey Begins

2<sup>nd</sup> July 2022

ข้าพเจ้าออกเดินทางจากสนามบินสุวรรณภูมิ ประเทศไทย ในวันที่ 2 กรกฎาคม 2565 เวลา 2.30 น. เวลาประเทศไทย โดยสายการบิน Qatar Airways โดยเที่ยวบินนี้เป็นเที่ยวบินที่มีผู้โดยสารเต็มลำ จึงใช้เวลานานในการเช็คอินกระเป๋าสำภาระและการตรวจเช็คบัตรโดยสารก่อนขึ้นเครื่องบิน



จากนั้นได้ต่อเครื่องบินที่สนามบิน Doha เพื่อเดินทางต่อไปยังกรุงเจนีวา ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ และได้เดินทางถึง สนามบินเจนีวา เวลา 14.30 น. เวลาสวิตเซอร์แลนด์ ในวันเดียวกัน จากนั้นได้ผ่านด่านตรวจคนเข้าเมือง ณ สนามบินเจนีวา ซึ่งในวันที่ข้าพเจ้าเดินทาง ถือว่ามีนักเดินทางจำนวนมากจึงใช้เวลาในส่วนนี้ค่อนข้างนาน แต่ขั้นตอนไม่ยุ่งยาก หลังจากผ่านด่านตรวจคนเข้าเมือง ข้าพเจ้าได้สอบถามพนักงานที่สนามบินเกี่ยวกับตัวรถบัสฟรี ซึ่งคำตอบ คือ วันนี้ตัวฟรีหมดแล้ว ซึ่งตอนนั้นเป็นเวลาประมาณ 16.00 น. ข้าพเจ้าจึงต้องซื้อตัวรถบัสเองโดยราคาตัวรถบัสอยู่ที่ CHF 1.80 ต่อชั่วโมง โดยก่อนออกจากสนามบินข้าพเจ้าได้ซื้อ Sim Card ในราคา CHF 30 จากนั้นข้าพเจ้าก็เดินทางจากสนามบินไปยังเชิร์นโดยรถบัสและต่อรถรางสาย 18 จากนั้นก็เดินไปยัง Entrance B

ภาพบรรยากาศก่อนขึ้นเครื่องบินที่สนามบินสุวรรณภูมิ

เมื่อถึง Entrance B ข้าพเจ้าก็ได้รับบัตรเข้า-ออกชั่วคราวจากเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย และได้รับอนุญาตให้เดินเท้าต่อเข้าไปยังโรงแรมที่พักภายในเชิร์น ซึ่งใช้เวลาเดินเท้าประมาณ 10 นาที จาก Entrance B ถึงโรงแรม เมื่อเดินทางถึงโรงแรม ข้าพเจ้าได้เช็คอินและได้รับ Keycard เข้าห้องพัก คำอธิบายเกี่ยวกับการพักอาศัยอยู่ในเชิร์นและ Lunch Check Card สำหรับซื้ออาหารที่ร้านอาหารในเชิร์นจำนวน CHF 530 สำหรับวันที่ 2<sup>nd</sup> – 16<sup>th</sup> July 2022 จากนั้นข้าพเจ้าได้เข้าห้องพักและพักผ่อนก่อนรับประทานอาหารเย็น แต่เนื่องด้วยความต่างของเวลาทำให้ข้าพเจ้าหลับและตื่นมาในวันรุ่งขึ้นเลย



ภาพกรุงเจนีวาจากมุมสูงก่อนเครื่องบินจะลง

## Day 1: Discover Switzerland and CERN

3<sup>rd</sup> July 2022

เช้าวันนี้ข้าพเจ้าได้เดินสำรวจบริเวณรอบ ๆ โรงแรมที่พักก่อนไปรับประทานอาหารที่ร้านอาหาร 1 ซึ่งเป็นร้านอาหารที่อยู่ใกล้โรงแรมมากที่สุด ซึ่งข้าพเจ้าสัมผัสได้ถึงธรรมชาติและทิวเขาที่โอบล้อมเซิร์น ซึ่งคล้ายคลึงกับบรรยากาศที่โรงเรียนของข้าพเจ้าซึ่งโอบล้อมด้วยทิวเขาเช่นกัน จากนั้นข้าพเจ้าได้รับประทานอาหารเช้าที่บริเวณลานด้านหน้าร้านอาหาร 1 ซึ่งจะเห็นวิวเป็น Dipole และ ภูเขา Mont Blanc โดยระหว่างการรับประทานอาหารเช้า ข้าพเจ้าก็ได้พบปะพูดคุยทำความรู้จักกับครูที่เข้าร่วมโครงการ HST2022 ด้วย



ภาพ Dipole และ ภูเขา Mont Blanc

หลังจากทำความรู้จักกันจึงได้ชักชวนกันออกไปสำรวจเมืองใกล้เคียง ก่อนกิจกรรมแรกของโครงการจะเกิดขึ้นในเวลา 17.00 น. โดยพวกเราเดินทางไปสถานีรถไฟเจนีวา โดยรถรางสาย 18 และเดินทางต่อไปยังเมือง Lausanne ซึ่งใช้เวลาเดินทางโดยรถไฟจากกรุงเจนีวาประมาณครึ่งชั่วโมง เมื่อเดินทางไปถึงพวกเราได้เดินรอบเมืองและแวะที่พิพิธภัณฑ์ Olympic

จากนั้นพวกเราบางส่วนได้เดินทางต่อไปที่เมือง Montreux เพื่อไปแวะเยี่ยมชมปราสาท Chillon ก่อนเดินทางกลับเซิร์น เพื่อร่วมกิจกรรมแรกในเวลา 17.00 น.



ภาพหมู่ครูที่เดินทางไปเมือง Lausanne

ด้านหน้าพิพิธภัณฑ์ Olympic



ภาพหมู่ที่ถ่ายภาพปราสาท Chillon

พวกเราเดินทางกลับถึงเซิร์นเวลา 16.40 น. และเตรียมตัวเข้ากิจกรรมแรกของโครงการ โดยกิจกรรมแรกเป็น Welcome Reception ซึ่งถือเป็นกิจกรรมที่ครูทั้งหมด 43 คน ได้รู้จักกันอย่างเป็นทางการและเป็น



ครั้งแรกที่พวกเราจะได้พบกับ Jeff ผู้ดูแลโครงการ HST หลังจากติดต่อกัน online มาเป็นระยะเวลา 2 ปีเต็ม หลังจาก Jeff กล่าวต้อนรับพวกเราอย่างเป็นทางการ ก็เป็นกิจกรรม Discover CERN Treasure Hunt เพื่อให้พวกเราสนิทกันมากขึ้น และรู้จักสถานที่ต่าง ๆ ในเซิร์นที่ พวกเราจะต้องใช้ชีวิตและทำกิจกรรมในที่แห่งนี้อีกเป็นเวลา 2 สัปดาห์



Jeff กล่าวต้อนรับพวกเราทุกคนอย่างเป็นทางการ



ภาพหนึ่งในภารกิจจากกิจกรรม Discover CERN Treasure

หลังจบกิจกรรม Discover CERN Treasure ทุกคนก็แยกย้ายกันรับประทานอาหารที่โรงอาหาร 1 และ Jeff ได้นัดหมายเพื่อชี้แจงรายละเอียดและสิ่งที่จะต้องทำในวันถัดไป เวลา 20.15 น. ที่ตึก 13 ซึ่งเป็นตึกที่พวกเราจะต้องใช้ทำกิจกรรมในวันถัดไป



กล่าวต้อนรับอย่างเป็นทางการอีกครั้งโดย Jeff

Day 2: Celebration 10<sup>th</sup> Anniversary of Higgs Discovery4<sup>th</sup> July 2022

## Plus Introduction to HST and Synchrocyclotron Visit

วันนี้ถือได้ว่าเป็นวันแรกของโครงการ HST2022 อย่างเป็นทางการ ซึ่งหลังรับประทานอาหารเช้าทุกคนจะต้องไปลงทะเบียนที่ตึก 55 ที่ด้านหน้า Entrance B และเปลี่ยนป้ายชื่อแบบชั่วคราวที่เราได้รับในวันแรก



เป็นป้ายชื่อแบบ RFID ที่ใช้สำหรับสแกนเพื่อเข้าออกเซิร์นและตึกต่าง ๆ การรักษาความปลอดภัยภายในเซิร์น ถือว่าค่อนข้างเข้มงวด หลังจากได้บัตร RFID เรียบร้อยแล้วก็เดินไปที่ตึก 13 เพื่อเข้าร่วมกิจกรรมแรก ซึ่งคือการฟังบรรยายจากนักวิทยาศาสตร์ชื่อดัง อย่างเช่น Peter Higgs ผู้ได้รับรางวัล Noble Prize จากการค้นพบอนุภาค Higgs Boson ที่เซิร์น ผ่าน Webcast ที่ถ่ายทอดสดออกจาก Main Auditorium เนื่องจากวันนี้ถือเป็นวันสำคัญ คือ วันครบรอบ 10 ปีในการค้นพบอนุภาค Higgs Boson ข้าพเจ้ารู้สึกตื่นเต้นมากที่ได้ร่วมเป็นส่วนหนึ่งในการเฉลิมฉลองครั้งนี้ และได้ฟังบรรยายจากนักวิทยาศาสตร์ชั้นนำจำนวนมาก ดังนี้

บัตร RFID ของข้าพเจ้า

- Introduction – “I Knew we had it” โดย Rolf Heuer
- The Large Hardon Collider– a marvel of technology โดย Lyn Evans
- The ATLAS detector – from design to discovery โดย Peter Jenni
- The CMS detector – from design to discovery โดย Michel Della Negra
- Brout, Englert and Higgs – memories and reminiscences โดย Eliezer Rabinovici, Asmeret Asefaw Berhe, Francois Englert, Katherine Graham และ Peter Higgs
- The Higgs Boson at The LHC – the theory landscape โดย Sally Dawson
- 10 years of Higgs boson measurement at ATLAS and CMS โดย Kerstin Tackmann
- 10 years of Higgs boson measurement at CMS and ATLAS โดย Andre David
- Closing Remarks and a look to the future โดย Fabiola Gianotti



บรรยากาศการฟังบรรยายผ่าน Webcast

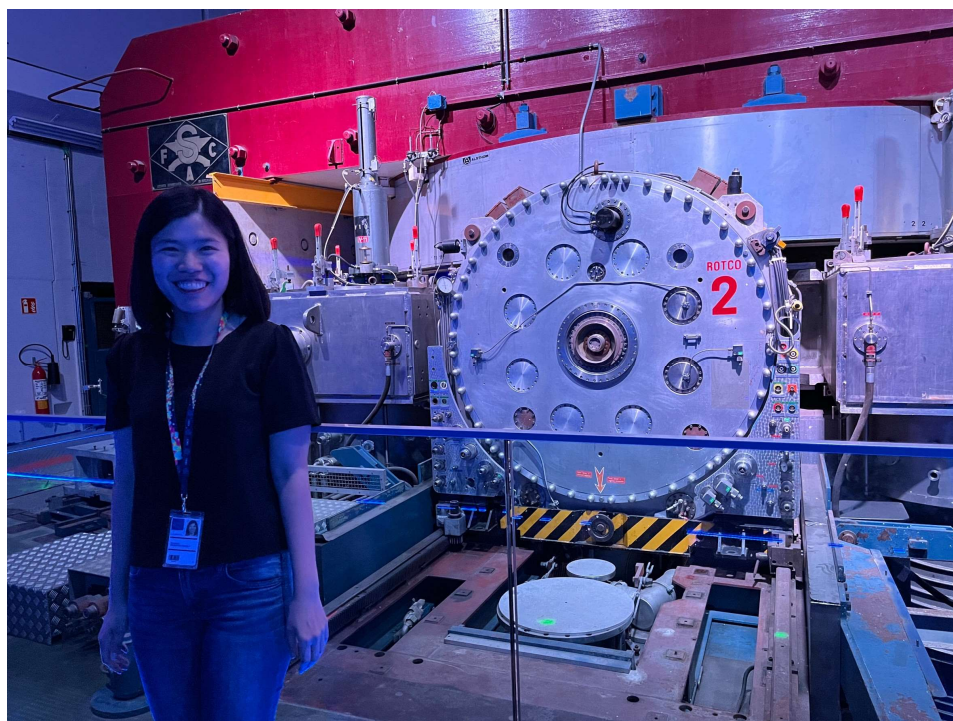


หลังจากการฟังบรรยายในช่วงเช้า ช่วงบ่ายต่อด้วยการบรรยายจาก Jeff ผู้ดูแลโครงการ ในหัวข้อ Introduction to the International High School Teacher Programme 2022 และ Introduction to CERN เพื่อเป็นการปูพื้นฐานให้เราเข้าใจถึงเป้าหมายของโครงการ กิจกรรมและพันธกิจของเซิร์น โดย Jeff ได้ทิ้งท้ายไว้ว่าหลังจากจบจากโครงการนี้ ครูทุกคนที่เข้าร่วมถือเป็น CERN Ambassador



บรรยากาศการฟังบรรยายจาก Jeff

หลังการบรรยายในวันนี้พวกเราได้มีโอกาสไปเยี่ยมชมสถานที่ในเซิร์นเป็นครั้งแรก ซึ่งสถานที่แรก คือ เครื่องเร่งอนุภาคเครื่องแรกของเซิร์น คือ Synchrocyclotron ซึ่งถูกสร้างขึ้นตั้งแต่ปี 1957 โดยเครื่องเร่งอนุภาคนี้ทำให้เซิร์นได้ค้นพบสิ่งสำคัญต่าง ๆ มากมาย



ข้าพเจ้ากับเครื่องเร่งอนุภาคเครื่องแรกของเซิร์น “Synchrocyclotron”

### Day 3: What are Particle Accelerators and Particle Physics?

5<sup>th</sup> July 2022

#### Plus Introduction to Study groups and Social Event

ในวันที่ 3 ของโครงการเริ่มด้วยการบรรยายเกี่ยวกับเครื่องเร่งอนุภาค Particle Accelerator โดย Simone Gilardoni ซึ่ง Simone อธิบายเกี่ยวกับเครื่องเร่งอนุภาคในด้านต่าง ๆ ตั้งแต่ขั้นพื้นฐานจนถึงการคำนวณ และยังอธิบายเกี่ยวกับเครื่องเร่งอนุภาคต่างๆในเซิร์นอีกด้วย

ในช่วงบ่าย Jeff ได้เริ่มอธิบายเกี่ยวกับ Study Group ซึ่งพวกเราจะถูกแบ่งเป็นกลุ่มย่อย ๆ ทั้งหมด 9 กลุ่ม เพื่อศึกษาประเด็นต่าง ๆ ที่บรรยายในแต่ละวันอย่างละเอียด และช่วยกันคิดวิธีการนำเสนอประเด็นนั้นๆ ไปใช้ในห้องเรียนจริง โดยในวันสุดท้ายแต่ละกลุ่มจะต้องเตรียม presentation และรายงาน เพื่อนำเสนอต่อที่ทุกคนในโครงการในประเด็นที่กลุ่มได้รับ และจะมีการบันทึกเทปและออกอากาศสดผ่านช่องทางออนไลน์ของเซิร์นอีกด้วย ประเด็นทั้ง 9 ประเด็น ประกอบไปด้วย

1. Particle Accelerators
2. Engineering at CERN
3. Medical Applications of Particle Physics
4. Particle Detectors
5. Theoretical Physics & Higgs Physics
6. Computing in Particle Physics
7. Neutrino Physics
8. Antimatter Research
9. Future Accelerators

โดยกลุ่มของข้าพเจ้าได้รับมอบหมายให้ศึกษาในประเด็นที่ 9 Future Accelerators ซึ่งกลุ่มของข้าพเจ้ามีสมาชิกทั้งหมด 5 คน ประกอบด้วย Andrew Moore ครูฟิสิกส์จากลอนดอนประเทศอังกฤษ Apurva Sarkar ครูฟิสิกส์จากมุมไบ ประเทศอินเดีย John Thompson ครูฟิสิกส์จากเท็กซัส ประเทศสหรัฐอเมริกา และ Sara Rombetto ครูฟิสิกส์จากประเทศอิตาลี

หลังจากนั้นพวกเราก็ได้ฟังบรรยายเรื่อง Introduction to Particle Physics โดย Claire Lee ซึ่งการบรรยายนี้ข้าพเจ้าประทับใจมากที่สุด เนื่องจากผู้บรรยายถือว่าสื่อสารเรื่องยากออกมาให้ง่ายและสนุก โดยในการบรรยายเริ่มตั้งแต่ฟิสิกส์อนุภาคระดับพื้นฐาน ไปจนระดับสูง ทำให้ข้าพเจ้าผู้มีพื้นฐานเกี่ยวกับฟิสิกส์อนุภาคไม่มากนัก สามารถเข้าใจได้อย่างดี



การบรรยาย Introduction to Particle Physics โดย Claire Lee

ต่อจากนั้นพวกเราได้ชมการถ่ายทอดสดการเร่งอนุภาคโดยเครื่อง LHC เนื่องจากในวันนี้จะมีการเปิดทำงานเครื่อง LHC อีกครั้งหลังปิดปรับปรุงและจะมีการเร่งอนุภาคให้ชนกันให้ที่มีพลังงานสูงถึง 13.6 TeV ซึ่งเป็นพลังงานสูงที่สุดที่เคยเร่งอนุภาคมา พวกเราจึงชมถ่ายทอดสดการทำลายสถิติโลกครั้งนี้ด้วยกัน พวกเรารู้สึกตื่นเต้นกันมากและลุ้นให้ภารกิจนี้สำเร็จ สุดท้ายภารกิจสำเร็จทุกคนดีใจกันมาก



บรรยากาศการชมถ่ายทอดสดการเร่งอนุภาคด้วย LHC





ภาพสมาชิกกลุ่ม Study Group 9 และ Jeff

จากนั้นพวกเราได้เดินทางออกจากเซิร์นไปที่ห้างสรรพสินค้า Ballexert ที่อยู่ไม่ห่างจากเซิร์นมากนัก เดินทางโดยรถรางสาย 18 เป็นเวลาประมาณ 10 นาที เพื่อร่วม Social event แรก Bowling and Pizza ในการแบ่งทีมสำหรับเล่นโบว์ลิง แบ่งตามสมาชิกกลุ่ม Study Group ซึ่งกลุ่ม Study Group 9 ที่ข้าพเจ้าเป็นสมาชิกนั้น ได้คะแนนรวม ร้อยกว่า ๆ ซึ่งถือว่าเป็นคะแนนกลาง ถึงแม้คะแนนจะไม่มากแต่พวกเรารู้จักและคุ้นเคยกันมากขึ้น จากนั้นพวกเราก็ได้ร่วมรับประทานอาหารเย็นร่วมกัน ซึ่งมีเย็นวันนี้ก็คือ พิซซ่าหน้าต่างๆ รูปทรงของพิซซ่าที่เป็นทรงเหลี่ยมซึ่งแตกต่างจากพิซซ่าที่ประเทศไทยซึ่งเป็นทรงกลม ในมื้ออาหารนี้ทำให้ข้าพเจ้าได้พูดคุยกับครูท่านอื่น ๆ นอก Study Group มากขึ้นด้วย



มื้อเย็นร่วมกับครูในโครงการและ Jeff

## Day 4: Engineering at CERN and Medical Applications of Particle Physics 6<sup>th</sup> July 2022

### Plus Study Group Session 1

วันนี้เริ่มด้วยการบรรยายเรื่อง The Discovery of the Higgs Boson โดย Luis Roberto Flores Castillo ในการบรรยายนี้ทำให้ข้าพเจ้าเข้าใจเกี่ยวกับอนุภาค Higgs Boson มากขึ้นจากการฟัง Webcast ในวันแรกและในการบรรยายนี้ ยังได้เล่าถึงวิวัฒนาการของวิธีการค้นหา Higgs Boson จนกระทั่งเกิดการค้นพบในวันที่ 4 กรกฎาคม 2012 หลังจบการบรรยายแรกก็ต่อด้วยการบรรยายเรื่อง Engineering at CERN โดย Raymond Veness วิศวกรในเซิร์น ในการบรรยายนี้ทำให้ทราบว่าคนที่ทำงานในเซิร์น ทำอาชีพวิศวกรมากที่สุด ไม่ใช่ชนกฟิสิกส์ทฤษฎี และได้เห็นว่าวิศวกรที่นี้ทำหน้าที่อะไรกันบ้าง และก่อนจบการบรรยายผู้บรรยายได้ทั้งท้าทายให้เราไปชักชวนนักเรียนของเราให้มาร่วมเป็นส่วนหนึ่งในการทำงานที่เซิร์นอีกด้วย

ในช่วงบ่ายเป็นการบรรยายโดย Manjit Dosanjh เรื่อง Medical Applications of Particle Physics ซึ่งเป็นการบรรยายที่น่าสนใจมาก ทำให้พวกเราเห็นถึงประโยชน์ของฟิสิกส์อนุภาคที่มีต่อมวลมนุษยชาติในด้านการแพทย์ การใช้ฟิสิกส์อนุภาคในการรักษาโรคต่าง ๆ เช่น โรคมะเร็ง เป็นต้น



การบรรยายเรื่อง Medical Applications of Particle Physics

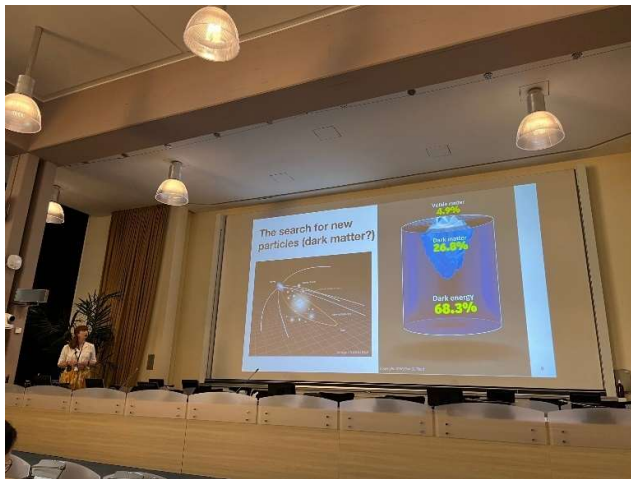
กิจกรรมสุดท้ายของวันนี้ คือ Study Group Session 1 เป็นการศึกษาหัวข้อที่กลุ่ม Study Group ได้รับมอบหมาย โดยกลุ่มของข้าพเจ้าได้ช่วยกันหาข้อมูลเกี่ยวกับ Future Accelerator จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ร่วมกัน และได้แบ่งหน้าที่กันไปค้นหาเพิ่มเติมก่อนกลับมาทำงานร่วมกันอีกครั้งใน session ต่อไป



## Day 5: Particle Detectors and Introduction Particle Physics in the Classroom 7<sup>th</sup> July 2022

### Plus Workshops & Exhibitions and end with Study Group Session 2

เช้าวันที่ 5 เริ่มต้นด้วยการบรรยาย Introduction to Particle Detectors โดย Clara Nellist พวกเรา ได้ทำความรู้จักกับ Detectors อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจบบอนุภาค ณ จุดที่เกิดการชนกันของโปรตอน โดยการบรรยายได้เริ่มตั้งแต่เครื่องตรวจจบบอนุภาคตั้งแต่ยุคแรกถึงยุคปัจจุบัน และพูดถึงเครื่องตรวจจบบอนุภาคของเซิร์นอย่างละเอียด จากการบรรยายนี้ทำให้ข้าพเจ้าเห็นเทคโนโลยีที่ล้ำสมัยมาก ๆ ของเซิร์น



การบรรยาย Introduction to Particle Detectors โดย Clara Nellist

หลังจากนั้นพวกเราก็ได้รับฟังการบรรยายจาก Jeff อีกครั้งในหัวเรื่อง Introducing Particle Physics in Classroom จากการฟังบรรยายนี้ ทำให้ข้าพเจ้าเห็นถึงความเป็นไปได้ที่จะนำเรื่องฟิสิกส์อนุภาคไปสอดแทรกในบทเรียนต่าง ๆ รวมถึงได้เรียนรู้วิธีการประยุกต์ใช้ในห้องเรียน อีกทั้งได้รู้แหล่งสื่อการสอนของเซิร์นที่สามารถนำไปใช้ได้ต่อไปในอนาคต

หลังจากการฟังบรรยายในช่วงเช้าเราไป S'Cool LAB และได้ทำเวิร์คชอป Cloud Chamber กัน ซึ่งในภาคเรียนที่ 2 ที่จะถึงนี้ ข้าพเจ้าจะจัดกิจกรรมนี้เป็นหนึ่งกิจกรรมในวิชาเลือกของข้าพเจ้า จากนั้นก็ได้เข้าเยี่ยมชมพิพิธภัณฑ์ Microcosm และ เยี่ยมชมงานจัดแสดง GLOBE อีกด้วย



และในวันนี้พวกเราก็ได้เข้ากลุ่ม Study Group Session 2 เพื่อร่วมกันทำงานกลุ่มอีกครั้ง

## Day 6: Feynman diagrams and CMS day

8<sup>th</sup> July 2022

## Plus Movie night (Particle Fever)

ในเช้าวันที่ 6 นี้ ได้เริ่มด้วยการฟังบรรยายเรื่อง Feynman diagrams, Lagrangians and stuff จาก Frederik Van Der Veken ในการบรรยายนี้ได้อธิบายรายละเอียดที่มาของ Feynman diagrams และ Lagrangians อย่างลึกซึ้งถึงที่มา รวมทั้งยังมีแบบฝึกหัดทดสอบความเข้าใจให้พวกเราทำได้ทำด้วย

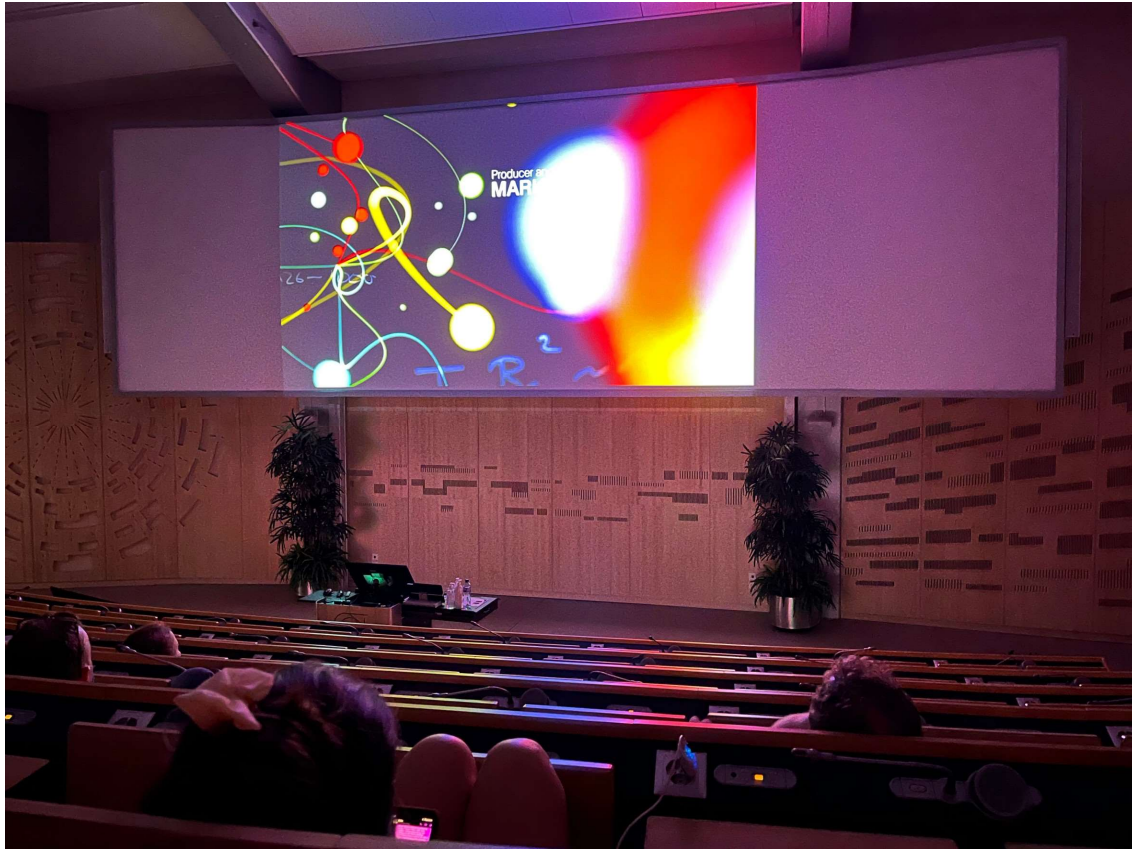


หลังจากนั้นพวกเราก็ได้ฟังบรรยาย Introduction to CMS จาก David Barney ก่อนที่พวกเราจะได้เดินทางไปเยี่ยมชม CMS Service Cavern ในช่วงบ่าย ซึ่งในการบรรยาย เราเข้าใจถึงหลักการทำงาน รวมไปถึงจนถึงการติดตั้ง CMS อีกด้วย

ในช่วงบ่ายพวกเราได้ออกเดินทางไป CMS Service Cavern ซึ่งห่างจากที่เราฟังบรรยายประมาณ 20 นาที โดยรถบัสถือเป็นการตื่นตาตื่นใจแก่ข้าพเจ้าเป็นอย่างมากที่ได้ไปเยี่ยมชมสถานที่ทำการทดลองจริงของเซิร์นเป็นครั้งแรก แต่เป็นที่น่าเสียดายที่พวกเราไม่ได้ลงไปชมเครื่องตรวจจับอนุภาคจริงๆ เนื่องจากเครื่องอยู่ในระหว่างการใช้งาน แต่เราได้ลงไปดูด้านข้างซึ่งเมื่อถึงบริเวณด้านล่าง เราได้เห็นว่าสนามแม่เหล็กบริเวณนี้แรงมาก ๆ จากการเรียงตัวและการเคลื่อนไหวของคลิปหนีบกระดาษโลหะ จากนั้นเราก็ตีลังกลับมาที่เซิร์น และฟังสรุปกิจกรรมที่พวกเราทำมาตลอดสัปดาห์จาก Jeff รวมถึงการนัดหมายสำหรับกิจกรรมในวันรุ่งขึ้นอีกด้วย



วันนี้เป็นคืนวันศุกร์พวกเราจึงจัด Movie night ขึ้นมาในอดิทธอเรียมเพื่อดูสารคดีเรื่อง Particle Fever นับเป็นสารคดีที่ยอดเยียมที่ทำให้พวกเราเห็นภาพการทำงานของนักฟิสิกส์และวิศวกรในเซิร์น และยังรู้สึกเหมือนเป็นส่วนหนึ่งในการค้นพบอนุภาค Higgs Boson อีกด้วย



ภาพบรรยากาศของ Movie Night



## Day 7: Geneva Treasure Hunt and HST2022 Official Dinner

9<sup>th</sup> July 2022

วันนี้เป็นวันที่พวกเราได้ออกไปทำกิจกรรมด้านนอกเซิร์นทั้งวัน โดยเริ่มจากกิจกรรม Geneva Treasure Hunt เป็นกิจกรรมที่มีวัตถุประสงค์ให้พวกเรารู้จักเมืองเจนีวามากขึ้น โดยในวันนี้ข้าพเจ้าได้ซื้อตั๋วรถบัส รถรางแบบเหมาทั้งวันราคา CHF 8 ตามคำแนะนำของ Jeff และเดินทางไปยังสถานที่ต่าง ๆ ทำตามภารกิจของกิจกรรมกับเพื่อน ๆ ครู โดยไปสถานที่ต่าง ๆ เช่น ทะเลสาบเจนีวา, อนุสาวรีย์ Jean-Jacques Rousseau, มหาวิทยาลัยเจนีวา, มหาวิหาร St.Pierre, ศาลาว่าการ เมือง Hôtel de Ville, สำนักงานสหประชาชาติ, รูปประติมากรรม Broken Chair เป็นต้น





เมื่อเสร็จสิ้นภารกิจ Geneva Treasure Hunt พวกเราก็เดินทางไปร้านอาหาร ณ Hotel Edelweiss ซึ่งเป็นร้านอาหารพื้นเมืองของสวิตเซอร์แลนด์ ที่ Jeff จะพาเราไปชิม Cheese Fondue อาหารประจำชาติของชาวสวิตเซอร์แลนด์ อีกทั้งได้ชมการแสดงพื้นเมืองของสวิตเซอร์แลนด์อีกด้วย



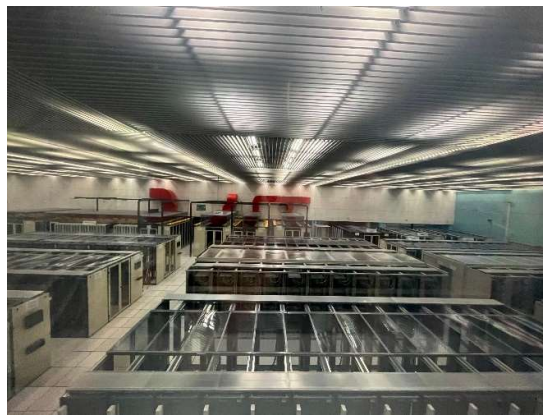
Cheese Fondue อาหารประจำชาติของชาวสวิตเซอร์แลนด์

## Day 9: Computing and DATA at CERN

11<sup>th</sup> July 2022

## Plus Study Group Session 3 and Meet &amp; Greet with Perimeter Institute

วันนี้เป็นเช้าวันแรกของสัปดาห์ที่ 2 เริ่มต้นด้วยการบรรยายเกี่ยวกับ Computing at CERN โดย Xavier Espinal เนื่องจากเซิร์นเป็นสถาบันที่ทำการทดลองที่มีข้อมูลจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องมีศูนย์กลางคอมพิวเตอร์เพื่อจัดเก็บข้อมูลและข้อมูลเหล่านี้จะพร้อมสำหรับการวิเคราะห์และแบ่งปัน โดยศูนย์กลางคอมพิวเตอร์จะเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทำการทดลองจากทุกหน่วยงานในเซิร์น หลังจากฟังบรรยายพวกเรา ก็มีโอกาสดูเยี่ยมชม Data Center ของเซิร์นด้วย



ในช่วงบ่ายพวกเราได้เรียนรู้เกี่ยวกับ Open data in teaching โดย Kati Lassila-Perini, Peitsa Veteli, Santeri Jan Villiam Koivula และ Veera Emilia Juntunen ซึ่งพวกเราได้ฝึกทำการจัดการ data หลากหลายแบบฝึกหัด และเรียนรู้การนำไปใช้ในห้องเรียนต่อไปอีกด้วย

หลังกิจกรรม Open data พวกเราก็ได้เข้า Study group เป็นครั้งที่ 3 เพื่อทำงานกลุ่มต่อ ก่อนรับประทานอาหารเช้า

วันนี้มีกิจกรรมพิเศษช่วงค่ำ คือ Meet & Greet with Perimeter Institute เป็นการพูดคุยทำความรู้จักกับบุคลากรจาก Perimeter Institute ก่อนทำกิจกรรมในวันรุ่งขึ้น และได้รู้ข้อมูลกิจกรรมต่าง ๆ ที่ทาง Perimeter Institute จัดในแต่ละปีอีกด้วย



## Day 10: Perimeter Institute Workshop and Social Event

12<sup>th</sup> July 2022

วันนี้พวกเราได้ทำเวิร์คช็อปกิจกรรมต่าง ๆ ที่สามารถนำมาปรับใช้ได้ในห้องเรียนจากบุคลากรของ Perimeter Institute กิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ Dark Matter and Uniform Circular Motion, Introduction to Wave-Particle Duality, Introduction to curved space-time และ Wave Interference ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้มีหลักการฟิสิกส์ที่ไม่ได้ซับซ้อนซึ่งอยู่ในเนื้อหาในระดับมัธยมปลายอยู่แล้ว แต่เมื่อมาสอดแทรกไปในกิจกรรมต่าง ๆ ทำให้การเรียนรู้ดูไม่น่าเบื่อและเข้าใจได้ง่ายขึ้น ซึ่งเวิร์คช็อปของ Perimeter Institute คลอบคลุมเวลาทั้งช่วงเช้าและบ่ายในวันนี้



วันนี้ในช่วงเย็นมีกิจกรรม International Gift Swapping Game ที่ครูทุกคนได้นำของขวัญที่แสดงถึงเอกลักษณ์ของชาติตนเองมาแลกเปลี่ยนกัน และครูได้ใส่ชุดประจำชาติมาร่วมงาน เป็นงานที่สนุกสนานมาก เพราะเมื่อจับสลากแลกเปลี่ยนของขวัญ ทุกคนต้องอธิบายถึงของขวัญที่ตนนำมาว่าแสดงถึงชาติของตนอย่างไร ด้วย ในวันนี้ข้าพเจ้าได้นำเครื่องต้มยำสำเร็จรูปที่เป็นหนึ่งในอาหารไทยที่โดดเด่น และที่รองแก้วที่ทำจากยางพาราของภาคตะวันออกของประเทศไทยที่เป็นรูปช้างซึ่งเป็นสัตว์ที่ถือว่าเป็นสัญลักษณ์ของประเทศไทยอีกด้วย



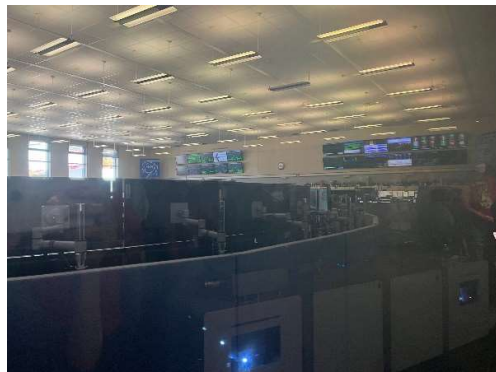


ภาพครูที่แต่งชุดประจำชาติมาร่วมงาน ได้แก่ครูจากประเทศเนปาล ฝรั่งเศส อินเดีย มาเลเซีย ไทย และฟิลิปปินส์

Day 11: Neutrino & Antimatter and Antimatter Factory and LEIR VISIT 13<sup>th</sup> July 2022



ในวันที่ 11 ของการอบรม ช่วงเช้าเป็นการบรรยายเกี่ยวกับ Neutrino Research โดย Danaisis Vargas Oliva และต่อด้วยการเข้าเยี่ยมชม CERN Control Center & Neutrino Platform ซึ่งต้องเดินทางโดยรถบัสประมาณ 20 นาที



ในช่วงบ่ายเป็นการฟังบรรยายเรื่อง Antimatter Research จาก Sameed เป็นการบรรยายที่ข้าพเจ้าประทับใจมากที่สุดในการอบรมครั้งนี้ ผู้บรรยายสามารถอธิบายเรื่อง Antimatter ให้เป็นเรื่องใกล้ตัวได้ โดยแสดงการคำนวณว่า Positron จะถูกปล่อยออกจากกล้วยหอม 1 ลูกก็อนุภาคต่อชั่วโมง หลังจากการบรรยาย พวกเราได้เดินเท้าไปเข้าเยี่ยมชม Antimatter Factory และ LEIR







## Day 12: Future Accelerators and Final Q&A Plus Study Group Session 4 14<sup>th</sup> July 2022

วันนี้เป็นวันที่พวกเราจะฟังการบรรยายสุดท้ายเกี่ยวกับ Future Accelerators ซึ่งบรรยาย โดย Bernhard Holzer ซึ่งบรรยายเกี่ยวกับแผนงาน เหตุผลและความสำคัญในการสร้าง Accelerators ใหม่ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 – 100 กิโลเมตร หลังจากการบรรยายก็ปิดกิจกรรมช่วงเช้าด้วย Final Questions & Final Answers ด้วย Pippa Wells ซึ่งครูก็มีคำถามมากมายทั้งที่เกี่ยวข้อกับการบรรยายและที่เกี่ยวกับเชิรันด้วย

ช่วงบ่ายวันนี้ พวกเราได้ทำงานร่วมกับกลุ่ม Study Group ครั้งสุดท้ายก่อนส่งเล่มรายงานในตอนเย็น และนำเสนอในวันรุ่งขึ้น

รายงานเรื่อง Future Accelerators ของ Study Group 9 ที่ข้าพเจ้าเป็น 1 ในสมาชิกกลุ่ม

## Future Accelerators

Andrew Moore<sup>1</sup>, Apurva Sarkar<sup>2</sup>, John Thompson<sup>3</sup>, Suranan Anantachaisilp<sup>4</sup>, Sara Rombetto<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Bobby Moore Academy, London, UK | doctormossie@gmail.com

<sup>2</sup> IBDP and IGCSE Physics Teacher, Mumbai, India | asarkar.physics@gmail.com

<sup>3</sup> Plano East Senior High School, Texas, USA | john.thompson@pisd.edu

<sup>4</sup> Kamnoetvidya Science Academy, Rayong, Thailand | suranan.a@kvis.ac.th

<sup>5</sup> Liceo G. Galilei, Napoli, Italy | sara.rombetto@gmail.com

### 1) Key ideas

As Physics teachers coming from 5 different countries ( Ireland, India, Thailand, Italy and USA) and drawing from different curricula (IBDP, A-Levels, Advance Placement, Italian), our discussion revealed that some of us are teaching Particle Physics at the basic level, while for some, this does not appear at all across our curricula. This means establishing the moral reasons for investigating the topic outside of the curriculum in itself as well as establishing the core knowledge without which, what we teach as well as further development, would be unintelligible.

To draw the interest of students across the 11-18 age range to a topic as complex as the future of particle accelerators, we need to comprehensively understand the history of accelerators as well as the questions which have animated scientists in their construction.. This will lead to an investigation into which questions are outstanding and why we need even more of them in the future as well as how the current range of colliders can be amended. Additionally, we should discuss some basic and familiar physics concepts underpinning accelerators to help them relate it to existing knowledge.

Some of the key ideas that could be discussed to get the students curious and also reinforce existing physics concepts :

- Evolution of Accelerators: Electrostatic to Oscillating
- Linear accelerators, Cyclotrons, Synchrotrons

- Electric and Magnetic Fields
- Constant and Oscillating Fields
- Lorentz Force
- Relativistic Transformation
- Focusing force: Hooke's law, Harmonic Oscillators
- Dipoles and Quadrupoles
- Superconductors
- Collisions

Future colliders is an advanced sub-topic in an already advanced topic of Particle Physics. So drawing their attention to the famous Large Hadron Collider, Higgs Boson and The Big Bang can trigger interesting discussions in the classroom rooted in scientific work presently being done as well as establishing the fundamentals of what has already been accomplished. Some research time can be allowed to bring forth the high points of LHC's achievement.

A significant part of this lesson is not what is known but what is unknown- and how it might be found which requires a degree of specificity. This involves knowing what colliders have discovered up to now, what colliders currently exist, the technical specifications of them such that they can be improved and adjusted, how adjustment to these factors would have experimental consequences, what experimental consequences would be desirable for inducing new conditions which could break the standard model, the new colliders which have hitherto not been constructed, what the reality of construction would entail.

## 2) Best practice example

A successful example of a lesson focused on future accelerator projects would explore the construction of colliders, and the variety of colliders which are being constructed presently. This would involve exploring the distinctions between:

- Higgs/Electroweak
- Positron/Electron collisions
- Super Proton-Proton Collider
- Muon Colliders

The next focal point of the lesson would be exploring what these colliders are looking for explicitly- with a focus on broad overviews of antimatter, explanations for dark energy, dark matter, and actively testing and potentially breaking the Standard Model. Other questions we might encounter might include how the Higgs itself acquires mass, and whether leptons are fundamental particles.

The lesson would at this point feature a series of hinge questions to ascertain understanding and security before any more progress was made. Students would then be asked to evaluate which colliders were best aligned with approaching each problem, and to provide an explanation as to why each collider was suited for that specific task.

Having differentiated between these colliders, the lesson would then examine the major changes in technology which would allow significant developments in collider science. The most accessible elements of this which could be used to generate discussion using existing knowledge from the wide array of curricula are the following:

- Superconducting Magnets
- RF Technology
- Improved alignment of targets & sources
- Advanced Acceleration
- Beam Physics Advancements
  - 1. Beam Cooling
  - 2. AI (Optimization of Beam targeting through machine learning)

By the end of the lesson, we would hope to have educated students as to

1. The Future Colliders currently being examined
2. The problems these colliders are designed to resolve
3. The methods by which these colliders could be improved still further in the future.

Moreover we hope to let them understand that reaching ambitious scientific objectives, like those envisioned by the FC studies, requires the development of advanced instruments, new technologies as well as the training of the next generation of researchers in different fields. We would also stress that investing in large-scale research projects like the FC can bring tremendous benefit to society and the economy.

### 3) Helpful material and resources

1. Challenges of Future Accelerators for Particle Physics Research

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphy.2022.920520/full>

Challenges of Future Accelerators for Particle Physics Research is a paper which was recently published in Frontiers in Physics on 27th June 2022. This paper provides an overview of the present state of accelerators for particle physics and gives a brief description of some of the major facilities that have been proposed, their perceived advantages and some of the remaining challenges.

2. CERN Homepage about the future circular collider

<https://home.cern/science/accelerators/future-circular-collider>

This is a CERN homepage which provides the future circular collider study. It gives an overview of a new scientific tool for the post-LHC landscape, a scientific mission for the 21st century, preparing the next-generation of particle colliders to boost the energy and intensity frontiers, designing a sustainable research infrastructure through collaborative R&D, and the FCC conceptual design reports.

3. CERN needs for future accelerators in high energy physics

<https://link.springer.com/content/pdf/10.1140/epjst/e2015-02572-x.pdf>

CERN needs for future accelerators in high energy physics is a paper which was published in THE EUROPEAN PHYSICAL JOURNAL SPECIAL TOPICS in 2015. The article gives a number of examples of the studies, the beam parameters that are foreseen in the different projects and their proposed technical layout.

4. Introduction to Particle Accelerators and their Limitations

<https://arxiv.org/pdf/2007.04075.pdf>

Introduction to Particle Accelerators and their Limitations is a paper which was published in proceedings of the 2019 CERN–Accelerator–School course on High Gradient Wakefield Accelerators, Sesimbra, (Portugal) in July 2020. The paper gives a short overview of the principles of particle accelerators, their historical development and the typical performance limitations. After an introduction to the basic concepts, the main emphasis is to sketch the layout of modern storage rings and their limitations in energy and machine performance. Examples of existing machines - among them clearly the LHC at CERN - demonstrate the basic principles and the technical and physical limits that we face today in the design and operation of these particle colliders. Pushing for ever higher beam energies motivates the



design of the future collider studies and beyond that, the development of more efficient acceleration techniques.

5. The physics and technology of the Future Circular Collider

<https://www.nature.com/articles/s42254-019-0048-0>

The physics and technology of the Future Circular Collider is a paper which was published in Nature reviews Physics in March 2019. The recently published FCC Design Report documents the different machine parameters, the physics opportunities and the challenges for further strategic research and development. A staged integrated programme is proposed, in which one of the colliders explored by the FCC study, the FCC-ee, could be operational by 2039, just after the end of the HL-LHC programme, which would be followed by an FCC-hh physics programme starting in 2050–2060. Evidently, the success of such an ambitious project depends not only on international scientific collaboration, but also on partnerships with industry and collaborations with many professionals, including many non-STEM (science, technology, engineering and mathematics) fields.

## Day 13: Study Group Final Reports and What's Next

15<sup>th</sup> July 2022

## Plus Farewell Dinner

เช้าวันสุดท้ายเป็นการนำเสนอจาก Study Group ทั้ง 9 กลุ่ม โดยการนำเสนอครั้งนี้ได้มีการบันทึกและถ่ายทอดสดให้ทุกคนสามารถรับชมได้ด้วย ซึ่งทั้ง 9 กลุ่มนำเสนอประเด็นที่ได้รับมอบหมายออกมาได้อย่างน่าสนใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในห้องเรียนได้ต่อไป



ภาพสมาชิก Study Group 9 หลังการนำเสนอเรียบร้อย



ช่วงบ่ายวันนี้เป็นพิธีปิดอย่างเป็นทางการโดย Jeff ซึ่งครูทุกคนได้มอบประกาศนียบัตรและของที่ระลึกจากเซิร์น

คำคินนี้ถือเป็นคำคินสุดท้ายก่อนที่ทุกคนจะต้องบอกลา กัน ซึ่งทุกคนได้เข้าร่วม Farewell Dinner ที่จัดขึ้นที่ VIP Glassbox ซึ่งอยู่ในโรงอาหาร 1 ในเซิร์น ทุกคนได้ถ่ายภาพร่วมกันและที่อยู่ และข้อมูลที่จะติดต่อกันได้ในอนาคต



HST2022 Farewell Dinner

Day14: Goodbye CERN

16<sup>th</sup> July 2022

เช้าวันนี้เป็นวันสุดท้าย ข้าพเจ้าได้เช็คเอาท์ออกจากโรงแรมที่ตึก 39 และเดินทางออกจากเซิร์น



## ABOUT AUTHOR

**ชื่อ-สกุล** นางสาวสุรนนท์ อนันตชัยศิลป์

**ชื่อเล่น** ยู่

**วัน/เดือน/ปีเกิด** 27 มิถุนายน 2530

**การศึกษา** โรงเรียนอัสสัมชัญคอนแวนต์



วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมี) หลักสูตรฟิสิกส์วิธาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาเคมีเชิงฟิสิกส์ (หลักสูตร นานาชาติ) ภาควิชาเคมี คณะ

วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

Ph.D. SCIENCE, University of Technology Sydney, Australia

**ประวัติการรับทุน** ทุนเรียนดีวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย

ทุน Young Scientist and Technologist Programme

ทุนปริญญาเอกกาญจนาภิเษก

ทุน The Australian Research Council

**งานปัจจุบัน** ครูเชี่ยวชาญสาขาวิชาเคมีและวิทยาศาสตร์โลก และหัวหน้ากลุ่มวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ โรงเรียนกำเนิดวิทย์ จังหวัดระยอง

**รางวัลเกียรติยศ** รางวัลวิทยานิพนธ์ดีเด่นระดับปริญญาเอก ประจำปี 2559 มหาวิทยาลัยมหิดล

ได้บันทึกชื่อลงในเกียรติยศอธิการบดี (Chancellor's list) ประจำปี 2559 University of Technology Sydney, Australia

รางวัลที่ 3 Science Education Award (รางวัลการศึกษาวิทยาศาสตร์) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ครั้งที่ 26 พ.ศ. 2562 จากมูลนิธิโทเร เพื่อการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ ประเทศไทย (Thailand Toray Science Foundation; TTSF) จากผลงาน การสังเคราะห์และพัฒนาชุดทดสอบสารตรวจจับโลหะหนักที่ติดบนอนุภาคนาโนแม่เหล็กในน้ำเสีย

รางวัลครูวิทยาศาสตร์ โครงการ Prime Minister's Science Award 2021 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

