



ฟิสิกส์ 1

ระดับมหาวิทยาลัย

เล่ม 2



แนะนำ
ตัวหนังสือพิมพ์
๑๐๐ หน้า ๑๖x๒๒ ซม.
ไม่ว่าจะที่ไหนๆ มี Ticket
Lazada หรือ Shopee



SHOPEE

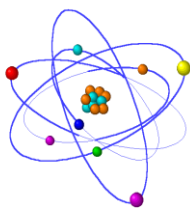
Lazada

ราคา

199

บาท

เรียบเรียงโดย : ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชาติ สุภาพ
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี



ฟิสิกส์ ๑

ระดับมหาวิทยาลัย เล่ม ๑

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุชาติ สุภาพ

พิมพ์และจัดจำหน่ายโดย

สุชาติ สุภาพ

133/471 หมู่ ๑ (ติดกับ สนง. ที่ดินบางบัวทอง) ต.พิมลราช อ.บางบัวทอง จ.นนทบุรี
E-mail suchart11111@hotmail.com

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

ข้อมูลทางบรรณานุกรม

สุชาติ สุภาพ

ฟิสิกส์ ๑ ระดับมหาวิทยาลัย เล่ม ๑

530

ISBN 978-616-478-976-0

คำนำ

หนังสือ ฟิสิกส์ 1 เล่ม 2 เล่มนี้ จัดทำขึ้นเพื่อสนองต่อความรู้ทางฟิสิกส์จากเล่ม 1 โดยมุ่งเน้นเนื้อหาในระดับมหาวิทยาลัย ครอบคลุมหัวข้อสำคัญ เช่น บทที่ 8 โมเมนตัมและการชน บทที่ 9 การหมุนของวัตถุแข็งเกร็งรอบแกนที่ถูกต้อง บทที่ 10 การกลิ้ง และ โมเมนตัมเชิงมุม บทที่ 11 สมดุลสถิตและความยืดหยุ่น บทที่ 12 การเคลื่อนที่แบบสั่น โดยทั้งหมดนี้เป็นพื้นฐานสำคัญในการทำความเข้าใจฟิสิกส์ในระดับสูงต่อไป เนื้อหาในเล่มถูกจัดเรียงอย่างเป็นระบบ พร้อมตัวอย่างโจทย์ การวิเคราะห์แนวคิด และแบบฝึกหัดที่ช่วยให้นักเรียนและนิสิตเข้าใจได้ลึกซึ้งยิ่งขึ้น รวมถึงเสริมสร้างทักษะการแก้ปัญหาทางฟิสิกส์ที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในระดับที่สูงขึ้น

ผู้เรียบเรียงหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นเครื่องมือที่มีคุณค่าสำหรับนักเรียน นิสิต นักศึกษา และผู้สนใจทั่วไปในการเรียนรู้ฟิสิกส์อย่างมีประสิทธิภาพ และจุดประกายความเข้าใจในกฎของธรรมชาติที่ซ่อนอยู่ในทุกปรากฏการณ์รอบตัวเรา ขอขอบคุณทุกท่านที่ใช้หนังสือเล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการเรียนรู้ และขอให้การศึกษาฟิสิกส์ของท่านเต็มไปด้วยความเข้าใจและแรงบันดาลใจ

หรือถ้าท่านสนใจหนังสือในรูปแบบ E-BOOK ก็มีจำหน่ายที่เว็บไซต์ ร้านนายอินทร์ , MEB , อุกปี้, ซีเ็ด , hytexts และศูนย์หนังสือจุฬาฯ

สำหรับท่านที่สนใจหนังสือของกระผมแต่หาซื้อตามร้านหนังสือทั่วไปไม่ได้ สามารถซื้อออนไลน์ที่แอปต่าง ๆ โดยสแกน QR โค้ดข้างล่างนี้
(ที่ช้อปปีมีหนังสือมากที่สุด)



สุชาติ สุภาพ

มือถือ 083-920-3825

สารบัญ

หน้า

บทที่ 8 โม่เมนต์และกาารชน	5
8.1 โม่เมนต์เชิงเส้นและการอนุรักษ์โม่เมนต์เชิงเส้น	6
8.2 การดลและโม่เมนต์	13
8.3 กาารชน	24
8.4 กาารชนแบบชิดหุ่และแบบไม่ชิดหุ่ใน 1 มัถ	25
8.5 กาารชนแบบชิดหุ่ใน 2 มัถ	35
8.6 การดัดตัวแยกออกจากกัน และการระเบด	40
8.7 จดัศูนย์กลางมวล	48
8.8 การเคล่อนที่ของระบบอนุภาค	58
8.9 แรงบัเคล่อนของจรวด	62
บทที่ 9 กาารหมุนของวัตถุแ้งเก้งรอบแกนที่ถูกดรง	67
9.1 กาารกะจดัเชิงมุม ความเร็วเชิงมุมและความเร่งเชิงมุม	68
9.2 พลคาสตร์ของการหมุน: กาารหมุนด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว	72
9.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชิงมุมกับปริมาณเชิงเส้น	75
9.4 พลังงานของการหมุน	78
9.5 กาารคำนวณหาโม่เมนต์ความเนื่อช	84
9.6 แรงบิด	93
9.7 ความสัมพันธ์ระหว่างทอร์กกับอัตราเร่งเชิงมุม	95
9.8 งาน กำลังงาน และพลังงานของการหมุน	103
9.9 บทประยุกต์ของการเคล่อนที่แบบหมุน	107
บทที่ 10 กาารกล้ง และโม่เมนต์เชิงมุม	108
10.1 กาารกล้งของวัตถุแ้งเก้ง	108
10.2 กาารคูนแบบเวกเตอร์และค่าแรงบิด	120
10.3 โม่เมนต์เชิงมุมของอนุภาค	125
10.4 โม่เมนต์เชิงมุมของวัตถุแ้งเก้งที่กำลังหมุน	127

สารบัญ

หน้า

10.5 กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงมุม	129
10.6 การเคลื่อนที่ของลูกข่างหรือไจโรสโคป	133
บทที่ 11 สมดุลสถิตและความยืดหยุ่น	138
11.1 เงื่อนไขของสมดุล	139
11.2 จุดศูนย์กลางมวล และจุดศูนย์ถ่วง	140
11.3 สมดุลเสถียร สมดุลไม่เสถียร และสมดุลสะเทิน	147
11.4 สมบัติความยืดหยุ่นของของแข็ง	150
11.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียด	160
บทที่ 12 การเคลื่อนที่แบบสั่น	164
12.1 การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย	165
12.2 มวลผูกติดกับสปริง	176
12.3 พลังงานของการสั่น	182
12.4 ลูกตุ้มนาฬิกา	190
12.5 เปรียบเทียบการเคลื่อนที่แบบ SHM กับการเคลื่อนที่แบบวงกลมอย่างสม่ำเสมอ	199
12.6 การสั่นแบบหน่วง	200

%%%%%%%%%

บทที่ 8

โมเมนตัมเชิงเส้นและการชน

เมื่อเราสังเกตวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ไม่ว่าจะเป็นรถยนต์ที่วิ่งบนถนน ลูกบอลที่กำลังอยู่บนพื้น หรือวัตถุที่พุ่งชนกัน ล้วนแล้วแต่เกี่ยวข้องกับ "โมเมนตัม" ซึ่งเป็นปริมาณทางฟิสิกส์ที่สะท้อนถึงผลของทั้งมวลและความเร็วของวัตถุในขณะที่กำลังเคลื่อนที่ โมเมนตัมเชิงเส้น จึงเป็นแนวคิดสำคัญที่ใช้ในการอธิบายการเคลื่อนที่ การเปลี่ยนแปลง และผลลัพธ์ของแรงที่กระทำในช่วงเวลาหนึ่ง โดยเฉพาะเมื่อวัตถุหลายชิ้นมีปฏิสัมพันธ์กันผ่านการ "ชน" ในบทนี้เราจะศึกษาเกี่ยวกับนิยามของโมเมนตัมเชิงเส้น กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม และรูปแบบต่าง ๆ ของการชน ไม่ว่าจะเป็นการชนแบบยืดหยุ่น การชนแบบไม่ยืดหยุ่น หรือแม้แต่กรณีที่มีวัตถุหลายชิ้น ซึ่งแนวคิดเหล่านี้ล้วนมีบทบาทสำคัญทั้งในฟิสิกส์พื้นฐานและการประยุกต์ใช้งาน เช่น การวิเคราะห์อุบัติเหตุทางรถยนต์ การออกแบบระบบกันกระแทก หรือแม้แต่ในวิศวกรรมอวกาศ การเข้าใจหลักการของโมเมนตัมและการชนอย่างลึกซึ้ง จะช่วยให้เราสามารถอธิบายและคาดการณ์ผลของการเคลื่อนที่ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผลและแม่นยำ

เราได้ทราบแล้วว่าแรงเป็นต้นเหตุที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ แรงที่ใช้ในการเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุจะมีค่าขึ้นอยู่กับมวลและความเร็วของวัตถุนั้นๆ วัตถุที่มีมวลมากและความเร็วสูง จะต้องใช้แรงมากกว่าวัตถุที่มีมวลน้อยและความเร็วต่ำ ผลคูณระหว่างมวลและความเร็ว จึงเป็นปริมาณที่กำหนดสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ ซึ่งเราเรียกปริมาณนี้ว่า “โมเมนตัม” (*momentum*) หรือเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$\mathbf{P} = m\mathbf{v}$$

(8.1)

การถ่ายเทโมเมนตัม

ลองนึกภาพลูกบิลเลียดกลิ้งเข้าชนลูกอีกลูกหนึ่ง หรือลูกบาสตกกระทบพื้นแล้วกระเด็นกลับ ในทุกกรณีที่มีการชนหรือปะทะกัน จะมีสิ่งหนึ่งที่ถูกส่งผ่านจากวัตถุหนึ่งไปสู่อีกวัตถุหนึ่ง นั่นคือ “โมเมนตัม” หรือปริมาณการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นแนวคิดสำคัญในการวิเคราะห์พฤติกรรมของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่และมีปฏิสัมพันธ์กัน **การถ่ายเทโมเมนตัมคือกระบวนการที่โมเมนตัมถูกส่งผ่านระหว่างวัตถุสองชิ้นเมื่อเกิดแรงกระทำร่วมกัน** เช่น การชนกันของรถยนต์ การชิงจรวด หรือแม้กระทั่งการเคลื่อนที่ของอนุภาคในระดับไมโครสโคป การเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมของวัตถุหนึ่งจะสัมพันธ์โดยตรงกับการเปลี่ยนแปลงของวัตถุอีกชิ้นเสมอ ตามหลักของ กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การศึกษาการถ่ายเทโมเมนตัมมีความสำคัญในหลายด้าน ทั้งในฟิสิกส์ วิศวกรรมกลศาสตร์ วิทยาศาสตร์ของไหล และแม้แต่ในโลกของอนุภาคระดับจุลภาค เช่น การชนกันของโมเลกุลในแก๊ส หรือการเคลื่อนที่ของอนุภาคในพลาสมา ในหัวข้อนี้ เราจะเรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะของการถ่ายเทโมเมนตัมในระบบต่าง ๆ ทั้งแบบยืดหยุ่น และไม่ยืดหยุ่น พร้อมทั้งทำความเข้าใจว่าโมเมนตัมสามารถเปลี่ยนแปลงหรือถ่ายโอนได้อย่างไร โดยยังคงรักษากฎพื้นฐานของฟิสิกส์ไว้เสมอ

โมเมนตัมเป็นปริมาณที่สามารถถ่ายเทให้กันได้ และบางกรณีก็มีการถ่ายเทโมเมนตัมแบบหมดตัว เช่น การชนกันแบบตรงๆ ของลูกบิลเลียด 2 ลูก ดังรูป



รูป 8.1 การถ่ายทอดโมเมนตัมของลูกบิลเลียด

ผลของการชน จะทำให้ลูกบิลเลียดที่วิ่งเข้าชนหยุดนิ่ง ส่วนลูกบิลเลียดที่ถูกชนจะทำหน้าที่วิ่งแทนด้วยความเร็วที่เท่ากับความเร็วของลูกบิลเลียดลูกที่วิ่งเข้ามาชน การชนแบบนี้โมเมนตัมของลูกบิลเลียดที่วิ่งเข้าชนจะถ่ายทอดให้กับลูกบิลเลียดที่ถูกชนจนหมด

นอกจากนั้น การชนกันของอุปกรณ์ดังรูป 8.2 ก็เป็นการชนที่มีการถ่ายทอดโมเมนตัมจนหมดตัวเช่นเดียวกัน



รูป 8.2 การถ่ายทอดโมเมนตัม

จากรูป 8.2 ถ้าดึงลูกตุ้มออกมา 1 ลูก แล้วปล่อย การชนดังกล่าวจะถ่ายทอดโมเมนตัมให้กับลูกที่ถูกชนจนหมด จากนั้นลูกที่ถูกชนก็จะถ่ายทอดโมเมนตัมทั้งหมดให้กับลูกที่อยู่ติดกัน เป็นอย่างนี้ไปเรื่อยๆ จนถึงลูกสุดท้ายที่อยู่ทางขวามือ ผลก็คือจะทำให้ลูกที่อยู่ทางด้านขวามือถูกกระแทกออกมา แล้วแกว่งด้วยความสูงเดียวกันกับลูกที่ 1 ทางด้านซ้ายมือ ถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงานลูกตุ้มก็จะผลัดกันแกว่งทั้งสองด้าน ตลอดไป

8.1 โมเมนตัมเชิงเส้นและการอนุรักษ์โมเมนตัมเชิงเส้น

กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม กล่าวว่า “ ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำต่อระบบแล้ว ผลรวมของโมเมนตัมของระบบจะมีค่าคงตัวเสมอ ”

เราสามารถพิสูจน์ที่มาของกฎการอนุรักษ์โมเมนตัมได้ โดยใช้กฎข้อ 2 ของนิวตัน ดังนี้

จาก

$$\Sigma \mathbf{F} = m\mathbf{a}$$

$$\Sigma \mathbf{F} = m \frac{d\mathbf{v}}{dt}$$

$$\Sigma \mathbf{F} = \frac{d(m\mathbf{v})}{dt}$$

$$\Sigma \mathbf{F} = \frac{d\mathbf{p}}{dt} \quad (8.2)$$

สมการ (8.2) มีความหมายว่า แรงลัพธ์มีค่าเท่ากับโมเมนตัมของวัตถุเปลี่ยนแปลงไป

จากสมการ (8.2) ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำ ($\Sigma \mathbf{F} = 0$) จะได้ $0 = \frac{d\mathbf{p}}{dt}$

ดังนั้น	$\mathbf{p} = \text{ค่าคงตัว}$	
หรือ	$\mathbf{p}_1 = \mathbf{p}_2$	(8.3)

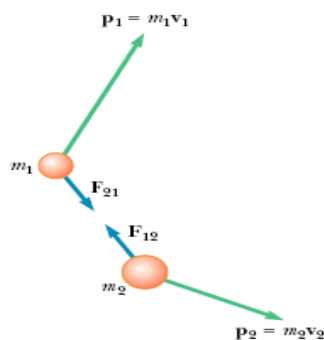
สมการ (8.3) มีความหมายว่า ถ้าไม่มีแรงมากระทำต่อวัตถุใดๆ โมเมนตัมของวัตถุนั้นก็จะต้องมีค่าเท่าเดิม

การชนและกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม

ในชีวิตประจำวันเรามักพบเหตุการณ์ที่วัตถุชนกันอยู่เสมอ ไม่ว่าจะเป็นรถยนต์ที่ชนกันบนท้องถนน ลูกบิลเลียดที่กระทบกันบนโต๊ะ หรือลูกกบดานที่ตกบนพื้นโผล่ สิ่งเหล่านี้ล้วนเกี่ยวข้องกับแนวคิดพื้นฐานทางฟิสิกส์ที่เรียกว่า “การชน” การชนเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุสองชิ้นหรือมากกว่านั้นเคลื่อนที่เข้าหากันและเกิดแรงกระทำระหว่างกันในช่วงเวลาสั้น ๆ ซึ่งผลลัพธ์ของการชนจะขึ้นอยู่กับทั้งมวล ความเร็ว และทิศทางของวัตถุก่อนชน หลักการสำคัญที่ใช้ในการวิเคราะห์เหตุการณ์หลังการชน คือ “กฎการอนุรักษ์โมเมนตัม”

กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมระบุว่า “ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำต่อระบบ โมเมนตัมรวมของระบบจะคงที่” ซึ่งหมายความว่า โมเมนตัมก่อนการชนและหลังการชนจะต้องมีค่ารวมเท่าเดิมเสมอ กฎข้อนี้เป็นพื้นฐานสำคัญที่ใช้ในการคำนวณและทำนายผลลัพธ์ของการชนในทุกรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการชนแบบยืดหยุ่น หรือไม่ยืดหยุ่น ในบทนี้เราจะเรียนรู้ลักษณะของการชนประเภทต่าง ๆ วิเคราะห์โมเมนตัมก่อนและหลังการชน และเข้าใจถึงพลังงานที่เปลี่ยนแปลงไปในกระบวนการชน โดยเน้นการใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมเป็นเครื่องมือสำคัญในการอธิบายเหตุการณ์เหล่านั้นอย่างเป็นระบบ

พิจารณาการชนกันของ 2 อนุภาค โดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำ ดังรูป



รูป 8.4 การชนกันของ 2 อนุภาค โดยไม่มีแรงภายนอกมากระทำ

ให้ $\mathbf{F}_{12}$ คือแรงที่อนุภาคที่ 1 กระทำต่ออนุภาคที่ 2 $\mathbf{F}_{21}$ คือแรงที่อนุภาคที่ 2 กระทำต่ออนุภาคที่ 1

เนื่องจาก

$$\mathbf{F}_{21} = -\mathbf{F}_{12}$$

หรือ

$$\frac{dp_1}{dt} = -\frac{dp_2}{dt}$$

$$\frac{dp_1}{dt} + \frac{dp_2}{dt} = 0$$

$$\frac{d(p_1 + p_2)}{dt} = 0 \quad (8.4)$$

จะได้ว่า

$$p_1 + p_2 = \text{ค่าคงตัว}$$

หรือ

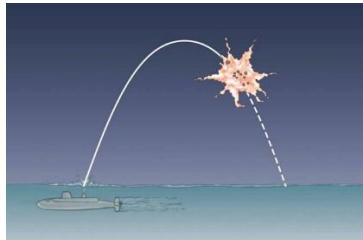
$$p_{1i} + p_{2i} = p_{1f} + p_{2f} \quad (8.5)$$

สมการ (8.5) มีความหมายว่า ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำต่อระบบใดๆ โมเมนตัมของระบบจะมีค่าเท่าเดิมเสมอ จากสมการ (8.6) ถ้าแยกพิจารณาในแต่ละแนวแกน จะได้ว่า

$$\left. \begin{aligned} \sum_{\text{system}} p_{ix} &= \sum_{\text{system}} p_{fx} \\ \sum_{\text{system}} p_{iy} &= \sum_{\text{system}} p_{fy} \\ \sum_{\text{system}} p_{iz} &= \sum_{\text{system}} p_{fz} \end{aligned} \right\} \quad (8.6)$$

จากที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าในการชนกันของวัตถุใดๆ ถ้าไม่มีแรงภายนอกมากระทำ โมเมนตัมจะมีค่าคงตัว

กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมนำมาใช้ในการอธิบายการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางมวลของลูกระเบิดหลังการระเบิดได้



รูป 8.5 การระเบิดของลูกระเบิด

ถ้าลูกระเบิดที่ถูกขว้างออกไปเกิดระเบิดกลางอากาศ แรงระเบิดซึ่งเป็นแรงภายใน จะไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางมวล ดังนั้นการเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางมวลหลังการระเบิดก็ยังคงเป็นเส้นโค้งพาราโบลาเหมือนเดิม

ในการระเบิดใดๆ เราสามารถใช้กฎการอนุรักษ์โมเมนตัมหาความเร็วและทิศทางของชิ้นส่วนต่างๆที่เกิดขึ้นหลังการระเบิดได้



รูป 8.6 โมเมนตัมของพลูก่อนระเบิดกับหลังระเบิดมีค่าเท่ากัน

ตัวอย่างที่แสดงให้เห็นถึงการคงตัวของโมเมนตัมได้แก่ การยิงปืน ลูกปืนจะมีโมเมนตัมไปทางด้านหน้า ส่วนตัวปืนจะมีโมเมนตัมไปทางด้านหลัง ซึ่งหลายคนเรียกว่าปืนถอย



รูป 8.7 เมื่อยิงปืน จะมีแรงสะท้อนถอยหลัง

ตัวอย่าง ถ้านักกีฬากระโดดไกลมวล 60 กิโลกรัม กระโดดขึ้นจากพื้นด้วยอัตราเร็ว 5 เมตร/วินาที ทำมุม 30 องศา กับพื้น จงหาแรงที่กระทำต่อพื้น ถ้าเวลาที่ใช้ในการกระโดดเท่ากับ 0.7 วินาที



วิธีทำ จาก

$$F = ma = m \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right)$$

$$F = (60 \text{ kg}) \left(\frac{5 \text{ m/s}}{0.7 \text{ s}} \right) = 428.6 \text{ N}$$

ตอบ

ตัวอย่าง นักเก็ตน้ำแข็งชายมีมวล 88 กิโลกรัม นักเก็ตน้ำแข็งหญิงมีมวล 54 กิโลกรัม ชนติดกันกลางเวที จากนั้นทั้งสองก็ออกแรงผลักกันทำให้นักเก็ตน้ำแข็งหญิงมีความเร็ว + 2.5 เมตร/วินาที อยากรทราบว่านักเก็ตน้ำแข็งชายจะถอยหลังออกมาด้วยความเร็วเท่าไร

