



หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่



ฟิสิกส์

เล่ม ๑

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

๔



ตัวอักษรกรีก

ตัวอักษรเล็ก	ตัวอักษรใหญ่	ชื่อ	
α	A	alpha	แอลฟา
β	B	beta	บีตา
γ	Γ	gamma	แกมมา
δ, ς	Δ	delta	เดลตา
ε	E	epsilon	เอปไซลอน
ζ	Z	zeta	ซีตา
η	H	eta	อีตา
θ	Θ	theta	ทีตา
ι	I	iota	ไอโอตา
κ	K	kappa	แคปปา
λ	Λ	lambda	แลมบ์ดา
μ	M	mu	มิว

ตัวอักษรเล็ก	ตัวอักษรใหญ่	ชื่อ	
ν	N	nu	นิว
ξ	Ξ	xi	ไซ
ο	O	omicron	โอไมครอน
π	Π	pi	พาย
ρ	P	rho	โร
σ	Σ	sigma	ซิกมา
τ	T	tau	เทา
υ	Υ	upsilon	อึปไซลอน
φ	Φ	phi	ฟาย, ฟี
χ	X	chi	ไค
ψ	Ψ	psi	ซาย
ω	Ω	omega	โอเมกา

ราชบัณฑิตยสถาน ศัพท์คณิตศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พิมพ์ครั้งที่ ๙ แก้ไขเพิ่มเติม กรุงเทพฯ : ราชบัณฑิตยสถาน, ๒๕๔๙.



หนังสือเรียน

รายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี

ฟิสิกส์

ชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑

ตามผลการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)
ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑

จัดทำโดย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

จัดทำเป็นฉบับ e-book ครั้งที่ ๒ พ.ศ. ๒๕๖๖

มีลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำหนังสือเรียน ฉบับ e-book นี้ขึ้น โดยมีเนื้อหาเช่นเดียวกับหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ ฉบับสื่อสิ่งพิมพ์ ที่จัดทำตามมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช ๒๕๕๑ ทุกประการ เพื่อให้นักเรียน ครู ผู้ปกครอง นักวิชาการ และผู้สนใจทั่วไป เข้าถึงได้ง่ายและสะดวกรวดเร็ว รวมทั้งสามารถเลือกใช้ตามความเหมาะสมกับจุดประสงค์ต่าง ๆ ทั้งนี้ สสวท. ขอสงวนสิทธิ์ในหนังสือเรียน ฉบับ e-book นี้ ตามกฎหมายลิขสิทธิ์ ห้ามผู้ใดทำซ้ำ คัดลอก ดัดแปลง เลียนแบบ จำหน่าย หรือ เผยแพร่ โดยมิได้รับอนุญาต

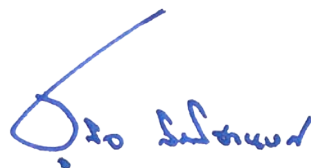
สามารถเข้าถึงสื่อดิจิทัลต่าง ๆ ของ สสวท. ได้ที่ <http://www.ipst.ac.th/ebook-resource/>

คำชี้แจง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช ๒๕๕๑ โดยมีจุดเน้นเพื่อต้องการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถที่ทัดเทียมกับนานาชาติ ได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ซึ่งในปีการศึกษา ๒๕๖๑ เป็นต้นไปโรงเรียนจะต้องใช้หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐) สสวท. จึงได้จัดทำหนังสือเรียนที่เป็นไปตามมาตรฐานหลักสูตรเพื่อให้โรงเรียนได้ใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ นี้ มีผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติมที่ครอบคลุมเนื้อหาบางส่วนที่ปรากฏตามตัวชี้วัดรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์กายภาพ เล่ม ๒ โดยเมื่อผู้เรียนเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เล่ม ๑ - เล่ม ๖ ครบทุกชั้นปีในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔-๖ แล้วก็สามารถบรรลุผลสัมฤทธิ์ตามตัวชี้วัดของรายวิชาพื้นฐานวิทยาศาสตร์ วิทยาศาสตร์กายภาพ เล่ม ๒ ได้ และในขณะเดียวกันก็สามารถต่อยอดเนื้อหาจากรายวิชาพื้นฐานไปสู่เนื้อหาในรายวิชาเพิ่มเติมได้โดยไม่ต้องเสียเวลาเรียนซ้ำซ้อน ทั้งนี้หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม ๑ นี้ มีเนื้อหาที่จำเป็นที่ต้องเรียนประกอบด้วย เรื่องธรรมชาติและพัฒนาการทางฟิสิกส์ การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์ หรือประกอบอาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน เช่น แพทย์ ทันตแพทย์ สัตวแพทย์ เทคโนโลยีชีวภาพ เทคนิคการแพทย์ วิศวกรรม สถาปัตยกรรม วัสดุศาสตร์ อุตุนิยมวิทยา ธรณีวิทยา ฯลฯ โดยเน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา เชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตจริง ผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมที่เป็นพื้นฐานที่สำคัญ รวมทั้งกิจกรรมที่ผู้เรียนสามารถคิดค้นและออกแบบการทดลองด้วยตนเอง มีแบบฝึกหัดเพื่อให้ตรวจทานความรู้หลังจากที่เรียนไปแล้ว รวมทั้งสรุปความรู้ในแต่ละบทด้วย ในการจัดทำหนังสือเรียนเล่มนี้ ได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดีจากผู้ทรงคุณวุฒิ นักวิชาการอิสระ คณาจารย์ทั้งหลาย รวมทั้งครูผู้สอน นักวิชาการ จากสถาบัน และสถานศึกษาทั้งภาครัฐและเอกชน จึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

สสวท. หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ เล่ม ๑ นี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียน และผู้ที่เกี่ยวข้องทุกฝ่าย ที่จะช่วยให้การจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล หากมีข้อเสนอแนะใดที่จะทำให้หนังสือเรียนเล่มนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โปรดแจ้ง สสวท. ทราบด้วย จะขอบคุณยิ่ง



(ศาสตราจารย์ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

ผู้อำนวยการสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
กระทรวงศึกษาธิการ

คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม

ฟิสิกส์ เล่ม ๑

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. ๒๕๖๐)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔

เวลา ๖๐ ชั่วโมง จำนวน ๑.๕ หน่วยกิต

ศึกษาการค้นหาคำรู้ทางฟิสิกส์ ประวัติความเป็นมา รวมทั้งพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการแสวงหาคำรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี การวัดและการรายงานผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ หลักการของกลศาสตร์ในเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรง แรง การหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน การเขียนแผนภาพวัตถุอิสระ กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ ในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่งและวัตถุเคลื่อนที่ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต วิเคราะห์ เปรียบเทียบ อธิบาย อภิปราย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ มีทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งทักษะแห่งศตวรรษที่ ๒๑ ในด้านการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ด้านการคิด และการแก้ปัญหา ด้านการสื่อสาร สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเอง มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

๑. สืบค้น และอธิบายการค้นหาคำรู้ทางฟิสิกส์ ประวัติความเป็นมา รวมทั้งพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการแสวงหาคำรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี
๒. วัด และรายงานผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ได้ถูกต้องเหมาะสม โดยนำความคลาดเคลื่อนในการวัดมาพิจารณาในการนำเสนอผล รวมทั้งแสดงผลการทดลองในรูปของกราฟ วิเคราะห์และแปลความหมายจากกราฟเส้นตรง
๓. ทดลอง และอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่ง การกระจัด ความเร็ว และความเร่งของการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวตรงที่มีความเร่งคงตัวจากกราฟและสมการ รวมทั้งทดลองหาค่าความเร่งโน้มถ่วงของโลก และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
๔. อธิบายแรง รวมทั้ง ทดลองและอธิบายการหาแรงลัพธ์ของแรงสองแรงที่ทำมุมต่อกัน
๕. เขียนแผนภาพวัตถุอิสระ ทดลองและอธิบายกฎการเคลื่อนที่ของนิวตันและการใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันกับสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุ รวมทั้ง คำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
๖. อธิบายกฎความโน้มถ่วงสากลและผลของสนามโน้มถ่วงที่ทำให้วัตถุมีน้ำหนัก รวมทั้งคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
๗. วิเคราะห์ อธิบาย และคำนวณแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ ในกรณีที่วัตถุหยุดนิ่งและวัตถุเคลื่อนที่ รวมทั้งทดลองหาสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสของวัตถุคู่หนึ่ง ๆ และนำความรู้เรื่องแรงเสียดทานไปใช้ในชีวิตประจำวัน

รวมทั้งหมด ๗ ผลการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะทั่วไปในการใช้หนังสือเรียน

หนังสือเรียนเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อให้นักเรียนได้ใช้ในการศึกษาเนื้อหาที่สำคัญและเกิดทักษะที่จำเป็นที่สอดคล้องกับมาตรฐานและสาระการเรียนรู้ รวมทั้งยังมีสื่อที่ช่วยเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยสามารถเชื่อมต่อไปยังหน้าเว็บไซต์รายการสื่อได้จาก QR code หรือ URL ที่อยู่ประจำแต่ละบท การทำความเข้าใจเกี่ยวกับสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน จะช่วยให้นักเรียนใช้หนังสือเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสัญลักษณ์หรือข้อความตามหัวข้อต่าง ๆ ที่ปรากฏในหนังสือเรียน มีดังนี้

- คำถามสำคัญ
- จุดประสงค์การเรียนรู้
- ความรู้ก่อนเรียน
- ข้อสังเกต
- ขวนคิด
- กิจกรรม
- คำถามท้ายกิจกรรม
- กิจกรรมลองทำดู
- ความรู้เพิ่มเติม
- รู้หรือไม่
- สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน
- แบบฝึกหัดท้ายหัวข้อ
- แบบฝึกหัดท้ายบท



คำถามสำคัญ

คำถามประจำบทที่นักเรียนต้องอาศัยความรู้ทั้งหมดในบทเรียนในการตอบคำถาม ซึ่งนักเรียนควรตอบได้หลังจากได้เรียนรู้ในบทนั้นแล้ว



จุดประสงค์การเรียนรู้

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องการให้นักเรียนเกิดความรู้หรือทักษะหลังจากผ่านกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ ซึ่งนักเรียนควรศึกษาทำความเข้าใจก่อนเริ่มเรียนรู้ในแต่ละหัวข้อ



ความรู้ก่อนเรียน

คำสำคัญหรือข้อความสั้น ๆ ที่เกี่ยวกับความรู้ที่นักเรียนควรมีสำหรับเป็นพื้นฐานของการศึกษาความรู้ใหม่ในแต่ละบท



ข้อสังเกต

ความรู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อให้นักเรียนเห็นแนวคิดสำคัญและความเชื่อมโยงของเนื้อหา



ชวนคิด

คำถามระหว่างเรียนที่เชื่อมโยงหรือต่อยอดความรู้เดิมที่ศึกษาแล้วกับความรู้ใหม่หรือความรู้ในศาสตร์อื่น เพื่อให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์หรือความต่อเนื่องของเนื้อหา



กิจกรรม

การปฏิบัติที่ช่วยในการเรียนรู้เนื้อหาหรือฝึกฝนให้เกิดทักษะตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน โดยอาจเป็นการทดลอง การสืบค้นข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ ซึ่งนักเรียนควรลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง



คำถามท้ายกิจกรรม

คำถามที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมนั้น ๆ ช่วยเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ อภิปรายและสรุปผลการทำกิจกรรม



กิจกรรมลองทำดู

การปฏิบัติที่ช่วยเสริมความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในบทเรียน ซึ่งอาจเป็นกิจกรรมที่ลงมือปฏิบัติในห้องเรียนหรือนอกเวลาเรียนได้



ความรู้เพิ่มเติม

ความรู้ที่เพิ่มเติมจากเนื้อหาในบทเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจมากขึ้น โดยไม่มีการวัดและประเมินผล



รู้หรือไม่

ความรู้ที่เชื่อมโยงให้เห็นความสอดคล้องของเนื้อหาบทเรียนกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวัน



สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน

การสรุปเนื้อหาสำคัญภายในบทเรียน เพื่อช่วยให้เห็นภาพรวมของเนื้อหาทั้งหมด

แบบฝึกหัดท้ายหัวข้อ

ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้



คำถามตรวจสอบความเข้าใจ

คำถามระหว่างเรียนที่ช่วยประเมินการเรียนรู้ ซึ่งนักเรียนสามารถใช้ตรวจสอบว่า ตนเองมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาแล้วหรือยัง



แบบฝึกหัด

แบบฝึกหัดระหว่างเรียนที่ช่วยฝึกทักษะการคิด การคำนวณ และการแก้ปัญหาเบื้องต้น โดยใช้ความรู้ในหัวข้อนั้น ๆ ซึ่งนักเรียนสามารถใช้ตรวจสอบความเข้าใจของเนื้อหา และฝึกฝนตนเองให้มีทักษะที่จำเป็นตามจุดประสงค์การเรียนรู้ได้

แบบฝึกหัดท้ายบท

ประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้



คำถาม

คำถามที่เน้นให้นักเรียนตอบโดยการเขียนบรรยายแสดงความเข้าใจจนถึงการวิเคราะห์



ปัญหา

ปัญหาที่มีความซับซ้อนน้อยจนถึงปานกลาง เน้นให้นักเรียนได้ใช้ทักษะการคำนวณ และการแก้ปัญหา



ปัญหาท้าทาย

ปัญหาที่มีความซับซ้อนมาก เน้นให้นักเรียนได้ใช้ทักษะการคิดระดับสูงในการคำนวณ และการแก้ปัญหา

สารบัญ	บทที่ 1-2	
บทที่	เนื้อหา	หน้า
1	ธรรมชาติและการพัฒนาทางฟิสิกส์	
	1.1 ธรรมชาติของฟิสิกส์	4
	1.1.1 การค้นคว้าหาความรู้ทางฟิสิกส์	5
	1.1.2 พัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์	6
	1.1.3 ผลของการพัฒนาทางฟิสิกส์ที่มีต่อการแสวงหาความรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี	8
	1.2 การวัดและการบันทึกผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์	10
	1.2.1 ระบบหน่วยระหว่างชาติ	11
	1.2.2 สัญกรณ์วิทยาศาสตร์	14
	1.2.3 ความไม่แน่นอนในการวัด	15
	1.2.4 เลขนัยสำคัญ	15
	1.2.5 การบันทึกผลการคำนวณ	17
	1.3 การทดลองทางฟิสิกส์	20
	1.3.1 การรายงานความคลาดเคลื่อน	21
2	1.3.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	23
	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	28
	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 1	30
	การเคลื่อนที่แนวตรง	
	2.1 ตำแหน่ง	37
	2.2 การกระจัดและระยะทาง	39
	2.3 อัตราเร็วและความเร็ว	44
	2.3.1 อัตราเร็วเฉลี่ยและความเร็วเฉลี่ย	44
	2.3.2 อัตราเร็วขณะหนึ่งและความเร็วขณะหนึ่ง	48
	2.4 ความเร่ง	56
	2.4.1 ความเร่งเฉลี่ย	56
	2.4.2 ความเร่งขณะหนึ่ง	60
	2.5 กราฟของการเคลื่อนที่แนวตรง	63

สารบัญ	บทที่ 3	
บทที่	เนื้อหา	หน้า
	2.5.1 กราฟระหว่างตำแหน่งกับเวลา	63
	2.5.2 กราฟระหว่างความเร็วกับเวลา และกราฟระหว่างความเร่งกับเวลา	70
2.6	สมการสำหรับการเคลื่อนที่แนวตรง	81
2.6.1	การเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว	81
2.6.2	การเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว	83
2.7	การตกแบบเสรี	89
	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	101
	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 2	104

3

แรงและกฎการเคลื่อนที่

3.1	แรง	118
3.1.1	ลักษณะของแรง	118
3.1.2	แผนภาพวัตถุอิสระ	124
3.1.3	แรงบางชนิดที่ควรรู้	127
3.2	การหาแรงลัพธ์	134
3.2.1	การหาแรงลัพธ์โดยวิธีเขียนเวกเตอร์ของแรง	135
3.2.2	การหาขนาดและทิศทางของแรงลัพธ์โดย การคำนวณ	137
3.3	มวล แรง และกฎการเคลื่อนที่	143
3.3.1	มวลและความเฉื่อย	143
3.3.2	กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน	144
3.4	แรงเสียดทาน	152
3.5	แรงดึงดูดระหว่างมวล	163
3.5.1	กฎความโน้มถ่วงสากล	163
3.5.2	สนามโน้มถ่วง แรงโน้มถ่วงและน้ำหนัก	166
3.6	การประยุกต์ใช้กฎการเคลื่อนที่	170
	สรุปเนื้อหาภายในบทเรียน	181
	แบบฝึกหัดท้ายบทที่ 3	183

สารบัญ	ภาคผนวก	
บทที่	เนื้อหา	หน้า

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก	คณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์	198
ภาคผนวก ข	ระบบหน่วยระหว่างชาติ	208
ภาคผนวก ค	ตารางฟังก์ชันตรีโกณมิติ	211
ภาคผนวก ง	ตารางเลขกำลังสอง	
	รากที่สองและส่วนกลับ	212
ภาคผนวก จ	ตัวอย่างการบันทึกการทดลอง	213
	คำศัพท์	216
	บรรณานุกรม	217
	ที่มาของรูป	218
	คณะกรรมการจัดทำหนังสือเรียน	219
	คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม	222

บทที่

1

ธรรมชาติและพัฒนาการทางฟิลิกส์



ipst.me/7662



ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นผลผลิตจากสติปัญญาของมนุษย์ที่ทำให้ได้รู้เกี่ยวกับกลไกการทำงานของธรรมชาติว่า ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ เช่น อาทิตย์ทรงกลด เกิดขึ้นได้อย่างไร การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์มีหลากหลายทางด้วยกัน เช่น การสังเกต การรวบรวมข้อมูล การทดลอง และการคิดหาเหตุผล เป็นต้น ฟิลิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่ง ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับอะไร มีวิธีการที่ได้มาซึ่งความรู้และมีการพัฒนาความรู้อย่างไร รวมทั้งมีผลต่อการแสวงหาความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์และพัฒนาเทคโนโลยีอย่างไร จะศึกษาได้ในบทนี้



คำถามสำคัญ

- การค้นหาความรู้ทางฟิสิกส์มีพัฒนาการอย่างไร และมีผลต่อการแสวงหาความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์และพัฒนาทางเทคโนโลยีอย่างไร
- การวัดและการทดลองมีความสำคัญต่อการศึกษาด้านฟิสิกส์อย่างไร



จุดประสงค์การเรียนรู้

1.1 ธรรมชาติทางฟิสิกส์

1. อธิบายและยกตัวอย่างการค้นหาความรู้ทางฟิสิกส์
2. อธิบายและยกตัวอย่างประวัติความเป็นมารวมทั้งพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์
3. อธิบายและยกตัวอย่างความรู้ทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการแสวงหาความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์และพัฒนาเทคโนโลยี

1.2 การวัดและการบันทึกผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์

4. ระบุหน่วยฐานและตัวอย่างหน่วยอนุพัทธ์ของระบบเอสไอ
5. ยกตัวอย่างปริมาณทางฟิสิกส์และหน่วยในระบบเอสไอของปริมาณนั้น ๆ ได้
6. ใช้คำนำหน้าหน่วยเปลี่ยนหน่วยให้ใหญ่ขึ้นหรือเล็กลง
7. อธิบายสัญลักษณ์วิทยาศาสตร์และเขียนจำนวนหรือปริมาณในรูปสัญกรณ์วิทยาศาสตร์
8. อธิบายความสำคัญของการเลือกใช้เครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด
9. บอกได้ว่าธรรมชาติของการวัดมีความคลาดเคลื่อนเสมอ ขึ้นกับเครื่องมือวัด วิธีการวัด และประสิทธิภาพของผู้วัด รวมทั้งสภาพแวดล้อม
10. อธิบายความหมายและบอกเลขนัยสำคัญของจำนวนหรือปริมาณจากการวัดได้
11. บันทึกผลการวัดปริมาณได้อย่างเหมาะสมประกอบด้วยค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดและค่าประมาณ
12. บันทึกปริมาณและจำนวนในรูปแบบสัญกรณ์วิทยาศาสตร์ที่มีเลขนัยสำคัญตามที่กำหนดได้
13. บันทึกผลการคำนวณจากการบวก ลบ คูณและหาร จำนวนหรือปริมาณที่มีเลขนัยสำคัญต่างกัน

1.3 การทดลองทางฟิสิกส์

14. บอกความสำคัญของการทดลองและรายงานผลการทดลอง
15. บันทึกผลการวัดโดยใช้ค่าทางสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนของค่าเฉลี่ย
16. อธิบายความสำคัญของการสมการเชิงเส้น และสามารถจัดสมการที่ไม่อยู่ในรูปเชิงเส้นให้อยู่ในรูปสมการเชิงเส้น พร้อมทั้งเขียนกราฟและหาค่าของปริมาณจากกราฟเส้นตรงได้



ความรู้ก่อนเรียน

วิทยาศาสตร์แขนงต่าง ๆ ปริมาณและหน่วยการวัด การบันทึกผลการวัด

ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น กลางวันกลางคืน ไฟแลบ พายุ รุ้ง สุริยุปราคา จันทรุปราคา พระอาทิตย์ทรงกลด การเปลี่ยนตำแหน่งของดวงดาวบนท้องฟ้า เป็นต้น เป็นสิ่งที่มนุษย์ให้ความสนใจและพยายามอธิบายการเกิดปรากฏการณ์ธรรมชาติดังกล่าวมาตั้งแต่สมัยโบราณ โดยในอดีต มนุษย์เชื่อว่าปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติเหล่านั้น เกิดขึ้นจากการกระทำของเทพเจ้า หรือภูติผีปีศาจ ดังตัวอย่างจากนิยายปรัมปราของแต่ละชาติ ความพยายามที่จะเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติทำให้มนุษย์พัฒนาระบบความคิดอย่างมีเหตุผลและสร้างเครื่องมือวัดและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับสิ่งที่ต้องการศึกษามาวิเคราะห์หรือสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่อสรุปเป็นแนวคิด ทฤษฎี หลักการ หรือกฎในการอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ



ชวนคิด

ในสมัยโบราณ คนไทยมีการสร้างเรื่องราวเกี่ยวกับกระทำของเทพเจ้า หรือภูติผีปีศาจ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ เช่น พายุ รุ้ง ไฟผ่า แผ่นดินไหว และจันทรุปราคา อย่างไร

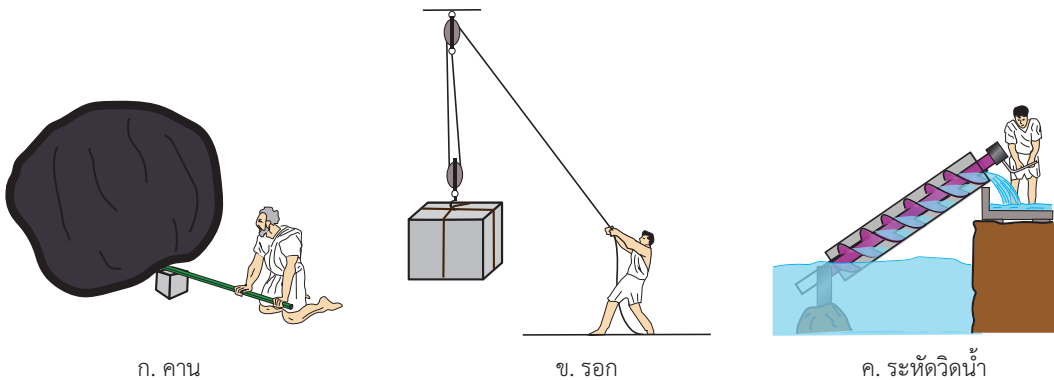
ฟิสิกส์เป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาค้นคว้าเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ในธรรมชาติ เช่น เหตุใดวัตถุจึงตกสู่พื้นโลก สสารเปลี่ยนสถานะได้อย่างไร รุ้งเกิดขึ้นได้อย่างไร เหตุใดดวงอาทิตย์จึงมีสีแดงเมื่อจะลับขอบฟ้า เป็นต้น แนวคิด ทฤษฎี หลักการหรือกฎทางฟิสิกส์ มีการพัฒนาสะสมกันมานานหลายศตวรรษ จำแนกได้เป็นสาขาต่าง ๆ เช่น กลศาสตร์ คลื่น เสียง แสง ไฟฟ้าและแม่เหล็ก ความร้อน ฟิสิกส์อะตอม ฟิสิกส์นิวเคลียร์ และฟิสิกส์อนุภาค ความรู้ทางฟิสิกส์นำไปสู่ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสสาร พลังงาน อันตรกิริยาระหว่างสสารกับพลังงาน และแรงพื้นฐานในธรรมชาติ ซึ่งจะได้ศึกษาในบทต่อ ๆ ไป ส่วนการศึกษา

ในบทนี้ จะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติทางฟิสิกส์ การค้นคว้าหาความรู้ทางฟิสิกส์ ประวัติความเป็นมา และพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ที่มีผลต่อการแสวงหาความรู้ใหม่และพัฒนาการทางเทคโนโลยี นอกจากนี้จะได้ศึกษาเกี่ยวกับการวัดและการบันทึกผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์ รวมทั้งการทดลองทางฟิสิกส์

1.1 ธรรมชาติทางฟิสิกส์

ความต้องการในการแสวงหาความรู้เพื่อความเข้าใจธรรมชาติด้วยเหตุผลมากกว่าความเชื่อ ปรากฏการณ์ธรรมชาติเกิดจากการกระทำของเทพเจ้าหรือภูติผีปีศาจ นำไปสู่การศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติด้วยเหตุและผล โดยในยุคกรีกโบราณ เรียกการศึกษาหาความรู้ทางด้านนี้ว่า **ปรัชญาธรรมชาติ (natural philosophy)** ซึ่งต่อมาเรียกว่า **วิทยาศาสตร์ (science)** โดยแขนงหนึ่งของวิชานี้ คือ **ฟิสิกส์ (physics)** ที่มาจากคำในภาษากรีกซึ่งมีความหมายว่า ธรรมชาติ

ฟิสิกส์ในยุคแรก ๆ นั้น ให้ความสำคัญเกี่ยวกับการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติที่สัมพันธ์กับการดำรงชีวิต เช่น การเปลี่ยนแปลงของฤดูเพื่อใช้เตรียมการเพาะปลูก การเคลื่อนที่ของดวงดาวเพื่อใช้บอกทิศสำหรับการเดินทางเพื่อสำรวจสถานที่ใหม่ ๆ หรือขยายอาณานิคม การผ่อนแรงเพื่อใช้ในการขนย้ายสิ่งของและการก่อสร้าง เป็นต้น



รูป 1.1 เครื่องผ่อนแรงแบบต่าง ๆ

ในการหาคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ในธรรมชาติ นักฟิสิกส์จึงให้ความสำคัญเกี่ยวกับการทำการทดลองเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และสรุปผลจนได้มาซึ่งคำอธิบายที่มีเหตุผลและมีหลักฐานเชิงประจักษ์ เป็นผลให้มีการสร้างและพัฒนาเครื่องมือวัดที่ใช้สำหรับการสังเกต และเก็บรวบรวมข้อมูล เช่น กล้องโทรทรรศน์เพื่อใช้ในการสังเกตดวงดาวของกาลิเลโอ (Galileo) บารอมิเตอร์เพื่อวัดความดันบรรยากาศของทอริเซลลี (Torricelli) แคลอริมิเตอร์เพื่อวัดพลังงานความร้อนโดยลาวัวซีเยร์ (Lavoisier) และลาปลาซ (Laplace)

การศึกษาทางฟิสิกส์ทำให้เกิดการสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นนวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อให้การดำรงชีวิตดีขึ้นนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคมที่สำคัญในอดีต เช่น ความรู้เกี่ยวกับความร้อน นำสู่การพัฒนาเครื่องจักรไอน้ำทำให้เกิดการปฏิวัติอุตสาหกรรมที่เปลี่ยนระบบการผลิตสินค้าจากแรงงานมนุษย์เป็นเครื่องจักรกลที่สามารถผลิตสินค้าได้ปริมาณมากในเวลาทีน้อยลง นอกจากนี้ การศึกษาปรากฏการณ์ธรรมชาติทางฟิสิกส์ทำให้เกิดการค้นพบแนวคิดและสิ่งใหม่ ๆ เช่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสี ปฏิกริยานิวเคลียร์ และอนุภาคมูลฐาน นำมาซึ่งการสร้างและพัฒนาเทคโนโลยีในการดำรงชีวิตปัจจุบัน

ในหัวข้อต่อไปนี้จะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับการค้นคว้าหาความรู้ทางฟิสิกส์ การพัฒนาของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์ และผลของการพัฒนาทางฟิสิกส์ที่มีต่อการแสวงหาความรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี

1.1.1. การค้นคว้าหาความรู้ทางฟิสิกส์

การค้นคว้าหาความรู้ทางฟิสิกส์ อาจกล่าวได้ว่า มี 2 แนวทาง ได้แก่

แนวทางที่ 1 การสังเกต การทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อสรุปเป็นแนวคิด หลักการ หรือกฎ เช่น การสังเกตและบันทึกข้อมูลของบราห์ (Brahe) เกี่ยวกับตำแหน่งต่าง ๆ ของดาวเคราะห์ ทำให้เคปเลอร์ (Kepler) นำข้อมูลนั้นมาสรุปได้เป็นกฎการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ เรียกว่า กฎของเคปเลอร์ ซึ่งสามารถอธิบายการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ที่โคจรรอบดวงอาทิตย์ได้อย่างถูกต้อง การทดลองของคูลอมบ์ (Coulomb) เกี่ยวกับแรงระหว่างประจุไฟฟ้าโดยนำข้อมูลจากการทดลองมาวิเคราะห์สรุปได้เป็นกฎที่เรียกว่า กฎของคูลอมบ์ ที่สามารถนำไปใช้คำนวณหาขนาดของแรงระหว่างประจุไฟฟ้าได้

แนวทางที่ 2 การสร้างแบบจำลองทางความคิดเพื่อสรุปเป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ รวมทั้งทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้น เช่น แมกซ์เวลล์ (Maxwell) ได้นำความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าและแม่เหล็กมาสรุปเป็นสมการของแมกซ์เวลล์นำไปสร้างแบบจำลองทางความคิด เสนอเป็นทฤษฎีที่เรียกว่า ทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์ ซึ่งนำไปใช้อธิบายว่า แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และทำนายว่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีสมบัติอย่างไร ทั้งนี้ ทฤษฎี คำอธิบาย และคำทำนายดังกล่าวถูกสร้างขึ้นโดยยังไม่มี การทดลองใด ๆ มาสนับสนุน จนกระทั่งในเวลาต่อมาเฮิร์ตซ์ (Hertz) ได้สร้างอุปกรณ์ส่งและรับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นการยืนยันความเป็นไปได้ของทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์ รวมทั้งได้ ทำการทดลองแสดงให้เห็นว่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามีอัตราเร็วเท่ากับอัตราเร็วแสง และแสงเป็น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามแนวคิดของแมกซ์เวลล์

จากคำกล่าวข้างต้น จึงกล่าวได้ว่า การค้นคว้าหาความรู้ทางฟิสิกส์ได้มาจากการสังเกต การทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์หรือจากการสร้างแบบจำลองทางความคิด เพื่อสรุปเป็น ทฤษฎี หลักการหรือกฎ ความรู้เหล่านี้สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือทำนายสิ่งที่จะ เกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งกระบวนการค้นคว้าหาความรู้ทางฟิสิกส์ดังกล่าว ไม่ได้เกิดขึ้นจากการสังเกตและ บันทึกข้อมูลของนักฟิสิกส์เพียงคนเดียว แต่เป็นการสรุปข้อมูลสะสมไว้เป็นจำนวนมากตั้งแต่ในอดีต ถึงปัจจุบัน พัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์เป็นมาอย่างไร ศึกษาได้จากหัวข้อถัดไป

1.1.2. พัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์

พัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์มีพื้นฐานจากการสะสมข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การทดลองตั้งแต่ในอดีตถึงปัจจุบัน ซึ่งในบางครั้งได้นำข้อมูลเหล่านั้นมาพิจารณาเพิ่มเติมจากการพัฒนาเครื่องมือวัดที่มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น หรือนำมาตีความหมายใหม่ จากมุมมองที่เปลี่ยนไปเนื่องจากการพัฒนาทฤษฎี หลักการ หรือกฎขึ้นมาใหม่ ทำให้ได้คำอธิบายที่เป็นความรู้ใหม่

ในบางครั้ง นักฟิสิกส์จำเป็นที่จะต้องเผชิญกับแรงกดดันจากสังคมในการนำเสนอแนวคิดใหม่ที่ขัดแย้งกับความเชื่อเดิมของคนส่วนใหญ่ในสังคม ดังเช่นในกรณีการพัฒนาแนวคิดที่ได้แย้งกับความเชื่อดั้งเดิมที่คนส่วนใหญ่ในยุคนั้นเชื่อว่า โลกเป็นศูนย์กลางของเอกภพที่มีดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์และดาวเคราะห์อื่น ๆ โคจรรอบโลก ทำให้กาลิเลโอ หนึ่งในนักวิทยาศาสตร์ที่พยายามพิสูจน์ว่า โลกโคจรรอบดวงอาทิตย์ ถูกคัดค้านและต่อต้านจากกลุ่มคนที่ไม่เห็นด้วย และห้ามเผยแพร่เอกสารทั้งหมดที่เขาเขียนขึ้นก่อนหน้านั้น จนเมื่อเวลาผ่านไป มีนักฟิสิกส์หลาย ๆ คน ได้ค้นพบและเผยแพร่ข้อมูลที่สนับสนุนแนวคิดดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น จนทำให้ในปัจจุบัน คนในสังคมส่วนใหญ่มองรับว่า แนวคิดเรื่องโลกเป็นศูนย์กลางของเอกภพนั้นเป็นความเชื่อที่ไม่ถูกต้อง



รู้หรือไม่

ตั้งแต่สมัยโบราณคนส่วนใหญ่มีความเชื่อตามแนวคิดของปโตเลมี (Ptolemy) ว่าโลกเป็นศูนย์กลางของเอกภพโดยมีดาวอื่น ๆ โคจรรอบโลก เรียกว่า **ระบบโลกเป็นศูนย์กลาง (geocentric system)** จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1543 หรือ พ.ศ. 2086 โคเปอร์นิคัส (Copernicus) ได้เสนอแนวคิดใหม่จากการสังเกตและการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ว่าดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางที่มีโลกและดาวเคราะห์อื่น ๆ โคจรโดยรอบ เรียกว่า **ระบบดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลาง (heliocentric system)** ซึ่งต่อมาได้พิสูจน์โดยการสร้างกฎเพื่ออธิบายการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ของเคปเลอร์และการสังเกตผ่านกล้องโทรทรรศน์ของกาลิเลโอ

นอกจากกาลิเลโอจะการใช้การสังเกตและการทดลองในการหาความรู้ใหม่แล้ว เขายังได้นำคณิตศาสตร์มาใช้ในการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวข้องด้วย เช่น การสร้างสมการทางคณิตศาสตร์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แนวตรงและการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์

จากแนวคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่และแรง การใช้คณิตศาสตร์ของกาลิเลโอดังกล่าว ได้กลายมาเป็นพื้นฐานที่สำคัญให้นิวตัน (Newton) นำไปใช้ในการพัฒนาความรู้ทางฟิสิกส์สาขากลศาสตร์ เสนอเป็นกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน นอกจากนี้ นิวตันได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับแรงโน้มถ่วง เพื่ออธิบายเหตุผล

เกี่ยวกับการโคจรของโลกและดาวเคราะห์อื่น ๆ รอบดวงอาทิตย์ที่เป็นไปตามกฎของเคปเลอร์ ปัจจุบันถือว่า**แรงโน้มถ่วง (gravitational force)** เป็นหนึ่งในแรงพื้นฐานในธรรมชาติ

จากที่กล่าวข้างต้น เป็นตัวอย่างพัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์สาขากลศาสตร์สำหรับสาขาอื่น ๆ ก็มีพัฒนาการเช่นกัน และการได้มาซึ่งความรู้ส่วนใหญ่สอดคล้องกับแนวทางที่ได้กล่าวในหัวข้อ 1.1.1 เช่นกัน ทั้งจากการสังเกต การทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อสรุปเป็นแนวคิด หลักการ หรือกฎ และจากแบบจำลองทางความคิดเพื่อสรุปเป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ รวมทั้งทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้น ในที่นี้จะกล่าวเป็นตัวอย่างพัฒนาการอีก 2 สาขา ดังต่อไปนี้

ด้านความร้อน หลังจากมีผู้ประดิษฐ์เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิแล้ว จึงมีการนำมาใช้หาความรู้ใหม่เกี่ยวกับด้านความร้อน รวมทั้งความพยายามที่จะพัฒนาเครื่องจักรความร้อนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้มีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับความร้อนและพฤติกรรมของแก๊สที่ได้รับพลังงานความร้อนเพิ่มมากขึ้น เกิดการสร้างแนวคิดเกี่ยวกับความร้อนแฝงและความจุความร้อนเพื่อคำนวณหาปริมาณความร้อน รวมทั้งการทดลองเกี่ยวกับแก๊สในภาชนะปิด ซึ่งจากการค้นพบของนักฟิสิกส์ต่าง ๆ เช่น บอยล์ (Boyle) ชาร์ล (Charles) และเกย์-ลุสแซก (Gay-Lussac) ทำให้ได้กฎของแก๊สอุดมคติที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความดัน ปริมาตร อุณหภูมิ และจำนวนโมเลกุลของแก๊สอุดมคติได้ ส่วนความเชื่อในอดีตที่ว่า ความร้อนเป็นของไหล ได้มีการเปลี่ยนแปลงหลังจากการทดลองของทอมป์สัน (Benjamin Thompson) และสรุปได้ว่า ความร้อนเป็นพลังงาน พัฒนาไปสู่แนวคิดอุณหภูมิตามสัมบูรณ์ที่เสนอโดยเคลวิน (Kelvin) และกฎอุณหพลศาสตร์ เป็นพื้นฐานนำไปอธิบายหลักการและแนวคิดต่าง ๆ ทางความร้อน เช่น ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลของแก๊ส

ด้านไฟฟ้าและแม่เหล็ก ในอดีตนั้น การศึกษาเรื่องไฟฟ้าและแม่เหล็กถือเป็นเรื่องที่ไม่เกี่ยวข้องกัน จนกระทั่ง โวลตา (Volta) สามารถประดิษฐ์แบตเตอรี่ใช้เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสได้สำเร็จ ทำให้เออร์สเตด (Oersted) นำไปใช้ในการทดลองและค้นพบโดยบังเอิญว่า เข็มทิศเกิดการเบนไปจากเดิมขณะ



ความรู้เพิ่มเติม

กาลิเลโอ กาลิเลอี
(Galileo Galilei)
ค.ศ. 1564 - 1642
หรือ พ.ศ. 2107



- 2185) ชาวอิตาลี รูป กาลิเลโอ กาลิเลอี ผู้เสนอแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการสังเกต การทดลอง และการพิสูจน์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ส่งผลต่อการพัฒนาความรู้แขนงต่าง ๆ ทั้งทางด้านฟิสิกส์และดาราศาสตร์ เช่น การค้นพบว่าวัตถุที่ตกแบบเสรีจากระดับความสูงเดียวกันจะตกถึงพื้นพร้อมกันโดยไม่ขึ้นกับมวลของวัตถุ หรือการประดิษฐ์กล้องโทรทรรศน์เพื่อส่องดูวัตถุบนท้องฟ้า พบดวงจันทร์ของดาวพฤหัสบดีจำนวน 4 ดวง นำมาสู่แนวคิดที่ว่าโลกไม่ใช่ศูนย์กลางของจักรวาล แต่โลกและดาวเคราะห์อื่น ๆ ต่างโคจรรอบดวงอาทิตย์

อยู่ใกล้เส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้า เป็นการพบวิธีใช้กระแสไฟฟ้าทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก ชักนำให้ฟาราเดย์ (Faraday) เกิดความคิดหาวิธีทดลองการใช้สนามแม่เหล็กทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า สร้างความรู้ใหม่เกี่ยวกับการเกิดอีเอ็มเอฟเหนี่ยวนำจากการทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กเปลี่ยนแปลงผ่านขดลวด ซึ่งต่อมาความรู้นี้ได้รับการยอมรับให้เป็นกฎ เรียกว่า กฎการเหนี่ยวนำของฟาราเดย์ นอกจากนี้ ยังได้มีการทดลองอีกมากมายที่ยืนยันความสัมพันธ์ระหว่างไฟฟ้าและแม่เหล็ก เกิดความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้าและแม่เหล็กเพิ่มมากขึ้นเป็นพื้นฐานให้แมกซ์เวลล์ได้นำมาใช้ในการสร้างสมการของแมกซ์เวลล์ที่อธิบายการเกิดสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้ารวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้า ซึ่งใช้ในการแสดงในเชิงทฤษฎีว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ถือว่าเป็นการรวมกันของความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้า แม่เหล็ก และแสง นำไปสู่แนวคิดเกี่ยวกับแรงพื้นฐานในธรรมชาติอีกหนึ่งแรง คือ **แรงแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic force)**

ปัจจุบัน นักฟิสิกส์ได้พัฒนาความรู้โดยต่อยอดจากความรู้เดิมไปไกลมากจนยากที่จะจินตนาการได้ เช่น การคิดค้นสมการเพื่ออธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุที่มีความเร็วมาก ๆ ใกล้เคียงความเร็วแสง ซึ่งจะทำให้วัตถุนั้นมีขนาดที่แตกต่างจากในขณะอยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วค่อย ๆ การสร้างเครื่องเร่งอนุภาคพลังงานสูงเพื่อศึกษาผลที่เกิดจากการชนกันของอนุภาคและหาคำตอบว่า ภายในอนุภาคมีส่วนประกอบของอะไรบ้าง เป็นที่มาของการค้นพบว่าภายในโปรตอนและนิวตรอนประกอบด้วยอนุภาคมูลฐานคือ ควาร์ก และยังมี การค้นพบอนุภาคมูลฐานอื่น ๆ อีก เช่น มิวออน นิวตริโน และฮิกส์โบซอน รวมทั้งค้นพบคลื่นความโน้มถ่วง นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนาทฤษฎีเกี่ยวกับอันตรกิริยาระหว่างอนุภาคจนพบว่า มีแรงพื้นฐานในธรรมชาติที่ใช้อธิบายการรวมหรือการสลายของอนุภาคในนิวเคลียสอีก 2 แรง ได้แก่ **แรงเข้ม (strong force)** และ **แรงอ่อน (weak force)**

การค้นพบและการพัฒนาความรู้ใหม่ ๆ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นมีผลต่อการแสวงหาความรู้ใหม่ ๆ เพื่อตอบคำถามที่ในอดีตและปัจจุบันยังไม่สามารถให้คำตอบได้ การพัฒนาการทางฟิสิกส์มีผลต่อการแสวงหาความรู้ใหม่และการพัฒนาทางเทคโนโลยีอย่างไร จะได้กล่าวในหัวข้อต่อไป

1.1.3. ผลของพัฒนาการทางฟิสิกส์ที่มีต่อการแสวงหาความรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี

พัฒนาการทางฟิสิกส์ นอกจากมีผลต่อการแสวงหาความรู้ใหม่ทางฟิสิกส์ ยังมีผลต่อการแสวงหาความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยี ดังตัวอย่างต่อไปนี้

เคมี ส่วนหนึ่งของความรู้เคมีเกี่ยวกับโครงสร้างอะตอม พันธะเคมี อาศัยพื้นฐานจากฟิสิกส์อะตอมและฟิสิกส์นิวเคลียร์ นอกจากนี้เทคนิคและเครื่องมือต่าง ๆ ที่พัฒนาความรู้ทางฟิสิกส์ยังนำมาใช้ศึกษาทางเคมีด้วย เช่น การใช้รังสีเอกซ์หาเลขอะตอมของธาตุ การใช้แมสสเปกโตรกราฟีหาไอโซโทปของธาตุ การใช้สเปกโตรมิเตอร์วิเคราะห์ธาตุ รวมทั้งใช้ความรู้ทางฟิสิกส์สร้างเครื่องวัดความนำไฟฟ้าของสารละลาย เครื่องวัดความเป็นกรด-เบส เป็นต้น

ชีววิทยา ส่วนหนึ่งของความรู้ชีววิทยา อาศัยความรู้ฟิสิกส์ในการศึกษา เช่น ปรากฏการณ์การเคลื่อนย้ายประจุในระดับเซลล์ การถ่ายโอนพลังงาน การลำเลียงน้ำในต้นไม้ การสังเคราะห์ด้วยแสง ในส่วนของเครื่องมือมีการใช้ความรู้ทางฟิสิกส์สร้างเครื่องมือต่าง ๆ เพื่อใช้ศึกษาในทางชีววิทยา เช่น

กล้องจุลทรรศน์ ทั้งกรณีกล้องจุลทรรศน์แสง และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน เครื่องควบคุมแสงสว่าง เครื่องควบคุมอุณหภูมิ เป็นต้น

เทคโนโลยีด้านพลังงาน เริ่มจากใช้ความรู้ฟิสิกส์สาขากลศาสตร์และความร้อน ปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรไอน้ำ พัฒนาการสู่การประดิษฐ์เครื่องจักรสันดาปภายใน พัฒนาต่อมาเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องยนต์ดีเซล เครื่องจักรกังหันไอน้ำ พื้นฐานการใช้ความรู้ฟิสิกส์สาขาไฟฟ้าและแม่เหล็ก นำไปสู่การประดิษฐ์เครื่องกำเนิดไฟฟ้า รวมทั้งสิ่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตหรือการใช้พลังงานไฟฟ้าในลักษณะต่าง ๆ ตามมามากมาย การใช้ความรู้ฟิสิกส์เป็นพื้นฐานในการสร้างอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานต่าง ๆ อย่างที่ปรากฏในปัจจุบัน เช่น กังหันน้ำและกังหันลมที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เซลล์เชื้อเพลิง เซลล์สุริยะ และเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ เป็นต้น

เทคโนโลยีด้านสื่อสารโทรคมนาคม มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นเป็นลำดับโดยเริ่มจากการใช้ความรู้ฟิสิกส์สาขาไฟฟ้าแม่เหล็กประดิษฐ์อุปกรณ์สื่อสารระบบโทรเลข ใช้รับส่งข่าวสารในรูปของสัญญาณไฟฟ้าผ่านเส้นลวด ต่อมาพัฒนาเป็นโทรศัพท์ซึ่งมีพื้นฐานมาจากความรู้ฟิสิกส์เกี่ยวกับการเกิดเสียงและการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้าทำให้เกิดการส่งสัญญาณเสียงไปตามสายโทรศัพท์ หลังจากมีการสร้างอุปกรณ์ส่งและรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้สำเร็จ จึงได้มีการประดิษฐ์และพัฒนาเครื่องมือสื่อสารในรูปคลื่นวิทยุ ทำให้เกิดการค้นพบความรู้ใหม่ทางฟิสิกส์เพิ่มขึ้นจนแยกได้เป็นอีกสาขาหนึ่งได้แก่ อิเล็กทรอนิกส์ ความรู้จากฟิสิกส์สาขานี้ ได้ใช้เป็นพื้นฐานในการประดิษฐ์ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์หลายชนิด เช่น หลอดสุญญากาศ สารกึ่งตัวนำ ทรานซิสเตอร์ ไอซี ไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งนำไปใช้ในการสร้างอุปกรณ์สื่อสารที่สามารถส่งสัญญาณเสียงและภาพไปพร้อมกับสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น โทรศัพท์ไร้สาย โทรทัศน์ นอกจากนี้ความรู้ทางอิเล็กทรอนิกส์ยังนำไปใช้ในการสร้างและพัฒนาเครื่องวัดและเครื่องควบคุมต่าง ๆ รวมทั้งคอมพิวเตอร์และหุ่นยนต์

จากตัวอย่างดังที่ได้กล่าวมาจะเห็นได้ว่า พัฒนาการของหลักการและแนวคิดทางฟิสิกส์มีผลต่อการแสวงหาความรู้ใหม่และการพัฒนาเทคโนโลยี และจากการศึกษาในหัวข้อ 1.1.2 เราได้ทราบแล้วว่า พัฒนาการของหลักการและแนวคิดฟิสิกส์เกี่ยวข้องกับการทดลอง รวมทั้งกระบวนการวัดด้วยเครื่องมือหรือเครื่องวัดต่าง ๆ ซึ่งในปัจจุบันมีความก้าวหน้าถึงระดับนำคอมพิวเตอร์มาใช้ประกอบกับเครื่องวัดและเครื่องควบคุมต่าง ๆ ในการค้นคว้าหาความรู้ทางฟิสิกส์ นั่นคือ ฟิสิกส์ยังมีการพัฒนาต่อไปควบคู่กับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี



ชวนคิด

ในปัจจุบัน นักฟิสิกส์เชื่อว่า แรงพื้นฐานในธรรมชาติ เป็นแรงที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติได้ มีทั้งหมดกี่แรง ประกอบด้วยแรงอะไรบ้าง



คำถามตรวจสอบความเข้าใจ 1.1

1. มนุษย์พัฒนาความรู้ของตนเองด้วยวิธีการใดเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติได้
2. เราสามารถนำความรู้ทางฟิสิกส์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันอย่างไรบ้าง
3. ความรู้ทางฟิสิกส์ก่อให้เกิดการพัฒนาทางเทคโนโลยีด้านใดบ้าง

1.2 การวัดและการบันทึกผลการวัดปริมาณทางฟิสิกส์

ปริมาณทางฟิสิกส์เป็นปริมาณที่สามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือโดยตรงหรือโดยอ้อม เป็นปริมาณที่มีความหมายเฉพาะเจาะจงอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น ปริมาตร มวล น้ำหนัก แรง ความเร็ว ความดัน กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ อุณหภูมิ เป็นต้น ปริมาณเหล่านี้นอกจากจะมีการระบุตัวเลขเพื่อบอกปริมาณแล้วยังจำเป็นที่จะต้องบอกหน่วยกำกับจึงจะมีความหมายชัดเจน เช่น ปริมาตร นอกจากจะระบุในหน่วยลูกบาศก์เซนติเมตร ลูกบาศก์เมตร หรือลูกบาศก์ฟุต ยังสามารถใช้หน่วย ลิตร ถึง หรือแกลลอน อีกด้วย เพื่อให้การใช้หน่วยเป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วโลกโดยเฉพาะในวงการวิทยาศาสตร์ จึงมีการกำหนดระบบหน่วยมาตรฐานที่เรียกว่า **ระบบหน่วยระหว่างชาติ (The International System of Units)** หรือ **ระบบเอสไอ (SI)** ให้ทุกประเทศใช้เป็นมาตรฐาน



ความรู้เพิ่มเติม

SI เป็นตัวย่อของ Le Système international d'unités ซึ่งเป็นภาษาฝรั่งเศส



1.2.1 ระบบหน่วยระหว่างชาติ

ระบบเอสไอประกอบด้วยหน่วยฐาน (base units) และหน่วยอนุพัทธ์ (derived units) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

หน่วยฐาน

หน่วยฐานเป็นหน่วยที่ถูกกำหนดขึ้นมาเป็นหน่วยหลักในการใช้วัดปริมาณฐาน มีทั้งหมด 7 หน่วย ดังตาราง 1.1

ตาราง 1.1 ชื่อและสัญลักษณ์ของหน่วยฐาน

ปริมาณฐาน (base quantities)	ชื่อหน่วย (units)	สัญลักษณ์ (symbol)
length ความยาว	meter เมตร	m
mass มวล	kilogram กิโลกรัม	kg
time เวลา	second วินาที	s
electric current กระแสไฟฟ้า	ampere แอมแปร์	A
thermodynamic temperature อุณหภูมิอุณหพลวัต	kelvin เคลวิน	K
amount of substance ปริมาณของสาร	mole โมล	mol
luminous intensity ความเข้มของการส่องสว่าง	candela แคนเดลา	cd