



ฟิสิกส์ 2

ระดับมหาวิทยาลัย

เล่ม 4

$$E = mc^2$$



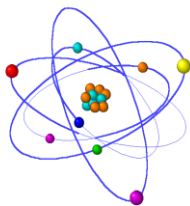
แนะนำ
วิทยานิพนธ์ฟรี
000 พท. 0000 0000
ในแอปฯ ไลน์ และ TikTok
ไลน์ QR Code 0000



SHOPEE Lazada

ราคา
199
บาท

เรียบเรียงโดย : ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชาติ สุภาพ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



ฟิสิกส์ ๒

ระดับมหาวิทยาลัย เล่ม 4

ผศ.สุชาติ สุภาพ

พิมพ์และจำหน่ายโดย

สุชาติ สุภาพ

133/471 หมู่ 2 (ติดกับ สนง. ที่ดินบางบัวทอง) ต.พิมลราช อ.บางบัวทอง
จ.นนทบุรี 11110

E-mail suchart11111@hotmail.com

พิมพ์ที่ หจก.สปส 1999 ม.เพชรอนันต์ เขตคันนายาว กรุงเทพฯ ๑ 10230

คำนำ

หนังสือ ฟิสิกส์ ๒ เล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อเป็นสื่อการเรียนรู้สำหรับนักเรียน นิสิต นักศึกษา และผู้สนใจ ที่ต้องการเปิดประตูสู่โลกฟิสิกส์สมัยใหม่ ซึ่งเป็นรากฐานของเทคโนโลยีล้ำหน้าที่เราใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เครื่องมือทางการแพทย์ พลังงานนิวเคลียร์ หรือแม้แต่การทำความเข้าใจโครงสร้างของจักรวาล เนื้อหาในเล่มนี้ครอบคลุม 4 หัวข้อสำคัญ ได้แก่

- ทฤษฎีสัมพัทธภาพ ซึ่งเปลี่ยนมุมมองของเราเกี่ยวกับเวลา อวกาศ และมวล ด้วยแนวคิดที่ดูขัดแย้งกับสามัญสำนึกแต่ได้รับการยืนยันจากการทดลองแล้ว
- ฟิสิกส์อะตอม ที่อธิบายโครงสร้างของอะตอม การจัดเรียงอิเล็กตรอน และเส้นสเปกตรัม ซึ่งเป็นพื้นฐานของการพัฒนาเลเซอร์และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- ฟิสิกส์ควอนตัม ที่พาเราเข้าสู่โลกของอนุภาคขนาดเล็ก ซึ่งฟิสิกส์ดั้งเดิมไม่สามารถอธิบายได้ และเต็มไปด้วยพฤติกรรมที่คาดไม่ถึง
- ฟิสิกส์นิวเคลียร์ ที่เปิดเผยพลังงานมหาศาลในแกนกลางของอะตอม อธิบายปฏิกิริยานิวเคลียร์ การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี และการประยุกต์ใช้ในโลกรจริง

ผู้เขียนมุ่งหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะช่วยให้ผู้อ่านได้เรียนรู้ฟิสิกส์ในแบบที่เข้าใจง่าย เชื่อมโยงกับปรากฏการณ์รอบตัว และเสริมสร้างพื้นฐานที่มั่นคงเพื่อการศึกษาขั้นสูงต่อไปในอนาคตขอให้ทุกท่านสนุกกับการเรียนรู้ และจงอย่าหวั่นไหวต่อคำถามกับธรรมชาติของจักรวาล

หรือถ้านักศึกษาสนใจหนังสือในรูปแบบ E-Book ก็มีจำหน่ายที่เว็บไซต์ ร้านขายอินเทอร์เน็ต , MEB , อุกปี, ซีเอ็ด , hystexts และศูนย์หนังสือจุฬาฯ

สำหรับท่านที่สนใจหนังสือของกระผมแต่หาซื้อตามร้านหนังสือทั่วไปไม่ได้ สามารถซื้อออนไลน์ที่แอปต่าง ๆ โดยสแกน QR โค้ดข้างล่างนี้
(ที่ช้อปปีมีหนังสือมากที่สุด)



สุชาติ สุภาพ

มือถือ 083-920-3825

สารบัญ

หน้า

บทที่ 15 ทฤษฎีสัมพัทธภาพ	5
15.1 สภาวะสัมพัทธ์	9
15.2 กรอบอ้างอิง	10
15.3 สัจพจน์ของไอส์ไตน์	11
15.4 ความเป็นเวลาเดียวกัน	29
15.5 สัมพัทธภาพแบบกาลิเลโอ	30
15.6 การแปลงสมการแบบลอเรนทซ์	34
15.7 กลศาสตร์เชิงสัมพัทธภาพ	44
บทที่ 16 ฟิสิกส์อะตอม	53
16.1 แบบจำลองอะตอมของทอมสัน	53
16.2 สเปกตรัมของอะตอม	56
16.3 แบบจำลองอะตอมของโบร์	60
16.4 สเปกตรัมของอะตอมไฮโดรเจน	69
16.5 การทดลองของแฟรงค์และเฮิรตซ์	74
16.6 การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม	89
16.7 เลเซอร์เบื้องต้น	93
บทที่ 17 ฟิสิกส์ควอนตัมเบื้องต้น	103
17.1 การแผ่รังสีของวัตถุดำ และสมมติฐานของพลังค์	105
17.2 ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก	116
17.3 ปรากฏการณ์คอมป์ตัน	129
17.4 สเปกตรัมที่เปล่งออกมาจากอะตอม	135

สารบัญ

หน้า

17.5 ทวิภาคของคลื่นและอนุภาค	136
17.6 หลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์ก	142
บทที่ 18 ฟิสิกส์นิวเคลียร์	147
18.1 นิวเคลียส	149
18.2 ความสมดุลระหว่างมวล-พลังงาน	157
18.3 ขนาดของนิวเคลียส	159
18.4 แรงแวนเดอร์วาลส์	163
18.5 พลังงานยึดเหนี่ยวภายในนิวเคลียส	166
18.6 แบบจำลองของนิวเคลียส	175
18.7 การพบกัมมันตรังสี	184
18.8 เสถียรภาพของนิวเคลียส	189
18.9 การสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสี	192
18.10 ครึ่งชีวิต	194
18.11 ชีวิตเฉลี่ย	196
18.12 อนุกรมกัมมันตรังสี	202
18.13 สมดุลกัมมันตรังสี	205
18.14 ประเภทการสลายตัวของนิวเคลียสกัมมันตรังสี	209
18.15 ปฏิกิริยานิวเคลียร์	215
18.16 พลังงานนิวเคลียร์	223

%%%%%%%%%

บทที่ 15

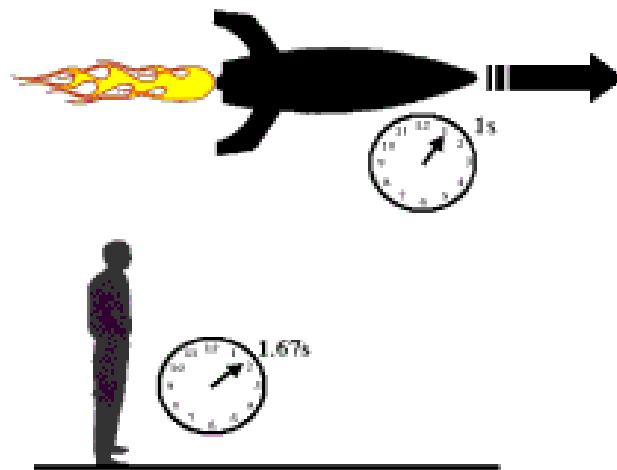
ทฤษฎีสัมพัทธภาพ

ในโลกของฟิสิกส์ยุคก่อนศตวรรษที่ 20 กฎของนิวตันสามารถอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุได้อย่างแม่นยำในแทบทุกสถานการณ์ ตั้งแต่การตกของแอปเปิลไปจนถึงการโคจรของดาวเคราะห์ แต่เมื่อมนุษย์เริ่มสำรวจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในระดับความเร็วสูงใกล้ความเร็วแสง หรือในสนามแรงโน้มถ่วงที่รุนแรงมาก ๆ กลับพบว่ากฎของนิวตันไม่สามารถใช้อธิบายสิ่งเหล่านั้นได้อย่างครบถ้วน ในช่วงต้นศตวรรษที่ 20 นักฟิสิกส์หนุ่มนามว่า อัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ ได้เสนอแนวคิดใหม่ที่ปฏิวัติวงการฟิสิกส์อย่างสิ้นเชิง แนวคิดนี้คือ ทฤษฎีสัมพัทธภาพซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนสำคัญ คือ ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ และ ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป ทฤษฎีสัมพัทธภาพไม่เพียงเปลี่ยนวิธีที่เรามองเวลาและอวกาศ แต่ยังทำให้เราเข้าใจถึงธรรมชาติของแรงโน้มถ่วงใหม่ทั้งหมด แนวคิดที่ว่า “เวลาไม่แน่นอน” หรือ “มวลสามารถเปลี่ยนเป็นพลังงาน” ล้วนมาจากทฤษฎีนี้ทั้งสิ้น ปรากฏการณ์อย่าง GPS ที่เราใช้ในชีวิตประจำวัน หรือภาพหลุมดำที่นักดาราศาสตร์บันทึกไว้ ก็ล้วนเกี่ยวข้องกับหลักการในทฤษฎีนี้ ในบทนี้จะพานักศึกษาไปสำรวจโลกของสัมพัทธภาพ โลกที่เวลาไม่คงที่ อวกาศไม่แน่นอน และพลังงานสามารถเท่ากับมวลตามสูตรอันโด่งดังของไอน์สไตน์ $E = mc^2$

ทฤษฎีสัมพัทธภาพ เป็นทฤษฎีที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงโน้มถ่วง ความเร็ว เวลา หรือมวลสารกับพลังงาน เนื้อหาของทฤษฎีสัมพัทธภาพหลายเรื่องขัดกับสามัญสำนึกของมนุษย์อย่างรุนแรง เช่นบอกว่าเวลาเป็นปริมาณที่มีค่าขึ้นอยู่กับความเร็วและความโน้มถ่วง และความเร็ว นอกจากนี้ยังได้กล่าวอีกว่า เวลานั้นสามารถย้อนกลับได้ ถ้าเราอยู่ในยานที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วมากกว่าแสง ทฤษฎีนี้ฟังดูแล้วแปลกมากไม่น่าจะเป็นไปได้ แต่ทฤษฎีนี้ก็ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าจริง

ถ้าสมมติให้การเดินของนาฬิกาแทนช่วงเวลาที่ผ่านมา ถ้าใช้นาฬิกาโบราณ (แบบลูกตุ้ม) นำนาฬิกาชนิดนี้ถ้านำไปวางไว้ในที่ที่มีแรงดึงดูดต่างกันเวลาก็จะต่างกัน เช่น นาฬิกาแบบการแกว่งของลูกตุ้มเมื่อวางไว้ที่ขอดเขากับที่เชิงเขา นาฬิกาทั้งสองก็จะบอกเวลาไม่เท่ากันเป็นต้น

ถ้าสมมติให้การเดินของนาฬิกาแทนช่วงเวลาที่ผ่านมา ถ้าใช้นาฬิกาโบราณ (แบบลูกตุ้ม) นำนาฬิกาชนิดนี้ถ้านำไปวางไว้ในที่ที่มีแรงดึงดูดต่างกันเวลาก็จะต่างกัน เช่น วางไว้ที่ขอดเขากับที่เชิงเขา เวลาที่ได้ก็จะไม่เท่ากัน สำหรับนาฬิกาที่เที่ยงตรงที่สุดในโลกในปัจจุบันคือนาฬิกาอะตอม ถ้านำนาฬิกาชนิดนี้ ๑ เรือน เรือนที่นำไปวางไว้ในยานอวกาศที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมาก (ใกล้ได้ขงความเร็วแสง) เรือนที่ ๒ วางบนโลก ก็จะพบว่านาฬิกา ๑ เรือนนี้แสดงเวลาไม่เท่ากัน



รูป 15.1 เวลาเป็นปริมาณที่ขึ้นอยู่กับความเร็ว

ทฤษฎีสัมพัทธภาพ

ทฤษฎีสัมพัทธภาพเป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงการวัดปริมาณต่างๆทางฟิสิกส์ เช่น เวลา ระยะทาง โมเมนตัม พลังงาน พลังงานจลน์ ของสิ่งต่างๆ เมื่อผู้วัดหรือผู้สังเกตอยู่ในกรอบอ้างอิงที่หยุดนิ่ง หรืออยู่ในกรอบอ้างอิงที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็วใกล้ได้ขงความเร็วแสง

ความเชื่อดั้งเดิมของทุกคนก่อนที่จะมีทฤษฎีสัมพัทธภาพ เชื่อกันว่าระยะทาง และเวลา ไม่ว่าใครในจักรวาลนี้จะเป็นคนวัด ก็จะต้องวัดได้ค่าที่เท่ากัน และ โอน์สไตน์ไม่ได้เชื่อเช่นนั้น เพราะโอน์สไตน์สามารถพิสูจน์ได้ว่าระยะทางและเวลา เป็นปริมาณที่มีค่าขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างผู้สังเกตกับสิ่งที่ถูกสังเกต (หรือสิ่งที่ต้องการวัด) ด้วย

ทฤษฎีสัมพัทธภาพเสนอโดยอัลเบิร์ต โอน์สไตน์ และมี 2 ภาค ได้แก่

1) ทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ เป็นทฤษฎีที่โอน์สไตน์เป็นผู้เสนอขึ้นมาในปี ค.ศ. 1905 เป็นทฤษฎีที่กล่าวถึงการวัดปริมาณต่างๆดังกล่าวก่อนหน้านี้ โดยผู้วัดหรือผู้สังเกตและสิ่งที่ต้องการวัดหยุดนิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว (ใกล้เคียงกับ ความเร็วแสง) และทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ ก็นำไปสู่หลักการสมมูลของสสารและพลังงาน และนำไปสู่สมการความสัมพันธ์ระหว่างมวลสารกับพลังงานคือ $E = mc^2$

2) ทฤษฎีสัมพัทธภาพทั่วไป เป็นทฤษฎีที่โอน์สไตน์เป็นผู้เสนอขึ้นมาในปี ค.ศ. 1916 เพื่อให้ใช้ได้ในกรณีที่ผู้สังเกตและสิ่งที่ต้องการวัดเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง

ทฤษฎีสัมพัทธภาพ เป็นทฤษฎีที่ขัดแย้งกับสามัญสำนึกของมนุษย์เป็นอย่างมาก เช่นตามทฤษฎีสัมพัทธภาพ ยืนยันว่าเวลาของเหตุการณ์เดียวกันถ้าผู้สังเกตอยู่ในกรอบอ้างอิงอยู่ในกรอบอ้างอิงที่หยุดนิ่งเทียบกับเหตุการณ์นั้น กับผู้สังเกตที่อยู่ใน กรอบอ้างอิงที่เคลื่อนที่ จะเห็นช่วงเวลาของเหตุการณ์นั้น มีช่วงเวลาไม่เท่ากัน

ถึงแม้ว่าทฤษฎีสัมพัทธภาพจะดูแปลกประหลาดจนยากจะยอมรับได้ แต่ก็เป็นที่ยอมรับกันทั่วไป นอกจากนั้นทฤษฎีสัมพัทธภาพก็ยืนยันว่าจะไม่มีวัตถุใดที่สามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากับแสงในสุญญากาศได้

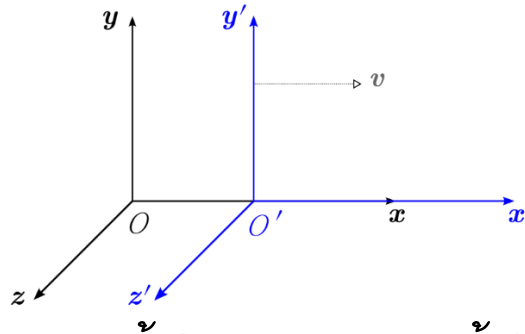
กรอบอ้างอิง

การบอกรายละเอียดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของสิ่งใดๆทำได้โดยการบอก ตำแหน่ง และเวลาที่สิ่งเหล่านั้นอยู่ โดยตำแหน่งและเวลา ก็เป็นปริมาณสัมพัทธ์ เช่นเดียวกับความเร็วที่จะต้องมีการเปรียบเทียบเสมอ

การบอกตำแหน่งของสิ่งใด ๆ จะไม่มีความหมายชัดเจนถ้าไม่มีตำแหน่งอื่นที่ใช้ในการเปรียบเทียบกับ และเนื่องจากการบอกตำแหน่งจำเป็นต้องทราบจุดอ้างอิงจึงนิยมใช้แกนโคออร์ดิเนตเป็นสิ่งที่อ้างอิงเพราะบอกได้ทั้งทิศและระยะทาง ซึ่งเราเรียกแกนโคออร์ดิเนตนี้ว่า กรอบอ้างอิง

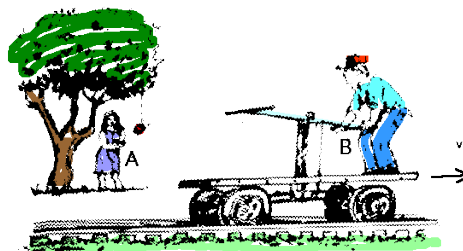
กรอบอ้างอิงหมายถึงระบบโคออร์ดิเนตที่ผู้สังเกตหนึ่งๆ ใช้ในการสังเกตการณ์เคลื่อนที่ของวัตถุ กรอบอ้างอิงที่หยุดนิ่งหรือกรอบอ้างอิงมีความเร็วคงตัว เรียกว่า กรอบอ้างอิงเฉื่อย

กรอบอ้างอิงเฉื่อยมีความสำคัญต่อวิชาฟิสิกส์เป็นอย่างมาก เพราะเป็นกรอบอ้างอิงที่กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันเป็นจริง



รูป 15.2 กรอบอ้างอิง xyz และกรอบอ้างอิง $x'y'z'$

กรอบอ้างอิงมีความสำคัญต่อการศึกษาเกี่ยวกับการเคลื่อนที่อย่างมาก เพราะว่าถ้าผู้สังเกตอยู่ในกรอบอ้างอิงที่ต่างกัน ก็ จะเห็นการเคลื่อนที่ของสิ่งเดียวกัน มีลักษณะการเคลื่อนที่ที่แตกต่างกัน ดังรูป



รูป 15.3 ผู้สังเกต A และ B อยู่ในกรอบอ้างอิงที่ต่างกัน

ผู้สังเกต A และผู้สังเกต B จะเห็นลักษณะการเคลื่อนที่ของผลไม้ที่กำลังตกลงมาแตกต่างกัน เนื่องจากผู้สังเกตทั้งสองอยู่ในกรอบอ้างอิงที่ต่างกัน คือผู้สังเกต A อยู่ในกรอบอ้างอิงที่หยุดนิ่งส่วนผู้สังเกต B อยู่ในกรอบอ้างอิงที่เคลื่อนที่

15.1 สภาวะสัมพัทธ์ (Relativity)

ลองจินตนาการว่า คุณกำลังนั่งอยู่บนรถไฟที่กำลังแล่นไปอย่างราบรื่น และมีเพื่อนอีกคนยืนอยู่ที่ชานชาลา ทั้งสองคนมองเห็นโลกในลักษณะที่ต่างกัน สำหรับคุณที่นั่งอยู่บนรถไฟ จะเห็นเพื่อนที่ขึ้นอยู่ที่ชานชาลากำลังเคลื่อนที่ถอยหลัง แต่สำหรับเพื่อนคนนั้น กลับเห็นว่ารถไฟและคุณกำลังเคลื่อนที่ผ่านไป ปรัชญาการณเช่นนี้สะท้อนให้เห็นแนวคิดพื้นฐานของสิ่งที่เรียกว่า "สภาวะสัมพัทธ์" ซึ่งหมายถึง การสังเกตและการวัดปรากฏการณ์ต่าง ๆ มักขึ้นอยู่กับกรอบอ้างอิงของผู้สังเกต กล่าวอีกนัยหนึ่งคือ **"การเคลื่อนที่"** ไม่ใช่สิ่งที่แน่นอนตายตัว แต่ขึ้นอยู่กับว่าผู้สังเกตอยู่ในตำแหน่งใด แนวคิดเรื่องสภาวะสัมพัทธ์เริ่มต้นจากแนวคิดพื้นฐานในฟิสิกส์คลาสสิกที่เสนอโดยกาลิเลโอ และพัฒนาอย่างก้าวกระโดดโดยอัลเบิร์ต ไอน์สไตน์ ซึ่งนำเสนอทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษและทั่วไปที่เปลี่ยนความเข้าใจของเราต่อเวลา อวกาศ และแรงโน้มถ่วง ในบทเรียนนี้ นักศึกษาจะได้เรียนรู้ว่า ทำไมการเคลื่อนที่ถึงไม่เป็นสากล ทำไมเวลาจึงไม่คงที่สำหรับทุกคน และอะไรคือผลลัพธ์ที่น่าทึ่งจากแนวคิดเรื่อง "สภาวะสัมพัทธ์" ซึ่งไม่เพียงแต่อธิบายจักรวาลในระดับใหญ่ แต่ยังมีส่วนต่อเทคโนโลยีในชีวิตประจำวันของเราด้วย

ปริมาณหลายปริมาณเป็นปริมาณสัมพัทธ์ หรือเป็นปริมาณที่ต้องมีสิ่งเปรียบเทียบกับ เช่น ความเร็ว พลังงานจลน์ ฯลฯ

สภาวะสัมพัทธ์ เป็นสภาวะที่มีการเปรียบเทียบกับกัน เพื่อให้ได้มาซึ่งค่าที่ต้องการ



รูป 15.4 พลังงานจลน์ของลูกปืนจะเป็นศูนย์ เมื่อเทียบกับสิ่งที่มีความเร็วเท่าลูกปืน