INTERNATIONAL TEACHER WEEKS PROGRAMME 2025

รายงานการเข้าร่วมโครงการครูวิทยาศาสตร์ภาคฤดูร้อนเซิร์น
ระหว่างวันที่ 2 - 15 สิงหาคม 2568
ณ เซิร์น กรุงเจนีวา สมาพันธรัฐสวิส

นางสาวณัฐพร ทองพันธ์
โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

คำนำ

การเข้าร่วมโครงการ CERN International Teacher Weeks Programme 2025 ณ องค์การวิจัยนิวเคลียร์ยุโรป (CERN) ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ นับเป็นโอกาสอันทรงคุณค่าที่สุดครั้งหนึ่งในชีวิตการเป็นครูวิทยาศาสตร์ของข้าพเจ้า โครงการนี้ไม่เพียงมอบความรู้และประสบการณ์ด้านฟิสิกส์อนุภาคและการวิจัยระดับโลก แต่ยังเปิดมุมมองใหม่ในการจัดการเรียนการสอน การสื่อสารวิทยาศาสตร์ และการสร้างแรงบันดาลใจให้กับนักเรียนไทยและเพื่อนครู

รายงานฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อบันทึกประสบการณ์การเรียนรู้ตลอดระยะเวลาที่เข้าร่วมโครงการ ทั้งกิจกรรมการบรรยาย การแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับนักวิทยาศาสตร์และครูจากนานาประเทศ ตลอดจนการสะท้อนคิด ในแต่ละวันของการเข้าร่วมกิจกรรม ทั้งหมดนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อแบ่งปันองค์ความรู้ที่ได้รับ พร้อมทั้งถ่ายทอดแรงบันดาลใจให้กับครู นักเรียน และผู้สนใจทั่วไปในประเทศไทย

ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานเล่มนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจในวิทยาศาสตร์ฟิสิกส์และการศึกษาวิทยาศาสตร์ และจะช่วยเป็นอีกหนึ่งแรงบันดาลใจให้ครูและนักเรียนไทยตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในฐานะพลังสำคัญของการพัฒนาสังคม

ด้วยความสำนึกในพระมหากรุณาธิคุณและความซาบซึ้งใจในทุกแรงสนับสนุนที่ทำให้ข้าพเจ้าได้มีโอกาสเข้าร่วมโครงการครั้งนี้ ข้าพเจ้าขอมอบรายงานเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งในการแบ่งปันประสบการณ์การเรียนรู้จากเซิร์น

ณัฐพร ทองพันธ์

2 กันยายน 2568

กิตติกรรมประกาศ

การเข้าร่วมโครงการ CERN International Teacher Weeks Programme 2025 จะไม่อาจเกิดขึ้นได้หากไม่ได้รับพระมหากรุณาธิคุณจาก สมเด็จพระกนิษฐาธิราชเจ้า กรมสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี ที่ทรงเป็นองค์อุปถัมภ์โครงการความร่วมมือไทย–เซิร์น รวมทั้ง มูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริฯ และ สถาบันวิจัยแสงซินโครตรอน (องค์การมหาชน) ที่ได้ดำเนินการคัดเลือกและดูแลผู้เข้าร่วมโครงการด้วยความเอาใจใส่ ตลอดจนหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการพัฒนากำลังคนและการสร้างนวัตกรรม (บพค.) ที่ได้สนับสนุนค่าใช้จ่ายในการเข้าร่วมกิจกรรม

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเซิร์นที่เปิดโอกาสให้ครูจากทั่วโลกได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์อนุภาค ผ่านการบรรยาย การเยี่ยมชม และกิจกรรมเชิงปฏิบัติการอันทรงคุณค่า ซึ่งสร้างทั้งองค์ความรู้และแรงบันดาลใจที่จะนำกลับมาพัฒนาการเรียนการสอนและส่งต่อให้กับนักเรียนและเพื่อนครูในประเทศไทย

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการการคัดเลือกทุกท่านที่เมตตาและมอบโอกาสอันทรงคุณค่า รวมถึงผู้บริหาร คณาจารย์ และเพื่อนร่วมงานโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ที่ให้การสนับสนุนและกำลังใจอย่างดียิ่ง โดยเฉพาะ ผศ.ชวลิต สูงใหญ่ ผู้อำนวยการโรงเรียน อาจารย์พีระพล ชินรัตน์ หัวหน้าสาขาฟิสิกส์ และ คณาจารย์กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์ทุกท่าน ที่ได้มอบทั้งคำแนะนำและแรงสนับสนุนตลอดจนการเตรียมความพร้อมในการเข้าร่วมกิจกรรม

นอกจากนี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ นักเรียนทุกคน ผู้เป็นแรงบันดาลใจให้ข้าพเจ้ามุ่งมั่นเรียนรู้ และท้ายที่สุดขอขอบพระคุณ ครอบครัวและผู้ใกล้ชิด ที่เป็นแรงใจอันมั่นคงในทุกย่างก้าวของการเดินทางครั้งสำคัญนี้

ณัฐพร ทองพันธ์

2 กันยายน 2568

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

คำนำ

กิตติกรรมประกาศ

บทที่ 1 CERN และโครงการ ITW 2025

ความเป็นมาและพันธกิจของ CERN 1

โครงการ CERN International Teacher Weeks Programme 2025 2

เครือข่ายครูวิทยาศาสตร์โครงการ ITW 2025 3

บทที่ 2 ประสบการณ์การเรียนรู้

ฟิสิกส์อนุภาค 9

เครื่องเร่งอนุภาคและเครื่องตรวจวัดอนุภาค 12

แนวทางการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์อนุภาคระดับชั้นมัธยมศึกษา 21

สื่อการสอนและแหล่งเรียนรู้ของเซิร์น 26

บทที่ 3 สะท้อนคิดจากบันทึกประจำวัน

วันที่ 2 สิงหาคม 2568 : วันแรกของการเดินทาง 28

วันที่ 3–15 สิงหาคม 2568 : บันทึกการเรียนรู้และสะท้อนคิดในแต่ละวัน 29

บทสรุป 49

บรรณานุกรม 50

ประวัติผู้เขียน 51

บทที่ 1

CERN และโครงการ ITW 2025

ความเป็นมาและพันธกิจของ CERN

องค์การวิจัยนิวเคลียร์ยุโรป หรือ เซิร์น (CERN : European Organization for Nuclear Research) เป็นศูนย์กลางการวิจัยทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากความร่วมมือระหว่างประเทศในยุโรป ก่อตั้งขึ้นในปี ค.ศ. 1954 หลังสงครามโลกครั้งที่สอง โดยมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาการวิจัยพื้นฐานด้านฟิสิกส์ เริ่มแรกมีประเทศสมาชิกผู้ก่อตั้ง 12 ประเทศ และปัจจุบันขยายเป็น 25 ประเทศสมาชิก พร้อมทั้งมีประเทศภาคีสมทบและผู้สังเกตการณ์จากทั่วโลก ตั้งอยู่บริเวณชายแดนระหว่างประเทศสวิตเซอร์แลนด์และฝรั่งเศส เมืองเจนีวา ภายในมีทั้งอาคารวิจัย ห้องทดลอง และเครื่องเร่งอนุภาค Large Hadron Collider (LHC) มีเส้นรอบวงยาวประมาณ 27 กิโลเมตร วางตัวอยู่ลึกลงไปใต้พื้นดินราว 100 เมตร คร่อมพรมแดนทั้งสองประเทศ

เซิร์นมีนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรจากทั่วโลกเข้าร่วมมากกว่า 17,000 คน โดยมีเจ้าหน้าที่ประจำราว 2,600 คน โครงสร้างการทำงานของเซิร์นจึงเป็นเครือข่ายที่กว้างขวางและมีความหลากหลาย ทั้งในมิติของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และความร่วมมือระหว่างประเทศ

รูปที่ 1 แผนภาพแสดงจำนวนประเทศสมาชิก CERN
ที่มา: CERN (2025). *CERN Today*.

รูปที่ 2 แผนที่แสดงเส้นทางเครื่องเร่งอนุภาค LHC
ที่มา : CERN (2025). *Aerial view of Genava and LHC.*

พันธกิจหลักของเซิร์น ได้แก่

1) การวิจัย (Research) มุ่งเน้นการศึกษาพื้นฐานทางฟิสิกส์อนุภาคและพลังงานสูง โดยเฉพาะการทดลองผ่านเครื่องเร่งอนุภาค เช่น Large Hadron Collider (LHC)

2) การพัฒนาเทคโนโลยี (Innovation & Technology) ผลักดันการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เกิดจากการวิจัยและสามารถประยุกต์ใช้ในสาขาอื่น เช่น การแพทย์ อุตสาหกรรม และเทคโนโลยีสารสนเทศ

3) การศึกษาและพัฒนาบุคลากร (Education & Training) ส่งเสริมการเรียนรู้และฝึกอบรมแก่ครู นักศึกษา และนักวิทยาศาสตร์รุ่นใหม่ ผ่านโครงการฝึกอบรม การอบรมครู และกิจกรรมเพื่อเยาวชน

4) ความร่วมมือระหว่างประเทศ (International Collaboration) สร้างเครือข่ายนักวิทยาศาสตร์และสถาบันจากหลายประเทศ เพื่อทำงานร่วมกันบนฐานของวิทยาศาสตร์และสันติภาพ

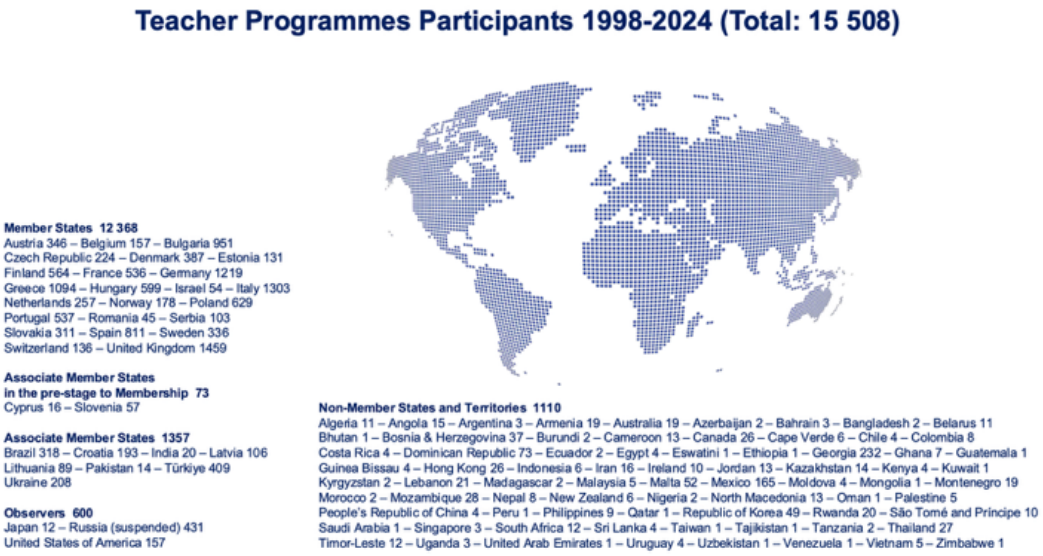
โครงการ CERN International Teacher Weeks Programme 2025

โครงการ CERN International Teacher Weeks Programme (ITW 2025) เป็นโครงการอบรมครูวิทยาศาสตร์นานาชาติที่จัดโดยองค์การวิจัยนิวเคลียร์ยุโรป (CERN) มีกำหนดจัดขึ้นระหว่างวันที่ 4–16 สิงหาคม 2025 ณ เซิร์น เมืองเจนีวา ประเทศสวิตเซอร์แลนด์ โดยมีเป้าหมายหลักเพื่อ นำความรู้และงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่เข้าสู่ห้องเรียน (to bring modern science into the classroom) และสร้างความตระหนักรู้ด้านวิทยาศาสตร์ (scientific awareness) ในวงกว้าง

โครงการ ITW 2025 เน้นการบูรณาการความรู้ทางฟิสิกส์ร่วมกับแนวทางการสอน โดยใช้กรอบ Pedagogical Knowledge (PK), Content Knowledge (CK) และ Pedagogical Content Knowledge (PCK) เพื่อให้ครูผู้เข้าร่วมสามารถแปลงองค์ความรู้ฟิสิกส์อนุภาคไปสู่การสอนในชั้นเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

CERN จัดหลักสูตรอบรมครูในสองระดับ ได้แก่ โครงการครูระดับชาติ (National Teacher Programmes) จัดเป็นภาษาแม่ของแต่ละประเทศ ระยะเวลา 4–6 วัน และโครงการครูนานาชาติ (International Teacher Programmes) จัดเป็นภาษาอังกฤษ ระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยมีครูจากหลายประเทศเข้าร่วมพร้อมกัน สำหรับปี 2025 มีการจัดในลักษณะ International Programme โดยใช้ภาษาอังกฤษเป็นหลัก ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างครูจากหลายวัฒนธรรมและระบบการศึกษา

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1998–2024 มีครูเข้าร่วมโครงการครูของเซิร์น รวมทั้งสิ้น 15,508 คน จากประเทศสมาชิก ประเทศภาคีสมทบ ผู้สังเกตการณ์ และประเทศนอกเครือข่าย ตัวอย่างเช่น สหราชอาณาจักร (1,459 คน) เยอรมนี (1,219 คน) อิตาลี (1,303 คน) และประเทศที่มิใช่สมาชิก เช่น ตุรกี (409 คน) สหรัฐอเมริกา (157 คน) รวมถึงประเทศไทยมีผู้เข้าร่วมจำนวน 27 คน



รูปที่ 3 แผนภาพแสดงจำนวนผู้เข้าร่วมโครงการครูวิทยาศาสตร์เซิร์น (1998–2024)

ที่มา: CERN (2025). *Teacher Programmes Participants.*

เซิร์นมุ่งหวังให้ผู้เข้าร่วมโครงการ ITW 2025 กลับไปทำหน้าที่เป็น ทูตทางวิทยาศาสตร์ (ambassadors for science and engineering) โดยมีบทบาทสำคัญดังนี้

1) ถ่ายทอดประสบการณ์และความรู้ที่ได้รับให้กับนักเรียน เพื่อนครู และสาธารณชน

2) ส่งเสริมความเข้าใจและแรงบันดาลใจด้านฟิสิกส์ โดยเฉพาะฟิสิกส์อนุภาค

3) จัดกิจกรรมติดตามผล (follow-up activities) ในประเทศของตน เพื่อขยายผลการเรียนรู้ให้เกิดความต่อเนื่อง

ด้วยแนวคิดดังกล่าว โครงการ ITW 2025 จึงไม่ใช่เพียงการอบรมเชิงเนื้อหา แต่เป็นการสร้างเครือข่ายครูวิทยาศาสตร์นานาชาติที่มีพันธกิจร่วมกันในการนำฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์สมัยใหม่กลับไปสู่ห้องเรียนทั่วโลก

รูปที่ 4 ครูวิทยาศาสตร์ผู้เข้าร่วมโครงการ CERN ITW 2025

เครือข่ายครูวิทยาศาสตร์โครงการ ITW 2025

โครงการอบรมครูวิทยาศาสตร์ภาคฤดูร้อนเซิร์น CERN International Teacher Weeks Programme (ITW 2025) มีครูวิทยาศาสตร์เข้าร่วมโครงการ 40 คน จาก 32 ประเทศ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนครูที่เข้าร่วมโครงการ ฯ จากแต่ละประเทศ

ลำดับที่	ชื่อ	ประเทศ
1	Olivia	โรมาเนีย
2	Ramya	อินเดีย
3	Suman	
4	Karen	อาเจนตินา

ลำดับที่	ชื่อ	ประเทศ
5	Natia	จอร์เจีย
6	Khai	ไทย
7	Marija	เซอร์เบีย
8	Tasha	แคนาดา
9	Claire	
10	Veronica	บราซิล
11	Aili	เอสโตเนีย
12	Will	เปรู
13	Eren	ตุรกี
14	Aysel	
15	Lenka	สโลวีเนีย
16	Thuy	เวียดนาม
17	Jessica	อินโดนีเซีย
18	Matin	อิหร่าน
19	Leki	ภูฏาน
20	Dina	โปรตุเกส
21	Martin	สหรัฐอเมริกา
22	Tugs	
23	Chris	
24	Tim	
25	Cristine	ฟิลิปปินส์
26	Placido	สเปน
27	Vanessa	กรีซ
28	Nava	อิสราเอล
29	Mesi	ฮังการี
30	Phebe	ออสเตรเลีย
31	Pawel	โปแลนด์
32	Mahesh	ปากีสถาน
33	Nour	เลบานอน

ลำดับที่	ชื่อ	ประเทศ
34	Michela	อิตาลี
35	John	
36	Maura	
37	Trygve	นอร์เวย์
38	Ahmed	อียิปต์
39	Damion	ศรีลังกา
40	Loh	คาเมรูน

การดำเนินโครงการ ฯ เกิดขึ้นระหว่างวันที่ 3-15 สิงหาคม พ.ศ. 2568 เป็นจำนวน 14 วัน ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงกิจกรรมของโครงการ ฯ ในแต่ละวัน

วัน	เวลา	กิจกรรม	วิทยากร / ผู้ดำเนินการ
3 ส.ค. 2568	17:00-17:45	Welcome Reception	Jeff Wiener (CERN), Milena Vujanovic (Univ. of Leeds), Sascha Schmeling (CERN)
	17:45-19:00	Discover CERN Treasure Hunt	
	19:00-20:00	Dinner	
	20:00-21:00	Introductory Remarks / Basics @ CERN	Jeff Wiener (CERN)
4 ส.ค. 2568	7:00-9:00	Registration / Early Birds & Night Owls	
	9:30-10:00	Introduction to ITW 2025	Charlotte Lindberg Warakaulle & Jeff Wiener (CERN)
	10:00-11:00	Concept Map Session 1	Milena Vujanovic (Univ. of Leeds)
	11:30-12:30	Introduction to CERN	Jeff Wiener (CERN)
	13:45-15:30	Visits (Synchrocyclotron & ATLAS Control Room)	
	16:00-17:15	Lecture: Introduction to Particle Physics	Jonathan R. Ellis (King's College London)
5 ส.ค. 2568	9:00-10:30	Particle Accelerators	Simon Albright (CERN)

วัน	เวลา	กิจกรรม	วิทยากร / ผู้ดำเนินการ
	11:00-12:30	Particle Detectors	Veronika Kraus (Vienna University of Technology)
	14:00-15:00	Introduction to Study Groups	Jeff Wiener (CERN)
	15:00-16:30	The Discovery of the Higgs Boson	Luis Roberto Flores Castillo (CUHK)
6 ส.ค. 2568	8:45-10:45	Visits: Magnet Test Facility (SM18) & CERN Control Centre (CCC)	
	11:00-12:30	Engineering at CERN	Raymond Veness (CERN)
	14:00-15:15	How to run a Particle Accelerator?	Bettina Mikulec (CERN)
7 ส.ค. 2025	9:00-12:30	Study Groups Report-Out (SG4,SG 5) Lectures From Physics to Medical Application Introducing Particle Physics in the Classroom	Manjit Dosanjh Jeff Wiener (CERN)
	14:00-16:30	Workshops & Exhibitions / Cloud Chamber Workshop	
8 ส.ค. 2568	9:00-12:30	Lectures (เช่น Feynman Mathemagic)	Luis Roberto Flores Castillo (CUHK)
	13:30-16:00	Visit to CMS (Service Cavern)	
	17:00-18:30	Halfway Point Session: Concept Map Session 2 / Review & Outlook	Milena Vujanovic / Jeff Wiener (CERN)
9 ส.ค. 2568	13:00-20:00	Social Events: Discover Geneva Treasure Hunt / Official Dinner	
11 ส.ค. 2568	09:00–09:15	Welcome to Week #2	
	09:15–10:45	Lecture: *Computing at CERN*	Markus Joos (CERN)
	10:45–12:30	Visits & Workshops: Data Centre & Mystery Box Workshop	
	14:00–15:30	Lecture: *Data Analysis in Particle Physics*	Flavia de Almeida Dias (Nikhef)

วัน	เวลา	กิจกรรม	วิทยากร / ผู้ดำเนินการ
12 ส.ค. 2568	09:00–09:30	Study Groups Report-Out (SG3, SG6, SG7)	
	09:30–12:30	Lectures: *Beauty Physics at CERN*, *Heavy Ion Physics at CERN*	Patrick Koppenburg (Nikhef), Panagiota Chatzidaki (Uppsala University)
	14:00–17:00	Visits: ALICE Exhibition & LHCb Exhibition	
	18:00–19:30	Social Event: International Gift Swapping Circle	
13 ส.ค. 2568	09:00–12:30	Lectures: *AI in Particle Physics*, *Radiation Protection at CERN*	Maurizio Pierini (CERN), Claudia Ahdida
	14:00–15:30	Lecture: *Taming the Very Small*	Luis Roberto Flores Castillo (CUHK)
	15:45–18:00	Visits: Antimatter Factory & Low Energy Ion Ring (LEIR)	
14 ส.ค. 2568	09:00–12:30	Lectures: *The Future of Particle Physics*, *Final Questions & Final Answers*	Michael Benedikt (CERN), Sascha Schmeling (CERN)
	14:00–17:00	Study Groups – Session 4	
	17:00–17:30	ITW 2025 Group Picture	
15 ส.ค. 2568	09:00–13:00	Study Group Presentations (SG1–SG8)	Jeff Wiener (CERN) และสมาชิกแต่ละกลุ่ม
	14:30–18:00	Closing Session: Concept Map Session 3, *What's Next?*, Certificates & Goodie Bags	Milena Vujanovic (Univ. of Leeds), Jeff Wiener (CERN)
	19:00–21:00	Social Event: Farewell Dinner	

กิจกรรมของโครงการ CERN ITW 2025 ในสัปดาห์แรก (4–8 สิงหาคม 2568) มุ่งเน้นการบรรยายและกิจกรรมภาคปฏิบัติ เพื่อปูพื้นฐานความรู้ด้านฟิสิกส์อนุภาคและการทำงานของ CERN ให้กับครูผู้เข้าร่วม ไม่ว่าจะเป็นหัวข้อเรื่องเครื่องเร่งอนุภาค (Particle Accelerators) เครื่องตรวจวัดอนุภาค (Detectors) และการค้นพบฮิกส์โบซอน (Higgs Boson) ตลอดจนการเยี่ยมชมห้องปฏิบัติการและสถานที่สำคัญ เช่น Synchrocyclotron, ATLAS Control Room และ CMS

ในช่วงกลางโครงการ (9–13 สิงหาคม 2568) กิจกรรมเริ่มเน้นการบูรณาการความรู้และการสร้างเครือข่ายความร่วมมือ โดยมีกิจกรรมเชิงสังคม (Social Events) เช่น Discover Geneva Treasure Hunt และ International Gift Swapping Circle ควบคู่กับการบรรยายหัวข้อเฉพาะทาง เช่น Computing at CERN, Data Analysis in Particle Physics, AI in Particle Physics และ Radiation Protection at CERN พร้อมทั้งการแบ่งกลุ่มย่อยเพื่อรายงานผล (Study Groups Report-Out) และการทำ Workshop เสริม เช่น Mystery Box Workshop และการเยี่ยมชม Antimatter Factory

ในช่วงท้ายโครงการ (14–15 สิงหาคม 2568) ผู้เขียนได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้และสะท้อนคิดผ่านการทำงานกลุ่ม (Study Groups) และการนำเสนอผลงาน (Study Group Presentations) ครอบคลุมประเด็นตั้งแต่ Particle Physics, Particle Detectors, Engineering at CERN ไปจนถึงการประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ (Medical Applications of Particle Physics) นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมสรุปแนวคิด (Concept Map Sessions) และการสะท้อนผลการเรียนรู้ ก่อนปิดโครงการอย่างอบอุ่นด้วยการมอบเกียรติบัตรและ Farewell Dinner

บทที่ 2
ประสบการณ์การเรียนรู้

การเข้าร่วมโครงการ CERN International Teacher Weeks Programme 2025 ทำให้ผู้เขียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ทั้งในด้านองค์ความรู้ทางฟิสิกส์อนุภาค การเรียนรู้จากการบรรยายโดยนักวิทยาศาสตร์ การเข้าชมการทำงานจริงในห้องปฏิบัติการ ตลอดจนการทำกิจกรรมกลุ่มกับเพื่อนครูนานาชาติ กิจกรรมเหล่านี้ไม่เพียงเสริมสร้างความเข้าใจในเชิงทฤษฎีและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางฟิสิกส์ แต่ยังช่วยให้ผู้เขียนได้ตระหนักถึงความสำคัญของการบูรณาการประสบการณ์ตรงไปสู่การจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์ในห้องเรียน

ในบทนี้ ผู้เขียนจะถ่ายทอดประสบการณ์การเรียนรู้จากการเข้าร่วมโครงการ โดยแบ่งตามช่วงกิจกรรมและสาระสำคัญที่ได้รับ ได้แก่ ความรู้ด้านฟิสิกส์อนุภาค การเรียนรู้เกี่ยวกับเครื่องเร่งอนุภาคและเครื่องตรวจวัดอนุภาค การจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์อนุภาคระดับมัธยมศึกษา

ฟิสิกส์อนุภาคและเซิร์น

CERN ก่อตั้งขึ้นเพื่อค้นหาคำตอบของคำถามพื้นฐานที่สุดในฟิสิกส์ว่า “สสารประกอบขึ้นจากอะไร และแรงที่ยึดสสารเข้าไว้ด้วยกันมีสมบัติอย่างไร”

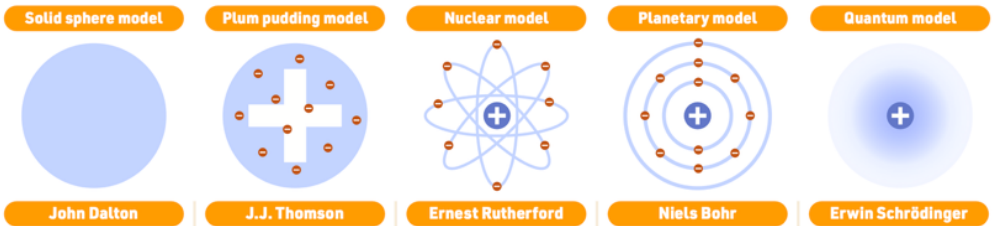
ในอดีตนักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าอะตอม (atom) คือหน่วยเล็กที่สุดของสสาร ไม่สามารถแบ่งแยกต่อไปได้ แต่การค้นพบใหม่ ๆ ได้พลิกความเชื่อนี้อย่างต่อเนื่อง

ค.ศ. 1897 เจ.เจ. ธอมสัน (J.J. Thomson) ค้นพบทดลองอิเล็กตรอน (electron) ทำให้ทราบว่าอะตอมมีองค์ประกอบภายใน

ค.ศ. 1911 เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด (E. Rutherford) ค้นพบนิวเคลียส (nucleus) ซึ่งเป็นแกนกลางของอะตอม มีขนาดเล็กกว่าอะตอมถึงราว 100,000 เท่า และมีประจุไฟฟ้าเป็นบวกซึ่งต่อมาถูกเรียกว่า โปรตอน (proton) จากนั้นจึงพบว่าอะตอมไม่ได้เป็นหน่วยเล็กที่สุด แต่ประกอบด้วยอิเล็กตรอนและโปรตอน

ค.ศ. 1932 เจมส์ แชดวิก (J. Chadwick) ค้นพบนิวตรอน (neutron) ซึ่งเป็นอนุภาคที่ไม่มีประจุไฟฟ้า ทำให้เห็นภาพชัดเจนขึ้นว่า นิวเคลียสของอะตอมมีทั้งโปรตอนและนิวตรอน

แต่การค้นหายังไม่หยุดเพียงแค่นั้น นักวิทยาศาสตร์พบว่าโปรตอนและนิวตรอนเองก็ไม่ใช่สิ่งที่เล็กที่สุด ยังสามารถแยกย่อยได้อีก และอนุภาคเล็ก ๆ เหล่านี้ถูกเรียกว่า อนุภาคมูลฐาน (elementary particles หรือ fundamental particles) ดังนั้น ฟิสิกส์พื้นฐานที่เซิร์นให้ความสำคัญ คือการศึกษาสมบัติของอนุภาคในนิวเคลียสและแรงที่กระทำภายในนิวเคลียสนั้น ๆ ซึ่งเป็นที่มาของคำว่า นิวเคลียร์ ที่ปรากฏอยู่ในชื่อของเซิร์น



รูปที่ 5 แบบจำลองอะตอมตามแนวคิดนักวิทยาศาสตร์

ที่มา: Compound Interest. (2016). *The history of the atom-Theories and model*

ในชีวิตประจำวัน เราพบเห็นสสาร (Matter) รอบตัวอยู่เสมอ สสารเหล่านี้ประกอบขึ้นจากอะตอม (Atom) แต่ละอะตอมมีโครงสร้างพื้นฐานที่ประกอบด้วยนิวเคลียส (Nucleus) อยู่ตรงกลาง และมีอิเล็กตรอน (Electron) โคจรอยู่รอบนอก นิวเคลียสของอะตอมประกอบด้วยโปรตอน (Proton) และนิวตรอน (Neutron) ในขณะที่อิเล็กตรอนโคจรอยู่ภายนอก แต่การศึกษาฟิสิกส์อนุภาคไม่ได้หยุดเพียงเท่านี้ นักวิทยาศาสตร์ยังตั้งคำถามว่า ภายในโปรตอนและนิวตรอนเองมีอนุภาคย่อยอีกหรือไม่ และอนุภาคที่เล็กที่สุดในธรรมชาติคืออะไร คำตอบจากการศึกษาพบว่า โปรตอนและนิวตรอนเองประกอบขึ้นจากอนุภาคพื้นฐานที่เรียกว่า ควาร์ก (Quark)

การทำความเข้าใจฟิสิกส์อนุภาคจำเป็นต้องใช้เครื่องมือเพิ่มเติม โดยเฉพาะเครื่องเร่งอนุภาค (Particle Accelerator) ซึ่งทำหน้าที่เร่งอนุภาค เช่น โปรตอน ให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมากใกล้เคียงความเร็วแสง เพื่อให้เกิดการชนกันที่มีพลังงานสูง กระบวนการชนนี้ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปของพลังงานไปเป็นอนุภาคชนิดต่าง ๆ ตามสมการของไอน์สไตน์

$$E = mc^2$$

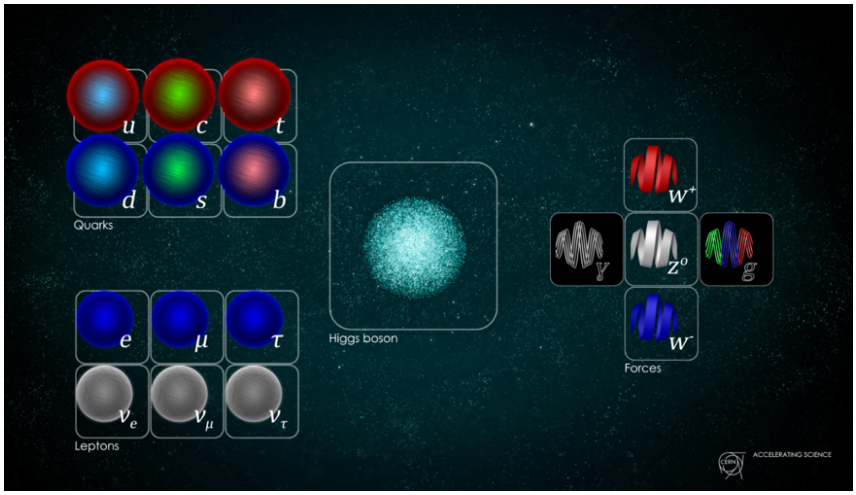
โดยที่ E คือ พลังงาน

m คือ มวล

c คือ ความเร็วแสงในสุญญากาศ

จากสมการนี้ มวลสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงานได้ และพลังงานก็สามารถสร้างมวลหรืออนุภาคใหม่ ๆ ได้เช่นกัน นักฟิสิกส์อนุภาคจึงอาศัยการตรวจวัดเส้นทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เกิดขึ้นหลังการชน เพื่อศึกษาสมบัติพื้นฐานของอนุภาคย่อยและแรงที่กระทำต่อกัน งานวิจัยในลักษณะนี้มักถูกเรียกว่า ฟิสิกส์พลังงานสูง (High Energy Physics)

การค้นพบอนุภาคย่อยจำนวนมากในช่วง ค.ศ. 1950–1960 เช่น มีซอน และมิวออน ทำให้นักฟิสิกส์ไม่สามารถจัดระบบความรู้ได้ จึงจำเป็นต้องสร้างทฤษฎีที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคเหล่านี้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้เกิดศาสตร์ใหม่ที่เรียกว่า **ฟิสิกส์อนุภาค (Particle Physics)** ขึ้นมา



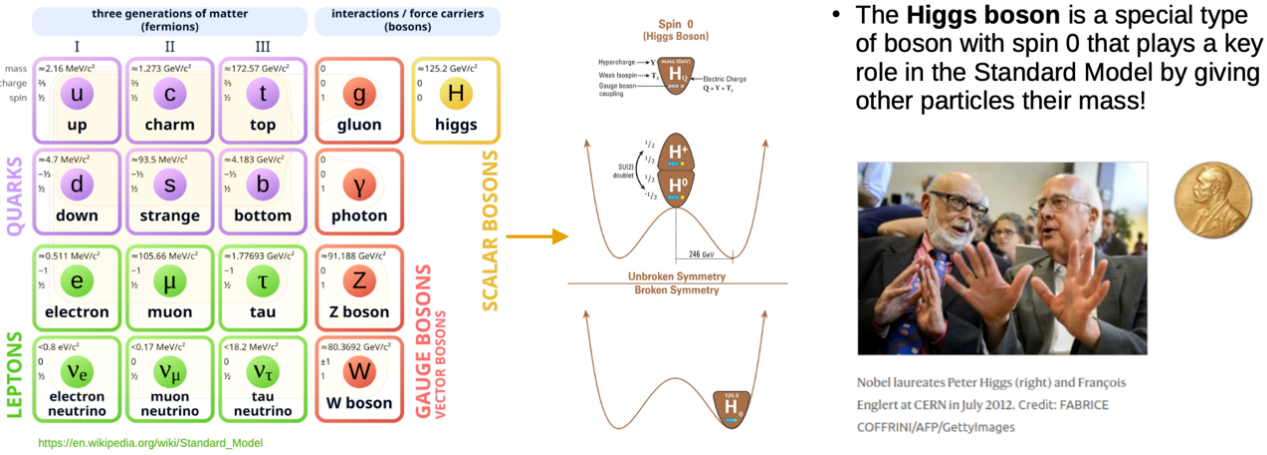
รูปที่ 6 แบบจำลองมาตรฐานของอนุภาคมูลฐาน (The Standard Model of Elementary Particles)

ที่มา: CERN. (2023). *The Standard Model of Elementary Particles.* Retrieved from https://home.cern

ในแบบจำลองมาตรฐาน (Standard Model) นักฟิสิกส์ได้จัดจำแนกอนุภาคมูลฐานในกลุ่ม เฟอร์มิออน (Fermions) ซึ่งเป็นอนุภาคของสสาร (matter particles) เป็น 2 ประเภท คือ

1. เลปตอน (Leptons) มีทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ อิเล็กตรอน มิวออน ทาว และนิวทริโนอีกสามชนิด อนุภาคเหล่านี้สามารถดำรงอยู่อย่างอิสระ ไม่ประกอบด้วยควาร์ก และไม่ถูกรวมด้วยแรงนิวเคลียร์อย่างเข้ม ตัวอย่างสำคัญคือการค้นพบมิวออน (1936) นิวทริโนอิเล็กตรอน (1956) นิวทริโนมิวออน (1962) และทาว (1975)

2. ควาร์ก (Quarks) เป็นอนุภาคมูลฐานที่ไม่สามารถดำรงอยู่อย่างอิสระ แต่จะรวมตัวกันเกิดเป็นฮาดรอน (Hadrons) เช่น โปรตอน นิวตรอน และมีซอน ในปี 1961 เมอร์เรย์ เกลล์-แมนน์ (Murray Gell-Mann) และยูวัล นีมัน (Yuval Ne'eman) ได้นำเสนอแนวคิด The Eightfold Way เพื่อจัดระเบียบฮาดรอน และในปี 1964 เกลล์-แมนน์และจอร์จ ไซเวก (George Zweig) เสนอว่าฮาดรอนเหล่านี้ประกอบด้วยควาร์กดั้งเดิม 3 ชนิด (up, down, strange) ต่อมามีการค้นพบเพิ่มจนรวมเป็น 6 ชนิด (charm, bottom, top) การทดลองที่ Stanford Linear Accelerator Center (SLAC) ในปี 1968 โดยทีมของฟรีดแมน เคนดัลล์ และเทย์เลอร์ ได้ยืนยันการมีอยู่จริงของควาร์กจากการยิงอิเล็กตรอนไปยังโปรตอน



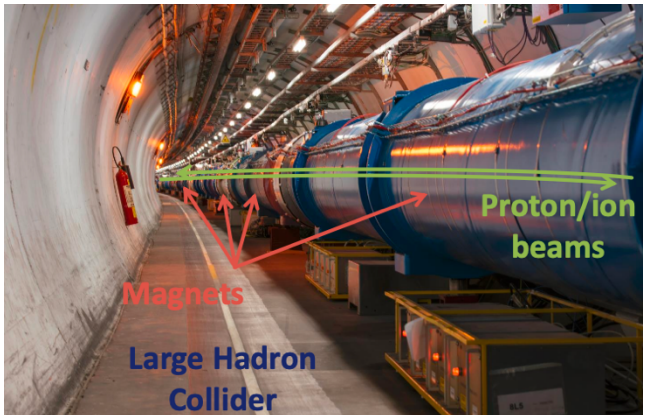
รูปที่ 7 แผนภาพอธิบายแบบจำลองมาตรฐานจากสไลด์การบรรยายในหัวข้อ Introduction to Particle Physics โดย Prof. John Ellis ที่มา: Ellis, J. (2025.). *Introduction to Particle Physics: Fundamental Building Blocks & Gauguin's Questions [Lecture slides].*

นอกจากเฟอร์มิออนแล้ว Standard Model ยังอธิบายการมีอยู่ของ อนุภาคพาหะแรง (Force Carrier Particles) หรือโบซอนพาหะแรง ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวกลางของแรงพื้นฐาน ได้แก่ โฟตอน (Photon) พาหะของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า (ค้นพบในช่วงต้นคริสต์ศตวรรษที่ 20) กลูออน (Gluon) พาหะของแรงนิวเคลียร์อย่างเข้ม (ค้นพบโดยกลุ่ม TASSO ที่ DESY ประเทศเยอรมนี ปี 1979) W และ Z Bosons พาหะของแรงนิวเคลียร์อย่างอ่อน (ค้นพบโดย Carlo Rubbia และ Simon van der Meer ที่ CERN ในปี 1983) และฮิกส์โบซอน (Higgs Boson) ซึ่งถูกค้นพบในปี 2012 ที่เซิร์น โดยเครื่องเร่งอนุภาค LHC ทำหน้าที่ยืนยันกลไกการให้มวลแก่อนุภาคมูลฐาน

กล่าวโดยสรุป เลปตอนและควาร์ก เป็นอนุภาคมูลฐานที่เป็นรากฐานของสสาร ขณะที่ ฮาดรอน เป็นผลลัพธ์จากการรวมตัวของควาร์ก และ โบซอนพาหะแรง ทำหน้าที่ส่งผ่านแรงพื้นฐานในธรรมชาติ การค้นพบเหล่านี้ทำให้ Standard Model กลายเป็นกรอบทฤษฎีที่สามารถอธิบายโครงสร้างของสสารและปฏิสัมพันธ์พื้นฐานได้อย่างครอบคลุมที่สุดจนถึงปัจจุบัน แม้แบบจำลองมาตรฐานจะประสบความสำเร็จ แต่ยังไม่สามารถรวมแรงโน้มถ่วงเข้ามาได้ ไม่สามารถตอบคำถามเรื่องสสารมืดและพลังงานมืด ดังนั้นเซิร์นและนักฟิสิกส์ทั่วโลกยังคงเดินหน้าค้นหาคำตอบผ่านการทดลองระดับพลังงานสูง

เครื่องเร่งอนุภาคและเครื่องตรวจวัดอนุภาค

เครื่องเร่งอนุภาค คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เร่งอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า เช่น อิเล็กตรอน โปรตอน หรือไอออน ให้มีความเร็วสูงและพลังงานสูงมาก จากนั้นควบคุมให้อนุภาคเหล่านั้นเคลื่อนที่ไปตามเส้นทางที่ต้องการและทำให้เกิดการชนกันหรือกระทบกับเป้าหมาย เพื่อสังเกตผลที่เกิดขึ้นและตีความเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์



รูปที่ 8 ส่วนประกอบของเครื่องเร่งอนุภาค Large Hadron Collider (LHC)
ที่มา: Albright, S. (2025, February 19). *Introduction to Particle Accelerators [Lecture slides].* Retrieved from https://indico.cern.ch/e/ITW2025

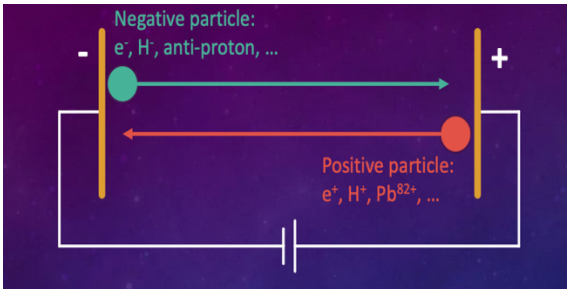
หลักการพื้นฐานของเครื่องเร่งอนุภาคอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคกับสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก โดยสนามไฟฟ้าจะให้แรงที่เร่งอนุภาคให้มีความเร็วเพิ่มขึ้น ส่วนสนามแม่เหล็กจะควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ให้อยู่ในเส้นทางที่ต้องการ ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับประจุและศักย์ไฟฟ้า ดังสมการ

$$\Delta E = qV$$

เมื่อ ΔE คือ พลังงานที่อนุภาคได้รับ

q คือ ประจุของอนุภาค

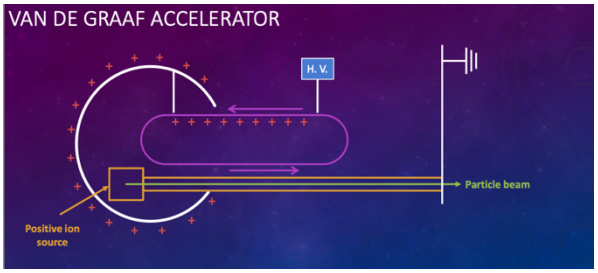
V คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่อนุภาคเคลื่อนที่ผ่าน



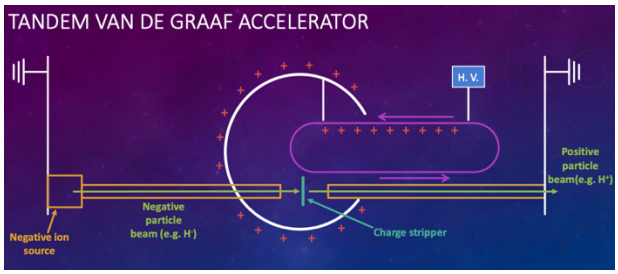
รูปที่ 9 หลักการเร่งอนุภาคด้วยสนามไฟฟ้า
ที่มา: Albright, S. (2025, February 19).
Introduction to Particle Accelerators [Lecture slides].

หากอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ผ่านความต่างศักย์ไฟฟ้า อนุภาคนั้นจะได้รับพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น ตัวอย่างเช่น อิเล็กตรอนที่มีประจุ q =−e เคลื่อนที่ผ่านความต่างศักย์ไฟฟ้า 1 โวลต์ จะได้รับพลังงานเท่ากับ 1 อิเล็กตรอนโวลต์ (eV) ซึ่งเป็นหน่วยมาตรฐานที่ใช้วัดพลังงานในฟิสิกส์อนุภาค

ตัวอย่างเครื่องเร่งเชิงไฟฟ้าสถิต ได้แก่ เครื่องกำเนิดแวนเดอกราฟ (Van de Graaff Generator) เป็นเครื่องเร่งแบบแรก ๆ ที่สามารถสร้างความต่างศักย์สูงโดยใช้สายพานนำประจุไฟฟ้าไปสะสมบนโดมโลหะขนาดใหญ่ เครื่องนี้สามารถสร้างความต่างศักย์ได้ระดับหลายล้านโวลต์ แต่ยังไม่เพียงพอสำหรับการวิจัยฟิสิกส์พลังงานสูง และแทนเดมแวนเดอกราฟ (Tandem Van de Graaff) ใช้วิธีการเปลี่ยนประจุจากลบเป็นบวกในระหว่างการเร่ง โดยให้อะตอมถูกเร่งเป็นประจุลบก่อน เมื่อผ่านอุปกรณ์ที่เรียกว่า charge stripper จะทำให้สูญเสียอิเล็กตรอนและกลายเป็นประจุบวก จากนั้นถูกเร่งอีกครั้งในทิศทางกลับ ซึ่งทำให้ได้พลังงานรวมสูงขึ้น



รูปที่ 10 เครื่องเร่งอนุภาค Van de Graaff Accelerator
ที่มา: Albright, S. (2025, February 19).
Introduction to Particle Accelerators [Lecture slides].



รูปที่ 11 เครื่องเร่งอนุภาค Tandem Van de Graaff Accelerator
ที่มา: Albright, S. (2025, February 19).
Introduction to Particle Accelerators [Lecture slides].

ข้อจำกัดของการเร่งเชิงไฟฟ้าสถิต คือ แรงดันไฟฟ้าที่สร้างได้ในเชิงปฏิบัติจำกัดอยู่ประมาณ 10 ถึง 30 เมกะโวลต์ ซึ่งไม่เพียงพอต่อการศึกษาปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่ต้องการระดับจิกะอิเล็กตรอนโวลต์ถึงเทระอิเล็กตรอนโวลต์ จึงเกิดแนวทางการพัฒนาเครื่องเร่งชนิดใหม่ที่ใช้สนามไฟฟ้ากระแสสลับ

เนื่องจากปัญหาของการใช้ไฟฟ้ากระแสตรง คือ การจัดเรียงอุปกรณ์เร่งไฟฟ้าสถิตหลายชุดต่อเนื่องกันทำให้เกิดปัญหาเรื่องทิศของสนามไฟฟ้าที่ไม่สอดคล้องกับทิศการเคลื่อนที่ของอนุภาค ทำให้ไม่สามารถเร่งต่อเนื่องได้

หลักการของไฟฟ้ากระแสสลับ คือ การใช้สนามไฟฟ้ากระแสสลับที่สอดคล้องกับความถี่ของอนุภาคที่กำลังเคลื่อนที่ ทำให้อนุภาคสามารถรับพลังงานเพิ่มขึ้นทุกครั้งที่ผ่านช่องว่างของโพรงเรโซแนนซ์ (RF cavity) ความสัมพันธ์พลังงานที่อนุภาคได้รับคือ

$$\Delta E = qV\sin(\varphi)$$

เมื่อ ΔE คือ พลังงานที่เปลี่ยนแปลงไป
q คือ ประจุไฟฟ้า
$V\sin(\varphi)$ คือ ความต่างศักย์ที่ขึ้นอยู่กับเฟสของอนุภาค

เครื่องเร่งอนุภาคทางตรง (Linear Accelerators: Linac)

หลักการ คือ เครื่องเร่งทางตรงใช้โพรงเรโซแนนซ์เรียงต่อกันเป็นเส้นตรง อนุภาคจะถูกเร่งทุกครั้งที่ผ่านช่องว่างระหว่างโพรง โดยภายในโพรงจะไม่มีสนามไฟฟ้า ข้อดี คือ เครื่องเร่งทางตรงสามารถเร่งอนุภาคได้อย่างมีประสิทธิภาพโดยไม่ต้องใช้แม่เหล็กเบี่ยงเบน แต่ข้อจำกัด คือ เครื่องจะยาวมากเมื่อพลังงานสูง เช่น เครื่อง Linac ของเซิร์นที่มีความยาวหลายร้อยเมตร

เครื่องเร่งอนุภาคแบบวงกลม (Circular Accelerators)

เมื่ออนุภาคที่มีประจุเคลื่อนที่ในสนามแม่เหล็ก จะถูกเบี่ยงเบนทิศทางตามแรงเนื่องจากสนามแม่เหล็ก ตามสมการ

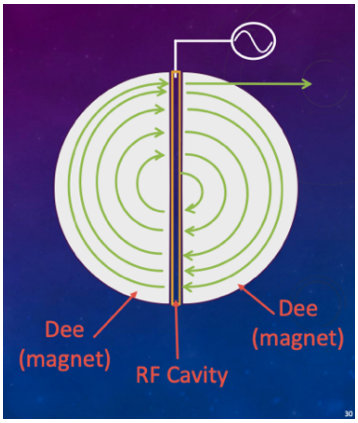
$$\vec{\mathbf{F}} = \mathbf{q}(\vec{\mathbf{v}}\,\mathbf{x}\vec{\mathbf{B}})$$

เมื่อ q คือ ประจุของอนุภาค
v คือ ความเร็วของอนุภาค
B คือ สนามแม่เหล็ก

ไซโคลตรอน (Cyclotron) ใช้สนามแม่เหล็กคงที่และความถี่ไฟฟ้ากระแสสลับคงที่ อนุภาคเคลื่อนที่เป็นวงโคจรในโครงสร้างครึ่งวงกลมที่เรียกว่า ดี (Dee) และจะได้รับพลังงานเพิ่มทุกครั้งที่ผ่านช่องว่าง สมการความถี่ คือ

$$f_c = \frac{qB}{2\pi m}$$

เมื่อ q คือ ประจุของอนุภาค
m คือ มวลของอนุภาค
B คือ สนามแม่เหล็ก



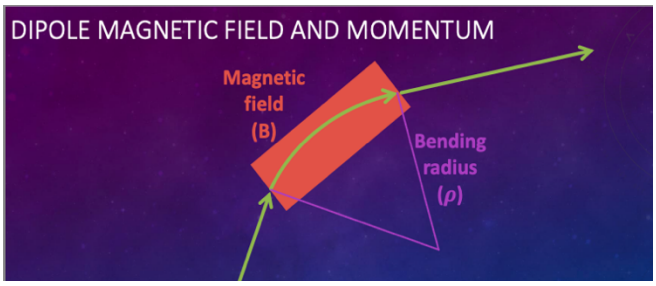
รูปที่ 12 หลักการทำงานของไซโคลตรอน
ที่มา: Albright, S. (2025, February 19).
Introduction to Particle Accelerators [Lecture slides].

อย่างไรก็ตาม ไซโคลตรอนมีข้อจำกัด คือ เมื่ออนุภาคมีพลังงานสูงมากขึ้นจนเข้าใกล้ความเร็วแสง อนุภาคจะเข้าสู่สภาวะสัมพัทธภาพ (relativistic regime) เนื่องจากความถี่โคจรของอนุภาคเปลี่ยนแปลงและไม่ตรงกับความถี่สนามไฟฟ้า ส่งผลให้การเร่งสูญเสียการซิงโครไนซ์ จึงไม่สามารถเร่งอนุภาคให้ถึงพลังงานสูงมาก ๆ ได้ จึงเป็นเหตุผลที่ต้องมีการพัฒนาเป็นเครื่องเร่งอนุภาคแบบซิงโครตรอน

ซิงโครตรอน (Synchrotron) ออกแบบให้รัศมีโคจรคงที่ และใช้การปรับความแรงของสนามแม่เหล็กและความถี่ไฟฟ้ากระแสสลับไปพร้อมกัน โดยความสัมพันธ์ของโมเมนตัมกับสนามแม่เหล็กคือ

$$P = cqB\rho$$

เมื่อ P คือ โมเมนตัม
c คือ อัตราเร็วของแสงในสุญญากาศ
q คือ ประจุของอนุภาค
B คือ สนามแม่เหล็ก
ρ คือ รัศมีความโค้ง

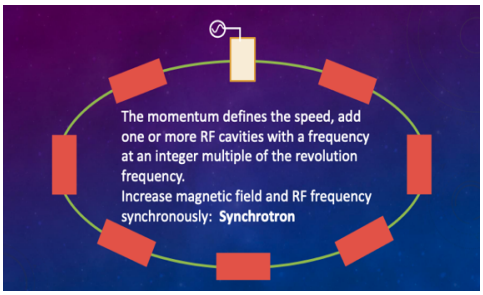


รูปที่ 13 ความสัมพันธ์ของโมเมนตัมกับสนามแม่เหล็ก
ที่มา: Albright, S. (2025, February 19). *Introduction to Particle Accelerators [Lecture slides].*

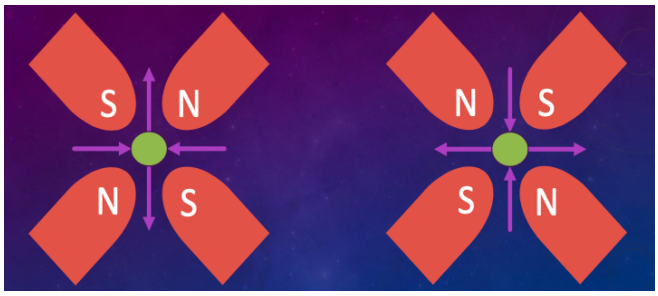
ในการเร่งอนุภาคให้มีพลังงานสูงขึ้นจนถึงระดับที่สามารถใช้ในการทดลองทางฟิสิกส์อนุภาค ไม่เพียงแค่ต้องการแหล่งพลังงานจากสนามไฟฟ้าเท่านั้น แต่ยังต้องอาศัยระบบควบคุมทิศทางและการโฟกัสของลำอนุภาคอย่างแม่นยำด้วย เนื่องจากอนุภาคที่ถูกเร่งขึ้นมาจะไม่เคลื่อนที่เป็นลำเส้นตรงสมบูรณ์ หากปล่อยให้เคลื่อนที่อย่างอิสระ ลำอนุภาคจะกระจายออกเนื่องจากแรงผลักกันระหว่างอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าเหมือนกัน (Coulomb repulsion) ดังนั้น เครื่องเร่งอนุภาคจึงต้องใช้สนามแม่เหล็กชนิดต่าง ๆ เพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ให้อยู่ในวงโคจรที่กำหนด พร้อมทั้งทำให้ลำอนุภาคมีความหนาแน่นและเสถียรตลอดเส้นทาง โดยองค์ประกอบแม่เหล็กในเครื่องเร่งอนุภาค ประกอบด้วย

แม่เหล็กไดโพล (Dipole Magnets) ถูกจัดเรียงเป็นวงแหวนเพื่อบังคับให้อนุภาคเคลื่อนที่ไปตามเส้นโค้ง โดยความเร็วของอนุภาคสัมพันธ์กับโมเมนตัม เมื่อโมเมนตัมของอนุภาคสูงขึ้น จะต้องปรับความถี่ของโพรงเรโซแนนซ์ (RF cavities) ให้สอดคล้องเพื่อควบคุมจังหวะของการเร่งที่ถูกต้อง

การโฟกัสลำอนุภาค (Focusing) มีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากลำอนุภาคที่ถูกเร่งไม่ได้เป็นลำอนุภาคที่สมบูรณ์ (not perfectly laminar) แต่มีการกระจายตัวและผลักกัน (Coulomb repulsion) จำเป็นต้องใช้ระบบแม่เหล็กเพื่อปรับทิศทางให้ลำอนุภาคแคบลงและคงทิศทางได้อย่างต่อเนื่อง

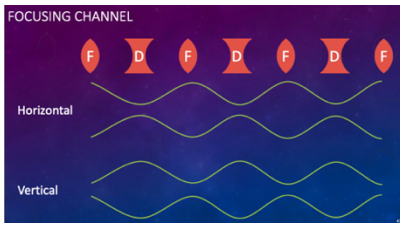


รูปที่ 14 การจัดเรียงแม่เหล็กไดโพลและโพรงเรโซแนนซ์
ที่มา: Albright, S. (2025, February 19). *Introduction to Particle Accelerators [Lecture slides].*

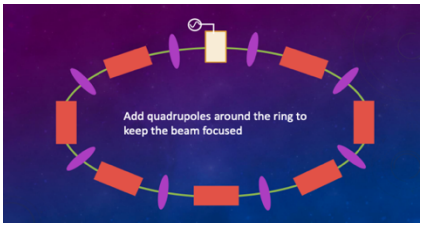


รูปที่ 15 Quadrupole Magnets
ที่มา: Albright, S. (2025, February 19).
Introduction to Particle Accelerators [Lecture slides].

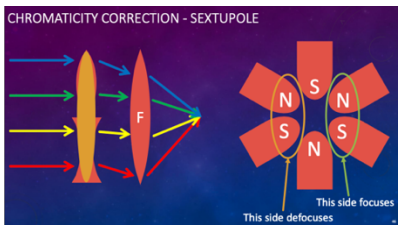
แม่เหล็กสี่ขั้ว (Quadrupole Magnets) ทำหน้าที่หลักในการโฟกัสลำอนุภาคทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง โดย Focusing quadrupole จะทำให้ลำอนุภาคโฟกัสในแนวนอน ส่วน Defocusing quadrupole จะโฟกัสในแนวตั้ง การจัดเรียงแม่เหล็กทั้งสองชนิดนี้สลับกันเป็นระบบเรียกว่า ช่องโฟกัส (Focusing Channel) ซึ่งมักจัดในรูปแบบ FODO lattice ผลลัพธ์คือทำให้ลำอนุภาคถูกควบคุมไม่ให้กระจายออก และเคลื่อนที่ได้อย่างเสถียรทั้งแนวนอนและแนวตั้งตลอดวงโคจร นอกจากนี้ยังมีแม่เหล็กหกขั้ว (Sextupole Magnets) ใช้แก้ไขความคลาดสี (chromatic aberration) ที่เกิดจากการกระจายพลังงาน และระบบสุญญากาศเพื่อป้องกันไม่ให้อนุภาคชนกับโมเลกุลของอากาศ



รูปที่ 16 การโฟกัสลำอนุภาคของ Quadrupole Magnet
ที่มา: Albright, S. (2025, February 19). *Introduction to Particle Accelerators.*



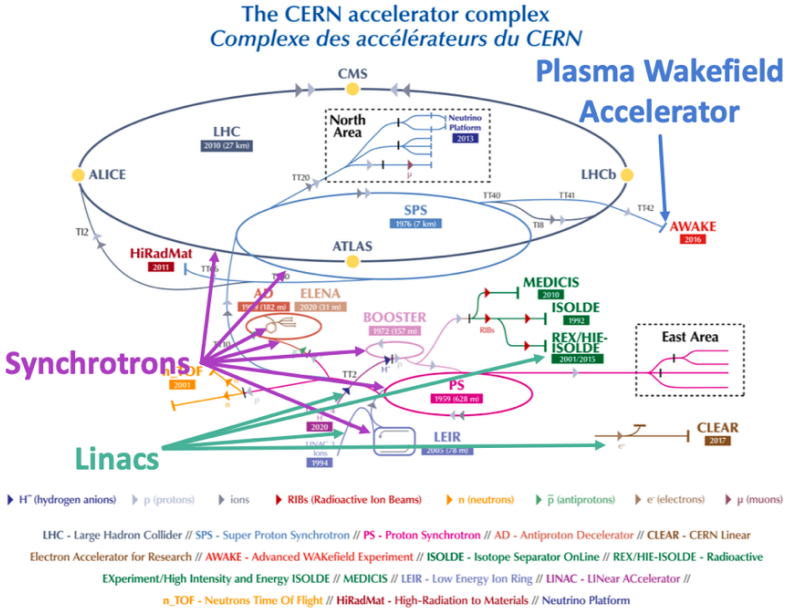
รูปที่ 17 การจัดวาง Quadrupole Magnet รอบเครื่องเร่งอนุภาค
ที่มา: Albright, S. (2025, February 19). *Introduction to Particle Accelerators.*



รูปที่ 18 การใช้ Sextupole Magnets เพื่อแก้ไขความคลาดสี
ที่มา: Albright, S. (2025, February 19). *Introduction to Particle Accelerators.*

เครื่องเร่งอนุภาคของเซิร์น (CERN Accelerator)

ในทางปฏิบัติ นักฟิสิกส์ที่เซิร์นเร่งโปรตอนโดยใช้เครื่องเร่งอนุภาคหลายชนิดต่อเนื่องกัน โดยแต่ละเครื่องมีหน้าที่เพิ่มพลังงานโปรตอนทีละขั้นจนถึงระดับสูงสุด โดย แอล เอช ซี (LHC) เป็นเครื่องเร่งอนุภาคหลักที่พลังงานสูงที่สุดในปัจจุบัน



รูปที่ 19 แผนผังแสดงระบบเครื่องเร่งอนุภาคของ CERN (CERN Accelerator Complex)
ที่มา: Albright, S. (2025, February 19). *Introduction to Particle Accelerators [Lecture slides].* Retrieved from https://indico.cern.ch/e/ITW2025

โครงสร้างหลักของ LHC ประกอบด้วยแม่เหล็ก Superconducting ซึ่งทำงานที่อุณหภูมิ -271.3 °C ต่ำกว่าความเย็นของอวกาศ เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสูง ใช้สำหรับควบคุมทิศทาง (bending) และโฟกัสอนุภาค (focusing) ให้เคลื่อนที่อย่างเสถียรในวงแหวน

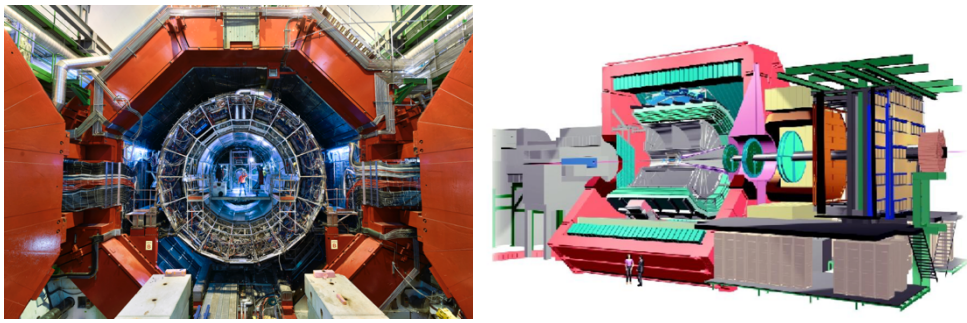
กระบวนการเร่งอนุภาคเริ่มจาก ระบบเร่งอนุภาค (injector complex) ที่ประกอบด้วยเครื่องเร่งหลายขั้นตอน เริ่มจาก Linac4 ส่งไปยัง Proton Synchrotron Booster (PSB) ตามด้วย Proton Synchrotron (PS) และ Super Proton Synchrotron (SPS) ซึ่งทำหน้าที่เพิ่มพลังงานและความหนาแน่นของโปรตอนให้พร้อมสำหรับการเร่งเข้าสู่ LHC เมื่อเข้าสู่วงแหวนหลัก โปรตอนสองลำจะถูกเร่งสวนทางกันด้วยความเร็วใกล้แสงและเมื่อชนกันจะได้พลังงานรวมสูงสุดที่ระดับหลายเทระอิเล็กตรอนโวลต์ (TeV) ซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญสำหรับการศึกษาฟิสิกส์อนุภาคพลังงานสูง

การชนกันของอนุภาคเกิดขึ้น ณ จุดตรวจวัดหลักสี่แห่ง ได้แก่ ATLAS CMS LHCb และ ALICE โดยการชนที่พลังงานสูงดังกล่าวทำให้เกิดอนุภาคใหม่ ๆ ในช่วงเวลาอันสั้น และนักฟิสิกส์สามารถวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบคุณสมบัติของอนุภาคพื้นฐาน รวมถึงค้นหาปรากฏการณ์นอกเหนือจากแบบจำลองมาตรฐาน

เครื่องตรวจวัดอนุภาคหลักใน LHC

LHC มีเครื่องตรวจวัดอนุภาคขนาดใหญ่ 4 เครื่องหลัก ซึ่งทำงานควบคู่กันเพื่อสำรวจปรากฏการณ์อนุภาคในบริบทที่แตกต่างกัน ได้แก่

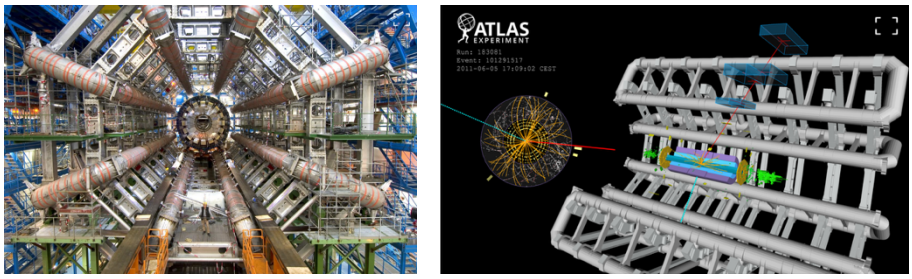
1) ALICE (A Large Ion Collider Experiment) เป็นเครื่องตรวจวัดที่ออกแบบมาเพื่อศึกษาการชนกันของนิวเคลียสหนักที่พลังงานสูง (heavy-ion collisions) โดยเฉพาะการชนของนิวเคลียสตะกั่ว จุดมุ่งหมายคือการสร้างสภาวะที่ใกล้เคียงกับช่วงเวลาเพียงไม่กี่ไมโครวินาทีแรกหลังบิ๊กแบง ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวจะเกิดสภาวะพลาสมาควาร์ก-กลูออน (Quark–Gluon Plasma, QGP) ซึ่งเป็นรูปแบบของสสารที่ควาร์กและกลูออนเคลื่อนที่อย่างอิสระ ไม่ได้ถูกกักอยู่ในโปรตอนหรือนิวตรอนเหมือนในสสารทั่วไป การศึกษาสภาวะ QGP ช่วยให้นักวิทยาศาสตร์เข้าใจสมบัติของ แรงนิวเคลียร์อย่างเข้ม (strong nuclear force) และกลไกการรวมตัวของอนุภาคที่นำไปสู่การก่อตัวของสสารในเอกภพยุคต้น งานวิจัยจาก ALICE จึงเชื่อมโยงการชนเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการเข้ากับการทำความเข้าใจวิวัฒนาการของจักรวาลในระดับจักรวาลวิทยา



รูปที่ 20 ภาพถ่ายจริงและแบบจำลองสามมิติของเครื่องตรวจวัดอนุภาค ALICE

ที่มา: CERN. (n.d.). *ALICE Detector.* Retrieved from https://home.cern/resources/image/experiments/alice-images-gallery

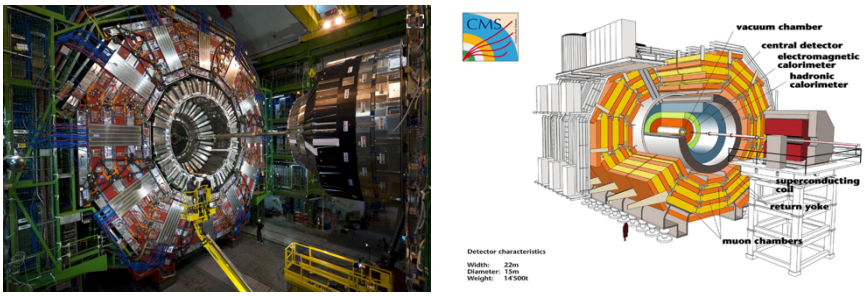
2) ATLAS (A Toroidal LHC Apparatus) เป็นเครื่องตรวจวัดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลก โดยมีความสูง 25 เมตร ความยาว 46 เมตร และหนักกว่า 7,000 ตัน จัดเป็นเครื่องตรวจวัดเอนกประสงค์ (general-purpose detector) ที่ออกแบบมาเพื่อศึกษาการชนของโปรตอนที่พลังงานสูงมาก จุดเน้นของการวิจัยคือการค้นหาอนุภาคและปรากฏการณ์ใหม่ในฟิสิกส์อนุภาค เช่น การตรวจสอบการมีอยู่ของฮิกส์โบซอน (Higgs boson) ซึ่งถูกค้นพบในปี 2012 โดยได้รับการยืนยันร่วมกับผลจาก CMS นอกจากนั้น ATLAS ยังมีบทบาทสำคัญในการตรวจสอบทฤษฎีฟิสิกส์ที่อยู่นอกเหนือแบบจำลองมาตรฐาน (Beyond the Standard Model) เช่น ทฤษฎี Supersymmetry และการค้นหาสมบัติของสสารมืด (dark matter) โครงสร้างของ ATLAS ใช้ระบบแม่เหล็กโทรอยด์ (toroidal magnets) ขนาดใหญ่ ร่วมกับระบบตรวจวัดหลายชั้น เพื่อให้สามารถวิเคราะห์อนุภาคได้หลากหลายชนิดในพื้นที่ตรวจจับที่ครอบคลุมอย่างกว้างขวาง



รูปที่ 21 ภาพถ่ายจริงและแบบจำลองสามมิติของเครื่องตรวจวัดอนุภาค ATLAS

ที่มา: CERN. (n.d.). *ATLAS Detector.* Retrieved from https://home.cern/resources/image/experiments/atlas-images-gallery

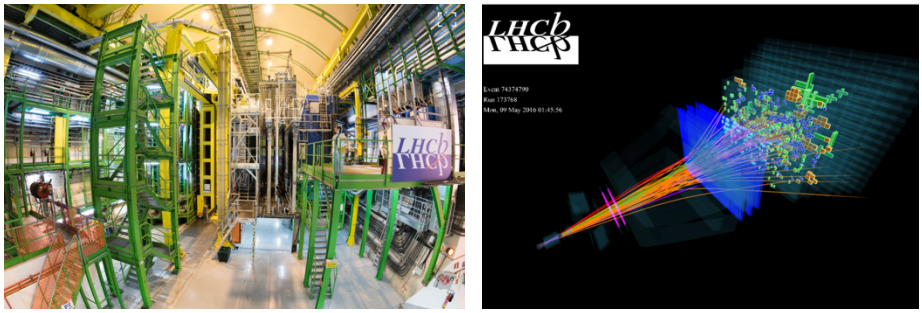
3) CMS (Compact Muon Solenoid) ได้รับการออกแบบให้มีโครงสร้างแม่เหล็กโซลินอยด์ที่กะทัดรัด (compact) ซึ่งสร้างสนามแม่เหล็กที่สม่ำเสมอและครอบคลุมปริมาตรขนาดใหญ่ โครงสร้างนี้ช่วยให้สามารถจัดเรียงชั้นตรวจวัดอนุภาคหลายชั้นรอบ ๆ จุดชนของอนุภาคได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะการตรวจจับอนุภาคมิวออนที่ทะลุผ่านสสารได้ไกล การทำงานอาศัยการผสานระหว่าง แทรกเกอร์ซิลิกอน (silicon tracker) แคลอริมิเตอร์แม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic calorimeter) แคลอริมิเตอร์ฮาดรอน (hadron calorimeter) และ ระบบตรวจจับมิวออน (muon chambers) ที่อยู่ด้านนอกสุด เพื่อบันทึกเส้นทาง พลังงาน และชนิดของอนุภาค จุดมุ่งหมายของ CMS ใกล้เคียงกับ ATLAS คือการค้นหาฮิกส์โบซอนและอนุภาคใหม่ ๆ รวมถึงการทดสอบฟิสิกส์นอกเหนือแบบจำลองมาตรฐาน จึงทำให้ผลลัพธ์จาก CMS เป็นหลักฐานคู่ขนานที่ใช้ยืนยันความถูกต้องของการค้นพบ เช่น การค้นพบฮิกส์โบซอนในปี 2012



รูปที่ 22 ภาพถ่ายจริงและแบบจำลองสามมิติของเครื่องตรวจวัดอนุภาค CMS

ที่มา: CERN. (n.d.). *CMS Detector.* Retrieved from https://home.cern/resources/image/experiments/cms-images-gallery

4) **LHCb (Large Hadron Collider beauty)** เป็นหนึ่งในเครื่องตรวจวัดอนุภาคหลักของ LHC ที่ออกแบบมาเพื่อศึกษาอนุภาคที่มี ควาร์กมวลมาก (heavy quarks) โดยเฉพาะ บิวตี้ควาร์ก (beauty quark หรือ b-quark) ได้แก่ strange charm bottom และ top จุดมุ่งหมายสำคัญของการวิจัยใน LHCb คือการศึกษากระบวนการสลายตัวของอนุภาคที่มี b-quark เป็นองค์ประกอบ เช่น B-meson เพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์การละเมิดสมมาตร CP (CP violation) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการอธิบายความไม่สมมาตรระหว่างสสารและปฏิสสาร (matter–antimatter asymmetry) ในเอกภพ ปรากฏการณ์นี้เป็นคำถามสำคัญทางจักรวาลวิทยา เนื่องจากตามทฤษฎีแล้ว หลังการเกิดบิ๊กแบงควรมีการสร้างสสารและปฏิสสารในปริมาณใกล้เคียงกัน แต่สิ่งที่สังเกตได้คือเอกภพปัจจุบันมีสสารเป็นองค์ประกอบหลัก ดังนั้น LHCb จึงมีบทบาทสำคัญในการทดลองเพื่อทำความเข้าใจกลไกที่ทำให้เกิดความไม่สมมาตรดังกล่าวและเป็นการขยายองค์ความรู้ที่อาจเกินกรอบของแบบจำลองมาตรฐาน



รูปที่ 23 ภาพถ่ายจริงและแบบจำลองสามมิติของเครื่องตรวจวัดอนุภาค LHCb

ที่มา: CERN. (n.d.). *LHCb Detector.* Retrieved from https://home.cern/resources/image/experiments/lhcb-images-gallery

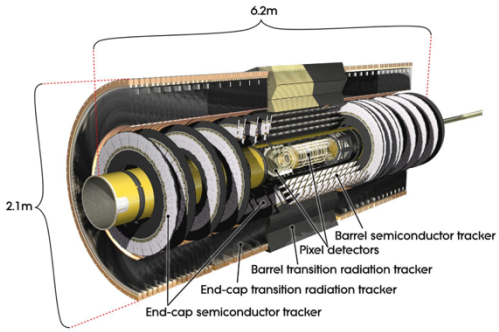
แม้ว่าเครื่องตรวจวัดอนุภาคแต่ละเครื่องถูกสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน เครื่องตรวจวัดอนุภาคเหล่านี้มีหลักการทำงานพื้นฐานบางอย่างที่คล้ายคลึงกัน ดังนี้

1) ทริกเกอร์ (Trigger) ในแต่ละวินาทีที่ LHC เกิดการชนของโปรตอนหลายร้อยล้านครั้ง ไม่สามารถบันทึกเหตุการณ์ทั้งหมดได้ ระบบทริกเกอร์จึงทำหน้าที่คัดกรองเฉพาะเหตุการณ์ที่มีแนวโน้มว่าจะเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์ที่สำคัญ เช่น การสลายตัวของอนุภาคหายากหรือการเกิดฮิกส์โบซอน ข้อมูลที่ผ่านการคัดเลือกเท่านั้นจึงจะถูกส่งต่อไปบันทึกและวิเคราะห์อย่างละเอียด

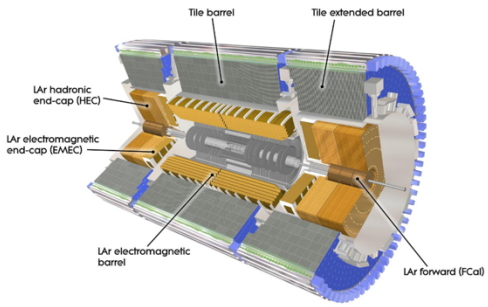
2) แทรกเกอร์ (Tracker) เป็นระบบที่อยู่ใกล้จุดชนกันของอนุภาคมากที่สุด ทำหน้าที่ตรวจสอบแนวการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า โดยอาศัยการเบี่ยงเบนในสนามแม่เหล็ก เมื่ออนุภาคผ่านวัสดุตรวจวัดจะเกิดสัญญาณเล็ก ๆ หลายจุด (hits) ที่สามารถเชื่อมโยงกันเป็นเส้นทาง (track) ข้อมูลนี้ช่วยให้นักฟิสิกส์คำนวณได้ทั้งโมเมนตัมและชนิดประจุของอนุภาค

3) แคลอริมิเตอร์ (Calorimeter) มีหน้าที่วัดพลังงานของอนุภาค แบ่งออกเป็นสองประเภทหลักคือ แคลอริมิเตอร์แม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic calorimeter) ตรวจวัดพลังงานของอนุภาคที่มี

ปฏิสัมพันธ์ทางแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น อิเล็กตรอนและโฟตอน เมื่ออนุภาคเหล่านี้เข้าสู่แคลอริมิเตอร์ จะเกิดกระบวนการที่เรียกว่า การแตกกระจายแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic showers) ซึ่งเป็นการสร้างอนุภาคทุติยภูมิจำนวนมาก จนพลังงานถูกดูดซับและสามารถวัดได้อย่างแม่นยำ และแคลอริมิเตอร์ฮาดรอน (Hadronic calorimeter) ตรวจวัดพลังงานของอนุภาคฮาดรอน เช่น โปรตอน นิวตรอน และไพออน เมื่ออนุภาคเหล่านี้ชนกับวัสดุในแคลอริมิเตอร์ จะเกิดการแตกกระจายฮาดรอน (hadronic showers) ซึ่งซับซ้อนกว่าแบบแม่เหล็กไฟฟ้า เนื่องจากมีปฏิสัมพันธ์กับนิวเคลียสของอะตอม ข้อมูลที่ได้ช่วยเพิ่มความแม่นยำในการระบุชนิดและพลังงานรวมของอนุภาค



รูปที่ 24 ภาพจำลองของ Inner Detector ของ ATLAS
ที่มา: Joao Pequenao / CERN. (2008, 27 March). *the ATLAS Inner Detector.* Retrieved from https://cds.cern.ch/images/CERN



รูปที่ 25 ภาพแสดงโครงสร้างแคลอริมิเตอร์ของเครื่องตรวจวัด ATLAS
ที่มา: ATLAS Experiment. (n.d.). *Calorimeter*. Retrieved from https://atlas.cern/Discover/Detector/Calorimeter

4) ระบบตรวจจับมิวออน (Muon detection system) มิวออนเป็นอนุภาคที่มีมวลมากและสามารถทะลุผ่านแคลอริมิเตอร์ส่วนใหญ่ได้โดยไม่ถูกหยุดอย่างสมบูรณ์ จึงต้องมีระบบตรวจจับมิวออนโดยเฉพาะซึ่งติดตั้งอยู่ชั้นนอกสุดของเครื่องตรวจวัด เพื่อบันทึกเส้นทางและวัดโมเมนตัมของมิวออนได้อย่างแม่นยำ

5) การรวบรวมและประมวลผลข้อมูล (Data acquisition and reconstruction) ข้อมูลที่ได้จากระบบย่อยต่าง ๆ ได้แก่ ทริกเกอร์ (trigger) แทรกเกอร์ (tracker) แคลอริมิเตอร์ (calorimeters) และระบบตรวจจับมิวออน (muon detectors) จะถูกรวมเข้าด้วยกันและผ่านการประมวลผล เพื่อสร้างภาพรวมของเหตุการณ์การชนที่เกิดขึ้นในแต่ละครั้ง นักฟิสิกส์สามารถใช้ข้อมูลเหล่านี้เพื่อจำแนกชนิดของอนุภาค คำนวณพลังงานและโมเมนตัม ตลอดจนวิเคราะห์กระบวนการที่เกิดขึ้น โดยเป้าหมายสำคัญคือการ แยกสัญญาณ (signal) ซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ใหม่หรือปรากฏการณ์หายากออกจากเหตุการณ์พื้นหลัง (background events) ที่เกิดขึ้นเป็นประจำจากกระบวนการชนทั่วไปและไม่ใช่สิ่งที่ต้องการศึกษาโดยตรง

แนวทางการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์อนุภาคระดับชั้นมัธยมศึกษา

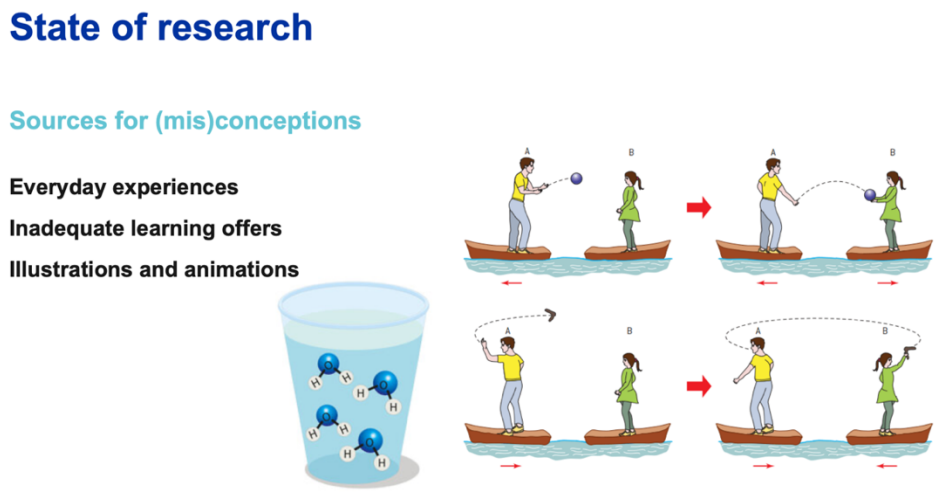
งานวิจัยจำนวนมากพบว่านักเรียนมัธยมศึกษามีความสนใจสูงต่อปรากฏการณ์ที่ลึกลับและน่าสงสัย เช่น หลุมดำ ซุปเปอร์โนวา หรือชีวิตนอกโลก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ ROSE project (Sjøberg & Schreiner, 2010) ที่พบว่า ความสนใจในฟิสิกส์อนุภาคอยู่ในระดับสูงถึง 78% การออกแบบการสอนจึงควรใช้ความอยากรู้อยากเห็น(epistemic curiosity) ของนักเรียนเป็นฐาน แล้วเชื่อมโยงไปสู่แนวคิดฟิสิกส์อนุภาค

นักเรียนมักเกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (misconceptions) เกี่ยวกับฟิสิกส์อนุภาคจาก 3 สาเหตุสำคัญ ได้แก่

1) ประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน (Everyday experiences) นำสมบัติของวัตถุขนาดใหญ่มาใช้กับอนุภาคขนาดเล็ก เช่น คิดว่าต้องมีแรงกระทำตลอดวัตถุถึงเคลื่อนที่ได้

2) การจัดการเรียนรู้ที่ไม่เพียงพอ (Inadequate learning offers) การสอนที่ไม่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือบริบทของนักเรียน

3) ภาพหรือแอนิเมชันที่คลาดเคลื่อน (Illustrations & animations) การใช้ภาพที่ไม่ตรงกับหลักวิทยาศาสตร์อาจทำให้นักเรียนตีความผิด



รูปที่ 26 ภาพแสดงสาเหตุสำคัญที่นำไปสู่มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับฟิสิกส์อนุภาค

ที่มา: Wiener, J. (2025, August 7). *Opportunities and challenges of introducing high-school students to modern physics: lessons learned from particle physics.* International Teacher Weeks 2025, CERN. เข้าถึงจาก https://indico.cern.ch/e/ITW2025

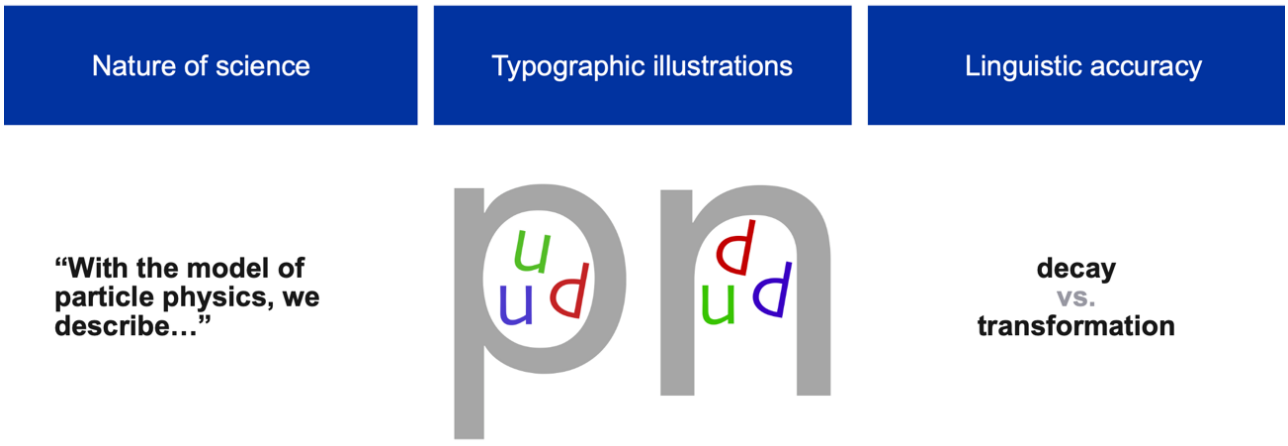
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรายวิชาฟิสิกส์เกิดขึ้นได้จากการเรียนรู้ที่อิงเพียงประสบการณ์ประจำวันหรือภาพจำที่ไม่ถูกต้อง เช่น การเข้าใจแรงเป็นการผลักหรือแรงดึงอย่างเดียว ทั้งที่จริงแล้วในระดับอนุภาคแรงถูกถ่ายทอดผ่านการแลกเปลี่ยนอนุภาคพาหะ เป็นการเปรียบเทียบอนุภาคพาหะแรง (Force Carrier Particle) หรือโบซอนพาหะแรง ซึ่งในฟิสิกส์อนุภาค มักใช้อุปมาการโยนลูกบอลบนเรือเพื่ออธิบายแรงระหว่างอนุภาค เช่น เมื่อ A โยนลูกบอลไปหา B เรือของ A จะถอยไปด้านหลัง เมื่อ B รับลูกบอลไว้ เรือของ B ก็จะเคลื่อนที่ถอยหลังด้วย

หากทั้งสองคนแลกลูกบอลไปมาเรือทั้งสองก็จะเคลื่อนห่างออกจากกัน ลูกบอลเปรียบเสมือนอนุภาคพาหะของแรง (Force carrier particle) หรือโบซอนสำหรับแรงนิวเคลียร์อย่างอ่อน ดังนั้นการเลือกภาพหรือสถานการณ์เพื่ออุปมามีความสำคัญมากเพราะอาจทำให้เกิดมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้

แนวทางการสอนที่อิงงานวิจัย ได้แก่

1) Nature of Science (NOS) การเรียนรู้เรื่องอนุภาคควรเริ่มต้นจากการทำความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ (Nature of Science: NOS) เพื่อให้นักเรียนตระหนักว่าแบบจำลองอนุภาค (particle model) ไม่ได้เป็นสิ่งที่สามารถมองเห็นได้จริง แต่เป็นการอธิบายเชิงทฤษฎีที่สร้างขึ้นเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ นักเรียนมักมีความเข้าใจผิดว่าแบบจำลองคือภาพแทนที่ตายตัวของความเป็นจริง แต่แท้จริงแล้วแบบจำลองสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีหลักฐานใหม่ปรากฏขึ้น (Nature of model) การสอนที่เน้น NOS จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างทฤษฎี หลักฐาน และข้อจำกัดของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังสร้างทัศนคติที่ถูกต้องต่อวิทยาศาสตร์ในฐานะกระบวนการสืบเสาะหาความรู้มากกว่าการจดจำข้อเท็จจริงเพียงอย่างเดียว

2) Typographic Illustrations การใช้สัญลักษณ์ทางอักษร (typographic illustrations) เป็นอีกหนึ่งแนวทางที่ช่วยให้นักเรียนเข้าใจโครงสร้างอนุภาคย่อยได้ง่ายขึ้น เนื่องจากโครงสร้างของอนุภาค เช่น โปรตอนและนิวตรอน ประกอบขึ้นจากควาร์กที่มีชนิดแตกต่างกัน เช่น โปรตอน p ประกอบด้วย uud หรือ up up down โดย p กับ d เหมือนกันเพียงแค่กลับหัว และนิวตรอน n ประกอบด้วย udd หรือ up down down โดย n กับ u เหมือนกันเพียงแค่กลับหัวเพื่ออธิบายโครงสร้างโปรตอนและนิวตรอน แม้ตัวอักษรเหล่านี้จะไม่ใช่ภาพแทนที่แท้จริง แต่เป็นเครื่องมือที่ช่วยสร้างความเข้าใจในเชิงนามธรรมได้ดีกว่าการใช้คำอธิบายเพียงอย่างเดียว การใช้ typographic illustrations ยังช่วยลดความซับซ้อนของสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์หรือแผนภาพทางวิทยาศาสตร์ที่อาจยากเกินไปสำหรับผู้เรียนระดับมัธยม

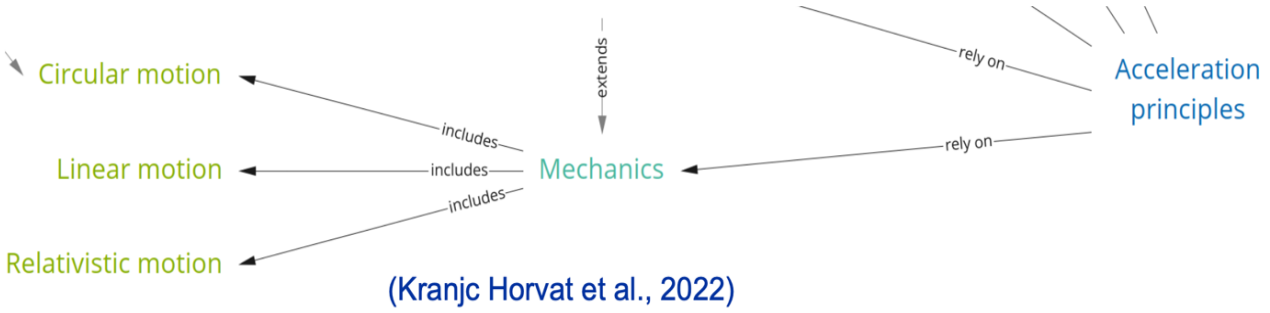


รูปที่ 27 ภาพแสดงแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองอนุภาคอย่างถูกต้อง

ที่มา: Wiener, J. (2025, August 7). *Opportunities and challenges of introducing high-school students to modern physics: lessons learned from particle physics.* International Teacher Weeks 2025, CERN. เข้าถึงจาก https://indico.cern.ch/e/ITW2025

3) Linguistic Accuracy การเลือกใช้ถ้อยคำและภาษาทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องมีความสำคัญอย่างยิ่งในการสื่อสารความรู้ นักเรียนจำนวนมากสับสนระหว่างคำที่ใช้ในชีวิตประจำวันกับคำที่ใช้ในวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างเช่น คำว่า decay (การสลายตัว) ที่ใช้ในฟิสิกส์อนุภาค หมายถึงการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคไปสู่อีกชนิดหนึ่ง ในขณะที่คำว่า transformation หมายถึงการเปลี่ยนแปลงในลักษณะที่กว้างกว่า การใช้คำทั้งสองนี้ปะปนกันอาจทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อน การเน้น linguistic accuracy จะช่วยให้นักเรียนสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องและแม่นยำ ลดการตีความผิด และยังทำให้สามารถเชื่อมโยงความรู้ที่เรียนไปใช้ต่อในระดับที่สูงขึ้นได้

ในหลายประเทศ ฟิสิกส์อนุภาคมักถูกจัดไว้ท้ายหลักสูตร หรือบางแห่งอาจไม่มีเลย (TIMSS study, Mullis et al., 2012) แต่จากการสำรวจพบว่า 73% ของนักเรียนเห็นว่าฟิสิกส์อนุภาคเป็นเนื้อหาที่มีคุณค่าและควรอยู่ในหลักสูตร (Polen, 2019) แนวทางคือเชื่อมโยงเนื้อหาฟิสิกส์อนุภาคเข้ากับโครงสร้างหัวข้อหลักในหลักสูตรฟิสิกส์ระดับมัธยม เช่น กลศาสตร์ (Mechanics) การเคลื่อนที่แนวตรง (Linear motion) การเคลื่อนที่แบบวงกลม (Circular motion) และการเคลื่อนที่สัมพัทธ์ (Relativistic motion) ตลอดจนหลักการเร่ง (Acceleration principles) การบูรณาการนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ระหว่างฟิสิกส์ดั้งเดิมกับแนวคิดสมัยใหม่ เพื่อเสริมสร้างความเข้าใจที่ลึกซึ้งยิ่งขึ้น



รูปที่ 28 แนวทางการบูรณาการฟิสิกส์อนุภาคกับการเรียนการสอนฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษา

ที่มา: Wiener, J. (2025, August 7). *Opportunities and challenges of introducing high-school students to modern physics: lessons learned from particle physics.* International Teacher Weeks 2025, CERN. เข้าถึงจาก https://indico.cern.ch/e/ITW2025

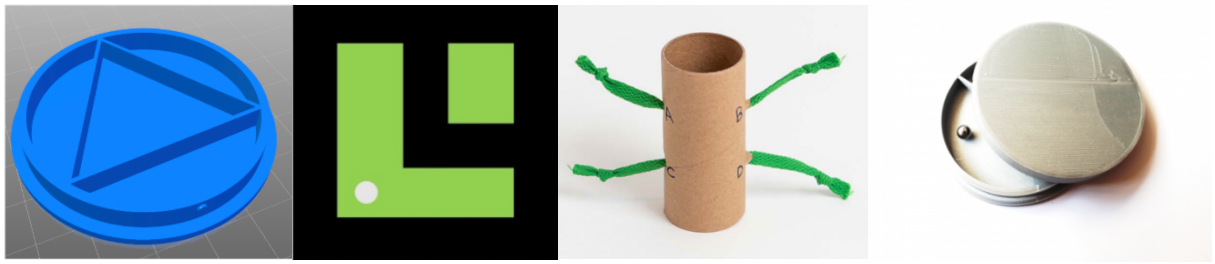
แนวทางการนำสื่อการเรียนรู้จากเซิร์นไปใช้ในการสอนฟิสิกส์อนุภาคระดับชั้นมัธยมศึกษา

1) กิจกรรม Mystery Box

ที่มา S'Cool LAB. (2020). *Mystery Boxes Activity. CERN.* เข้าถึงจาก https://scoollab.web.cern.ch/mystery-boxes

วัตถุประสงค์ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดของแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Model)

ระดับที่เหมาะสม มัธยมศึกษาตอนต้นถึงตอนปลาย (อายุประมาณ 13–18 ปี)



รูปที่ 29 ตัวอย่างกิจกรรม Mystery Box สำหรับการเรียนรู้แนวคิดแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

ที่มา: S'Cool LAB. (2020). *Mystery Boxes Activity.* CERN. เข้าถึงจาก https://scoollab.web.cern.ch/mystery-boxes

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้

1) 3D-Printable Setup แผ่นฐาน 3D โดยมีโครงสร้างภายในต่าง ๆ เช่น เส้น รูปสามเหลี่ยม สี่เหลี่ยม ลูกเหล็ก เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตรและฝาปิด

2) LEGO Setup แผ่นฐาน LEGO แผ่น LEGO build plate วัตถุภายในที่ออกแบบด้วย LEGO ลูกบอล หรือลูกแก้ว

แนวทางการจัดการเรียนรู้

1) ครูเตรียมกล่องปริศนา (Mystery Box) กำหนดโครงสร้างภายในที่แตกต่างกันในแต่ละกล่อง

2) แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม 3–4 คน แต่ละกลุ่มได้รับกล่องปริศนากลุ่มละ 1 กล่อง ให้นักเรียนสังเกตเสียง การเคลื่อนที่ มวล หรือผลของแม่เหล็ก (ถ้ามี) แล้ววาดแบบจำลองภายในกล่องของตนเอง

3) เปรียบเทียบแบบจำลอง สลับกลุ่มเพื่อให้เปรียบเทียบแบบจำลองที่คิดกับของกลุ่มอื่น และอภิปรายว่าข้อค้นพบของแบบจำลองแต่ละอันได้ข้อมูลใดสนับสนุนหรือไม่สนับสนุน

4) ให้นักเรียนเขียนสรุปว่าแบบจำลองใดที่สมเหตุสมผลที่สุด อภิปรายว่าหลักฐานที่ได้ในการสนับสนุนหรือปฏิเสธแบบจำลอง เชื่อมโยงกับวิธีวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในเซิร์น เช่น การทดลองอนุภาคฮิกส์ที่ต้องอาศัยหลักฐานโดยอ้อมหรือแบบจำลอง

2) กิจกรรม Cloud Chamber

ที่มา S'Cool LAB. (2020). Cloud Chamber. CERN. เข้าถึงจาก https://scoollab.web.cern.ch/cloudchamber

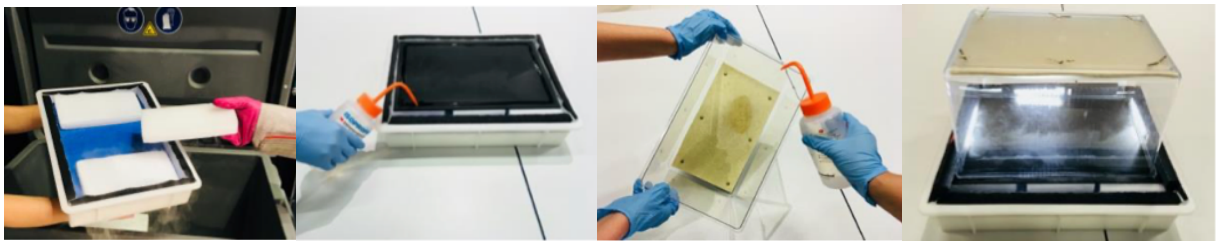
วัตถุประสงค์

1) ให้นักเรียนเห็นร่องรอยของอนุภาคที่ไม่สามารถมองเห็นได้โดยตรง เช่น มิวออนจากรังสีคอสมิก

2) เข้าใจหลักการของการตรวจวัดอนุภาค เช่น ทำงานของเครื่องตรวจวัดอนุภาค (detector) การควบแน่น (condensation)

3) ฝึกทักษะในการสังเกต วิเคราะห์รูปแบบของร่องรอย จากรูปร่าง (shape) ความหนา (thickness) และลักษณะของเส้นทาง (path curvature) และเชื่อมโยงกับชนิดของอนุภาค

ระดับที่เหมาะสม มัธยมศึกษาตอนปลาย



รูปที่ 30 ตัวอย่างกิจกรรม Cloud Chamber สำหรับการสังเกตร่องรอยการเคลื่อนที่ของอนุภาค

ที่มา: S'Cool LAB. (2020). *Cloud Chamber.* CERN. เข้าถึงจาก https://scoollab.web.cern.ch/cloudchamber

วัสดุและอุปกรณ์

1) กล่องโปร่งใส (พลาสติกทนเย็น) ขนาดประมาณ 20 × 30 × 15 ซม.

2) แผ่นโลหะหรือแอลูมิเนียมด้านล่าง

3) แอลกอฮอล์แบบ isopropanol ความเข้มข้นสูง (>90%)

4) น้ำแข็งแห้ง (dry ice)

5) ไฟฉาย แว่นตานิรภัย และถุงมือ

แนวทางการจัดการเรียนรู้

1) ตั้งคำถามเกี่ยวกับอนุภาค รังสีคอสมิก หลักการของเครื่องตรวจวัดอนุภาค (detector) และการควบแน่น (condensation)

2) เตรียมอุปกรณ์ โดยให้นักเรียนเติมแอลกอฮอล์และวางน้ำแข็งแห้งลงบนถาด จากนั้นนำกล่องโปร่งใสมาครอบถาด

3) สังเกตร่องรอย โดยปิดห้องให้มืด เปิดไฟฉายเพื่อสังเกตร่องรอยที่เกิดขึ้น ถ่ายภาพหรือวาดร่องรอย

4) วิเคราะห์ร่องรอยที่เกิดขึ้น โดยให้นักเรียนอธิบายความแตกต่างของลักษณะของร่องรอยและระบุชนิดของอนุภาคที่ทำให้เกิดร่องรอยดังกล่าว แล้วนำสรุปจากลักษณะของร่องรอยที่พบกับสมบัติของอนุภาค

สื่อการสอนและแหล่งเรียนรู้ของเซิร์น

เซิร์นไม่ได้เป็นเพียงศูนย์วิจัยฟิสิกส์อนุภาค แต่มุ่งส่งต่อความรู้และแรงบันดาลใจผ่านกิจกรรม Outreach และ Educational Resources ที่ครูและนักเรียนสามารถเข้าถึงได้ง่าย โดยมีหลายแหล่งสำคัญ ดังนี้

1. **S'Cool LAB**

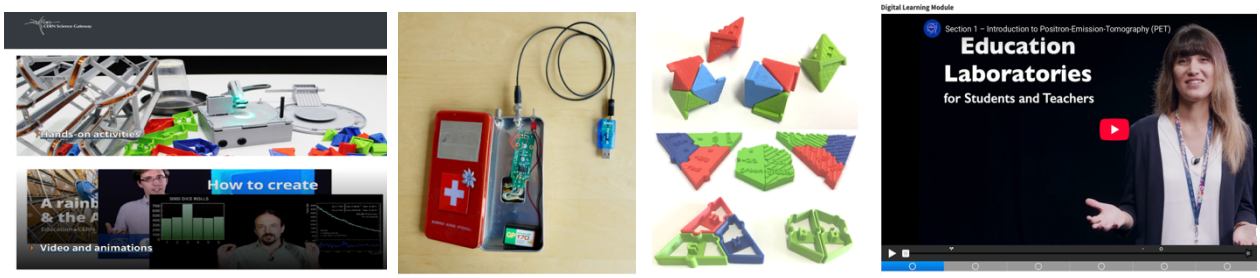
โครงการของ CERN ที่ออกแบบกิจกรรมเชิงปฏิบัติ (hands-on activities) สำหรับทั้งครูและนักเรียน โดยมีเป้าหมายเพื่อให้นักเรียนได้สัมผัสประสบการณ์จริงในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์อนุภาค ตัวอย่างกิจกรรม เช่น

DIY Particle Detector: ต้นแบบเครื่องตรวจวัดอนุภาคอย่างง่าย ให้นักเรียนเขียนโปรแกรมและต่อวงจรไฟฟ้า เพื่อเข้าใจหลักการทำงานของ Silicon Detector โดยมีโปรแกรมสำเร็จรูปให้ในสื่อการสอน

3D Printable Quark Puzzle: บล็อกเลโก้แทนควาร์กหลายชนิด ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองโปรตอน นิวตรอน และฮาดรอน เพื่อเข้าใจแนวคิดเชิงนามธรรมผ่านวัตถุรูปธรรม

PET Digital Learning Module : สื่อการเรียนรู้เชิงดิจิทัลที่ออกแบบให้ผู้เรียนได้เรียนรู้หลักการของ Positron Emission Tomography (PET) ให้เข้าใจทั้งกลไกการตรวจวัดอนุภาคและการประยุกต์ฟิสิกส์ไปสู่เทคโนโลยีทางการแพทย์ ผ่านการเขียนโปรแกรมบนบอร์ดสมองกลฝังตัว Arduino

ลิงก์: S'Cool LAB Classroom Activities https://scoollab.web.cern.ch



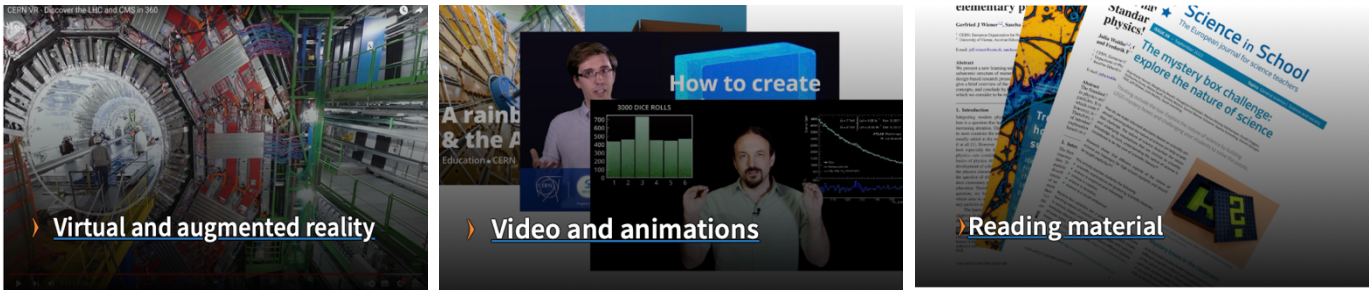
รูปที่ 31 สื่อและกิจกรรมจาก S'Cool LAB

ที่มา: S'Cool LAB. (n.d.). *Classroom Activities.* CERN. เข้าถึงจาก https://scoollab.web.cern.ch

2. **Visit CERN Resources**

แหล่งเรียนรู้ดิจิทัลที่รวบรวมสื่อและกิจกรรมการสอนจากเซิร์น โดยออกแบบเพื่อให้ครูและนักเรียนทั่วโลกสามารถเข้าถึงองค์ความรู้ด้านฟิสิกส์อนุภาคได้ง่าย สื่อที่จัดเตรียมไว้มีความหลากหลาย ครอบคลุมทั้งวิดีโอการอธิบายแนวคิดพื้นฐานของอนุภาคและเครื่องเร่งอนุภาค กิจกรรมแบบ hands-on ที่สามารถนำไปปรับใช้ในห้องเรียน คู่มือการจัดการเรียนรู้สำหรับครู รวมถึงเทคโนโลยีสมัยใหม่อย่าง Virtual Reality (VR) และ Augmented Reality (AR) ที่ช่วยจำลองประสบการณ์การทำงานจริงของเครื่องตรวจวัดและเครื่องเร่ง LHC

ลิงก์: *Visit CERN Resources* https://visit.cern/resources



รูปที่ 32 ตัวอย่างสื่อและกิจกรรมจาก Visit CERN Resource

ที่มา: CERN. (n.d.). *Visit CERN Resources.* เข้าถึงจาก https://visit.cern/resources

3. ATLAS Resources

คลังสื่อการเรียนรู้และกิจกรรม **Outreach** ของโครงการ ATLAS ที่มุ่งเน้นให้ครู นักเรียน และสาธารณชนได้เข้าถึงองค์ความรู้ด้านฟิสิกส์อนุภาคจากการทดลองจริง สื่อการสอนครอบคลุมทั้งภาพถ่ายและอินโฟกราฟิกที่ช่วยสรุปแนวคิดซับซ้อนให้ง่ายขึ้น รวมถึงนิทรรศการเสมือน (virtual exhibitions) ที่ผู้เรียนสามารถเยี่ยมชมเครื่องตรวจวัด ATLAS แบบออนไลน์ได้อย่างสมจริง นอกจากนี้ยังมี สื่อการสอนที่ครูสามารถนำไปใช้ในห้องเรียนเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านข้อมูลจริง (real data) ของการชนอนุภาค เช่น กิจกรรม *ATLAS Open Data* ที่นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลการชนโปรตอนและโปรตอนเพื่อค้นหาร่องรอยของอนุภาค เช่น Higgs boson

ลิงก์: *ATLAS Resources* https://atlas.cern/Resources

4. Physics Education Research (PER), CERN

หน่วยวิจัยด้าน Physics Education Research (PER) ของ CERN มุ่งเน้นศึกษาการเรียนรู้ฟิสิกส์เชิงลึกโดยเฉพาะฟิสิกส์อนุภาค และพัฒนาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมในระดับโรงเรียนและมหาวิทยาลัย หัวข้อการวิจัยครอบคลุมทั้งการทำความเข้าใจ มโนทัศน์ของผู้เรียนในหัวข้อที่ซับซ้อน การพัฒนาวิธีการสอนและกิจกรรมที่ส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก เช่น Inquiry-based learning Model-based learning และการใช้ข้อมูลจริงจาก LHC ในการเรียนการสอน รวมทั้งการวิจัยด้านการพัฒนาวิชาชีพครู(teacher professional development) ผ่านการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการและโครงการระหว่างประเทศ การออกแบบกิจกรรมที่เน้นการบูรณาการฟิสิกส์อนุภาคกับชีวิตจริง เพื่อสร้างแรงบันดาลใจและความหมายในการเรียนรู้

ลิงก์: *CERN Physics Education Research (PER)* https://per.web.cern.ch/

รูปที่ 33 แหล่งเรียนรู้ ATLAS Resources

ที่มา: ATLAS Collaboration. (n.d.). *ATLAS Resources.* CERN. เข้าถึงจาก https://atlas.cern/Resources

รูปที่ 34 งานวิจัยด้านการจัดการเรียนรู้ฟิสิกส์อนุภาค

ที่มา: CERN. (n.d.). *Physics Education Research (PER).* เข้าถึงจาก https://per.web.cern.ch/

บทที่ 3
สะท้อนคิดจากบันทึกประจำวัน

การเข้าร่วมโครงการ CERN International Teacher Weeks Programme 2025 นอกจากจะเต็มไปด้วยการบรรยายและกิจกรรมเชิงวิชาการที่เข้มข้นแล้ว อีกส่วนหนึ่งที่มีความหมายอย่างยิ่งคือการบันทึกเรื่องราวประจำวัน การเขียนบันทึกเหล่านี้ช่วยให้ผู้เขียนได้ย้อนกลับมาทบทวนสิ่งที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน ทั้งในมิติของความรู้ ความรู้สึก และแรงบันดาลใจที่ได้รับ

บันทึกแต่ละวันจึงไม่ใช่เพียงการเล่าเหตุการณ์ แต่เป็นการสะท้อนคิดว่าประสบการณ์นั้นได้เปลี่ยนแปลงมุมมองต่อการเรียนรู้และการสอนฟิสิกส์อย่างไร ผู้เขียนตั้งใจนำเสนอเรื่องราวเหล่านี้ในรูปแบบที่อบอุ่น และเป็นตัวของตัวเอง เพื่อถ่ายทอดทั้งสาระทางวิชาการและความรู้สึกที่เกิดขึ้นจริงระหว่างการเดินทางครั้งสำคัญนี้

วันที่ 2 สิงหาคม 2568 การเดินทางสู่เซิร์น: จุดเริ่มต้นของการเรียนรู้ครั้งใหม่

วันนี้เป็นวันออกเดินทางจากสนามบินสุวรรณภูมิ แม้ผู้เขียนจะยังรู้สึกอ่อนล้าจากการเรียนปริญญาเอกที่เพิ่งเลิกเรียนไปเกือบสี่ทุ่ม แต่เต็มไปด้วยพลังใจและความพร้อมสำหรับการเดินทางครั้งสำคัญนี้ สิ่งที่ทำให้การเริ่มต้นเต็มไปด้วยพลัง คือการได้รับกำลังใจจากพี่กุ๊กเพื่อนร่วมงาน รวมทั้งพี่ ๆ นักศึกษาปริญญาเอกทั้งพี่เอ๊าะ พี่เมธินและพี่เอิร์นที่ตั้งใจมาส่งและให้คำอวยพรที่สนามบิน

การเดินทางมีการเปลี่ยนเครื่องที่สนามบินโดฮา ซึ่งผู้เขียนใช้เวลาอย่างมีคุณค่าในการทำการบ้านปริญญาเอก แม้จะอยู่ระหว่างการเดินทาง แต่ความมุ่งมั่นทางวิชาการก็ยังคงดำเนินไปควบคู่กับภารกิจใหม่ที่กำลังจะเกิดขึ้น เมื่อเดินทางถึงกรุงเจนีวาในช่วงบ่าย ได้รับการต้อนรับจากน้องนิว นิสิตในโครงการ Summer Student ที่มารับที่สนามบิน การสนทนาระหว่างการเดินทางเกี่ยวกับประสบการณ์การเรียนรู้และการเข้าร่วมโครงการของน้องนิว ช่วยเพิ่มแรงบันดาลใจและความตื่นเต้นสำหรับกิจกรรมที่จะเริ่มต้นในวันถัดไป

หลังจากเข้าที่พักและสำรวจบรรยากาศโดยรอบ ผู้เขียนได้เดินทางเข้าสู่เมืองเจนีวาเพื่อรับประทานอาหารเย็นพร้อมชมน้ำพุ Jet d'Eau ที่ Lake Geneva ความเรียบง่ายของมื้ออาหารและบรรยากาศริมทะเลสาบช่วยเติมเต็มพลังใจ ทำให้ความเหนื่อยล้าจากการเดินทางแทบหายไป และพร้อมสำหรับการพบปะเพื่อนครูอีก 39 คนในวันถัดไป การเดินทางในวันนี้ไม่เพียงเป็นการก้าวจากประเทศไทยสู่สวิตเซอร์แลนด์ แต่คือการสะสมพลังใจและแรงบันดาลใจจากผู้คนรอบตัว เพื่อเริ่มต้นการเรียนรู้ครั้งสำคัญในชีวิต ผู้เขียนตระหนักชัดเจนว่า กำลังใจจากคนรอบข้างล้วนหล่อหลอมให้เกิดพลังใหม่สำหรับการเรียนรู้และการแบ่งปันที่จะเกิดขึ้นต่อไป

วันที่ 3 สิงหาคม 2568 เช้าวันแรกที่เซิร์น: น้ำพุ เจนีวา และเสียงหัวเราะจากห้องเรียนโลก

เช้าวันนี้ผู้เขียนตื่นขึ้นมาด้วยความสดชื่นและตื่นเต้น เพราะเป็นวันแรกที่จะได้พบกับเพื่อนครูอีก 39 คน จากทั่วโลก หลังรับประทานอาหารเช้าที่โรงอาหารของเซิร์นก็ได้เจอเพื่อนครูคนแรกจากฟิลิปปินส์ ชื่อ Cristine ซึ่งมีรอยยิ้มสดใสและเป็นกันเองมาก ทำให้บรรยากาศการเริ่มต้นวันอบอุ่นขึ้นมาก ไม่นานนักก็ได้รู้จักกับ Matin ครูจากอิหร่าน ก่อนจะชวนกันออกไปท่องเที่ยวรอบเจนีวา

การเดินทางครั้งนี้ไม่ใช่การไปเพียงลำพัง แต่เป็นการไปกันเป็นกลุ่มใหญ่ โดยมี Lenka เพื่อนครูจากสโลวีเนียที่เคยเดินทางมาเจนีวามาก่อน ทำหน้าที่เสมือนไกด์นำทาง พวกเรายังมีเพื่อนครูจากอินเดีย ภูฏาน และสหรัฐอเมริกามาร่วมเดินทางด้วย ระหว่างทางก็มี Veronika ครูจากบราซิลตามมาสมทบ ทำให้การเดินเล่นริม Lake Geneva เต็มไปด้วยเสียงหัวเราะและบทสนทนา เราได้ถ่ายภาพกับน้ำพุ Jet d'Eau อันเป็นสัญลักษณ์ของเมือง และเดินต่อไปยัง Old Town ที่มีเสน่ห์แบบยุโรปแท้ ๆ บางช่วงก็แวะทานไอศกรีม พูดคุยแลกเปลี่ยนเรื่องบ้านเมือง การศึกษา และชีวิตครูในประเทศของแต่ละคน

สิ่งที่ทำให้ผู้เขียนประทับใจมากคือ บทสนทนาที่ค่อย ๆ ลึกซึ้งขึ้นจากเรื่องทั่วไปไปสู่การแลกเปลี่ยนแนวทางการสอนฟิสิกส์ ผู้เขียนเล่าให้เพื่อนฟังว่า ที่ประเทศไทย ครูต้องดูแลนักเรียนถึง 40 ถึง 50 คนต่อห้องเรียน ซึ่งเพื่อน ๆ ต่างตกใจและถามด้วยความสนใจว่าเราสามารถจัดการเรียนการสอนได้อย่างไร ผู้เขียนจึงได้เปิดวิดีโอการจัดกิจกรรมในชั้นเรียน สื่อการสอนเพลงที่เคยมีผู้รับชมใน Reels Instagram กว่า 3.5 ล้านครั้ง และกิจกรรมสะเต็มที่ร่วมกันทำกับนักเรียน เพื่อนหลายคนชอบมากและหนึ่งในนั้นพูดว่า "You are in the right place. This programme is looking for someone like you." คำพูดนี้ทำให้หัวใจผู้เขียนพองโต รู้สึกว่าการได้มาอยู่ที่นี่คือการเดินทางที่ถูกต้องและคุ้มค่าที่สุด

เพื่อน ๆ เองก็เล่าให้ฟังถึงระบบการศึกษาของประเทศตน เช่น ที่ บราซิล มีการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาอย่างจริงจัง ให้นักเรียนทำโครงงานที่บูรณาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ขณะที่อิหร่านไม่มีการสอบปลายภาค แต่ใช้การประเมินจากผลงานและการนำเสนอแทน ได้แลกเปลี่ยนกับเพื่อนครูที่ใช้มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ยุคใหม่ (Next Generation Science Standard: NGSS) ของสหรัฐอเมริกา จากที่เคยได้ศึกษาผ่านเอกสารทางวิชาการจนได้มาฟังประสบการณ์จากคนที่ปฏิบัติจริง สิ่งหนึ่งที่ผู้เขียนเห็นตรงกันในทุกประเทศคือความสำคัญของการลงมือปฏิบัติ ทุกคนล้วนเชื่อว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นจริงเมื่อผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรม

ช่วงบ่ายพวกเรากลับมาที่เซิร์นเพื่อเริ่มกิจกรรมอย่างเป็นทางการ โดยได้พบกับเพื่อนครูครบทั้ง 39 คน รวมถึงทีมงานหลักอย่าง Jeff Wiener และ Milena Vujanovic กิจกรรมแรกคือ Treasure Hunt ที่ให้ครูจากหลากหลายประเทศรวมทีมกันออกเดินสำรวจรอบ CERN เพื่อค้นหา keyword และภารกิจต่าง ๆ ผู้เขียนได้อยู่ในกลุ่มที่มีเพื่อนจากฟิลิปปินส์ อิหร่าน เวียดนาม และอินโดนีเซีย บรรยากาศเต็มไปด้วยความสนุกสนานและเสียงหัวเราะ กิจกรรมนี้ทำให้ได้รู้จักทั้งสถานที่สำคัญในเซิร์นและได้ทำความคุ้นเคยกับเพื่อน ๆ เพิ่มขึ้น

หลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมก็ได้ร่วมรับประทานอาหารค่ำกับเพื่อน ๆ มื้อค่ำในวันแรกเต็มไปด้วยบทสนทนาใหม่ ๆ และการทำความรู้จักอย่างรวดเร็วเหมือนเรารู้จักกันมานาน ช่วงค่ำเป็นการแนะนำรายละเอียดโครงการและข้อควรปฏิบัติ โดย Jeff ได้เล่าถึงกำหนดการและแนวทางการปฏิบัติในเซิร์น พร้อมนัดหมายให้ทุกคนไปทำบัตรประจำตัวผู้เข้าร่วมโครงการ (CERN Access Card) ตั้งแต่เช้า 07.00 น. ของวันถัดไป

วันแรกนี้ทำให้ผู้เขียนรู้สึกว่าเซิร์นไม่ได้เป็นเพียงองค์กรวิจัยทางฟิสิกส์ แต่เป็นสถานที่ที่เชื่อมโยงครูจากทั่วโลกเข้าด้วยกัน บทสนทนากับเพื่อนครูต่างชาติทำให้เห็นทั้งความแตกต่างและความเหมือนในระบบการศึกษาและที่สำคัญที่สุดคือการยืนยันความเชื่อว่าครูทุกคนต่างมีจุดหมายเดียวกัน คือการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือทำ

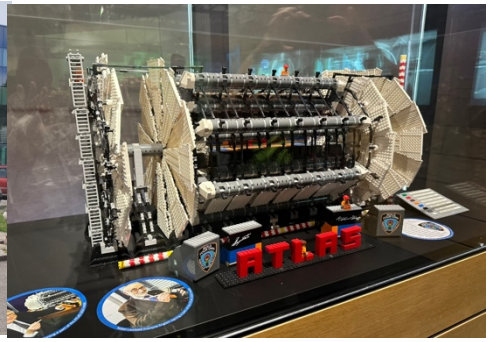
วันที่ 4 สิงหาคม 2568 บัตรแรก บทเรียนแรก

เช้าวันนี้เริ่มต้นด้วยการทำบัตรประจำตัวผู้เข้าร่วมโครงการ (CERN Access Card) เวลา 07.30 น. บัตรนี้เป็นเอกสารสำคัญสำหรับการเข้าและออกพื้นที่ต่าง ๆ ของเซิร์น ระหว่างรอคิวผู้เขียนได้มีโอกาสสนทนาแลกเปลี่ยนกับครูผู้เข้าร่วมจากหลายประเทศ ทำให้ทราบถึงความแตกต่างด้านโครงสร้างหลักสูตรวิทยาศาสตร์ เช่น ประเทศโปรตุเกสมีหลักสูตรแกนกลางถึงเพียงระดับมัธยมศึกษาตอนต้น บางประเทศแยกวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นคนละรายวิชา บางประเทศก็มีการจัดรวมวิชาวิทยาศาสตร์เข้ากับธรณีวิทยา (Geology) เป็นรายวิชาเดียวกัน การสนทนาในช่วงสั้น ๆ นี้ชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สะท้อนฐานคิดที่แตกต่างกันตามบริบทสังคมและวัฒนธรรมการศึกษาแต่ละประเทศ ซึ่งนับเป็นประสบการณ์เปิดโลกทัศน์ตั้งแต่วันแรกของการอบรม

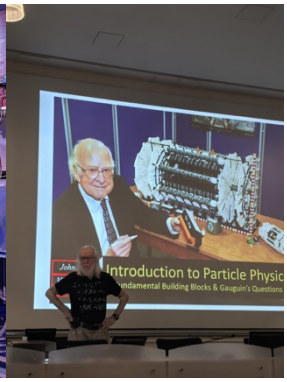
เวลา 09.30 น. เริ่มกิจกรรมการแนะนำโครงการ CERN International Teacher Weeks (ITW 2025) โดย Charlotte Lindberg Warakaulle และ Jeff Wiener (CERN) ซึ่งได้อธิบายถึงที่มาของโครงการว่าจัดขึ้นเพื่อเปิดโอกาสให้ครูวิทยาศาสตร์จากทั่วโลกเข้ามาศึกษาและสัมผัสการทำงานด้านฟิสิกส์อนุภาคโดยตรง ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา มีครูจากทั่วโลกเข้าร่วมแล้วกว่า 1,400 คน จากมากกว่า 70 ประเทศ โดยปีนี้มีครูจำนวน 40 คนจากหลากหลายประเทศเข้าร่วม โครงการนี้ไม่เพียงมุ่งเน้นการเพิ่มพูนความรู้ทางฟิสิกส์อนุภาคเท่านั้น แต่ยังให้ความสำคัญกับฐานคิดด้าน ความรู้ด้านเนื้อหาและการสอน (Pedagogical Content Knowledge – PCK) ซึ่งเป็นแนวคิดหลักว่าครูต้องเข้าใจสาระวิชาที่สอน เข้าใจว่าความรู้นั้นได้มาอย่างไรในเชิงวิทยาศาสตร์ ตลอดจนตระหนักถึงมโนทัศน์ที่ผู้เรียนอาจเข้าใจคลาดเคลื่อน เพื่อออกแบบวิธีการสอนที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

ต่อมาเป็นกิจกรรม Concept Map ครั้งที่ 1 โดย Milena Vujanovic (University of Leeds) ที่อธิบายหลักการของการสร้างแผนผังความคิด โดยใช้คำสำคัญ (Key Concepts) เชื่อมโยงด้วยคำกริยา (Linking Words) เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแนวคิดต่าง ๆ การได้ลงมือทำแผนผังความคิดเป็นครั้งแรกทำให้ผู้เขียนเห็นคุณค่าในการจัดระเบียบความรู้เชิงโครงสร้าง สามารถนำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้ในการสอนเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจความรู้วิทยาศาสตร์โดยเฉพาะความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ได้ดียิ่งขึ้น

ในช่วงบ่ายผู้เขียนได้เยี่ยมชมสถานที่สำคัญ 2 แห่ง ได้แก่ ไซโครซินโครตรอน (Synchrocyclotron) เครื่องเร่งอนุภาคเครื่องแรกของเซิร์นที่สร้างขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1957 แม้ปัจจุบันไม่ได้ใช้งานแล้ว แต่มีคุณค่าทางประวัติศาสตร์ในฐานะจุดเริ่มต้นของการพัฒนาเทคโนโลยีการเร่งอนุภาค ซึ่งนำไปสู่ความก้าวหน้าในงานวิจัยฟิสิกส์อนุภาคยุคต่อมา และห้องควบคุมแอตลาส (ATLAS Control Room) ศูนย์กลางการทำงานของเครื่องตรวจวัดอนุภาค ATLAS เป็นเครื่องตรวจวัดเอนกประสงค์ (general-purpose detector) ที่ออกแบบมาเพื่อศึกษาการชนของโปรตอนที่พลังงานสูงมาก จุดเน้นของการวิจัยคือการค้นหาอนุภาคและปรากฏการณ์ใหม่ในฟิสิกส์อนุภาค เช่น การตรวจสอบการมีอยู่ของฮิกส์โบซอน (Higgs boson) การได้เห็นการทำงานจริงในห้องควบคุมทำให้ผู้เขียนตระหนักถึงความซับซ้อนของกระบวนการวิจัยระดับโลกและวิถีของความเป็นนักวิทยาศาสตร์



กิจกรรมสุดท้ายของวัน คือ การบรรยายฟิสิกส์อนุภาคเบื้องต้น (Introduction to Particle Physics) โดย ศาสตราจารย์โจนาธาน เอลลิส (Jonathan R. Ellis) จาก King's College London การบรรยายได้ปูพื้นฐานตั้งแต่โครงสร้างของสสาร อนุภาคมูลฐาน ได้แก่ ควาร์ก เลปตอน และโบซอน การจัดกลุ่มในแบบจำลองมาตรฐาน (Standard Model) รวมถึงการอธิบายความสำคัญของการค้นพบอนุภาคฮิกส์ (Higgs Boson) ซึ่งทำให้ภาพรวมของแบบจำลองมาตรฐานสมบูรณ์ยิ่งขึ้น



การเรียนรู้ในวันนี้ทำให้ผู้เขียนเห็นภาพรวมของโครงการ ITW และบทบาทของเซิร์นในการผลักดันความรู้ด้านฟิสิกส์อนุภาค ตลอดจนตระหนักถึงคุณค่าของการถ่ายทอดแนวคิดเชิงวิชาการไปสู่การปฏิบัติจริงในห้องเรียน อันจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในประเทศไทยต่อไป

วันที่ 5 สิงหาคม 2568

หนึ่งวันที่เซิร์น: วิชาการ ความสัมพันธ์ และแรงศรัทธา

เช้าวันนี้เริ่มต้นด้วยการบรรยายในหัวข้อ Particle Accelerators โดย Simon Albright (CERN) ผู้เขียนได้ตระหนักว่า หากไม่มีเครื่องเร่งอนุภาค การศึกษาฟิสิกส์พลังงานสูงแทบจะเป็นไปไม่ได้เลย เพราะการชนกันของอนุภาคที่ระดับพลังงานสูงคือประตูไปสู่การค้นพบทฤษฎีและอนุภาคมูลฐานใหม่ ๆ หัวใจสำคัญของเครื่องเร่งอนุภาคคือ แม่เหล็ก (Magnet) ที่ทำหน้าที่กำหนดทิศทางและรักษาเสถียรภาพของลำอนุภาคให้เคลื่อนที่ด้วย

ความเร็วใกล้ความเร็วแสง ความสำคัญของแม่เหล็กในระบบนี้ช่วยสะท้อนให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างหลักการที่สอนนักเรียนในตำราเรียนกับการประยุกต์จริงในงานวิจัยระดับโลก และกลับมาทบทวนว่าหากสามารถออกแบบบทเรียนที่เชื่อมโยงหลักการทำงานของเครื่องเร่งอนุภาคเข้ากับเนื้อหาในบทเรียนต่าง ๆ ที่สอนในชั้นเรียนคงจะดีไม่น้อย เช่น การเคลื่อนที่แนวตรง การเคลื่อนที่แบบวงกลม สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า เมื่อกลับไปยังประเทศไทยคงนำเสนอไอเดียนี้กับอาจารย์ที่โรงเรียนหรืออาจารย์ที่มหาลัยเพื่อจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แล้วเผยแพร่ให้เกิดประโยชน์ต่อไป

หัวข้อถัดมา Particle Detectors โดย Veronika Kraus (Vienna University of Technology) ทำให้ผู้เขียนเข้าใจมากขึ้นว่า แม้อนุภาคมูลฐานจะมองไม่เห็นด้วยตาเปล่า แต่สามารถติดตามร่องรอยได้จากการที่มันมีปฏิสัมพันธ์กับสสารในเครื่องตรวจวัด เช่น การโค้งงอของเส้นทางในสนามแม่เหล็ก การแตกตัวเป็นไอออน หรือการสูญเสียพลังงานที่บันทึกไว้ใน Calorimeter เครื่องตรวจวัดต่าง ๆ เหล่านี้เปรียบเสมือนเครื่องบันทึกสัญญาณที่นักฟิสิกส์นำมาเรียงร้อยเป็นภาพและข้อมูลเพื่อทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ทำให้ผู้เขียนนึกถึงกิจกรรม Cloud Chamber ที่เคยพยายามลองทำกับกลุ่มของนักเรียนที่ทำโครงงานเพื่อศึกษาร่องรอยของอนุภาค แม้ตอนนั้นการทดลองจะไม่สำเร็จแต่ผู้เขียนคิดว่าในการเข้าร่วมกิจกรรมครั้งนี้ต้องได้แนวทางหรือค้นพบปัญหาของการทดลองเพื่อกลับไปปรับปรุงแก้ไขและนำไปเผยแพร่ต่ออย่างแน่นอน

ภาคบ่าย Jeff Wiener (CERN) ได้แนะนำกิจกรรม Study Group เพื่อให้ผู้เข้าร่วมโครงการมีพื้นที่แลกเปลี่ยนและสะท้อนคิด ผู้เขียนอยู่ในกลุ่มที่ 5 ร่วมกับ Claire จากแคนาดา Pawel จากโปแลนด์ Aysel จากตุรกี และ Michella จากอิตาลี ซึ่งคุ้นเคยกับทุกคนอยู่แล้วเนื่องจากได้พูดคุยกันมาก่อน การได้รู้ว่าจะเดินทางการเรียนรู้ไปด้วยกันตลอดโครงการ ทำให้เกิดความรู้สึกอบอุ่นและคาดหวังถึงการต่อยอดความรู้ร่วมกัน

ช่วงสำคัญในวันนี้คือการบรรยาย The Discovery of the Higgs Boson โดยศาสตราจารย์ Luis Roberto Flores Castillo (CUHK) ครูผู้เป็นครูอย่างแท้จริง อาจารย์อธิบายถึงการค้นพบอนุภาคฮิกส์โบซอนซึ่งไม่สามารถตรวจจับได้โดยตรง แต่รับรู้ผ่านร่องรอยของการสลายตัวของอนุภาค โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบกับตอนที่เดินบนทรายแล้วตอนจะก้าวเดินไปข้างหน้าจะมีทรายรั้งเท้าเอาไว้ อาจารย์ไม่เพียงถ่ายทอดองค์ความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ แต่ยังสะท้อนวิธีการสอนที่เห็นภาพและเข้าใจง่าย และเมื่อมีคำถามจากเพื่อนครูที่ฟังบรรยาย อาจารย์ก็อธิบายเพิ่มเติมบนกระดานดำอย่างเรียบง่ายโดยวาดภาพประกอบการอธิบาย ภาพนี้ทำให้ผู้เขียนมองเห็นแบบอย่างของครูที่แท้จริงในการสื่อสารวิทยาศาสตร์

ช่วงค่ำผู้เขียนได้ร่วมกิจกรรมกับเพื่อนครู เริ่มจากการโยนโบว์ลิ่งเป็นครั้งแรก แม้จะไม่ถนัดแต่ก็ได้รับคำแนะนำจากเพื่อน ๆ จนสร้างเสียงหัวเราะร่วมกัน ต่อด้วยการร่วมรับประทานพิซซ่าถาดใหญ่ที่ยาวหลายเมตร ระหว่างนั้นมีการสนทนาแลกเปลี่ยนเกี่ยวกับการสอนและการสร้างแรงบันดาลใจให้นักเรียน ผู้เขียนได้พูดคุยกับ Placido จากสเปน และ Martin จากสหรัฐอเมริกา ซึ่งเล่าถึงความท้าทายที่นักเรียนไม่ค่อยสนใจเรียนฟิสิกส์ ผู้เขียนจึงได้แบ่งปันเทคนิคการใช้สื่อและกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อสร้างแรงจูงใจ สิ่งนี้ทำให้เห็นว่าแม้ระบบการศึกษาแตกต่างกันแต่ความท้าทายในการสร้างแรงบันดาลใจให้ผู้เรียนกลับคล้ายคลึงกัน

ระหว่างทางกลับเซิร์น ผู้เขียนมีโอกาสได้สนทนากับศาสตราจารย์ Luis ท่านกล่าวประโยคที่ทำให้ผู้เขียนประทับใจว่า “คุณคือคนของเซิร์นแล้ว แค่คุณได้มาที่นี่ นักเรียนของคุณก็จะเชื่อทุกสิ่งที่คุณสอน และหากมีคำถามที่หาคำตอบไม่ได้ คุณสามารถถามเราได้เสมอ” คำกล่าวนี้สะท้อนถึงจิตวิญญาณของชุมชนวิทยาศาสตร์ ที่แม้ต่างสัญชาติและภาษา แต่รวมเป็นหนึ่งเดียวด้วยความตั้งใจสร้างและแบ่งปันความรู้

วันนี้เป็นวันที่ครบถ้วนทั้งในมิติขององค์ความรู้และความสัมพันธ์กับเพื่อนครู ผู้เขียนได้เรียนรู้หลักการของเครื่องเร่งอนุภาคและการตรวจวัดอนุภาค พร้อมทั้งสร้างสายสัมพันธ์กับเพื่อนครูและนักวิทยาศาสตร์จากหลากหลายประเทศ ในวันเดียวได้เห็นมุมมองว่าการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ไม่สามารถเกิดขึ้นได้หากปราศจากความร่วมมือกันทางสังคม

วันที่ 6 สิงหาคม 2568 เบื้องหลังการควบคุมอนุภาค: การเรียนรู้การทำงานของเครื่องเร่งอนุภาค

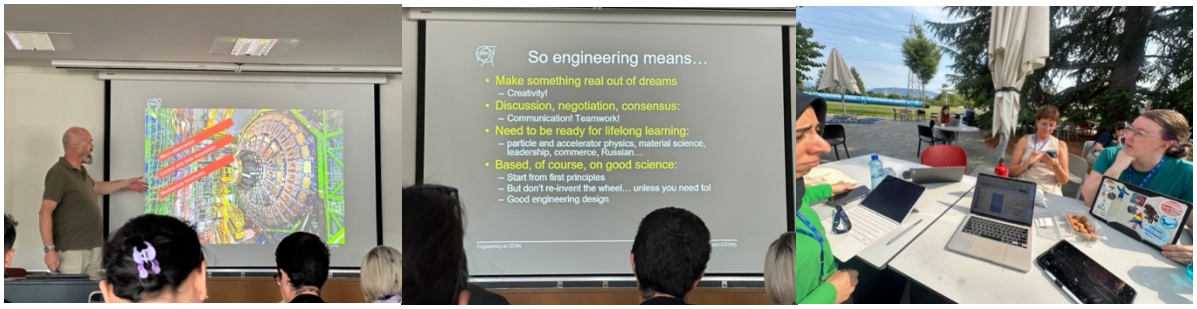
เช้าวันนี้เริ่มต้นด้วยการเยี่ยมชม CERN Control Centre (CCC) ศูนย์กลางที่ใช้ควบคุมเครื่องเร่งอนุภาคทั้งหมดของเซิร์น รวมถึง Large Hadron Collider (LHC) ที่มีความยาวถึง 27 กิโลเมตร การเข้าไปในห้องนี้ทำให้ผู้เขียนได้เห็นบรรยากาศที่เต็มไปด้วยหน้าจอและข้อมูลการทำงานแบบเรียลไทม์ วิศวกรและนักฟิสิกส์ทำงานร่วมกันเพื่อควบคุมค่าต่าง ๆ ทั้งพลังงาน สนามแม่เหล็ก และความเสถียรของลำอนุภาค

สถานที่ถัดมาคือ Magnet Test Facility (SM18) จุดนี้ทำให้ผู้เขียนเข้าใจอย่างลึกซึ้งว่าทำไม Jeff ถึงมีวลียอดนิยมคือ “Magnet, Magnet, Magnet” เพราะแม่เหล็กคือตัวหลักในการบังคับและโฟกัสลำอนุภาค ที่นี่มีการทดสอบแม่เหล็กตัวนำยิ่งยวด (superconducting magnets) ซึ่งมีหน้าที่โฟกัสลำอนุภาคให้อยู่ในเส้นทางที่กำหนด

แม่เหล็กเหล่านี้ต้องทำงานที่อุณหภูมิต่ำเกือบศูนย์สัมบูรณ์เพื่อสร้างสนามแม่เหล็กที่แรงพอจะบังคับอนุภาคให้เคลื่อนที่ได้อย่างแม่นยำ การได้เห็นการทดสอบจริงช่วยให้ผู้เขียนเข้าใจว่ากว่าที่จะทำให้อนุภาควิ่งชนกันได้ ต้องมีงานวิศวกรรมที่ซับซ้อนรองรับอยู่เบื้องหลัง จากการเยี่ยมชม Magnet Test Facility (SM18) ทำให้ผู้เขียนนึกย้อนไปถึงคำถามของนักเรียน ม.3 ที่เคยถามไว้ในคาบเรียนเรื่องไฟฟ้า ที่ถามว่า “อาจารย์ เราจะเรียนเรื่องตัวนำยิ่งยวดไปทำไม” ผู้เขียนคิดว่าวันนี้ได้คำตอบให้นักเรียนแล้ว กลับไปถึงโรงเรียนคงจะได้เปิดวิดีโอการทดลองที่เซิร์นบรรยายเรื่อง Superconducting ให้นักเรียนฟังจนนักเรียนเบื่อเลยล่ะ

สายวันนี้ต่อด้วยการบรรยาย Engineering at CERN โดย Raymond Veness ทำให้ผู้เขียนมองว่า CERN ไม่ได้เป็นเพียงสถาบันวิจัยด้านฟิสิกส์ แต่ยังเป็นศูนย์กลางของวิศวกรรมขนาดใหญ่ที่ผสานความรู้หลายสาขาเข้าด้วยกัน ไม่ว่าจะเป็นระบบท่อสุญญากาศ ระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่ต้องทนต่อรังสีเข้มข้น หรือโครงสร้างเครื่องกลที่รองรับอุปกรณ์ขนาดมหึมา สิ่งเหล่านี้เกิดจากการบูรณาการความรู้หลายแขนง ทั้งฟิสิกส์ วัสดุศาสตร์ และวิศวกรรมสาขาต่าง ๆ ทำให้ผู้เขียนคิดถึงนักเรียนวิชาเอกวิศวกรรมที่โรงเรียน กลุ่มของนักเรียนที่มีความสนใจและมุ่งมั่นในการเรียนรู้ในศาสตร์ด้านวิศวกรรม ผู้เขียนอยากบอกเด็ก ๆ เหล่านั้นว่า ทุกคนมาถูกทางแล้วนะ ที่เราฝึกฝนการคิดวิเคราะห์ คิดแก้ปัญหา และเป็นผู้เรียนรู้ตลอดชีวิตทุกคนก็จะเป็นวิศวกรที่ดีในอนาคตแน่นอน

ภาคบ่ายผู้เขียนเข้าฟังหัวข้อ How to Run a Particle Accelerator? โดย Bettina Mikulec ซึ่งเปรียบการควบคุมเครื่องเร่งอนุภาคเสมือนการขับเคลื่อนระบบที่ละเอียดอ่อน ต้องปรับแต่ง radio-frequency cavities เพื่อเร่งความเร็วของอนุภาค และใช้แม่เหล็ก dipole และ quadrupole เพื่อควบคุมทิศทางและโฟกัสลำอนุภาค การได้เรียนรู้จากเครื่องมือออนไลน์อย่าง Vistar ทำให้เห็นภาพจริงว่าการทำงานทั้งหมดถูกติดตามและควบคุมอย่างใกล้ชิดตลอดเวลา



ช่วงเย็นเป็นกิจกรรม Study Group ที่ผู้เขียนได้ร่วมสะท้อนคิดกับเพื่อนครูจากหลายประเทศ การแลกเปลี่ยนครั้งนี้ช่วยขยายมุมมองและทำให้เห็นจุดร่วมของประสบการณ์ในวันนี้ชัดเจนยิ่งขึ้น สิ่งที่ทุกคนสะท้อนร่วมกันคือ การได้รับความรู้ใหม่จากการบรรยายและการลงพื้นที่จริง ทำให้ผู้เขียนและเพื่อนครูเข้าใจหลักการทำงานของเครื่องเร่งอนุภาคและเครื่องตรวจวัดอนุภาคมากขึ้น ความเข้าใจเหล่านี้ยังนำไปสู่การมองเห็นแนวทางเชื่อมโยงกับการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์ในห้องเรียนว่าจะถ่ายทอดแนวคิดซับซ้อนให้กลายเป็นประสบการณ์การเรียนรู้ที่เข้าถึงนักเรียนได้อย่างไร ที่สำคัญการได้ร่วมพูดคุยกับครูจากหลากหลายประเทศที่มีทั้งพื้นฐานและวัฒนธรรมต่างกัน ช่วยทำให้การแลกเปลี่ยนความรู้มีความหลากหลาย ทุกความคิดเห็นสะท้อนให้เห็นว่าถึงแม้จะมาจากบริบทการศึกษาที่แตกต่าง แต่เป้าหมายเดียวกันคือการสร้างแรงบันดาลใจให้นักเรียนผ่านการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

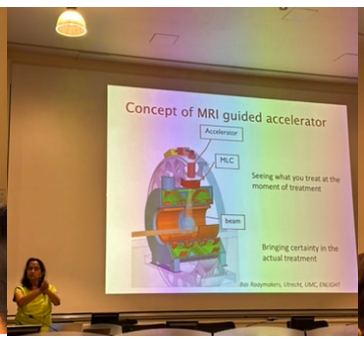
ประสบการณ์วันนี้ไม่ได้เป็นเพียงการ เห็นเครื่องมือหรือนวัตกรรมทางวิทยาศาสตร์ แต่เป็นการเข้าใจว่าความรู้ วิศวกรรม และความร่วมมือของมนุษย์จากทั่วโลกต่างหลอมรวมเข้าด้วยกันเพื่อแสวงหาคำตอบของธรรมชาติ และนั่นคือแรงบันดาลใจที่ผู้เขียนอยากนำกลับไปส่งต่อให้กับนักเรียนต่อไป

วันที่ 7 สิงหาคม 2568

ฟิสิกส์อนุภาคกับการเรียนรู้ในห้องเรียน

เช้าวันนี้กลุ่มของผู้เขียนได้รับเลือกให้ออกไปนำเสนอ Study Group Report ซึ่งเป็นการสรุปและสะท้อนคิดจากกลุ่มที่ได้ร่วมแลกเปลี่ยนกันในวันก่อนหน้า แม้จะเป็นการนำเสนอเพียง 5 นาที แต่ก็เป็นโอกาสสำคัญที่ทำให้ได้ฝึกการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์กับผู้ฟังจากนานาประเทศ เพื่อนครูหลายคนบอกว่า “You are very funny” ทำให้บรรยากาศการนำเสนอเบิกบานตั้งแต่เช้า

ต่อมาเป็นการบรรยายในหัวข้อ Physics to Medical Applications ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าองค์ความรู้ด้านฟิสิกส์อนุภาคไม่ได้หยุดอยู่เพียงการอธิบายธรรมชาติระดับเล็กที่สุด แต่ยังนำไปใช้ประโยชน์ทางการแพทย์อย่างกว้างขวาง ตัวอย่างเช่น Positron Emission Tomography (PET) ที่อาศัยการตรวจจับอนุภาคโพซิตรอนเพื่อตรวจสอบการทำงานของอวัยวะและเนื้อเยื่อในร่างกาย หรือการใช้ลำอนุภาคโปรตอนในการรักษามะเร็งที่สามารถส่งพลังงานได้แม่นยำและลดความเสียหายต่อเนื้อเยื่อข้างเคียง สิ่งเหล่านี้ทำให้ผู้เขียนตระหนักว่า ฟิสิกส์อนุภาคไม่ได้เป็นเพียงศาสตร์เชิงทฤษฎี แต่เป็นพลังขับเคลื่อนที่มีผลต่อคุณภาพชีวิตมนุษย์โดยตรง

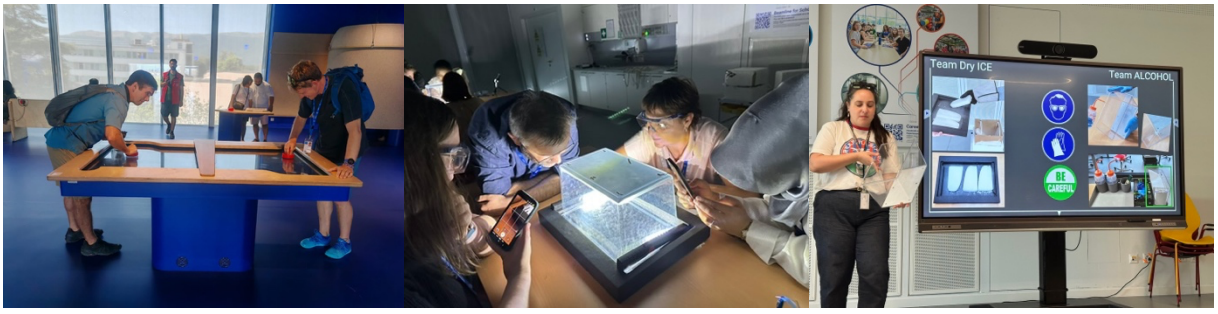


อีกช่วงที่ผู้เขียนรอคอยคือ Introducing Particle Physics in the Classroom โดย Jeff Wiener เนื้อหาการบรรยายเกี่ยวกับการถอดบทเรียนจากงานวิจัยการศึกษาเกี่ยวกับฟิสิกส์อนุภาคระดับมัธยม สะท้อนประเด็นสำคัญคือ นักเรียนมักมีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับฟิสิกส์อนุภาค สาเหตุเกิดจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน เช่น ความเข้าใจเรื่องแรงและการเคลื่อนที่ วิธีการเรียนรู้ที่ไม่เพียงพอ และการใช้ภาพหรือสื่อที่อาจทำให้นักเรียนตีความผิด แนวทางการแก้ไขที่เน้นย้ำคือ การสอนให้นักเรียนเข้าใจว่า โมเดลคือแบบจำลอง ไม่ใช่สิ่งที่มีอยู่จริง (Nature Of Model) การใช้สัญลักษณ์หรือภาพเชิงโครงสร้างของตัวอักษรเพิ่มความเข้าใจ เช่น โปรตอน p = uud ที่ตัว p เหมือนตัว d ที่กลับหัว และนิวตรอน n = udd ที่ตัว n เหมือนตัว u ที่กลับหัว และการใช้ภาษาที่ถูกต้องเพื่อลดความสับสน เช่น แยกให้ชัดระหว่าง decay (การสลายตัว) และ transformation (การเปลี่ยนแปลง) อีกทั้งยังได้รู้จักแหล่งเรียนรู้ของเซิร์นที่เผยแพร่สื่อการสอน งานวิจัยและแนวทางการสอนในหัวข้อฟิสิกส์อนุภาค

ภาคบ่ายเป็นการเยี่ยมชม Science Gateway Exhibitions ที่เต็มไปด้วยกิจกรรมหลากหลายซึ่งทำให้ฟิสิกส์อนุภาคกลายเป็นเรื่องจับต้องได้ง่ายขึ้น ไฮไลต์ที่สำคัญที่สุดของวันคือ Workshop Cloud Chamber เป็นชุดทดลองที่ใช้ตรวจวัดการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่มีประจุ โดยภายในจะบรรจุไอแอลกอฮอล์ที่อยู่ในภาวะอิ่มตัวและเย็นจัด เมื่ออนุภาคมีประจุเคลื่อนที่ผ่าน จะก่อให้เกิดเส้นทางของหยดไอน้ำเล็ก ๆ ที่ควบแน่นตามแนวการเคลื่อนที่ ทำให้มองเห็นรอยทางของอนุภาคได้ด้วยตาเปล่า เพราะที่ผ่านมาเคยลองทำการทดลองนี้แต่ก็ไม่ประสบความสำเร็จ พอได้ลองทำครั้งนี้รู้สึกว่าง่ายมาก ๆ ได้สอบถามวิทยากรถึงสาเหตุที่ทำให้การทดลองไม่สำเร็จ ซึ่งมีหลายปัจจัย เช่น ความเย็นและความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ กิจกรรมนี้เป็นกิจกรรมที่จะนำกลับไปปรับใช้ในการสอนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจว่าอนุภาคมีอยู่จริงและสามารถสังเกตได้

สิ่งที่ได้เรียนรู้ในวันนี้ คือ ฟิสิกส์อนุภาคสามารถเชื่อมโยงกับการเรียนรู้ระดับมัธยมศึกษาได้อย่างมีความหมาย หากครูออกแบบการเรียนการสอนให้เน้นการลงมือปฏิบัติกิจกรรมและใช้แบบจำลองที่เข้าใจง่าย เพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้กับปรากฏการณ์รอบตัวได้ นอกจากนี้การได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนกับเพื่อนครูจากหลากหลายประเทศ ทำให้เห็นว่าความท้าทายในการสอนฟิสิกส์อนุภาคนั้นมีความคล้ายคลึงกันทั่วโลก

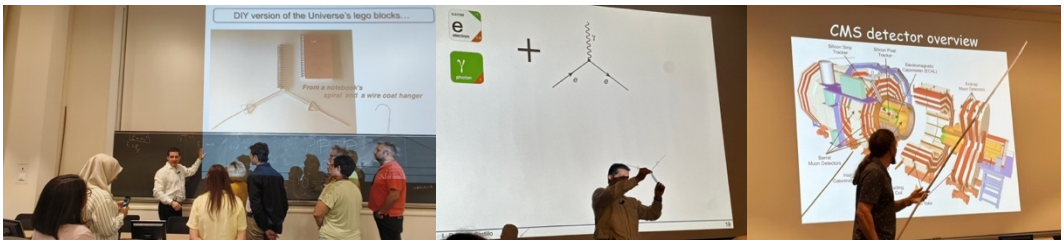
โดยสรุป วันนี้เป็นวันที่ครบถ้วนทั้งด้านความรู้ทางวิชาการ การได้แรงบันดาลใจด้านการสอน และการลงมือปฏิบัติกิจกรรมร่วมกับเพื่อนครู ผู้เขียนรู้สึกว่าได้เห็นแนวทางใหม่ ๆ ในการนำฟิสิกส์อนุภาคมาเชื่อมโยงกับห้องเรียนมัธยมอย่างเป็นรูปธรรม



วันที่ 8 สิงหาคม 2568

จากเ Feynman diagram สู่ CMS Cavern

วันนี้เป็นวันที่ผู้เขียนอยากจดจำตลอดไป เพราะเป็นวันที่ทั้งวิชาการและประสบการณ์ตรงผสานกันอย่างลงตัว ช่วงเช้าเริ่มต้นด้วยการบรรยายของอาจารย์ Luis Roberto Flores Castillo ที่ใช้ Feynman diagram อธิบายปฏิสัมพันธ์ของอนุภาคให้เข้าใจง่ายขึ้น เฟย์แมนไดอะแกรมทำหน้าที่แทนปฏิสัมพันธ์เชิงควอนตัมได้อย่างเป็นระบบ แต่ละเส้นแทนอนุภาค แต่ละ vertex แทนจุดที่เกิดการมีปฏิสัมพันธ์ เฟย์แมนไดอะแกรมทำให้สมการเชิงคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนของกลศาสตร์ควอนตัมกลายเป็นภาพที่เข้าใจง่ายขึ้น การได้เห็นอาจารย์หยิบเพียงไม้แขวนเสื้อและสปริงจากสมุดโน้ตมาอธิบาย ทำให้เรื่องที่ดูไกลตัวอย่างการชนกันของอนุภาค กลายเป็นภาพที่เข้าใจง่ายและจับต้องได้ นี่คือบทเรียนที่ตอกย้ำว่า ความคิดสร้างสรรค์ของผู้สอนสามารถเปิดโลกวิชาการที่ซับซ้อนให้เข้าถึงได้โดยไม่ต้องลดทอนความถูกต้องทางวิทยาศาสตร์

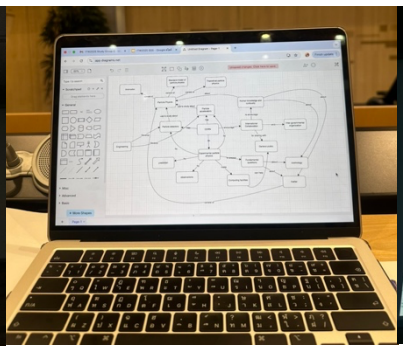


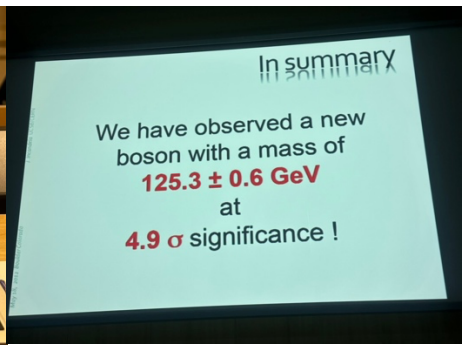
ช่วงสายต่อด้วยเนื้อหา CMS Detector ที่วิทยากรบรรยายโดยละเอียด CMS (Compact Muon Solenoid) เป็นเครื่องมือที่ใช้ติดตามร่องรอยของอนุภาคหลังการชนกันใน LHC โดยมีองค์ประกอบ คือ Silicon Tracker ที่ใช้ตรวจจับเส้นทางของอนุภาค Electromagnetic และ Hadronic Calorimeters ที่ใช้วัดพลังงาน และ Muon Detector ที่ตรวจสอบอนุภาคมิวออน ทั้งหมดทำงานร่วมกันอย่างเป็นระบบ ซ้อนทับกันเหมือนชั้นเปลือกหัวหอมแบบกะทัดรัด หลักการทำงานผู้เขียนได้บันทึกไว้ในบทที่ 2 ของเอกสารรายงานนี้

บ่ายวันนี้คือไฮไลต์สำคัญ ผู้เขียนได้ลงไปใต้ดินกว่า 100 เมตร สู่ CMS Cavern ภาพตรงหน้าคือโครงสร้างขนาดใหญ่ที่สูงเทียบตึกหลายชั้น วงจรแม่เหล็กขนาดมหึมา และลำอนุภาคโปรตอนของจริงที่อยู่ตรงหน้า มันทำให้ทุกอย่างที่เคยอยู่ในหน้าหนังสือกลายเป็นของจริงที่เห็นด้วยตา ความรู้สึกในขณะนั้นคือนี่ไม่ใช่สิ่งที่อยู่ในบทเรียนอีกต่อไป แต่คือการได้ยืนอยู่ในการทดลองที่ยิ่งใหญ่ที่สุดของมนุษยชาติ ผู้เขียนรีบบันทึกวิดีโอส่งให้เพื่อนครูที่โรงเรียนทุกคนตื่นเต้นกันมาก ต่างถามว่าของจริงใช่ไหม

หลังกลับจาก CMS ผู้เขียนได้เข้าร่วม Concept Map Session ครั้งที่ 2 ในการเขียนหัวข้อฟิสิกส์อนุภาคอีกครั้ง การเชื่อมโยงครั้งนี้ดูเป็นระบบและคิดคำเชื่อมโยงได้มากขึ้น การเขียน Concept Map ไม่เพียงเป็นการสรุปความรู้ แต่ยังเป็นการทบทวนตนเองว่ามีความเข้าใจในมโนทัศน์เพียงใด และยังมีช่องว่างใดที่ควรเติมเต็ม

ค่ำวันเดียวกันเป็นการชมภาพยนตร์ประวัติศาสตร์ของเซิร์น ในห้องที่ครั้งหนึ่งเคยใช้ประกาศการค้นพบอนุภาคฮิกส์โบซอนเมื่อปี 2012 เป็นหลักฐานของการเดินทางอันยาวนานกว่าจะมาถึงความสำเร็จ ผู้เขียนนั่งดูภาพยนตร์เหล่านั้นด้วยหัวใจเต้นแรงเพราะนี่ไม่ใช่แค่เรื่องราวในอดีต แต่คือแรงบันดาลใจที่บอกว่าความพยายามของนักวิทยาศาสตร์จากทั่วโลกสามารถเปลี่ยนประวัติศาสตร์ได้จริง





สิ่งที่ผู้เขียนได้จากวันนี้คือภาพที่ครบถ้วนของฟิสิกส์อนุภาค ทั้งมุมทฤษฎีที่ทำให้คณิตศาสตร์กลายเป็นภาพที่เข้าใจได้ มุมวิศวกรรมที่สร้างเครื่องตรวจวัดขนาดมหึมาเพื่อจับร่องรอยอนุภาค และมุมของมนุษยชาติที่รวมพลังเพื่อไขความลับของจักรวาล สิ่งที่ยังไม่รู้คือรายละเอียดการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมหาศาลที่ได้จาก CMS ซึ่งเป็นเรื่องซับซ้อนเกินกว่าที่จะเข้าใจได้ภายในวันเดียว แต่สิ่งที่ชัดเจนคือ ฟิสิกส์อนุภาคไม่ใช่หัวข้อที่ไกลตัว หากครูเลือกเล่าอย่างมีเรื่องราวเชื่อมโยง นักเรียนก็จะเห็นว่ามันเกี่ยวข้องกับโลกและชีวิตจริงได้เช่นกัน วันที่ 8 สิงหาคมจึงไม่ใช่เพียงอีกหนึ่งวันของการอบรม แต่คือวันที่ดีที่สุดในชีวิตเพราะทำให้ผู้เขียนได้สัมผัสฟิสิกส์อนุภาคทั้งในมิติของความรู้และมิติของความรู้สึกอย่างสมบูรณ์

วันที่ 9 สิงหาคม 2568 จากสมบัติลับแห่งเจนีวาสู่รสชาติชีสฟองดู

วันนี้แตกต่างจากวันก่อน ๆ ที่เต็มไปด้วยการบรรยายและการเรียนรู้ด้านฟิสิกส์อนุภาค เพราะกิจกรรมถูกออกแบบมาเพื่อให้ผู้เข้าร่วมได้ผ่อนคลายและสัมผัสเจนีวาในมุมของนักท่องเที่ยว เช้านี้เริ่มต้นด้วยการเดินทางไปซูเปอร์มาร์เก็ตฝั่งฝรั่งเศสกับเพื่อน ๆ เพื่อหาวัตถุดิบสำหรับทำอาหารไทย ผู้เขียนตั้งใจจะทำต้มยำให้เพื่อนต่างชาติได้ลองชิม การได้เลือกวัตถุดิบในร้านค้าต่างประเทศเป็นประสบการณ์ที่น่าสนใจมาก เพราะทำให้รู้สึกเหมือนได้พกพาเอกลักษณ์ทางวัฒนธรรมของไทยติดตัวมาร่วมในโครงการนี้ด้วย แม้จะหามะนาวและพริกไม่เจอก็ตาม

หลังจากนั้นกิจกรรมหลักคือ Geneva Treasure Hunt ผู้เขียนและเพื่อน ๆ ออกเดินสำรวจเมืองเจนีวาทั้งวัน แม้อากาศจะร้อน แต่ก็เต็มไปด้วยเสียงหัวเราะและการพูดคุยตลอดทาง เดินทางกับกลุ่มเพื่อนที่คุ้นเคยมีสมาชิกใหม่เพิ่มเข้ามา คือ Ahmed จากอียิปต์ ทำให้การเดินทางยิ่งสนุกขึ้น ภารกิจพาไปยังสถานที่สำคัญหลายแห่ง ไม่ว่าจะเป็นอนุสาวรีย์ Jean Piaget ที่ทำให้นึกถึงรากฐานทางทฤษฎีการเรียนรู้คอนสตรัคติวิสต์ที่ผู้เขียนชื่นชอบเป็นพิเศษที่เห็นแล้วต้องบันทึกภาพส่งไปให้กลุ่มพี่ ๆ ที่เรียนปริญญาเอกด้วยกัน พี่ ๆ ตอบกลับมาว่าทางนู้นเพียเจต์ทางนี้เพลียใจ ทำให้ต้องหัวเราะอย่างออกรสจนต้องพยายามอธิบายให้เพื่อน ๆ ในทีมฟังและหัวเราะไปด้วยกัน เจนีวาเป็นเมืองเก่าที่สะท้อนเรื่องราวทางประวัติศาสตร์และบรรยากาศริมทะเลสาบเจนีวาที่ผู้คนครึกครื้น การเดินไปพร้อมการค้นหาคำตอบทำให้ทุกย่างก้าวเต็มไปด้วยการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

ค่ำคืนนี้เป็นช่วงเวลาที่ทุกคนรอคอย งานเลี้ยงอาหารค่ำที่ร้าน Edelweiss บรรยากาศอบอุ่น ไฮไลต์คือการได้ลองชิมชีสฟองดูเป็นครั้งแรก รสชาติกลมกล่อมทำให้ประทับใจมากขึ้นไปอีก บรรยากาศในร้านมีทั้งดนตรีสด การเล่นเครื่องดนตรีพื้นบ้าน และการร้องเพลงร่วมกัน ทุกคนจากหลากหลายประเทศกลายเป็นเพื่อนโต๊ะเดียวกัน คืนนี้ได้ลองชวนเพื่อนครูทำโครงการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในรายวิชาโครงงานด้วยกัน โดยให้นักเรียนของแต่ละคนได้ร่วมนำเสนอผลงาน แนวคิดโครงงานวิทยาศาสตร์ร่วมกัน และกลุ่มของครูก็เป็นผู้ให้ข้อเสนอแนะ โดยนัดหมายกันผ่าน Zoom meeting ไอเดียนี้มีเพื่อนครูทั้งบราซิล อิหร่าน สหรัฐอเมริกาและแคนาดาสนใจที่จะลองจัดร่วมกัน ทำให้ผู้เขียนเติมเต็มแรงบันดาลใจ ความหวัง และความดีใจที่นักเรียนของผู้เขียนจะได้มีโอกาสได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนครูต่างชาติเหมือนที่ผู้เขียนได้สัมผัส

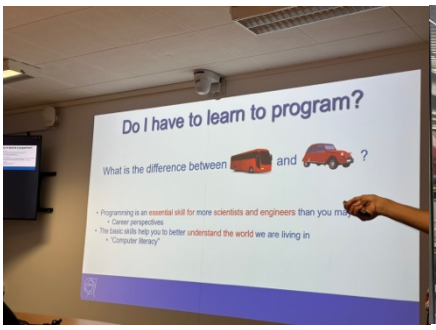
วันนี้ทำให้ตระหนักว่าการเรียนรู้นั้นไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะในห้องเรียนหรือห้องทดลอง แต่ยังเกิดขึ้นจากการเดินชมเมือง การได้ฟังเพื่อนเล่าเรื่องราวจากบ้านเกิด หรือการนั่งล้อมวงรอบหม้อฟองดู สิ่งเหล่านี้คือการเรียนรู้ผ่านวัฒนธรรมที่ทำให้เราเข้าใจผู้คนและเห็นคุณค่าของความแตกต่างมากขึ้น ผู้เขียนจึงจดจำวันที่ 9 สิงหาคมนี้ในฐานะวันที่เต็มไปด้วยรอยยิ้ม มิตรภาพ และบทเรียนจากการอยู่ร่วมกันกับผู้คนรอบโลก

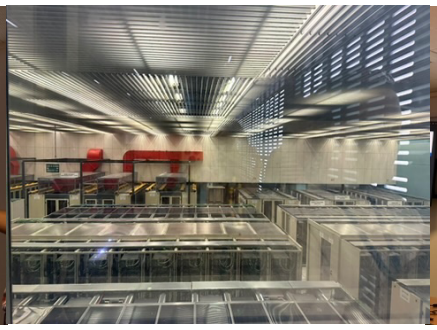
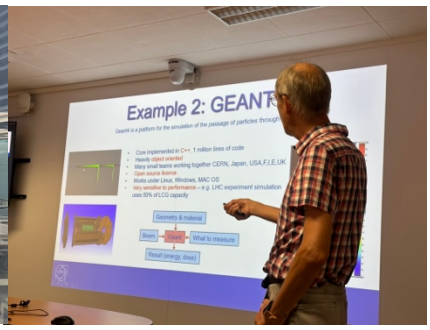
วันที่ 10 สิงหาคม 2568 วันหยุดที่ Chamonix-Montblanc

วันนี้เป็นวันหยุดจากกิจกรรมทางวิชาการ ผู้เขียนและเพื่อนครูเลือกเดินทางไปยัง Chamonix-Montblanc เมืองเล็ก ๆ ที่ตั้งอยู่ท่ามกลางเทือกเขาแอลป์ของฝรั่งเศส สถานที่แห่งนี้ขึ้นชื่อว่าเป็นประตูสู่ยอดเขาที่สูงที่สุดในยุโรปตะวันตก เมื่อไปถึงก็สัมผัสได้ถึงความยิ่งใหญ่และความสวยงามของธรรมชาติ การขึ้นกระเช้าไฟฟ้าพาผู้เขียนและเพื่อน ๆ ได้ไปถึงจุดชมวิวที่สูงที่สุด เป็นประสบการณ์ที่ประทับใจมาก ได้เห็นธารน้ำแข็ง (glacier) และการก่อตัวของหิมะเป็นครั้งแรก หลังจากเต็มอิ่มกับธรรมชาติ กลุ่มของผู้เขียนเดินทางกลับถึงที่พักในตอนค่ำ และปิดท้ายวันด้วยการทำอาหารไทยเลี้ยงเพื่อนครู เมนูต้มยำกุ้งร้อน ๆ และบะหมี่กึ่งสำเร็จรูปที่ทุกคนช่วยกันปรุงอย่างสนุกสนาน กลายเป็นมื้ออาหารที่เต็มไปด้วยเสียงหัวเราะและมิตรภาพ เผลอแป๊บเดียวซุปก็หมดหม้อ เหลือไว้เพียงความประทับใจก่อนแยกย้ายกันไปพักผ่อนเพื่อเตรียมตัวสำหรับกิจกรรมในวันพรุ่งนี้

วันที่ 11 สิงหาคม 2568 การคำนวณ ข้อมูล และการวิเคราะห์ที่เซิร์น

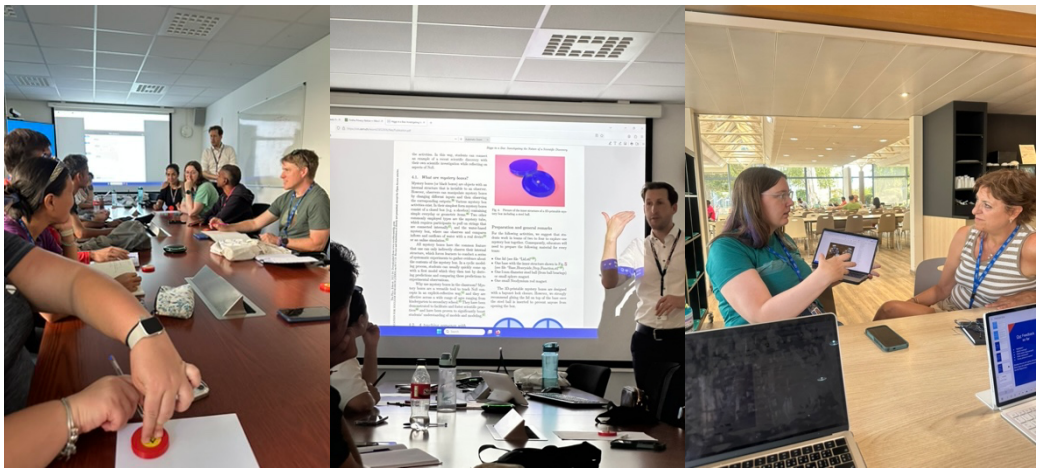
เช้าวันนี้เริ่มต้นด้วยการบรรยาย Computing at CERN โดย Markus Joos ที่ทำให้เห็นบทบาทสำคัญของการคำนวณในงานวิจัยฟิสิกส์พลังงานสูง LHC การสร้างข้อมูลมหาศาลต่อปี เซิร์นจึงต้องพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่ซับซ้อน เช่น Worldwide LHC Computing Grid (WLCG) เพื่อกระจายการประมวลผลไปยังสถาบันต่าง ๆ ทั่วโลก อีกตัวอย่างที่น่าสนใจคือ GEANT4 โปรแกรมจำลองการเคลื่อนที่ของอนุภาคในสสาร ซึ่งเป็น Open Sources และถูกใช้อย่างกว้างขวางทั้งในฟิสิกส์การแพทย์ อวกาศ และวิศวกรรมรังสี วันนี้มีคำถามที่น่าสนใจจาก Martin เพื่อนครูจากสหรัฐอเมริกาว่าอาจารย์ Markus ได้ใช้ AI ในการเขียนโปรแกรมหรือไม่ อาจารย์ตอบว่าใช้ แต่ต้องนั่งทำความเข้าใจทุกบรรทัด เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาได้เมื่อเกิดปัญหา นี่คงจะเป็นตัวอย่างที่อยากจะหยิบยกไปเล่าให้นักเรียนฟังถึงการใช้ AI อย่างมีวิจารณญาณ ใช้ด้วยความเข้าใจบนฐานของความรู้



หลังจากนั้นผู้เขียนได้เข้าเยี่ยมชม Data Centre ของ CERN ห้องเซิร์ฟเวอร์ที่มีคอมพิวเตอร์เรียงรายเป็นแถวอย่างเป็นระบบ ข้อมูลที่ได้จากตัวตรวจวัดใน LHC ถูกส่งเข้ามาที่นี่ ก่อนจะแจกจ่ายไปยังศูนย์ข้อมูลทั่วโลก ภาพที่เห็นตรงหน้าเป็นการยืนยันว่าฟิสิกส์สมัยใหม่คือการทำงานร่วมกันของนักวิทยาศาสตร์ วิศวกร และนักคอมพิวเตอร์ในระดับมหภาค

ในช่วงสายยังได้เข้าร่วม Mystery Box Workshop ซึ่งเป็นกิจกรรมออกแบบเพื่อให้ครูนำไปใช้ในห้องเรียน โดยได้ทดลองเขย่ากล่องปริศนา สังเกต ปรับสมมติฐาน และอธิบายโครงสร้างภายในโดยไม่สามารถมองเห็นตรง ๆ ได้ กิจกรรมนี้สะท้อนแนวทาง Nature of Science (NOS) ได้อย่างดี เพราะการทำการทดลองฟิสิกส์ในเซิร์นก็เต็มไปด้วยสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้โดยตรง จึงเรียนรู้ว่าแบบจำลองไม่ใช่ความจริง แต่เป็นเครื่องมือที่ช่วยสร้างคำอธิบายและทดสอบกับหลักฐานเชิงประจักษ์ สามารถเปลี่ยนแปลงได้ (Nature Of Model)

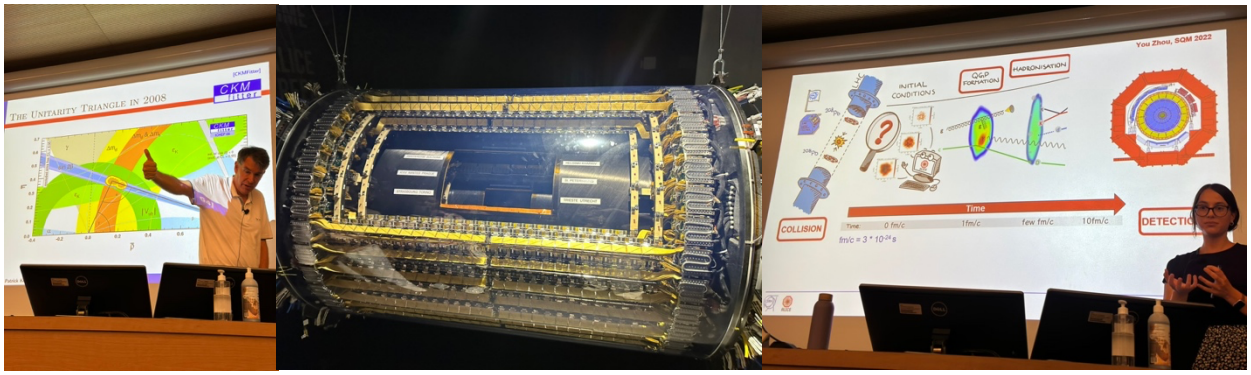


ภาคบ่าย Flavia de Almeida Dias มาบรรยายเรื่อง Data Analysis in Particle Physics เนื้อหาทำให้ผู้เขียนเห็นขั้นตอนที่ซับซ้อนตั้งแต่การจำลอง (simulation) การทำดิจิไทซ์สัญญาณจากตัวตรวจวัด การสร้างเหตุการณ์จำลอง ไปจนถึงการวิเคราะห์ข้อมูลจริง เช่น ในโครงการ ATLAS และ CMS สิ่งที่สะท้อนกลับมาสู่การสอนคือการวิเคราะห์ข้อมูลไม่ใช่เพียงการคำนวณทางคณิตศาสตร์ แต่คือการตีความและสร้างข้อสรุปบนฐานของความน่าจะเป็นและหลักฐานเชิงประจักษ์

ในช่วงเย็นผู้เขียนได้เข้าร่วม Study Group Reflection กับเพื่อนครูในกลุ่ม แต่ละคนหยิบสิ่งที่ได้เรียนรู้วันนี้มาแลกเปลี่ยน บางคนเน้นไปที่ความสำคัญของทักษะการเขียนโปรแกรมและการรู้ดิจิทัล ขณะที่บางคนสนใจวิธีการนำ Mystery Box ไปเชื่อมโยงกับการสอนเรื่องอะตอมและอนุภาค บรรยากาศเต็มไปด้วยพลังบวกและแรงบันดาลใจ เมื่อเสร็จจากกิจกรรมผู้เขียนได้เดินเล่นรอบเซิร์นกับ Matin และได้บันทึกวิดีโอเพื่อทำ Content ใน Instgram ร่วมกับ Matin วันนี้สนุกมาก ๆ มีเวลาช่วงค่ำมานั่งตกผลึกและทำให้รู้ว่ามันเป็นเรื่องมหัศจรรย์แค่ไหนที่อยู่ ๆ จะมีเพื่อนจากรอบโลก คงจะจดจำช่วงเวลาเหล่านี้ไปตลอดเพราะคือช่วงเวลาที่มีความสุขมาก ๆ

วันที่ 12 สิงหาคม 2568 ความงามของฟิสิกส์และมิตรภาพในเซิร์น

เช้าวันนี้เริ่มต้นด้วยการบรรยาย Beauty Physics at CERN โดย Patrick Koppenburg การบรรยายครั้งนี้ทำให้รู้ว่าฟิสิกส์อนุภาคไม่ได้เป็นเพียงการหาคำตอบของอนุภาคเท่านั้น แต่ยังเป็นการสำรวจความไม่สมมาตรของจักรวาลที่เชื่อมโยงไปถึงคำถามใหญ่ว่า เหตุใดสสารจึงมีอยู่มากกว่าปฏิสสาร อาจารย์ได้อธิบาย Standard Model และชี้ให้เห็นว่ายังมีคำถามที่เรายังไม่สามารถตอบได้ เช่น เหตุใดจักรวาลจึงประกอบด้วยสสารมากกว่าแอนติสสาร ทั้งที่ทฤษฎีควรทำนายว่ามันควรจะมีปริมาณเท่ากันพอดี การศึกษาการละเมิดสมมาตร CP (CP violation) ในการสลายตัวของอนุภาคจึงมีความสำคัญมาก เพราะเป็นกุญแจที่อาจไขไปสู่การอธิบายความไม่สมดุลแรกเริ่มของจักรวาล สิ่งที่น่าสนใจคือผู้บรรยายได้ยกตัวอย่างจากการทดลอง LHCb ที่ศึกษาการสลายตัวของควาร์กชนิดหนัก โดยเฉพาะ b-quark ซึ่งมีความไวต่อ CP violation มากที่สุด การค้นพบ CP violation ใน B-meson และในอนุภาคแบริออนถือเป็นจุดเปลี่ยนสำคัญที่บ่งชี้ว่า เรายังมีสิ่งใหม่ ๆ ให้ค้นพบเกินกว่าที่ Standard Model จะอธิบายได้ทั้งหมด



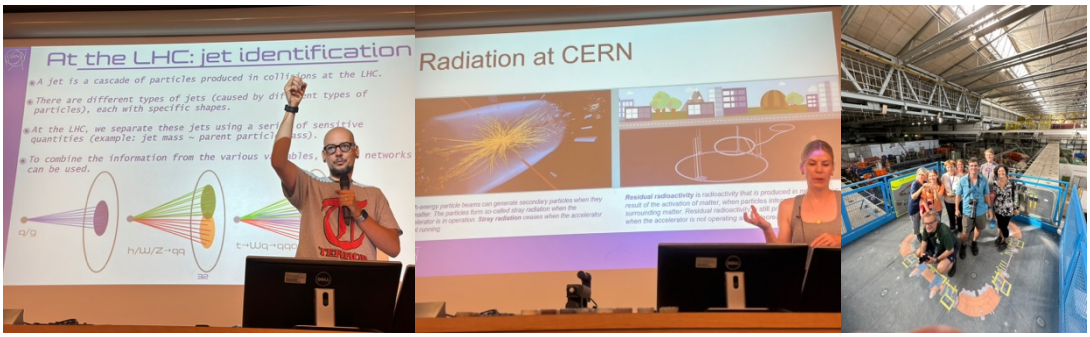
การบรรยายต่อมาโดย Panagiota Chatzidaki ที่เล่าถึง Heavy Ion Physics at CERN ได้นำเสนอการชนไอออนหนักเพื่อตามหาสภาวะ Quark–Gluon Plasma ซึ่งเป็นรูปแบบสสารในช่วงแรกสุดหลังการกำเนิดจักรวาล ประเด็นนี้ตอกย้ำว่าฟิสิกส์อนุภาคไม่ใช่แค่การตามหาอนุภาคมูลฐาน แต่คือการใช้อนุภาคเป็นการย้อนเวลา เพื่อตอบคำถามว่าจักรวาลเกิดขึ้นมาได้อย่างไร สิ่งที่น่ารักมากในการบรรยายวันนี้คือการที่ผู้บรรยายเล่าว่านักวิทยาศาสตร์จำนวนไม่น้อยใช้เวลาว่างระหว่างรอผลการทดลองในการแต่งเพลงสบาย ๆ และยังถ่ายทำมิวสิกวิดีโอภายใน ALICE ด้วยบรรยากาศเป็นกันเองและเต็มไปด้วยความคิดสร้างสรรค์ การได้รู้ว่ามีนักวิทยาศาสตร์ที่นำศิลปะมาเชื่อมกับวิทยาศาสตร์ทำให้ผู้เขียนรู้สึกดีใจมาก เหมือนได้รับการยืนยันว่าการแต่งเพลงสมการฟิสิกส์ที่ทำอยู่ไม่ใช่เรื่องแปลก แต่คืออีกวิธีหนึ่งในการสื่อสารและถ่ายทอดความรักในวิทยาศาสตร์

ภาคบ่ายผู้เขียนได้ไปเยี่ยมชม ALICE Exhibition และ LHCb Exhibition ซึ่งตรงกับหัวข้อที่เรียนไปในตอนเช้า การเห็นโมเดลเครื่องตรวจวัด และการจำลองข้อมูลของจริง ทำให้ความเข้าใจจากทฤษฎีถูกเชื่อมโยงกับสิ่งที่จับต้องได้ ALICE ทำให้เข้าใจการศึกษาสสารในยุคเริ่มต้นของจักรวาล และการเยี่ยมชม LHCb ได้เชื่อมโยงวิธีการตรวจวัด CP violation จากการฟังบรรยายกับแบบจำลองใน LHCb Workshop ได้อย่างเห็นภาพชัดเจน

ช่วงเย็นปิดท้ายด้วยกิจกรรม International Gift Swapping Circle ที่เต็มไปด้วยเสียงหัวเราะและความอบอุ่น การแลกของขวัญใช้วิธีจับฉลาก ผู้เขียนได้รับของขวัญจากเพื่อนครูชาวเลบานอน และได้มอบของที่ระลึกให้เพื่อนครูจากตุรกี บทสนทนาระหว่างการแลกของขวัญทำให้สัมผัสได้ว่าความแตกต่างทางวัฒนธรรมไม่ใช่อุปสรรค แต่คือโอกาสในการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน นอกจากนี้ยังได้มอบของที่ระลึกที่เตรียมมาจากประเทศไทยให้กับเพื่อนครูอีกหลายคน รวมทั้งได้แลกเปลี่ยนวัฒนธรรมการแสดงโดยสอนเพื่อนครูให้รำวง ทุกคนชอบและสนุกมาก วันนี้เติมเต็มหัวใจที่สุด บรรยากาศอบอุ่นมาก ๆ ไม่อยากนึกถึงวันที่ต้องกล่าวคำลากันเลย ต้องมีน้ำตาแน่ ๆ

วันที่ 13 สิงหาคม 2568 จากข้อมูลมหาศาลถึงปฏิสสาร

เช้าวันนี้เริ่มต้นด้วยการบรรยายหัวข้อ AI in Particle Physics โดย Maurizio Pierini ที่อธิบายถึงปัญหา Big Data ของ LHC อย่างชัดเจน เครื่องเร่งอนุภาค LHC สร้างการชนกันของโปรตอนมากถึง 40 ล้านครั้งต่อวินาที โดยแต่ละครั้งผลิตข้อมูลระดับเมกะไบต์ หากเก็บทั้งหมดจะมีปริมาณมากกว่าข้อมูลจาก Google YouTube และ Facebook รวมกันในปี 2013 หลายพันเท่า ทำให้ CERN ต้องเลือกเก็บเพียง 5% ของข้อมูลทั้งหมด ที่น่าสนใจคือการใช้ Machine Learning และ Deep Neural Networks มาช่วยแก้ปัญหานี้ โดยเฉพาะใน jet identification ที่มองอนุภาคเป็นเหมือนภาพถ่าย แล้วใช้เทคนิคคล้ายการจดจำใบหน้าในคอมพิวเตอร์วิชัน (computer vision) เพื่อตรวจจับสัญญาณใหม่ที่อาจบ่งชี้การค้นพบฟิสิกส์นอกเหนือจาก Standard Model



หลังจากนั้นเป็นการบรรยายเรื่อง Radiation Protection at CERN โดย Claudia Ahdida ผู้เชี่ยวชาญด้านการป้องกันรังสี โดยรังสีไม่สามารถมองเห็นหรือสัมผัสได้ จำเป็นต้องใช้เครื่องมือพิเศษในการตรวจวัด Claudia Ahdida ถ่ายทอดเรื่องราวของ การป้องกันรังสี อย่างเข้มข้น แต่สื่อสารด้วยวิธีที่เข้าใจง่าย เธอนำตัวอย่างการวัดกัมมันตภาพรังสีจากดินในหลายประเทศมาเปรียบเทียบ ทำให้เห็นว่ารังสีไม่ใช่สิ่งไกลตัว แต่เป็นส่วนหนึ่งของธรรมชาติ การเรียนรู้เกี่ยวกับเครื่องตรวจวัด เช่น scintillation detector ทำให้ผู้เขียนนึกถึงการออกแบบบทเรียนที่ให้นักเรียนได้ทดลองตรวจวัดรังสีจากสิ่งรอบตัว เพื่อเชื่อมโยงวิชาฟิสิกส์กับประเด็นความปลอดภัยในชีวิตจริง

ช่วงบ่ายมีการบรรยายพิเศษของ Prof. Luis Roberto Flores Castillo ซึ่งเชื่อมโยงการค้นพบทางฟิสิกส์อนุภาคกับประเด็นจริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างลึกซึ้ง อาจารย์ยกตัวอย่างตั้งแต่การค้นพบนิวตรอน จนถึงการถูกนำไปใช้ในการสร้างอาวุธนิวเคลียร์ สะท้อนให้เห็นว่าการเรียนการสอนฟิสิกส์ควรเปิดมุมมองให้ผู้เรียนตระหนักทั้งศักยภาพของวิทยาศาสตร์และความรับผิดชอบทางสังคมไปพร้อมกัน นอกจากนี้ การเรียนรู้เกี่ยวกับ antimatter ยังเปิดประตูให้ผู้เขียนเห็นการเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ วรรณกรรม ภาพยนตร์ และปรัชญาชีวิต ซึ่งช่วยขยายกรอบความเข้าใจฟิสิกส์ออกไปสู่มิติที่กว้างขึ้น

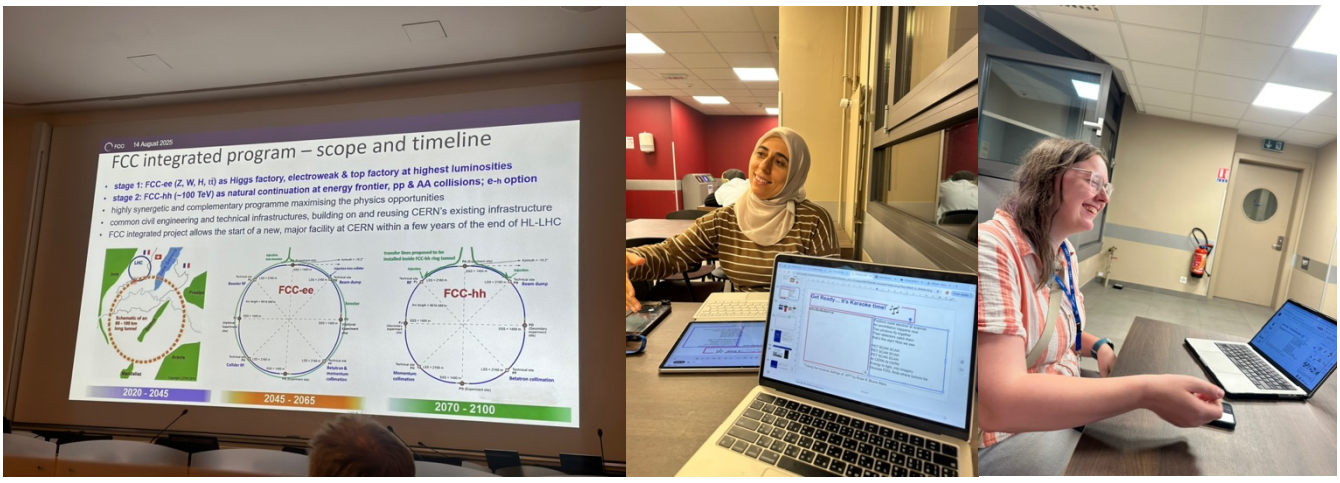
ช่วงเย็นเป็นกิจกรรมเยี่ยมชม Antimatter Factory เป็นศูนย์กลางที่ CERN ใช้สำหรับการสร้างและศึกษาปฏิสสาร (antimatter) โดยเฉพาะ เช่น โพซิตรอน (positron) และ แอนติโปรตอน (antiproton) โดยสร้างแอนติโปรตอนจากการชนกันของโปรตอนพลังงานสูงกับโลหะเป้าหมาย (target) แอนติโปรตอนเหล่านี้จะถูกทำให้มีพลังงานต่ำลง (slow down) แล้วส่งต่อไปยังเครื่องมืออื่น ๆ เพื่อการทดลอง นักฟิสิกส์สามารถรวมแอนติโปรตอนกับโพซิตรอนเพื่อสร้างอะตอมของแอนติไฮโดรเจน (antihydrogen) แล้วทำการเปรียบเทียบสมบัติของสสารกับปฏิสสาร เช่น สเปกตรัม พลังงาน การตอบสนองต่อแรงโน้มถ่วง นอกจากนี้ยังได้เดินเยี่ยมชม Low Energy

Ion Ring (LEIR) เป็นวงแหวนเร่งอนุภาคของไอออนพลังงานต่ำ (low-energy ions) ที่ CERN ใช้เป็นสถานีพักก่อนจะเร่งไอออนให้ถึงพลังงานสูงใน LHC LEIR จะรับไอออนหนัก เช่น ตะกั่ว (Pb) จากเครื่องเร่งก่อนหน้า (LINAC 3) แล้วลดการกระจายตัวของลำอนุภาค (beam cooling) เพื่อให้ลำไอออนมีความหนาแน่นสูงและเสถียร จากนั้นจึงส่งต่อไปยัง Proton Synchrotron (PS) และ Super Proton Synchrotron (SPS) ก่อนจะเข้าสู่ LHC

14 สิงหาคม 2568 The Future of Particle Physics

ช่วงเช้าผู้เขียนได้รับฟังการบรรยายเรื่อง The Future of Particle Physics โดย Michael Benedikt และ Sascha Schmeling ซึ่งชี้ให้เห็นว่าถึงแม้ LHC จะสร้างความเข้าใจใหม่ ๆ อย่างการค้นพบ Higgs boson แต่คำถามใหญ่ ๆ ของจักรวาลยังคงถูกตั้งคำถามอยู่ เช่น ทำไมสสารมืดยังคงเป็นปริศนา หรือเหตุใดสสารจึงมีมากกว่าปฏิสสาร Future Circular Collider (FCC) จึงเป็นโครงการในอนาคตที่ได้รับการเสนอโดย CERN เพื่อพัฒนาเครื่องเร่งอนุภาครุ่นถัดไปต่อจาก Large Hadron Collider (LHC) โครงการนี้อยู่ในขั้นการออกแบบและศึกษาความเป็นไปได้ โดยมีเป้าหมายสำคัญเพื่อขยายขอบเขตการศึกษาฟิสิกส์อนุภาคทั้งในด้านพลังงานที่สูงขึ้นและความละเอียดในการตรวจวัดที่ลึกซึ้งกว่าเดิม

FCC ถูกออกแบบให้มีความยาวประมาณ 91 กิโลเมตร ซึ่งใหญ่กว่า LHC ถึงกว่า 3 เท่า วงแหวนนี้จะสร้างขึ้นบริเวณใต้ดินรอบกรุงเจนีวา ครอบคลุมพื้นที่ของทั้งสวิตเซอร์แลนด์และฝรั่งเศส การออกแบบของ FCC แบ่งออกเป็นหลายเฟส ได้แก่ FCC-ee สำหรับการชนอิเล็กตรอนกับโพซิตรอน เพื่อการวัดค่าคงที่ทางฟิสิกส์อย่างละเอียด เช่น คุณสมบัติของ Z และ W bosons รวมทั้งการศึกษา Higgs boson ในเชิงลึกและ FCC-hh สำหรับการชนโปรตอนกับโปรตอน (pp) ที่ระดับพลังงานสูงสุดถึง 100 TeV ซึ่งสูงกว่า LHC เกือบ 7 เท่า และ FCC-eh สำหรับการชนระหว่างอิเล็กตรอนกับโปรตอน

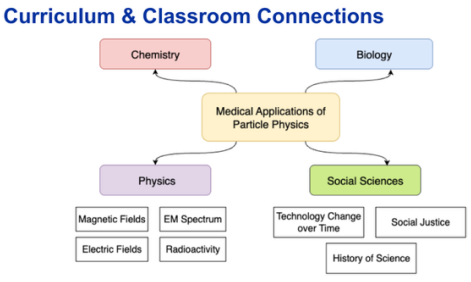


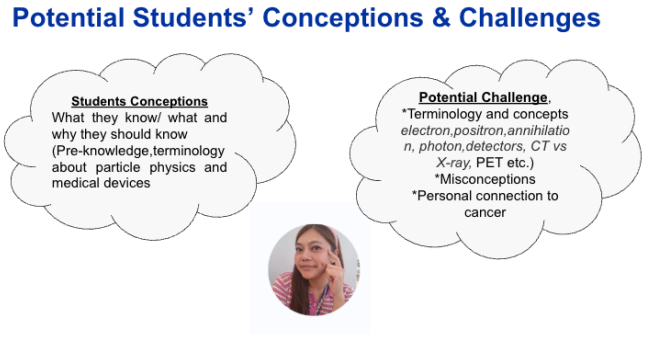
ช่วงบ่ายผู้เขียนได้เข้าร่วมออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียนในหัวข้อ Medical Applications of Particle Physics ซึ่ง ร่วมกันออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ PET Scan เป็นสื่อกลาง เริ่มจากการอภิปรายความเข้าใจเดิมของนักเรียนเกี่ยวกับการแพทย์และอนุภาค เช่น positron annihilation photon หรือการเปรียบเทียบ CT Scan กับ PET Scan จากนั้นพัฒนาเป็นกิจกรรมสร้างแบบจำลอง PET Scan พร้อมเชื่อมโยงกับบทเรียน STEM สิ่งที่ทำให้กิจกรรมนี้มีสีสันอย่างมากคือการสร้างสรรค์เพลง PET SCAN ที่ดัดแปลงจากทำนองเพลง APT ของ Rosé ft. Bruno Mars ซึ่งทำให้เรื่องซับซ้อนอย่าง positron-electron annihilation และ การปล่อยโฟตอน กลายเป็นภาษาดนตรีที่ทุกคนร้องตามได้อย่างสนุกสนาน ผู้เขียนเป็นผู้แต่งเพลงและชวนเพื่อนถ่ายทำ MV เพื่อใช้เป็นการนำเสนอในวันถัดไป วิดีโอผลงานเพลงได้อัพโหลดไว้ใน Instagram ของผู้เขียน

สิ่งที่ได้เรียนรู้จากวันนี้จึงไม่ใช่แค่เนื้อหาวิชาการ แต่คือ วิธีคิดในการสร้างการเรียนรู้ การบรรยายของ Michael Benedikt สอนให้เราคิดไกล วางแผนโครงสร้างพื้นฐานเพื่ออนาคตของมนุษยชาติ และการนำความรู้กลับไปเพื่อสร้างแรงบันดาลใจให้นักเรียนอยากกลับมาสานต่อการทดลองฟิสิกส์อนุภาคให้คงอยู่ต่อไป การทำงานใน Study Group แสดงให้เห็นว่าการสร้างการเรียนรู้ที่ดีต้องเริ่มจากความเข้าใจผู้เรียน เชื่อมโยงชีวิตประจำวันและเปิดโอกาสให้ศิลปะและความคิดสร้างสรรค์เข้ามามีบทบาท การสอนฟิสิกส์ไม่ได้มีเป้าหมายเพียงให้นักเรียนเข้าใจทฤษฎี แต่เพื่อให้นักเรียนเห็นว่าฟิสิกส์สามารถขับเคลื่อนการแพทย์ เทคโนโลยี และแม้กระทั่งศิลปะได้ และนั่นคือแรงบันดาลใจที่ผู้เขียนตั้งใจจะนำกลับไปสู่ห้องเรียนของตนเอง

15 สิงหาคม 2568 วันสุดท้ายที่เซิร์น

เช้าวันสุดท้ายเริ่มต้นด้วยการนำเสนอผลงานจากทุก Study Group (SG1–SG8) ที่ครอบคลุมหัวข้อตั้งแต่ Particle Detectors, Accelerators, Computing and Data Analysis ไปจนถึง Medical Applications of Particle Physics ซึ่งเป็นกลุ่มของผู้เขียนเอง ทุกกลุ่มเริ่มต้นจากการวิเคราะห์หลักสูตรของแต่ละประเทศในการสอนหัวข้อฟิสิกส์อนุภาค โดยกลุ่มของผู้เขียนจะเน้นที่การยกตัวอย่างการนำความรู้ฟิสิกส์อนุภาคไปใช้ เช่น เครื่อง PET SCAN ซึ่งสมาชิกทุกคนมีความคิดเห็นตรงกันว่าในการสอนหัวข้อนี้ จะต้องชี้ให้เห็นความเชื่อมโยงของทุกศาสตร์ทั้ง Chemistry Biology Physics และ Social Science จากนั้นก็ได้ร่วมกันพิจารณาประเด็นสำคัญของ Misconception ที่อาจเกิดขึ้น





จากการรวบรวมแหล่งเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนร่วมกัน และเลือกสื่อการสอนที่เหมาะสมเพื่อนำมาออกแบบกิจกรรมการสอน กลุ่มของเราได้เริ่มต้นขั้นนำของการสอนด้วยคำถาม What words or concepts come to your mind when you hear the term "medical imaging"? เพื่อตรวจสอบความเข้าใจที่นักเรียนมีต่อการ X-Ray และ CT scan เพราะจากการวิพากย์ร่วมกันพบว่าวัตถุประสงค์หลัก ๆ คือ ให้นักเรียนสามารถแยกความแตกต่างระหว่าง Detection และ Treatment ได้ รวมทั้ง Transition from 1D or 2D to 3D และให้นักเรียนเข้าใจInterdisciplinary collaboration ในขั้นกิจกรรมได้เลือกโปรแกรมแปลงภาพถ่ายจาก 1 หรือ 2 มิติเป็นภาพ 3 มิติ โดยเป็นโปรแกรมจากเพื่อนครูชาวโปแลนด์ และอีกหนึ่งกิจกรรมคือ Model PET Scan Activity จากบทความวิจัยที่ได้สืบค้นร่วมกัน โดยให้นักเรียนทำ PET SCAN โดยการต่อวงจรหลอดไฟกับภาพของสมองและเขียนโปรแกรมควบคุมการเปิดปิดหลอดไฟด้วยบอร์ดสมองกลฝังตัว Arduino Board เพื่อให้นักเรียนเข้าใจหลักการทำงานของ PET SCAN และได้เสนอเพลง PET SCAN ที่แต่งโดยผู้เขียน ตัวแทนครูประเทศไทย ที่ได้นำเสนอโดยการร้องเพลงร่วมกับเพื่อน ๆ ในกลุ่ม จากกิจกรรมดังกล่าวทำให้ได้รู้ว่าครูจะยิ่งมีแนวคิดใหม่ ๆ และเกิดการทบทวนในกิจกรรมการสอนของตนเองเมื่อได้ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนครู

นอกจากนี้จากการได้รับฟังแนวทางการจัดกิจกรรมของเพื่อนครูกลุ่มอื่น ๆ ทำให้พบว่าทุกกลุ่มเน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติและสรุปองค์ความรู้ด้วยตนเอง ได้แหล่งเรียนรู้และสื่อการสอนที่น่าสนใจและสามารถนำประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้แนวทางการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องฟิสิกส์อนุภาค ได้ร่วมแลกเปลี่ยนจากการถามและตอบในการนำเสนอของทุกกลุ่ม ทำให้รู้แนวทางการวัดและประเมินผลของทุกประเทศว่ามีแนวทางคล้ายกัน คือ ประเมินจากใบงาน ชิ้นงาน และการตอบคำถามในชั้นเรียน โดยมีการกำหนดเกณฑ์การประเมินในแผนการสอนเช่นเดียวกัน

ในช่วงบ่ายเป็นพิธีปิดโครงการ (Closing Session) โดย Jeff Wiener และ Milena Vujanovic ชี้ให้เห็นสิ่งที่จะตามมา (What's Next?) อย่างเป็นรูปธรรม ซึ่งประกอบด้วย 3 ประเด็นสำคัญ ได้แก่ การเผยแพร่ความรู้แบ่งปันประสบการณ์แก่ผู้เรียน เพื่อนครู และสังคมวงกว้าง การเป็นทูตวิทยาศาสตร์ ทำหน้าที่เป็นผู้แทนในการสื่อสารวิทยาศาสตร์และฟิสิกส์อนุภาค และการจัดกิจกรรมต่อยอดพัฒนากิจกรรมและโครงการที่จะสร้างผลกระทบระยะยาวในบริบทของแต่ละประเทศ หลังจากนั้นในช่วงค่ำก็มีการร่วมกันทานอาหารและกล่าวอำลาและแน่นอนว่าต้องมีน้ำตา ทั้งจากความยินดีที่ได้รู้จักกันและเสียใจที่ต้องแยกกัน แต่เมื่อมีโอกาสได้รู้จักกันแล้ว พวกเราทุกคนก็สัญญากันว่าจะนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้ไปส่งต่อให้กับนักเรียน เพื่อนครูและคนรอบข้าง และจะคอยแบ่งปันทั้งความสุข ความสำเร็จ ความรู้ และเราจะต้องได้กลับมาพบกันใหม่อีกแน่นอน

ข้อคิดสำคัญที่ผู้เขียนได้รับคือ การเป็นครูฟิสิกส์ไม่ได้จำกัดอยู่แค่การสอนในห้องเรียน แต่ยังหมายถึงการเป็นสะพานที่คอยเชื่อมโลกของการวิจัยระดับแนวหน้ากับสังคมรอบตัว การนำเสนอกิจกรรมการเรียนรู้ในวันนี้จึงไม่ใช่เพียงการสรุปสิ่งที่เรียนรู้ แต่ยังเป็นการย้ำเจตนารมณ์ของผู้เขียนที่จะพัฒนาการสอนฟิสิกส์ให้มีความหมาย

บทสรุป

การเข้าร่วมโครงการ CERN International Teacher Weeks 2025 ถือเป็นประสบการณ์ทางวิชาการและชีวิตที่ทรงคุณค่า ผู้เขียนได้เรียนรู้ทั้งในเชิงทฤษฎีจากการบรรยายโดยนักวิทยาศาสตร์ การเยี่ยมชมสถานที่จริง รวมถึงการมีส่วนร่วมในกิจกรรมเชิงปฏิบัติการที่ออกแบบมาเพื่อให้ครูสามารถนำไปปรับใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สิ่งที่ได้เรียนรู้ไม่ได้จำกัดเพียงองค์ความรู้ทางฟิสิกส์พลังงานสูง แต่ยังรวมถึงการบูรณาการข้ามสาขาวิชา ที่ฟิสิกส์ต้องทำงานควบคู่กับวิศวกรรม เทคโนโลยี และการจัดการเพื่อให้เครื่องมือขนาดใหญ่และซับซ้อนอย่าง LHC สามารถทำงานได้จริง ประสบการณ์นี้จึงทำให้ผู้เขียนเข้าใจว่า ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ไม่อาจเกิดขึ้นได้จากศาสตร์ใดศาสตร์หนึ่งเพียงลำพัง หากแต่ต้องอาศัยความร่วมมือจากหลากหลายมิติที่เสริมพลังกัน

ในอีกด้านหนึ่ง โครงการนี้เปิดโอกาสให้ผู้เขียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับครูจากกว่า 30 ประเทศ การสนทนาเกี่ยวกับหลักสูตร วิธีสอน และบริบทการเรียนรู้ในแต่ละประเทศ ทำให้เห็นว่า แม้ภูมิหลังทางวัฒนธรรมจะต่างกัน แต่ครูทั่วโลกต่างมีจุดร่วมคือความมุ่งมั่นที่จะทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง และเห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ต่อชีวิตและสังคม

ข้อคิดสำคัญที่ผู้เขียนได้รับ คือ บทบาทของครูฟิสิกส์ไม่ได้จำกัดอยู่แค่การถ่ายทอดความรู้ในห้องเรียน แต่ยังเป็นผู้สื่อสารวิทยาศาสตร์ ที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงโลกของการวิจัยกับสังคมวงกว้าง เพื่อสร้างแรงบันดาลใจและปลูกฝังความใฝ่รู้ให้กับเยาวชนรุ่นใหม่ การเข้าร่วมโครงการนี้จึงไม่ใช่เพียงการเติมเต็มความรู้วิชาการ แต่ยังเป็นการยืนยันถึงคุณค่าของการทำงานครู ที่ต้องเรียนรู้และพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่อง เพื่อส่งต่อพลังแห่งวิทยาศาสตร์สู่คนรุ่นต่อไป

บรรณานุกรม

ATLAS Experiment. (n.d.). *ATLAS resources*. CERN. เข้าถึงจาก https://atlas.cern/Resources

Ahdida, C. (2025). *Radiation protection at CERN* [Lecture slides]. CERN Teacher Programme.

CERN. (2025). *CERN International Teacher Weeks 2025 timetable*. CERN Indico. https://indico.cern.ch/e/ITW2025

CERN. (2025). *CERN International Teacher Weeks Programme 2025 – Objectives* [PDF].

CERN. (2025). *CERN Science Gateway exhibitions* [Educational resources]. https://sciencegateway.cern

Dosanjh, M. (2025). *From physics to medical applications* [Lecture slides]. CERN.

Ellis, J. R. (2025). *Introduction to particle physics* [Lecture slides]. King's College London.

Flores Castillo, L. R. (2025). *Taming the very small* [Lecture slides]. The Chinese University of Hong Kong.

Koppenburg, P. (2025). *Beauty physics at CERN* [Lecture slides]. Nikhef National Institute for Subatomic Physics.

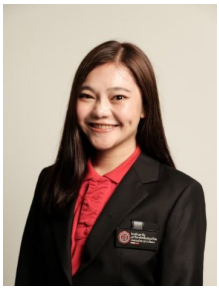
Pierini, M. (2025). *AI in particle physics* [Lecture slides]. CERN.

S'Cool LAB. (2020). *Mystery boxes activity*. CERN. https://scoollab.web.cern.ch/mystery-boxes

S'Cool LAB. (2020). *Cloud chamber activity*. CERN. https://educational-resources.web.cern.ch/cloud-chamber

Synchrotron Light Research Institute. (2025). *Thai-CERN Collaboration Programme* [Project documentation].

Vujanovic, M. (2025). *Concept map sessions* [Workshop materials]. University of Leeds & CERN Teacher Programme.



ประวัติผู้เขียน

ข้อมูลทั่วไป

ชื่อ-สกุล : นางสาวณัฐพร ทองพันธ์

ตำแหน่ง : อาจารย์สาธิต สาขาฟิสิกส์ โรงเรียนสาธิต มศว ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

ประวัติการศึกษา

มัธยมศึกษา : โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัยมุกดาหาร ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค

ปริญญาตรี : คณะครุศาสตร์ สาขามัธยมศึกษา (วิทยาศาสตร์) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปริญญาโท : คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริญญาเอก (กำลังศึกษาต่อ) : คณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประสบการณ์งานสอนหรืองานถ่ายทอดความรู้

อาจารย์ผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์สำหรับวิศวกรรมระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และรายวิชาฟิสิกส์ในเทคโนโลยีหุ่นยนต์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิต มศว ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

จัดทำ Study gram ใน Instagram ชื่อ Khai Learning Center เพื่อนำเสนอวิดีโอการทดลองฟิสิกส์ สรุปสมการฟิสิกส์และจัดทำเพลงสรุปสมการฟิสิกส์

ผลงานวิชาการ

ณัฐพร ทองพันธ์. (2566). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ร่วมกับกลวิธีการคิดเป็นภาพและกลวิธีการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของเฮลเลอร์และเฮลเลอร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 17(2), (กรกฎาคม–ธันวาคม 2566).

รางวัลทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

รางวัลรองชนะเลิศอันดับ 1 ในการประกวดโครงงานวิทยาศาสตร์ DOW-CST Awards 2024 ในหัวข้อโครงงาน Indicating water electrolysis (การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้าภายใต้อินดิเคเตอร์)

CERN INTERNATIONAL TEACHER WEEKS PROGRAMME 2025

รายงานการเข้าร่วมโครงการครูวิทยาศาสตร์ภาคฤดูร้อนเซิร์น