การสร้างเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นายธณพจน์ เนมีย์

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาหลักสูตรและการสอน สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2560

The Construction of an Instructional Material in Physics Course on the Topic of Work, Energy and Power for Mathayom Suksa IV Students

Mr. Tanapoj Nemee

An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Education in Curriculum and Instruction
School of Educational Studies
Sukhothai Thammathirat Open University
2017

หัวข้อการศึกษาค้นคว้าอิสระ	การสร้างเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ชื่อและนามสกุล	นายธณพจน์ เนมีย์
แขนงวิชา	หลักสูตรและการสอน
สาขาวิชา	ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 27 สิงหาคม 2561

คณะกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าอิสระ

.... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์)

.... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ชำนาญ เชาวกีรติพงศ์)

....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีวัฒน์ วัฒนกุลเจริญ)
ประธานกรรมการประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์

ชื่อการศึกษาค้นคว้าอิสระ การสร้างเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้ศึกษา นายธณพจน์ เนมีย์ **รหัสนักศึกษา** 2542102005 **ปริญญา** ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (หลักสูตรและการสอน) **อาจารย์ที่ปรึกษา** รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ลักษณะของเอกสารประกอบการสอนที่สร้างขึ้นเป็นเอกสารทางวิชาการมีเนื้อหา 3 ตอน และมีกิจกรรมท้ายบท โดยมีขอบเขตเนื้อหาความรู้เรื่องงาน พลังงานและกำลัง ดำเนินการสร้างโดยรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากเอกสารต่างๆทางวิชาการด้านฟิสิกส์ วิเคราะห์เนื้อหาที่นำมาใช้ในการเขียน จัดทำเอกสารประกอบการสอน และตรวจสอบคุณภาพของเอกสารประกอบการสอนด้านเนื้อหาโดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา 3 ท่าน และด้านลักษณะของเอกสารประกอบการสอน โดยผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านสื่อการสอน 3 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน ได้แก่ แบบประเมินเอกสารประกอบการสอนด้านเนื้อหา และแบบประเมินเอกสารประกอบการสอนด้านลักษณะของเอกสารการสอน การวิเคราะห์ข้อมูลใช้ความถี่และฐานนิยม

ผลการศึกษาปรากฏว่า เอกสารประกอบการสอนวิชาฟิสิกส์ ประกอบด้วย เนื้อหา 3 ตอน คือ งาน พลังงาน และกำลัง แต่ละตอนมีกิจกรรมท้ายบทเพื่อทบทวนและตรวจสอบความรู้ของผู้เรียน ผลการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่า คุณภาพของเนื้อหาในเอกสารประกอบการสอนวิชาฟิสิกส์ ทุกตอนอยู่ในระดับดี และคุณภาพด้านลักษณะของเอกสารประกอบการสอนอยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านลักษณะรูปเล่ม ด้านภาพประกอบ และด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดี ยกเว้นด้านการใช้ภาษา อยู่ในระดับพอใช้

คำสำคัญ เอกสารประกอบการสอน ฟิสิกส์ งาน พลังงาน กำลัง มัธยมศึกษา

Independent Study title: The Construction of an Instructional Material in Physics Course on the Topic of Work, Energy and Power for Mathayom Suksa IV Students
Author: Mr. Tanapoj Nemee; **ID:** 2542102005;
Degree: Master of Education (Curriculum and Instruction);
Independent Study advisor: Dr. Tweesak Chindanurak, Associate Professor;
Academic year: 2017

Abstract

The purpose of this study was to construct an instructional material in the Physics Course on the topic of Work, Energy and Power for Mathayom Suksa IV students.

The constructed instructional material was characterized as an academic document. It comprised three sections each of which containing end-of-lesson activities. Its scope included the knowledge contents on Work, Energy and Power. The construction activities included the collection of relevant information from academic documents related to physics, the analysis of contents to be used in writing the document, the construction of the document, and then the submission of the constructed document to three experts on contents and three experts on instructional media for quality verification. The employed evaluation instruments were an evaluation form for the contents of the document, and an evaluation form for the characteristics of the document. Data were analyzed using the frequency and mode.

The results were as follows: The constructed instructional material in the Physics Course comprised three sections of contents, namely, Work, Energy, and Power. Each section contained end-of-lesson activities in order to review and check knowledge of the learners. Results of quality evaluation of the constructed instructional materials by the experts showed that quality of the content in every section was at the good level and quality of characteristics of the instructional material was also at the good level. When specific aspects of the document were considered, it was found that the format, the illustrations, and the contents were at the good level, excepting the use of language aspect, which was found to be at the fair level.

Keywords: Instructional Material, Physics, Work, Energy, Power, Mathayom Suksa

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าอิสระสำเร็จได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์จรินทร์ เทศวานิช รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช รองศาสตราจารย์ ดร. ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา/ประธานกรรมการสอบ รองศาสตราจารย์ชำนาญ เชาวกีรติพงศ์ กรรมการสอบ ที่ได้ให้ความกรุณาให้คำแนะนำและติดตามการทำครั้งนี้อย่างใกล้ชิดตลอดมา นับตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ ผู้ศึกษารู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง

ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ พลอากาศตรีหญิง ทิพย์วิมล ทองอ่อน นายกฤตณ์ชนนท์ สวัสดิ์พานิช นางสาวกนิษฐา คุ้มวณิชย์ นางนิภา ณ ระนอง นางจิตตานันท์ มิตรธรรมพิทักษ์ นายสัตยา มาเกิด คณะครูโรงเรียนราชินีบน ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำด้านเนื้อหา เสียสละเวลาตรวจสอบคุณภาพของเอกสารประกอบการสอน และขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการโรงเรียนราชินีบน และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้อำนวยความสะดวก

นอกจากนี้ ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณ คณาจารย์สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เพื่อนนักศึกษา และผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการศึกษาค้นคว้าอิสระครั้งนี้ทุกท่านที่ได้กรุณาให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดมา

ธณพจน์ เนมีย์
กุมภาพันธ์ 2561

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย .... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .... จ
กิตติกรรมประกาศ .... ฉ
สารบัญตาราง .... ฌ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 3
ขอบเขตของการสร้างเอกสารประกอบการสอน 3
นิยามศัพท์เฉพาะ 3
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 4
เอกสารประกอบการสอน 4
เอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 11
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเอกสารประกอบการสอน 47
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 49
กลุ่มตัวอย่าง 49
วิธีดำเนินการสร้างเอกสารประกอบการสอน 49
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา 51
การดำเนินการศึกษา 53
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 54
การประเมินเนื้อหาในเอกสารประกอบการสอน รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 54
การประเมินด้านลักษณะของเอกสารประกอบการสอน รายวิชาฟิสิกส์
เรื่อง งานพลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 55
บทที่ 5 สรุปการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 58
สรุปการศึกษา 58
อภิปรายผล 59
ข้อเสนอแนะ 59
บรรณานุกรม 61

สารบัญ (ต่อ)

หน้า
ภาคผนวก 65
ก รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ 66
ข แบบประเมินเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลังสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 68
ค เอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 71
ประวัติผู้ศึกษา 105

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดเอกสารประกอบการสอนเรื่อง งาน พลังงานและกำลัง 50
ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินเนื้อหาในเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง 54
ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินลักษณะของเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงาน พลังงานและกำลัง 55

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาเป็นเครื่องมือสำคัญในการพัฒนามนุษย์และสังคม ดังนั้นหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 จึงมุ่งเน้นพัฒนาความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ และบูรณาการตามความเหมาะสมในแต่ละระดับของการศึกษา ให้ผู้เรียนมีทักษะ ความรู้ความสามารถที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกายและจิตใจ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทย และพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษา ต่อการประกอบอาชีพ โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 4) ในการจัดการศึกษาให้เป็นไปตามเจตนารมณ์แห่งพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553 ผู้ที่รับผิดชอบจะต้องวิเคราะห์บทบัญญัติในพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ แนวการจัดการศึกษา มาตรา 22 ระบุว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้

กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ และมาตรา 23 ระบุว่า การจัดการศึกษาทั้งการศึกษาในระบบ การศึกษานอกระบบ และการศึกษาตามอัธยาศัย ต้องเน้นความสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้ และบูรณาการตามความเหมาะสมของแต่ละระดับ (สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา, 2558, น. 12-13)

ทั้งนี้หลักสูตรการสอนฟิสิกส์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดความเหมาะสมต่อการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และรูปแบบการเรียนการสอน ตามหลักสูตร การศึกษาแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้จัดให้วิชาฟิสิกส์อยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จัดการเรียนการสอนในชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมุ่ง เน้นให้ผู้เรียน มีความเข้าใจ และสามารถอธิบายปรากฏการณ์พื้นฐานทางธรรมชาติ ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน โดยกำหนดคุณสมบัติของผู้ที่เรียนวิทยาศาสตร์เมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้ผู้เรียนสามารถวางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถามวิเคราะห์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์หรือสร้างแบบจำลองจากผลหรือความรู้ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ แล้วผู้เรียนแสดงถึงความพอใจ ซาบซึ้งในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้ วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่มีเนื้อหามาก และทำความเข้าใจยาก เนื่องจากการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ จะเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบหลายๆ ส่วน และแต่ละส่วนจะมีความสัมพันธ์กันและความสัมพันธ์นี้จะเขียนอยู่ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์ เพื่อยืนยันความถูกต้องของทฤษฎีจึงทำให้วิชาฟิสิกส์มีความซับซ้อน แต่สามารถเข้าใจได้ โดยอาศัยความละเอียดรอบคอบในการพิจารณาปัญหา ดังนั้น วิชาฟิสิกส์จะเป็นการฝึกทักษะการคิด ความจำ การวิเคราะห์ และการสังเคราะห์ ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ในการแก้ไขปัญหาหลายๆ รูปแบบ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) 2546, น. 9)

แม้ว่าวิชาฟิสิกส์จะเป็นวิชาที่มีความสำคัญมากซึ่งนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีความประสงค์จะเรียนในระดับอุดมศึกษา ในหลายสาขาวิชาจะต้องผ่านการสอบคัดเลือกวิชานี้ แต่นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนวิชาฟิสิกส์เท่าใดนัก (อุทัย แข็งกลาง, 2547, น. 5) เนื่องจากการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ จะเกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งเกี่ยวข้องกับการแก้สมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนมักจะประสบปัญหาการวิเคราะห์โจทย์ ไม่เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่โจทย์กำหนดให้ ทำให้ผู้เรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ หรือผู้เรียนสามารถท่องจำสมการความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ได้ แต่ผู้เรียนไม่รู้ว่าโจทย์ปัญหาแบบไหน ต้องใช้สมการใดในการแก้ปัญหา หรือไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์ได้ ทำให้เป็นอุปสรรคอย่างยิ่งในการเรียนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป้าหมายสูงสุดของการเรียนวิชาฟิสิกส์ในระดับมัธยมศึกษา คือ ผู้เรียนสามารถ แก้โจทย์ปัญหาได้ สามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติพื้นฐานที่พบในชีวิตประจำวัน และนำประสบการณ์การแก้ปัญหาที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน และจากรายงานผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐานในวิชาฟิสิกส์ที่ผ่านมาพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างต่ำ ฟิสิกส์ เข้าสอบ 104,922 คน คะแนนเฉลี่ย 22.90 ถึงแม้ว่าจะมีนักเรียนได้คะแนนสูงสุด 100.00 แต่ก็มีนักเรียนได้คะแนนต่ำสุด 0.00 เช่นกัน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2559, น. 17)

จากสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนดังที่กล่าวมาอาจส่งผลกระทบต่อการพัฒนาประเทศทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะหาวิธีปฏิบัติเกี่ยวกับระบบการเรียนการสอน ซึ่งการศึกษาควรเน้นกระบวนการเรียนการสอนมากกว่าการวัดผลสุดท้ายเพราะการศึกษาเป็นการพัฒนาที่ต้องทำอย่างต่อเนื่องและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตนเองได้ตลอดเวลา ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนเพื่อเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะ ในการเรียนวิชาฟิสิกส์ จะต้องอาศัยวิธีการและรูปแบบการเรียนการสอนที่เหมาะสม เพื่อเป็นการสร้างความเข้าใจกระบวนการของการแก้โจทย์ปัญหาเนื่องจากการแก้โจทย์ปัญหาเป็นทักษะระดับสูงต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจ ตลอดจนทักษะทางคณิตศาสตร์หลายอย่างด้วยกัน การฝึกการแก้โจทย์ปัญหาทำได้โดยการฝึกฝนการให้กระทำที่ซ้ำๆ เป็นขั้นตอน การใช้สื่อการเรียนการสอนที่มีความหลากหลายผู้วิจัยซึ่งเป็นครูผู้สอนรายวิชาฟิสิกส์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากประสบการณ์การสอน พบว่าสาระการเรียนรู้ที่เป็นปัญหาในด้านการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและการเรียนรู้ของผู้เรียน คือ เรื่องงาน พลังงานและกำลัง ซึ่งเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากและเป็นพื้นฐานในการศึกษาเรื่องอื่นๆ ดังนั้นหากผู้เรียนไม่เข้าใจเรื่องพลังงานและกำลังอย่างถ่องแท้ก็จะเป็นผลต่อการเรียนรู้ในระดับชั้นต่อไป

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงาน พลังงานและกำลัง ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการสร้างเอกสารประกอบการสอน เพื่อพัฒนาหลักสูตรเสริมทักษะการเรียนวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความรู้พื้นฐานในการเรียนวิชาฟิสิกส์ พัฒนาผู้เรียนและแก้ไขปัญหาการเรียนรู้ของผู้เรียน และเป็นการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามมาตรฐานและตัวชี้วัดในการเรียนในรายวิชาฟิสิกส์ ซึ่งผลการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางให้ครูและผู้เกี่ยวข้องด้านการศึกษาได้พัฒนากระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาฟิสิกส์สูงขึ้น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อสร้างเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์เรื่องงาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3. ขอบเขตของการสร้างเอกสารประกอบการสอน

เอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์เรื่องงาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วย เนื้อหาเรื่อง งาน พลังงาน และกำลัง เมื่อจบเนื้อหาจะมีตัวอย่างโจทย์ปัญหา คำถามและแบบฝึกหัดให้นักเรียนได้ปฏิบัติเพื่อให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

4. นิยามศัพท์เฉพาะ

เอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์เรื่องงาน พลังงานและกำลัง หมายถึง เอกสารที่สร้างขึ้นประกอบด้วยส่วนที่เป็นเนื้อหาได้แก่ งาน พลังงาน และกำลัง ตัวอย่างโจทย์ปัญหา คำถามและแบบฝึกหัดท้ายเล่ม

5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

5.1 ได้เป็นเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์เรื่องงาน พลังงานและกำลัง ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นคู่มือครู เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาฟิสิกส์ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

5.2 ใช้เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนและผู้ที่สนใจได้ศึกษาค้นคว้าวิชาฟิสิกส์ เพื่อนำไปเผยแพร่แก่นักวิชาการศึกษา เยาวชน เพื่อส่งผลต่อการพัฒนาเอกสารประกอบการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่นๆ ต่อไป

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการสร้างเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้ศึกษาได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามรายละเอียดต่อไปนี้

1. เอกสารประกอบการสอน

การศึกษาเกี่ยวกับเอกสารประกอบการสอน ได้ศึกษาความหมายเอกสารประกอบการสอน ส่วนประกอบของเอกสารประกอบการสอน ขั้นตอนการสร้างเอกสารประกอบการสอน ข้อควรพิจารณาในการสร้างเอกสารประกอบการสอน แนวทางการเขียนเอกสารประกอบการสอน และประโยชน์ของเอกสารประกอบการสอน มีรายละเอียดดังนี้

1.1 ความหมายเอกสารประกอบการสอน

จากการศึกษาเอกสารต่างๆ ได้มีนักการศึกษาให้ความหมายของคำว่า เอกสารประกอบการสอน ไว้ดังนี้

โศภน รัตนะ (2556, น. 11) กล่าวว่าเอกสารประกอบการสอน หมายถึง สื่อนวัตกรรมประเภทเอกสารสิ่งพิมพ์ที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการสอนของครูหรือประกอบการเรียนของนักเรียนที่ใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งตามหลักสูตร เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเรียนด้วยตนเอง ใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของครูและนักเรียนให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

สุจิตร ทรงคาศรี (2554, น. 31-35) ให้ความหมายของเอกสารประกอบการสอนว่า หมายถึง หนังสือที่จัดทำเพื่อให้เด็กอ่าน อ่านแล้วได้ทั้งความรู้และความสนุกสนานเพลิดเพลิน เป็นเอกสารที่มีเนื้อหา วัตถุประสงค์และแก่นเรื่องย่ออย่างชัดเจน มีความยากง่ายเหมาะกับระดับชั้น วัย ความสนใจ ภูมิหลังของผู้เรียน มีเนื้อหาสนุก รูปแบบการเขียนเนื้อหามีหลายแบบด้วยกัน ได้แก่ นิทาน นิทานพื้นบ้าน เรื่องสั้น สารคดี บทความ บันทึกเรื่อง ความเรียง สำนวนภาษาที่ใช้จะใช้ภาษาง่ายๆ ถูกต้อง เหมาะสมและรูปเล่มควรมีขนาดกะทัดรัด ไม่ใหญ่หรือกว้างหรือยาวหรือเล็กมาก เพราะเด็กจะถือหนังสืออ่านไม่สะดวก

ประภาพรรณ เส็งวงศ์ (2550, น. 42) กล่าวว่าเอกสารประกอบการเรียน หมายถึง เอกสารที่บอกวิธีการแก้ปัญหาการจัดการเรียนการสอนเฉพาะเรื่องหรือจุดประสงค์การเรียนรู้ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้เพื่อให้ครูหรือผู้เรียนใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งตามหลักสูตรซึ่งจะต้องมีหัวข้อและเนื้อหาครอบคลุมและครบถ้วนตามรายละเอียดของกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรไม่น้อยกว่า 1 หน่วยการเรียน/รายวิชา

สุวิทย์ มูลคำ และ สุนันทา สุนทรประเสริฐ (2550, น. 41) ได้ให้ความหมายของเอกสารประกอบการเรียน หมายถึง เอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการสอนของครูหรือประกอบการเรียนของ

นักเรียนในวิชาใดวิชาหนึ่ง ควรมีหัวข้อเรื่อง จุดประสงค์ เนื้อหาสาระและกิจกรรม เพื่อจะส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ตามที่หลักสูตรกำหนด

สุชาติ ศิริสุขไพบูลย์ (2550, น. 6) ได้ให้ความหมายของเอกสารประกอบการเรียนไว้ หมายถึง เอกสารที่ผู้สอนจัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนรู้ของผู้เรียน เป็นลักษณะเอกสารที่จัดทำเป็นรูปเล่มมีเนื้อหาสาระที่ครอบคลุมครบถ้วนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ มีคำอธิบายถึงรายละเอียดของเนื้อหาที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ และมีรูปภาพประกอบตามคำบรรยายอย่างเหมาะสม เนื้อหามีการแยกย่อยและเรียงตามลำดับขั้นตอนอย่างต่อเนื่องกัน สาระถูกต้อง รูปแบบการพิมพ์ที่ดีมีความชัดเจน และเป็นสาระที่เขียนขึ้นด้วยความรู้ของผู้สอนเอง ไม่ได้ลอกของผู้อื่นมา

สนม ครุฑเมือง (2549, น. 90) กล่าวว่า เอกสารประกอบการสอนเป็นเอกสารหรือสื่อที่สร้างและเขียนเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชาใดวิชาหนึ่งตามหลักสูตรของสถาบันการศึกษา โดยศึกษาความมุ่งหมายและเนื้อหาสาระของหลักสูตร เพื่อนำมาจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้อย่างสอดคล้องกับสภาพการสอนจริง เอกสารประกอบการสอนต้องมีเนื้อหาสาระที่ถูกต้อง มีข้อมูลอ้างอิง มีระบบขั้นตอนในการเรียน การจัดทำรูปเล่มอาจตีพิมพ์หรือถ่ายสำเนาเย็บเล่มก็ได้

พันทิพา ปัจจังคะตา (2549, น. 13) เอกสารประกอบการสอน หมายถึง เอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการสอนของครูหรือประกอบการเรียนของนักเรียนในวิชาใดวิชาหนึ่ง ควรมีหัวข้อเรื่อง จุดประสงค์เนื้อหาสาระและกิจกรรมเพื่อจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามที่หลักสูตรกำหนด

สรุปได้ว่า เอกสารประกอบการเรียนการสอน หมายถึง สื่อเอกสารหรืออุปกรณ์ที่ผู้สอนใช้ประกอบการสอนวิชาใดวิชาหนึ่งต้องมีเนื้อหาสาระที่ถูกต้อง มีข้อมูลอ้างอิง มีระบบขั้นตอนในการเรียนสำหรับให้ผู้เรียนได้ศึกษาเพิ่มเติม เช่น สรุปสาระของเนื้อหาวิชาพร้อมทั้งแบบฝึกหัดควรมีหัวเรื่อง จุดประสงค์ เนื้อหา สาระและกิจกรรม เพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดการเรียนรู้ครอบคลุมตามรายละเอียดของวิชาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

1.2 ส่วนประกอบของเอกสารประกอบการสอน

จากการศึกษาส่วนประกอบของเอกสารประกอบการสอนไว้ดังนี้

สุวิทย์ มูลคำ และ สุนันทา สุนทรประเสริฐ (2550, น. 42) ได้เสนอแนะถึงเอกสารประกอบการสอนว่าไม่มีรูปแบบที่จำเพาะเจาะจง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้ผลิตที่จะคำนึงถึงลักษณะการนำไปใช้และกลุ่มผู้เรียนเป็นสำคัญ และได้นำเสนอส่วนประกอบของเอกสารประกอบการสอนมีดังนี้

1. ส่วนปก ควรมีส่วนประกอบ ดังนี้
    1.1 ปกนอก
    1.2 ปกใน
    1.3 คำนำ
    1.4 สารบัญ
    1.5 คำชี้แจง หรือคำแนะนำในการใช้
    1.6 จุดประสงค์หลัก
2. ส่วนเนื้อหา อาจแบ่งเป็นเรื่องย่อย หรือเป็นตอนตามลักษณะของเนื้อหา มีส่วนประกอบดังนี้
    2.1 ชื่อบท หรือชื่อหน่วย หรือชื่อเรื่อง

2.2 หัวข้อเรื่องย่อย

2.3 จุดประสงค์การเรียนรู้

2.4 กิจกรรมหลัก

2.5 เนื้อหาโดยละเอียด หรือใบความรู้

2.6 กิจกรรมฝึกปฏิบัติ หรือแบบฝึก หรือใบงาน

2.7 บทสรุป (ถ้ามี)

ควรมีข้อทดสอบก่อนและหลังการเรียน ใช้วัดและประเมินผลการเรียนเพื่อทราบผลการพัฒนาของผู้เรียนด้วย

3. ส่วนอ้างอิง อาจอยู่ส่วนท้ายของเนื้อหาในแต่ละตอน หรืออยู่ท้ายเล่มเอกสาร ควรมีส่วนประกอบดังนี้

3.1 เอกสารอ้างอิงประจำบท หรือบรรณานุกรม

3.2 ภาคผนวก (ถ้ามี) เช่น เฉลยแบบฝึกปฏิบัติ

ประภาพรรณ เส็งวงศ์ (2550, น. 42) ได้กล่าวไว้ว่า ส่วนประกอบของเอกสารประกอบการสอนควรประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้

1. ความสำคัญและการเกิดปัญหาการจัดการเรียนการสอน
2. จุดมุ่งหมายในการแก้ปัญหา
3. เนื้อหา
4. วิธีดำเนินการ กิจกรรมและวิธีสอน
5. การวัดผลและประเมินผล

สนม ครุฑเมือง (2549, น. 90) สรุปได้ว่า ส่วนลักษณะของเอกสารประกอบการสอนนั้นมีลักษณะเหมือนกับผลงานวิชาการอื่นๆ ทั้งส่วนประกอบของเอกสาร การใช้ภาษา ความถูกต้องของเนื้อหาสาระ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การอ้างอิง และการพิมพ์เผยแพร่ เป็นต้น ผู้เขียนเอกสารประกอบการสอนต้องศึกษาเนื้อหาสาระของคำอธิบายรายวิชาให้ละเอียดในทุกๆ ประเด็นส่วนประกอบของเอกสารประกอบการเรียนการสอน มีดังนี้

1. ส่วนนำ ควรมีส่วนประกอบ ดังนี้

1.1 ปกนอก

1.2 ปกใน

1.3 คำนำ

1.4 สารบัญ

1.5 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.6 คำแนะนำการใช้เอกสารประกอบ การเรียนการสอน

2. ส่วนเนื้อหา อาจแบ่งเป็นเรื่องย่อย หรือ เป็นตอน ตามลักษณะของเนื้อหา ควรประกอบ ดังนี้

2.1 ชื่อบท หรือชื่อหน่วย หรือชื่อเรื่อง

2.2 หัวข้อเรื่องย่อย

2.3 แบบทดสอบก่อนเรียน

2.4 เนื้อหาสาระ

2.5 กิจกรรมท้ายบทเรียน

2.6 คำถามท้ายบทเรียน

2.7 แบบทดสอบหลังเรียน

สรุปได้ว่า ส่วนประกอบของเอกสารประกอบการเรียนการสอนไม่มีรูปแบบที่จำเพาะเจาะจง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของผู้สร้างและลักษณะการนำไปใช้ ซึ่งอาจประกอบด้วย ส่วนนำ ส่วนเนื้อหา ส่วนอ้างอิง หรืออาจแบ่งเป็นหน่วยหรือบท ประกอบด้วยสาระสำคัญ จุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน การวัดผลและประเมินผล

1.3 ขั้นตอนการสร้างเอกสารประกอบการสอน

สุวิทย์ มูลคำ และ สุนันทา สุนทรประเสริฐ (2550, น. 44) ได้เสนอแนะขั้นตอนการผลิตเอกสารประกอบการสอน จะเหมือนกับขั้นตอนการผลิตสื่อและนวัตกรรมการเรียนการสอนทั่วไป ซึ่งมีขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. วิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุจากการเรียนการสอน ซึ่งอาจได้มาจาก

1.1 การสังเกตปัญหาที่เกิดขึ้นขณะทำการสอน

1.2 การบันทึกปัญหาและข้อมูลระหว่างสอน

1.3 การศึกษาและวิเคราะห์ผลการเรียนของผู้เรียน

2. ศึกษารายละเอียดในหลักสูตรสถานศึกษา เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาสาระและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง หรือจุดประสงค์และกิจกรรมที่เป็นปัญหา

3. เลือกเนื้อหาที่เหมาะสมแบ่งเป็นบทเป็นตอน หรือเป็นเรื่อง เพื่อแก้ปัญหาที่พบ

4. ศึกษารูปแบบของการเขียนเอกสารประกอบการเรียนการสอนและกำหนดส่วนประกอบภายในของเอกสารประกอบการสอน

5. ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล เพื่อนำมากำหนดเป็นจุดประสงค์ เนื้อหา วิธีการและสื่อประกอบเอกสารในแต่ละบทหรือแต่ละตอน

6. เขียนเนื้อหาในแต่ละตอน รวมทั้งภาพประกอบ แผนภูมิ และข้อสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

7. ส่งให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ

8. นำไปทดลองใช้ในห้องเรียน

9. นำผลที่ได้มาใช้พิจารณาเพื่อปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่อง (อาจทดลองใช้มากกว่า 1 ครั้ง เพื่อปรับปรุงเอกสารประกอบการเรียนนั้นให้สมบูรณ์ และมีคุณภาพมากที่สุด)

10. นำไปใช้จริงเพื่อแก้ปัญหาที่พบจากข้อ 1

ประภาพรรณ เส็งวงศ์ (2550, น. 43) ได้เสนอขั้นตอนการเขียนเอกสารประกอบการเรียนดังต่อไปนี้

1. สังเกตปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนและบันทึกรวบรวมปัญหาที่เกิดขึ้นไว้

2. ศึกษาสาเหตุของการเกิดปัญหาในการจัดการเรียนการสอน แล้วพิจารณาปัญหาที่มีผลเสียต่อการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนมากที่สุด

3. ศึกษาหลักสูตรและวิเคราะห์หลักสูตร
4. วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้
5. ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนตามกลุ่มสาระการเรียนรู้
6. กำหนดโครงร่างกระบวนการแก้ปัญหาในสาระการเรียนรู้นั้น เป็นบทหรือตอน
7. ศึกษารูปแบบการเขียนเอกสารประกอบการเรียน
8. กำหนดส่วนประกอบภายในเอกสาร
9. รวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาเขียนทฤษฎี หลักการ เนื้อหา วิธีการ ภาพ แผนภูมิ
10. ลงมือเขียนเนื้อหาแต่ละเล่ม
11. ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญให้ช่วยพิจารณาปรับปรุงแก้ไข
12. นำไปทดลองใช้สอนในห้องเรียน
13. ประเมินผลการใช้เอกสารและการจัดการเรียนการสอน
14. ปรับปรุงแก้ไขส่วนที่บกพร่องให้สมบูรณ์

สรุปได้ว่า ขั้นตอนการสร้างเอกสารประกอบการสอนจะมีขั้นตอนการสร้างเหมือนกับขั้นตอนการผลิตสื่อ นวัตกรรมการเรียนการสอนทั่วไปซึ่งผู้สอนต้องเป็นผู้สังเกตปัญหาและวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดจากการเรียนการสอน และศึกษารูปแบบการเขียนเอกสารประกอบการเรียนการสอน กำหนดส่วนประกอบภายในเอกสารประกอบการเรียนการสอน รวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาเขียนเนื้อหาในแต่ละเล่มแต่ละตอนให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ นำไปทดลองใช้ในห้องเรียน ประเมินผล และปรับปรุงเอกสารประกอบการเรียนให้สมบูรณ์

1.4 ข้อควรพิจารณาในการสร้างเอกสารประกอบการสอน

สุวิทย์ มูลคำ และ สุนันทา สุนทรประเสริฐ (2550, น. 42-44) ได้เสนอแนะถึงเทคนิคการเขียนและข้อควรพิจารณาในการสร้างเอกสารประกอบการสอนไว้ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย ควรพิจารณาถึงกลุ่มเป้าหมายในด้านจิตวิทยา วุฒิภาวะ และวัยของผู้เรียนเป็นสำคัญเพราะผู้เรียนในแต่ละระดับย่อมมีความต้องการแตกต่างกัน ทั้งในด้านเนื้อหา การใช้ภาษา ภาพประกอบ และขนาดตัวอักษรที่ใช้ในเอกสารประกอบการเรียน

2. การกำหนดเนื้อหา ต้องมีความถูกต้องและเหมาะสม ความถูกต้อง ได้แก่ การมีเนื้อหาสาระตามที่หลักสูตรกำหนด มีความเที่ยงตรงของข้อมูลที่นำเสนอ มีความชัดเจน ทันสมัยเป็นปัจจุบันไม่กำกวมสับสน หรือเบี่ยงเบนข้อเท็จจริง ส่วนความเหมาะสม ได้แก่ ความยากง่ายของเนื้อหาสาระโดยพิจารณาถึงด้านวัยวุฒิ ประสบการณ์และพื้นฐานของผู้เรียนเป็นสำคัญ

3. การเรียบเรียงถ้อยคำ เป็นเทคนิคสำคัญในการนำเสนอเนื้อหา ควรคำนึงถึง

3.1 รูปแบบ ควรเขียนให้สั้นและกะทัดรัดแต่ได้ใจความ ไม่มีคำขยายที่ทำให้เยิ่นเย้อโดยไม่จำเป็น

3.2 การเว้นวรรคตอน ควรฝึกให้เป็นนิสัย เพราะการเขียนโดยไม่เว้นวรรคตอนหรือเว้นวรรคตอนที่ผิด อาจจะทำให้ผิดความหมายและเกิดความเสียหายต่อผู้เรียนได้

3.3 การย่อหน้า ควรย่อหน้าเมื่อเปลี่ยนประเด็นของเนื้อหา หรือเพื่อต้องการดึงดูดความสนใจของผู้เรียน โดยพิจารณาถึงความเหมาะสมเป็นสำคัญ

4. การใช้ภาษา การใช้ภาษาควรเขียนให้อ่านง่ายและเข้าใจได้อย่างรวดเร็ว คำนึงถึงเนื้อหาและกลุ่มเป้าหมายในการที่จะสื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ ควรหลีกเลี่ยงการใช้คำซ้ำซากและเล่นคำจนผู้เรียนสับสน

5. เทคนิคการนำเสนอต้องมีความน่าสนใจ น่าติดตามศึกษาต่อไป ไม่บรรจุความรู้และข้อมูลที่อัดแน่นจนเกินไปมีบรรยากาศของความเป็นกันเองระหว่างผู้เขียนกับผู้เรียน เป็นการสื่อสารในเชิงการพูดคุยเสมือนตัวหนังสือมีวิญญาณ การใช้ภาพประกอบการนำเสนอ เป็นเทคนิคหนึ่งที่ช่วยเร้าความสนใจ หรือเพิ่มความเข้าใจ ในเนื้อหาให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ควรใช้ภาษาที่สอดคล้องกับเนื้อหา และมีความชัดเจน มีเทคนิคการใช้คำถามนำที่กระตุ้นความคิดของผู้เรียน เพื่อนำไปสู่การค้นหาคำตอบในเนื้อหา ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเข้าใจสิ่งที่กำลังศึกษามากขึ้น การมีกิจกรรม แบบฝึกหัด แบบประเมินผล หรือแบบทดสอบ เป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยให้การใช้เอกสารประกอบการเรียนบรรลุจุดประสงค์ได้เป็นอย่างดี

สรุปได้ว่า ในการสร้างเอกสารประกอบการสอนควรพิจารณาถึงกลุ่มเป้าหมายในด้านจิตวิทยา วุฒิภาวะ และวัยของผู้เรียนเป็นสำคัญ การกำหนดเนื้อหา การเรียบเรียงถ้อยคำ การใช้ภาษา และเทคนิคการนำเสนอ

1.5 แนวทางการเขียนเอกสารประกอบการสอน

สุวิทย์ มูลคำ และสุนันทา สุนทรประเสริฐ (2550, น. 45-46) ได้เสนอแนะแนวทางการเขียนเอกสารประกอบการสอน โดยสรุปในแต่ละหัวข้อได้ ดังนี้

1. ปกนอก ควรบอกประเภทของนวัตกรรม คือ เอกสารประกอบการเรียนหรือการสอน แล้วตามด้วย วิชา ชั้น และชื่อเรื่อง ชื่อผู้จัดทำ ตำแหน่ง ชื่อโรงเรียนและสังกัดตามลำดับ และอาจมีภาพประกอบเพื่อให้ดูสวยงาม เพิ่มความสนใจได้ตามความเหมาะสมกับเนื้อหา

2. ปกใน มีเนื้อหาเช่นเดียวกับปกนอก

3. คำนำ ควรประกอบด้วย วัตถุประสงค์ในการจัดทำ (ทำไมจึงทำ) มีส่วนประกอบกี่ตอน กี่เรื่อง อะไรบ้าง ควรเขียนสั้นๆ เพื่อสรุปความ มีประโยชน์แก่ใครบ้าง ขอบคุณผู้ให้การช่วยเหลือสนับสนุน

4. สารบัญ เป็นการแสดงโครงสร้างของเนื้อหาแต่ละตอนว่าอยู่หน้าใด

5. คำชี้แจง เป็นการบอกกล่าวให้ผู้สอนและผู้เรียนได้เตรียมการก่อนการนำเอกสารประกอบการเรียนไปใช้ รวมทั้งเสนอแนะคำชี้แจงขั้นตอนการนำไปใช้ตามลำดับ และแสดงถึงความต่อเนื่องของเอกสารที่จะต้องสัมพันธ์หรือเชื่อมโยงกับการเรียนการสอนโดยทั่วไป

6. ชื่อบทหรือชื่อเรื่อง ควรตั้งชื่อบทหรือชื่อเรื่องให้ครอบคลุมเนื้อหาหรือชื่อเรื่องทั้งหมดในชุดนั้น

7. หัวข้อเรื่องย่อย จะเป็นชื่อหัวข้อเนื้อหาที่จะเรียน โดยเรียงลำดับหัวข้อเรื่องย่อยก่อนหลังตามเนื้อหาที่จะสอนในเรื่องนั้น

8. จุดประสงค์การเรียนรู้ ให้เขียนเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม สอดคล้องจุดประสงค์การเรียนรู้กับเนื้อหาและกิจกรรมสามารถวัดและประเมินผลได้อย่างครอบคลุมและชัดเจน

9. กิจกรรมหลัก จะบอกถึงกิจกรรมที่จะให้ผู้เรียนปฏิบัติตามกิจกรรมหลักก่อนหลัง เพื่อเป็นการวางแผนการเรียนหรือเตรียมสื่ออื่นๆ ที่จำเป็นต้องใช้ไว้ล่วงหน้า

10. บทสรุป เป็นการสรุปเนื้อหาในลักษณะแนวคิดหลักเพื่อบทสรุป ประมวลความรู้ ความคิดของผู้เรียนให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ควรเขียนให้กะทัดรัดและครอบคลุมเนื้อหาในตอนนั้นๆ

สรุปได้ว่า แนวทางการเขียนเอกสารประกอบการสอน ต้องเขียนให้ครบและครอบคลุม ตามส่วนประกอบของเอกสารเพื่อจะช่วยให้การผลิตเอกสารประกอบการเรียนการสอนนั้นสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

1.6 ประโยชน์ของเอกสารประกอบการสอน

มีนักวิชาการได้กล่าวถึงประโยชน์ของเอกสารประกอบการสอนไว้ดังนี้

สุชาติ ศิริสุขไพบูลย์ (2550, น. 6) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของเอกสารประกอบการสอนไว้ ดังนี้

1. ให้นักศึกษานำไปใช้ในการศึกษาทบทวนทั้งในระหว่างเรียนและหลังเรียน

2. ใช้เพื่อแสดงความสามารถหรือความเชี่ยวชาญทางวิชาการของผู้สอน (จึงต้องเป็นผลงานของตนเอง ไม่ได้ลอกใครมา)

ประคองศรี สายทอง (2545, น. 24) กล่าวถึงประโยชน์เอกสารประกอบการเรียน ดังนี้

1. เป็นผลงานทางวิชาการที่เปิดโอกาสให้ผู้สอนได้มีความคิดริเริ่ม สร้างสรรค์ในการพัฒนาสิ่งต่างๆ ที่จะช่วยในการเรียนการสอน

2. เป็นแนวทางให้ผู้สอนจัดกิจกรรมและประสบการณ์สำหรับผู้เรียน เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ที่วางไว้

3. ช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลน ตำราของผู้เรียน

4. ช่วยให้ผู้เรียนมีเอกสารสำหรับศึกษาทำความเข้าใจบทเรียนและฝึกปฏิบัติกิจกรรมการเรียน

สมศักดิ์ ประชุมชนะ (2542, น. 9) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของเอกสารประกอบการเรียน ดังนี้

1. ทำให้ปฏิบัติงานได้อย่างมีระบบและเป็นขั้นตอนเกี่ยวกับการศึกษาหลักสูตรรายวิชา กำหนดขอบเขตของเนื้อหาวิชา การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ การค้นคว้าเนื้อหาอย่างละเอียด การเขียนกิจกรรมการเรียนการสอน การวัดผลประเมินผล ตลอดจนการจัดทำหนังสือและตำราอ่านประกอบ

2. ทำให้มีคู่มือสอนที่สะดวกในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มีคุณภาพ ส่งเสริมให้ผู้เรียนบรรลุผลการเรียนรู้ตามหลักสูตร ตลอดจนเป็นประโยชน์ต่อครูอาจารย์ที่สอนแทน สามารถดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนได้ หรือประโยชน์ต่อครูอาจารย์หรือผู้ที่สนใจนำไปเป็นแนวทางหรือปรับปรุงประยุกต์ให้เหมาะสม

สรุปได้ว่า เอกสารประกอบการสอน มีประโยชน์ในการใช้เป็นคู่มือนักเรียนและครูสำหรับใช้พัฒนาและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ช่วยให้ผู้เรียนได้ทำการศึกษาในระหว่างเรียนและหลังเลิกเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนบรรลุผลการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตร และผู้สอนได้แสดงความสามารถในการจัดทำผลงานทางด้านวิชาการ

2. เอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการเรียนรู้

ม.4-10 วิเคราะห์ และคำนวณงานของแรงคงตัว จากสมการพื้นที่ใต้กราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับตำแหน่ง รวมทั้งอธิบาย และคำนวณกำลังเฉลี่ย

ม.4-11 อธิบาย และคำนวณพลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานกล ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออกและความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์ยืดหยุ่น รวมทั้งอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานของแรงลัพธ์และพลังงานจลน์ และคำนวณงานที่เกิดขึ้นจากแรงลัพธ์

ม.4-12 อธิบายกฎการอนุรักษ์พลังงานกล รวมทั้งวิเคราะห์และคำนวณปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุในสถานการณ์ต่างๆ โดยใช้กฎการอนุรักษ์พลังงานกล

ม.4-13 อธิบายการทำงาน ประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกลของเครื่องกลอย่างง่ายบางชนิด โดยใช้ความรู้เรื่องงานและสมดุลกล รวมทั้งคำนวณประสิทธิภาพและการได้เปรียบเชิงกล

เอกสารประกอบการสอน

รายวิชาฟิสิกส์

เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง

สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ธณพจน์ เนมีย์

เอกสารประกอบการสอน

รายวิชาฟิสิกส์
เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำนำ

เอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องงาน พลังงานและกำลัง เพื่อประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ มีเนื้อหาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์นี้จะเป็นประโยชน์แก่นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลบรรลุวัตถุประสงค์ของหลักสูตรได้

ธณพจน์ เนมีย์

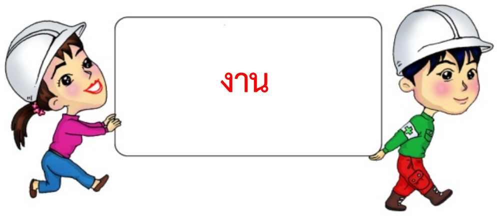
คำแนะนำในการใช้เอกสารการสอน

เอกสารประกอบการสอนเรื่องงานพลังงานนี้ สร้างขึ้นเพื่อให้การดำเนินการสอนวิชาฟิสิกส์ บทงาน พลังงาน และกฎการอนุรักษ์พลังงานนั้นเกิดประโยชน์สูงสุด ประกอบด้วยเนื้อหา แบบฝึกหัดก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อเป็นการประเมินผลนักเรียน ผู้จัดทำจึงหวังว่าเอกสารประกอบการสอนนี้จะเกิดประโยชน์จาก ครู และ นักเรียนที่สนใจศึกษารายวิชาฟิสิกส์ งานพลังงาน และกฎการอนุรักษ์พลังงานเป็นอย่างยิ่ง

สารบัญ

	หน้า
งาน (Work)	1
งานของแรง	2
งานและการเกิดงาน	4
วิธีการคำนวณหางาน	7
พลังงาน (Energy)	11
พลังงานจลน์	11
พลังงานศักย์	12
พลังงานศักย์โน้มถ่วง	13
พลังงานศักย์ยืดหยุ่น	14
พลังงานและกฎการอนุรักษ์พลังงาน	15
กฎการอนุรักษ์พลังงาน	16
กำลัง (Power)	17
ความหมายและนิยาม	17
การหากำลัง	18
ตัวอย่างโจทย์ปัญหา	19
คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ	20
แบบฝึกหัด	21
บรรณานุกรม	29

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช



ในชีวิตประจำวันเมื่อเราทำงานบ้าน เช่น ปัด กวาด เช็ดถู โดยความหมายของคนทั่วไปถือว่าเป็นการทำงาน แต่ในการออกกำลังกาย เช่น วิ่ง หรือ การเล่นกีฬา โดยความหมายของคนทั่วไป ไม่ถือเป็นการทำงาน แต่โดยความหมายทางฟิสิกส์ ถือการวิ่งการเล่นกีฬาเป็นการทำงาน ส่วนการทำงานบ้านไม่เป็นการทำงาน งานตามความหมายในวิชาฟิสิกส์จะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อมีแรงมากระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุมีการกระจัด

ภาพที่ 1 คนออกแรงเข็นวัตถุด้วยรถเข็นเดินไปข้างหน้า

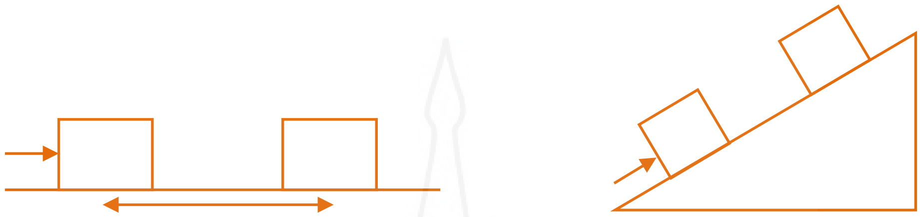
เมื่อมีแรงคงตัว $\bar{F}$ กระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ได้การกระจัด $\bar{s}$ จะเกิดแรง (Work) ของแรงนั้น ถ้าแรงและการกระจัดมีทิศทางเดียวกัน งานที่ทำโดยแรงนั้นจะมีค่า W = Fs และแรงที่กระทำมีทิศทางทำมุม θ กับแนวในการเคลื่อนที่ งานที่ทำโดยแรงนั้นจะมีค่า W = Fs cosθ งานเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นนิวตันเมตร (N.m) หรือจูน (J) เขียนสมการ จะได้

$$W = \bar{F}\cdot\bar{s} = Fs\cos\theta$$

เมื่อ W	คือ	งานของแรง $\bar{F}$ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N.m) หรือ จูล (J)
$\bar{F}$	คือ	แรงที่กระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
$\bar{s}$	คือ	กระกระจัดที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ มีหน่วยเป็นเมตร (m)

งานของแรง

1. ทิศระหว่าง $\bar{F}$ กับ $\bar{s}$ เป็นทิศเดียวกัน (θ = 0°) เช่น งานของแรงที่ดันกล่องให้เคลื่อนที่ เป็นต้น



ภาพ ก วัตถุบนพื้นราบ **ภาพ ข วัตถุบนพื้นเอียง**

ภาพที่ 2 แสดงการออกแรง $\bar{F}$ ผลักวัตถุบนพื้นราบ และพื้นเอียง ได้ระยะการกระจัด

จากภาพที่ 2 แสดงการออกแรง $\bar{F}$ ผลักวัตถุบนพื้นราบ และพื้นเอียง ได้ระยะการกระจัด จะได้

จากสมการ W = $Fs \cos 0^\circ$

จะได้ W = $\bar{F} \cdot \bar{s}$

ดังนั้น เมื่อ $\bar{F}$ กับ $\bar{s}$ มีทิศทางเดียวกัน W = $\bar{F} \cdot \bar{s}$

เมื่อ $0^\circ \leq \theta \leq 90^\circ$ cos θ เป็นบวก (+) งาน (W) ก็เป็นบวก (+)

2. ทิศระหว่าง $\bar{F}$ กับ $\bar{s}$ เป็นทิศตั้งฉากกัน (θ = 90°) เช่น งานของแรงที่แบกวัตถุหรือสิ่งของเดินไปตามพื้นราบ เป็นต้น

ภาพที่ 3 แสดงการออกแรงดึงวัตถุในแนวทำมุม θ กับแนวการเคลื่อนที่

จากภาพที่ 3 แสดงการออกแรงดึงวัตถุในแนวทำมุม θ กับแนวการเคลื่อนที่ ดังนี้

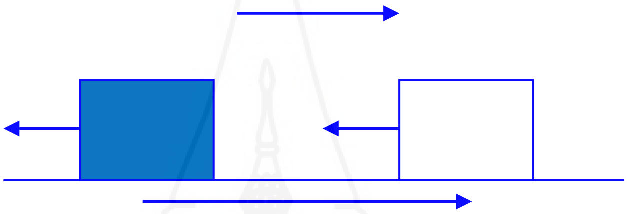
จากสมการ W = $\overline{F} \cdot \overline{s}$ = Fs cos 90°

จะได้ W = 0

ดังนั้น เมื่อ $\overline{F}$ กับ $\overline{s}$ มีทิศทางตั้งฉากกันแล้ว W = 0

"แสดงว่า ถ้าแรงที่มากระทำ อยู่ในทิศที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ จะไม่เกิดงาน หรือไม่ได้ ทำงานนั่นเอง"

3. ทิศระหว่าง $\overline{F}$ กับ $\overline{s}$ เป็นตรงข้ามกัน หรือ สวนทางกัน (θ = 180°) เช่น งานของแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุให้ช้าลง เป็นต้น



ภาพที่ 4 การออกแรงคงตัว $\overline{F}$ ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยการกระจัด $\overline{s}$

จากภาพที่ 4 แสดงออกถึงการออกแรงคงตัว $\overline{F}$ ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยการกระจัด $\overline{s}$ ดังนี้

จากสมการ W = $\overline{F} \cdot \overline{s}$ = Fs cos 90°

จะได้ W = $\overline{F} \cdot \overline{s}$

ดังนั้น เมื่อ $\overline{F}$ กับ $\overline{s}$ มีทิศทางตรงข้ามกันหรือสวนทางกันแล้ว งาน (W) ก็เป็นลบ (-)

เมื่อ $90^{\circ} < \theta \leq 180^{\circ}$ cos θ เป็นบวก (-)

งาน (W) เป็นบวก (+) หมายถึง งานที่เกิดจากแรงหรือส่วนประกอบของแรงที่เกิดจากการแตกแรงในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่

งาน (W) เป็นลบ (-) หมายถึง งานที่เกิดจากแรงหรือส่วนประกอบของแรงที่เกิดจากการแตกแรงในแนวสวนทางกับการเคลื่อนที่

งานและการเกิดงาน

ในชีวิตประจำวันเราทำกิจกรรมต่างๆ มากมาย ทั้งกิจกรรมที่ต้องใช้กำลังกล้ามเนื้อและไม่ใช้กล้ามเนื้อ การนั่งอ่านหนังสือหรือการใช้ความคิดก็ถือว่าเป็นการทำงานในความหมายทั่วไป แต่ในวิชาฟิสิกส์การทำงานมีความหมายเฉพาะตัวมากกว่างานในความหมายทั่วไป ในทางฟิสิกส์งานมีความหมายดังนี้

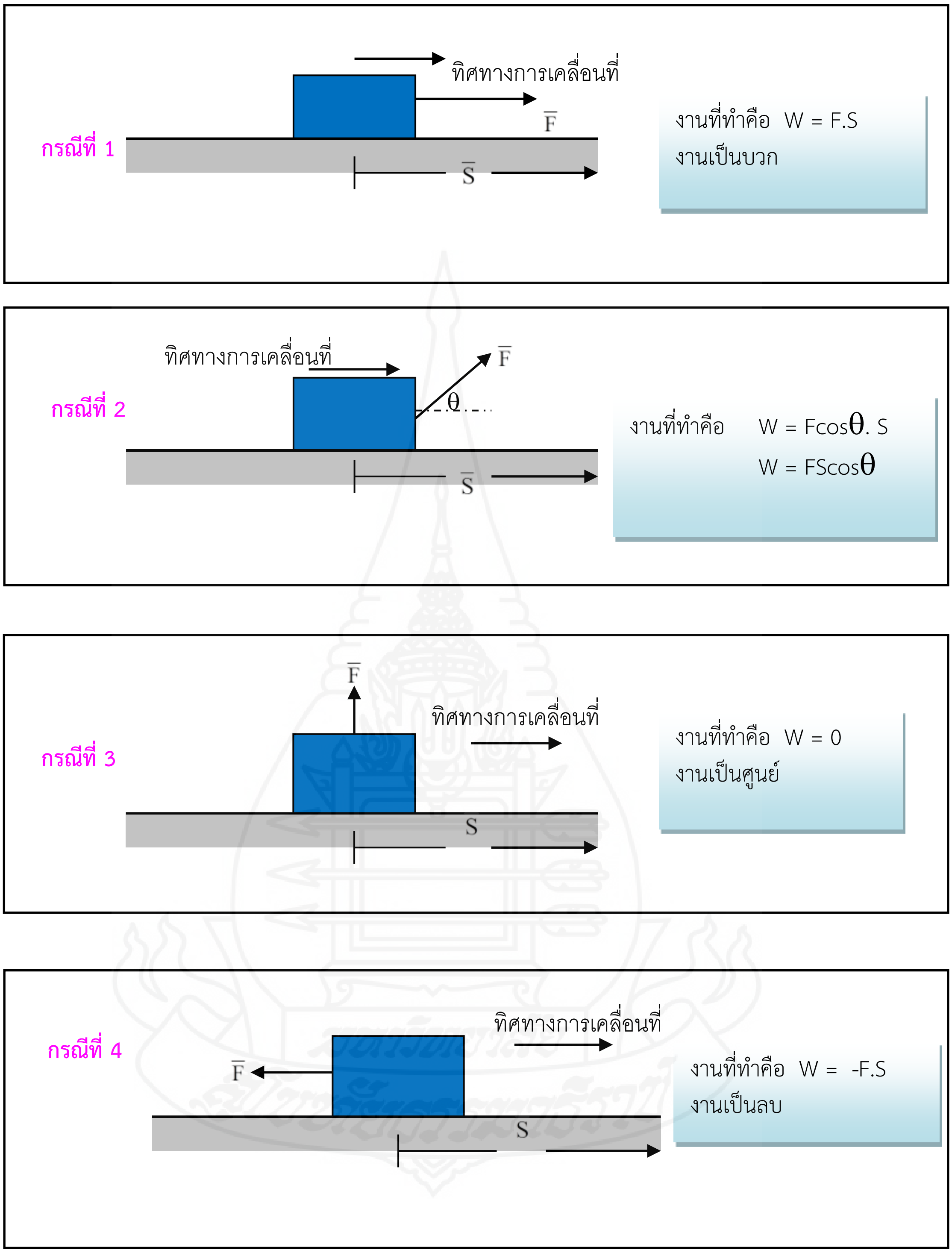
งาน (Work) หมายถึง ผลที่เกิดจากแรงภายนอกมากระทำต่ออนุภาคหรือวัตถุ แล้วทำให้อนุภาคหรือวัตถุนั้นเกิดการเคลื่อนที่ตามแนวนั้น แต่ถ้ามีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุแล้ว วัตถุไม่เคลื่อนที่ แรงที่มากระทำนั้นไม่เกิดงาน เขียนสมการของงานได้ดังนี้

$$W = F \cdot S$$

เมื่อ W	คือ	งานที่ทำได้	มีหน่วยเป็นจูล (J)
F	คือ	แรงที่กระทำต่อวัตถุ	มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
S	คือ	ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้	มีหน่วยเป็นเมตร (m)

งานเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร หรือ จูล (joule เขียนย่อว่า J) เช่น “ถ้าแรงขนาด 1 นิวตัน กระทำต่อวัตถุและทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับแรงนั้นด้วยการกระจัด 1 เมตร เรากล่าวว่างานที่เกิดกับแรงนั้น 1 จูล”

งานในทางฟิสิกส์อาจมีค่าเป็นบวก เป็นลบ หรือเป็นศูนย์ ก็ได้ **ขึ้นอยู่กับทิศทางของแรงและทิศทางของการกระจัดว่าสัมพันธ์กันอย่างไร** และมีสูตรในการหาที่ต่างกัน ดังตัวอย่างจากภาพข้างล่างนี้

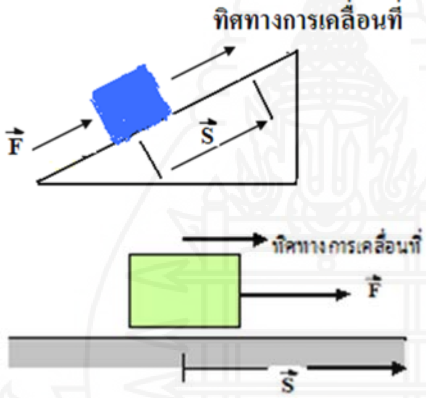


ภาพที่ 5 ทิศทางการเคลื่อนที่

1.การเกิดงานในกรณีที่ แรง $(\vec{F})$ ที่กระทำอยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ หรือ แรงคงตัวที่กระทำต่อวัตถุและทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปด้วยการกระจัด $(\vec{S})$ ในทิศเดียวกันกับแรง งานจะมีค่าเป็นบวก ไม่ว่าจะเป็นพื้นราบหรือพื้นเอียงคำนวณการเกิดงานจากสูตร

ดังภาพ A และภาพ B

W = F.S



W = -F.S

ภาพ A ภาพ B

2. การเกิดงานในกรณีที่ แรง $(\vec{F})$ ที่กระทำอยู่ในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ หรือ แรงคงตัวที่กระทำต่อวัตถุและทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปทิศทางตรงข้ามกับการกระจัด $(\vec{S})$ และทิศทางตรงข้ามกับแรง งานจะมีค่าเป็นลบ ไม่ว่าจะเป็นพื้นราบหรือพื้นเอียงจะคำนวณการเกิดงานจากสูตร

วิธีการคำนวณหางาน

ในการคำนวณหางานที่เกิดจาก

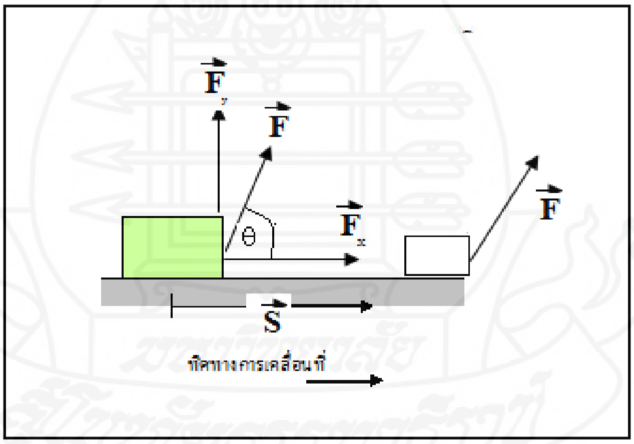
แรงที่กระทำอยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่

สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตร W = F.S

แรงที่กระทำอยู่ในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่

สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตร W = -F.S

การคำนวณหางานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ในกรณีที่แรงคงตัว $\vec{F}$ กระทำต่อวัตถุในแนวทำมุมกับทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตรงของวัตถุและทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปด้วยการกระจัด และทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปด้วยการกระจัด $\vec{S}$ เราจะหางานที่แรง $\vec{F}$ ทำได้โดยแยกแรง $\vec{F}$ นี้ออกเป็นแรงองค์ประกอบที่ตั้งฉากกัน 2 แรง โดยต้องให้แรงองค์ประกอบหนึ่งอยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ ดังภาพที่ 1.2.1



ภาพที่ 6 ภาพแรงกระทำต่อวัตถุอยู่ในแนวทำมุม θ กับทิศทางการเคลื่อนที่

จากภาพที่ 1.2.1 $\vec{F}_x$ เป็นองค์ประกอบของแรง $\vec{F}$ ในแนวระดับ แรงนี้ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ด้วยการกระจัด $\vec{S}$ ในแนวระดับ ส่วน $\vec{F}_y$ เป็นองค์ประกอบของแรง $\vec{F}$ ในแนวดิ่ง แรงนี้กระทำในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่จึงไม่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ในแนวระดับ นอกจากนี้วัตถุก็ไม่มีการกระจัดในแนวดิ่ง งานที่เกิดจากแรง $\vec{F}_y$ จึงเท่ากับศูนย์ ดังนั้นงานที่เกิดจาก $\vec{F}_x$ หาได้ดังนี้

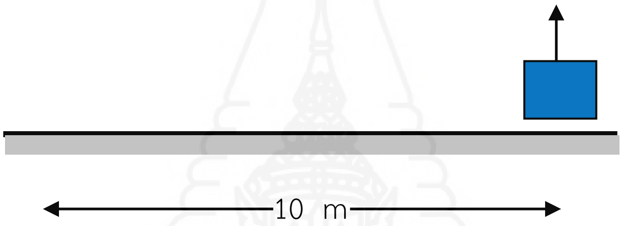
งานที่เกิดจากแรง $\overline{F}_x$ หาได้จาก W = $F_x s$

แต่เนื่องจาก F_x = $F\cos\theta$

ดังนั้นแรงที่เกิดจากแรง $\overline{F}_x$ หาได้จาก W = $(F\cos\theta)\, s$ = $Fs\cos\theta$

สรุปว่า งานที่เกิดจากแรงคงตัวที่กระทำต่อวัตถุซึ่งไม่อยู่ในแนวเดียวกันกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ จะหาได้จาก**ผลคูณระหว่างขนาดของแรงองค์ประกอบในแนวการเคลื่อนที่กับขนาดการกระจัดของวัตถุที่เกิดขึ้นในช่วงที่แรงนี้กระทำ** หรือเขียนสมการได้เป็น $W = Fs\cos\theta$

ตัวอย่างที่ 1 ชายคนหนึ่งหิ้วถังน้ำหนัก 200 นิวตัน เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบได้ระยะทาง 10 เมตร จงหางานในการหิ้วถังน้ำ



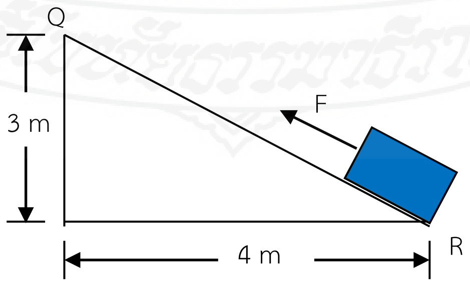
วิธีทำ จาก $W = (F\cos 90^\circ)\,(S)$

$= (200)(0)\,(10)$

$= 0$

ดังนั้น ในการหิ้วถังน้ำครั้งนี้ไม่เกิดงาน

ตัวอย่างที่ 2 ชายคนหนึ่งดึงวัตถุหนัก 5 นิวตัน เคลื่อนที่บนพื้นเอียงที่มีแรงเสียดทานน้อยมาก จาก R ถึง Q ดังรูป จงหางานที่ทำ



วิธีทำ จาก $W = F.\,S$

$W = F\,(5)$ .... (1)

หา F ที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่

จะได้ $F = mg\sin\theta$ (แรงซ้าย = แรงขวา)

แทนค่า F ใน (1)

$W = (mg\sin\theta)(5)$

$= (5)(\frac{3}{5})(5)$

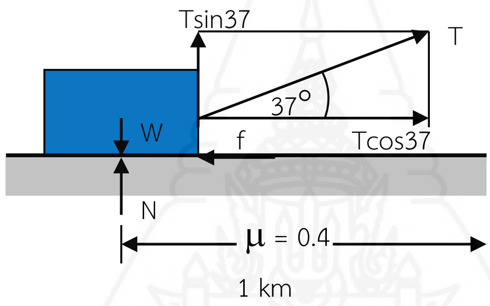
$= 15 \quad J$

ดังนั้น งานที่ทำเป็น 15 จูล

ตัวอย่างที่ 3 ชายคนหนึ่งใช้เชือกลากกล่องไม้มวล 52 กิโลกรัมไปบนพื้นราบฝืดด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอเป็นระยะทาง 1 กิโลเมตรโดยเชือกทำมุม 37 องศากับพื้น ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นกับกล่องไม้เท่ากับ 0.4 กำหนดให้ $g = 10\ m/s^2$ จงหา

ก. งานที่ชายคนนี้ทำ

ข. งานเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างพื้นกับกล่องไม้



วิธีทำ

ก. งานที่ชายคนนี้ทำ

$W = (T\cos37)(S)$ .... (1)

หา Tcos37 จาก

$T\cos37 = f$

$= \mu N$ .... (2)

หา N จาก

$N + T\sin37 = W$

$N = W - T\sin37$

แทนค่า N ใน (2) จะได้

$T\cos37 = \mu(W - T\sin37)$

$T(\frac{4}{5}) = (0.4)\{520 - T(\frac{3}{5})\}$

$T = 200\ N$

ดังนั้น $T\cos37 = (200)(\frac{4}{5}) = 160\ N$

แทนค่า Tcos37 ใน (1) จะได้

W = $(160)(1 \times 10^{3})$

= 1.6×10^{5} J

ดังนั้น งานที่ชายคนนี้ทำ คือ 1.6×10^{5} จูล

ข. งานเนื่องจากแรงเสียดทาน

เนื่องจาก f = Tcos37 = 160 N

จาก W = $-f \cdot S$

จะได้ W = $-(160)(1 \times 10^{3})$

W = -1.6×10^{5} J

ดังนั้น งานเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างพื้นกับกล่องไม้ คือ 1.6×10^{5} จูล

ตัวอย่างที่ 4 แรง 20 นิวตัน กระทำต่อวัตถุมวล 2 กิโลกรัม ที่อยู่นิ่งให้เคลื่อนที่บนพื้นลื่น จงหางานที่เกิดขึ้นในเวลา 4 วินาที

วิธีทำ จาก $W = FS$ ....(1)

หา S จากสมการ

$$S = ut + \frac{1}{2}at^{2}$$

แทนค่า a

จะได้ $S = 0 + \frac{1}{2}(10)(4)^{2}$

$= 80$

m

หา a จากสมการ

$$\Sigma F = ma$$

$$20 = 2a$$

$$a = \frac{20}{2}$$

$a = 10$ m/s

แทนค่า S ใน (1)

จะได้ W = 20(80)

= 1,600 J

ดังนั้น งานที่เกิดขึ้นในเวลา 4 วินาที เป็น 1,600 จูล

พลังงานกล หรือพลังงานทางกลศาสตร์ พลังงานกลของวัตถุมี 2 รูปแบบที่ต่างกันชัดเจน ได้แก่ พลังงานที่ขึ้นกับความเร็วของวัตถุ เรียกว่า **พลังงานจลน์** และพลังงานที่ขึ้นกับตำแหน่งของวัตถุ เรียกว่า **พลังงานศักดิ์**

พลังงานจลน์

วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะนับว่ามีพลังงานจลน์ วัตถุที่อยู่นิ่งไม่มีพลังงานจลน์ พลังงานจลน์ไม่ขึ้นกับทิศทางของการเคลื่อนที่

สมมติให้มีแรงๆ เดียวที่กระทำต่อวัตถุมวล m ที่อยู่นิ่งให้เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง มวล m ย่อมเคลื่อนที่เป็นไปตามกฎของนิวตัน คือ F = ma ความเร่งอยู่ในแนวเส้นตรงตามทิศของแรง ความเร่งจะมีค่าคงตัวเพราะแรงคงตัว ให้แรงกระทำอยู่เป็นเวลา t จนวัตถุมีความเร็ว v ที่ต้องการ จะหาว่าวัตถุมีพลังงานจลน์เท่าใดจากงานที่แรงคงตัวนั้นกระทำ

$v^2 = u^2 + 2as$

$a = \dfrac{v^2 + u^2}{2s}$

จาก F $= ma$

จะได้ $F = m\dfrac{v^2 - u^2}{2s}$

ดังนั้น $Fs = \dfrac{1}{2}mv^2 - \dfrac{1}{2}mu^2$

Fs คือ งานที่ทำโดยแรงสุทธิ F

งาน = การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์

ถ้าเคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง ความเร็วเริ่มต้น u เป็น 0 จะได้ Fs = $\frac{1}{2}mv^2$

จะเห็นว่างาน Fs ที่กระทำต่อวัตถุจะทำให้วัตถุที่หยุดนิ่งมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v หรือกล่าวได้ว่า งานที่กระทำต่อวัตถุจะทำให้วัตถุมีพลังงานจลน์ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{2}mv^2$

ถ้ากำหนดให้สัญลักษณ์ E_k แทนพลังงานจลน์ของวัตถุ จะได้

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

ถ้าพลังงานจลน์ตอนแรก	E_{k1}	=	$\frac{1}{2}mv^2$
และพลังงานจลน์ตอนกลัง	E_{k2}	=	$\frac{1}{2}mv^2$
จะเขียนเป็นสมการใหม่ได้ว่า	W	=	$E_{k1} - E_{k2}$

หรือ $W = \Delta E_k$

ความหมายของสมการคือ งาน เนื่องจากแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์กระทำต่อวัตถุ จะเท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไป เรียกว่า ทฤษฎีของงานและพลังงานจลน์ อธิบายได้ว่าวัตถุจะเปลี่ยนแปลงความเร็วและพลังงานจลน์ได้ต่อเมื่อ มีองค์ประกอบของแรงลัพธ์ในแนวการเคลื่อนที่เท่านั้น และงานที่เพิ่มขึ้นของวัตถุก็คือ งานขององค์ประกอบของแรงลัพธ์ในแนวการเคลื่อนที่ซึ่งสอดคล้องกับสูตรของงาน (W = Fs)

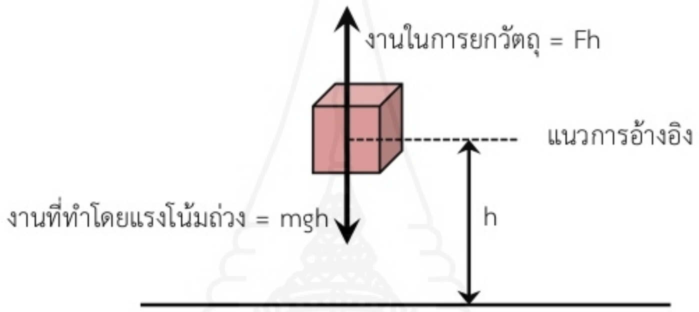
พลังงานศักย์

พลังงานศักย์ของวัตถุซึ่งเกิดจากการมีตำแหน่งสูงขึ้น เกี่ยวข้องกับแรงโน้มถ่วงที่โลกกระทำต่อวัตถุ เรียกว่า **พลังงานศักย์โน้มถ่วง** สำหรับการกดสปริงให้หดสั้นลง หรือยืดสปริงให้ยืดออก เมื่อปล่อยมือสปริงจะมีการเคลื่อนที่ แสดงให้เห็นว่ามีการทำงานโดยสปริง พลังงานนี้ก็คือ พลังงานศักย์เช่นกัน พลังงานศักย์ที่เกี่ยวข้องกับสมบัติการยืดหยุ่น เรียกว่า **พลังงานศักย์ยืดหยุ่น**

พลังงานศักย์โน้มถ่วง

ในการยกวัตถุมวล m ให้สูงขึ้น h ในแนวดิ่งด้วยความเร็วคงตัว จะต้องออกแรง F ซึ่งมีขนาดเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ mg จึงจะยกขึ้นได้ตามต้องการ เนื่องจากงานในการยกวัตถุให้สูงขึ้น h เท่ากับ Fh จูล และจาก F = mg จึงต้องทำงาน

$$W = Fh = mgh$$



ภาพที่ 7 พลังงานศักย์โน้มถ่วง

จากสมการจะเห็นว่า งานของแรงภายนอกที่ใช้ในการยกวัตถุให้สูงขึ้นจากพื้นเป็นระยะ h นั้นมีค่าเท่ากับ mgh ซึ่งจะมีค่าเท่ากับงานที่ทำโดยแรงโน้มถ่วงของโลกต่อวัตถุ แต่งานของแรงโน้มถ่วงจะมีค่าเป็นลบ เพราะทิศของแรงตรงกันข้ามกับทิศของการกระจัด ปริมาณ mgh ซึ่งเป็นงานของแรงภายนอนเอาชนะแรงของสนามโน้มถ่วง ถือว่าเป็น **พลังงานศักย์โน้มถ่วง** ของวัตถุนั่นเอง

ถ้าใช้สัญลักษณ์ E_p แทนพลังงานศักย์โน้มถ่วง จะเขียนสมการได้ดังนี้

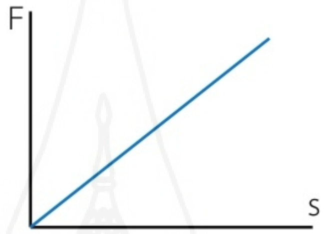
$$E_p = mgh$$

ทั้งนี้โดยกำหนดให้พลังงานศักย์โน้มถ่วงมีค่าเท่ากับศูนย์ เมื่อวัตถุอยู่ที่พื้นหรือระดับใดระดับหนึ่งที่ใช้เป็นระดับอ้างอิง สรุปได้ว่า พลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานที่เปรียบเทียบกับพื้นซึ่งใช้เป็นระดับอ้างอิง พลังงานศักย์ของวัตถุมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อวัตถุอยู่สูงขึ้นจากระดับอ้างอิง อาจมีค่าลบเมื่ออยู่ต่ำกว่าระดับอ้างอิง

พลังงานศักย์ยืดหยุ่น

เกิดจากวัตถุที่ติดอยู่กับสิ่งยืดหยุ่นมีการเปลี่ยนแปลงจากตำแหน่งหนึ่งไปสู่อีกตำแหน่งหนึ่ง เช่น วัตถุที่ติดสปริง พลังงานที่สะสมอยู่ในสปริงที่ทำให้สปริงยืดออกหรือหดเข้าจากตำแหน่งสมดุล

จากการทดลองยึดปลายข้างหนึ่งของสปริงไว้ แล้วใช้เครื่องชั่งสปริงเกี่ยวที่ปลายสปริงอีกข้างหนึ่ง วางสปริงและเครื่องชั่งสปริงอยู่ตรงขีดศูนย์ของไม้บรรทัด เพิ่มแรงดึงเครื่องชั่งสปริงให้สปริงยืดออกครั้งละเท่าๆ กัน บันทึกขนาดของแรงดึงกับระยะที่สปริงยืดออกจากตำแหน่งสมดุล แล้วเขียนกราฟระหว่างขนาดของแรงดึง (F) กับระยะทางที่สปริงยืดออก (s) จะได้ดังนี้



จากกราฟจะได้ $F = ks$

เมื่อ F เป็นแรงที่กระทำต่อสปริง มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

k เป็นค่าคงตัวของสปริง มีหน่วยเป็น นิวตัน/เมตร (N/m) ขึ้นอยู่กับความแข็งของสปริง สามารถหาได้จากความชันของกราฟ

s เป็นระยะที่สปริงยืดหรือหดจากตำแหน่งสมดุล มีหน่วยเป็น เมตร (m)

จากกราฟจะสังเกตเห็นว่า แรงที่ดึงสปริงให้ยืดออกนั้นไม่คงตัว แต่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจนถึงตำแหน่งสุดท้ายที่ดึง สมมติว่าใช้แรงดึงเท่ากับ F ทำให้สปริงยืดออก s งานที่ต้องทำในการยืดสปริงเช่นนั้นเป็นเท่าใด อาจหางานที่กระทำจากแรงเฉลี่ยคูณกับการกระจัดได้ เนื่องจากแรงที่ดึงเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

ค่าแรงเฉลี่ยจะเท่ากับ และงานที่ได้จึงเป็น

$$W = \left(\frac{F+0}{2}\right)s = \frac{1}{2}Fs$$

แทน $F = ks$ จะได้

$$W = \frac{1}{2}Fs^2$$

สมการนี้ก็คือ พื้นที่สามเหลี่ยมใต้กราฟเส้นตรงระหว่าง F และ s นั่นเอง

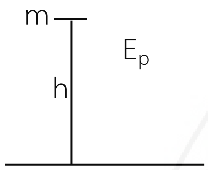
ถ้าถือว่าสปริงที่ยังไม่ยืดไม่มีพลังงานศักย์ในตัว ค่า $\frac{1}{2}Fs^2$ ก็คือค่าพลังงานศักย์ในสปริงขณะที่สปริงยืดออกเป็นระยะ s นั่นเอง พลังงานศักย์นี้นับเป็น **พลังงานศักย์ยืดหยุ่น (E_p)** และเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$E_p = \frac{1}{2}Fs^2$$

พลังงานและกฎการอนุรักษ์พลังงาน

1) พลังงานศักย์ แบ่งเป็น 2 ประเภท

- พลังงานศักย์โน้ม [Potential Energy (E_p)]
  คือพลังงานที่เกิดขึ้นในวัตถุที่อยู่สูงกว่าระดับอ้างอิง

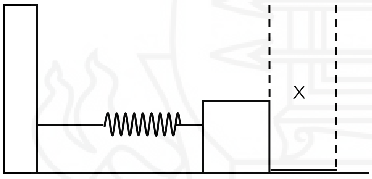


$E_p = mgh$ m = มวล (kg)

h = ความสูง (m)

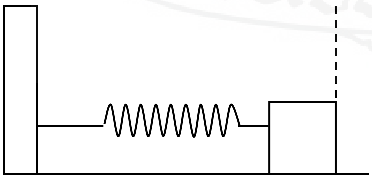
ระดับอ้างอิง

- พลังงานศักย์สปริง คือ พลังงานที่เกิดจากการยืดหรือหดสปริง



$$\text{พลังงานศักย์สปริง} = \frac{1}{2}kx^2$$

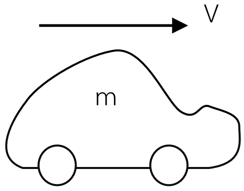
k = ค่านิจสปริง (N/m)



x = ระยะยืดหรือหดจากสปริงตอนปกติ (m)

2) พลังงานจลน์ [Kinetic Energy (E_k)]

คือพลังงานที่เกิดขึ้นในวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว

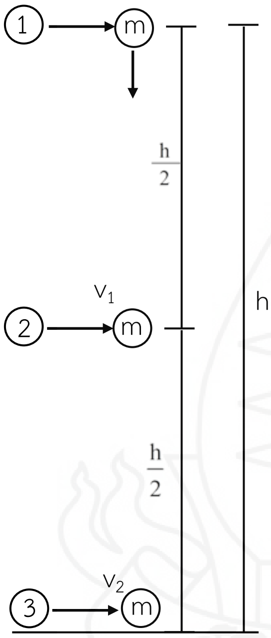


$$E_k = \frac{1}{2} mv^2$$

หน่วยของพลังงานเหมือนหน่วยของงานคือ Joule (J)

กฎการอนุรักษ์พลังงาน

"ณ ทุกตำแหน่ง พลังงานรวมมีค่าคงที่เสมอ"



ณ ตำแหน่งที่ ① มีพลังงานศักย์เท่านั้น เพราะวัตถุไม่มีความเร็ว

ดังนั้น พลังงานรวม ณ จุดที่ ① = mgh

พิจารณาตำแหน่งที่ ② วัตถุตกมาได้ระยะทาง $\frac{h}{2}$

จาก $v^2 = u^2 + 2gs$

$$v_1^2 = 0^2 + 2g\left(\frac{h}{2}\right)$$

$$v_1 = \sqrt{gh}$$

พิจารณาตำแหน่งที่ ③ วัตถุตกมาได้ระยะทาง

จาก $v^2 = u^2 + 2gs$

$$v_2^2 = 0^2 + 2g\left(\frac{h}{2}\right)$$

$$V_2 = \sqrt{2gh}$$

ณ ตำแหน่งที่ ② มีพลังงานศักย์ และพลังงานจลน์

ดังนั้น พลังงานรวม ณ จุดที่ ② $= E_p + E_k$

$$= mg\left(\frac{h}{2}\right) + \frac{1}{2} m v_1^2$$

$$= \frac{mgh}{2} + \frac{1}{2} m \left(\sqrt{gh}\right)^2$$

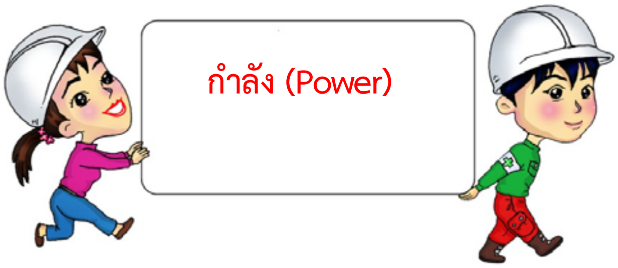
$\therefore E_2 = mgh$

ณ ตำแหน่งที่ ③ มีพลังงานจลน์เท่านั้น

$$E_3 = \frac{1}{2} m v_2^2 = \frac{1}{2} (\sqrt{2gh})^2$$

$\therefore E_3 = mgh$

$\therefore$ พลังงานรวมทุกจุดมีค่าเท่ากัน คือ $E_1 = E_2 = E_3 = mgh$



ความหมายและนิยาม

ในทางฟิสิกส์ กำลัง หมายถึง ปริมาณงานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา

กำลัง = งานที่ทำได้ / เวลาที่ใช้ในการทำงาน

หรือ $P = \frac{W}{t} = \frac{FS}{t} = Fv$ ---------- (5.4)

เมื่อ P คือ กำลัง มีหน่วยเป็นจูลต่อวินาทีหรือวัตต์

t คือ เวลาที่ใช้ในการทำงาน มีหน่วยเป็นวินาที

หน่วยของกำลังนอกจาก วัตต์ แล้วนิยมบอกเป็นแรงม้า โดย 1 แรงม้า เท่ากับ 746 วัตต์ เช่น การวัดกำลังของเครื่องยนต์ กำลังมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

จากความรู้เรื่องงานพบว่า งานที่เกิดจะเกี่ยวข้องกับแรง และการกระจัดเท่านั้นไม่เกี่ยวกับปริมาณอื่น เช่น ไม่เกี่ยวข้องกับเวลา แต่ยังมีปริมาณที่เกี่ยวข้องกับงานและเวลาที่ใช้ในการเกิดงานอีก เช่น งานที่ทำใช้เวลาน้อยเรากล่าวว่าจะมีกำลังมากกว่าในช่วงงานที่ทำในเวลาที่มากกว่า

นิยาม กำลัง คือ อัตราที่ทำงานหรืองานที่เกิดขึ้นในหนึ่งหน่วยเวลา

กำหนดให้ W คือ งานที่ทำได้ มีหน่วยเป็นจูล (J)

t คือ เวลาที่ใช้ในการทำงาน มีหน่วยเป็นวินาที (s)

P คือ กำลัง

จากนิยามของกำลังเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = \frac{F \cdot S}{t}$$

หน่วยของกำลัง คือ J/s หรือเรียกว่า Watt (วัตต์) "W"

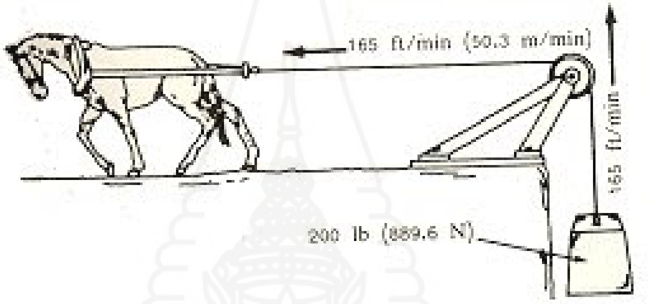
การหากำลัง

การหากำลังของวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว V

ได้ว่า $P = FV$

กำลังม้า (horsepower, hp) คือ กำลังของม้า 1 ตัวหรืออัตราการทำงานของม้า 1 ตัว เช่น เครื่องยนต์ 10 hp สามารถทำงานเท่ากับม้า 10 ตัว หนึ่งกำลังม้า คือ งาน 33,000 ฟุต-ปอนด์ต่อหนึ่งนาที (ft-lb/min)

ม้าเดิน 165 ft ในเวลา 1 นาที และยกน้ำหนัก 200 lb ปริมาณงานที่ทำภายในเวลา 1 นาที คือ 33,000 ft-lb (165 ft * 200 lb)



ภาพที่ 8 ม้าหนึ่งตัวสามารถทำงาน 33,000 ft-lb/min

ถ้าม้าทำงานดังกล่าวภายในเวลา 2 นาที ดังนั้นงานที่ทำต่อเวลา 1 นาที จะเป็นครึ่งหนึ่งของงานครั้งแรก หรือกำลังม้าเท่ากับ 1/2 hp สูตรการคำนวณหากำลังม้าคือ

$$hp = \frac{ft-lb/min}{33,000}$$

$$= \frac{LW}{33,000t}$$

เมื่อ L หมายถึง ความยาวเป็นฟุต (เป็นระยะที่ W กระทำ)

W หมายถึง แรงเป็นปอนด์ (กระทำตลอดระยะความยาว L)

t หมายถึง เวลาเป็นนาที

หมายเหตุ กำลัง 1 กำลังม้า (HP) มีค่า 746 วัตต์

ตัวอย่างโจทย์ปัญหา

ตัวอย่างที่ 1 รถยนต์มวล 800 กิโลกรัม ขณะแล่นด้วยความเร็ว 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง คนขับให้ห้ามล้อหลังจากใช้ห้ามล้อ รถเคลื่อนที่ต่อไปอีก 10 เมตร จึงหยุดนิ่ง งานเนื่องจากแรงต้านที่ทำให้รถหยุดมีค่าเท่าใด

แนวคิด แรงต้านที่ทำให้รถหยุดมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของการกระจัด และทำให้ความเร็วของรถลดลงจนเป็นศูนย์

วิธีทำ ความเร็วต้น $u = 72\ \text{km/h} = \frac{72 \times 1000}{60 \times 60}\ \text{m/s} = 20\ \text{m/s}$

ความเร็วปลาย $v = 0$ การกระจัดของรถ $s = 10\ \text{m}$

งานเนื่องจากแรงต้านทำให้รถหยุด $W = \Delta E_k$

$$= \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2$$

$$= \frac{1}{2}m(v^2 - u^2)$$

$$= \frac{1}{2}(800\ \text{kg})\,[(0\ \text{m/s})^2 - (20\ \text{m/s})^2]$$

$$= -160\ \text{kJ}$$

<u>ตอบ</u> งานเนื่องจากแรงต้านที่ทำให้รถหยุดเท่ากับ – 160 กิโลจูล

ตัวอย่างที่ 2 ลังสินค้ามวล 1000 กิโลกรัม ถูกยกขึ้นวางบนที่สูงจากพื้นดิน 2 เมตร พลังงานศักย์โน้มถ่วงของลังสินค้ามีค่าเท่าใดเมื่อเทียบกับพื้นดิน

วิธีทำ จาก $E_p = mgh$

$$= (1000\ \text{kg})\,(9.8\ \text{m/s}^2)\,(2\ \text{m})$$

$$= 19.6\ \text{kJ}$$

<u>ตอบ</u> งานเนื่องจากแรงต้านที่ทำให้รถหยุดเท่ากับ – 160 กิโลจูล

กิจกรรมลองทำดู

คำสั่ง ให้นักเรียนเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

1. งานในทางฟิสิกส์ หมายถึง........
2. งานหาได้จาก
3. งาน 1 จูล คือ
4. งานเป็นปริมาณ......
5. งานที่มีค่าเป็นบวก คือ
6. งานที่มีค่าเป็นลบ คือ..
7. เมื่อยกวัตถุขึ้นไปสู่ที่สูง งานที่ทำได้จะขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ยกหรือไม่.....
   เพราะ....
8. การออกแรงลากวัตถุไปตามพื้นขรุขระทำมุม 60 องศา กับแนวราบ กับลากโดยออกแรงขนานกับพื้นในระยะทางที่เท่ากัน จะได้งานต่างกันหรือไม่............
   เพราะ....
9. ถ้าแรงที่กระทำต่อวัตถุตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของวัตถุจะมีการทำงานหรือไม่...
   เพราะ....
10. ชายคนหนึ่งแบกกระสอบข้าวสารยืนอยู่บนสะพานไม้ ชายคนนี้ทำงานหรือไม่...
    เพราะ....

กิจกรรมลองทำดู

① งานและพลังงานจลน์มีความสัมพันธ์กันอย่างไร จงอธิบาย

ตอบ ....

② ถ้ามีแรงมากระทำต่อวัตถุในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ พลังงานจลน์ของวัตถุจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างหร ในทางกลับกัน ถ้าแรงนั้นมีทิศทางตรงข้าม พลังงานจลน์ของวัตถุจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

ตอบ ....

③ วัตถุมวล m อยู่สูงจากพื้นเป็นระยะทาง h พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุนี้บนผิวโลกและบนผิวดวงจันทร์เท่ากันหรือไม่

ตอบ ....

....

....

....

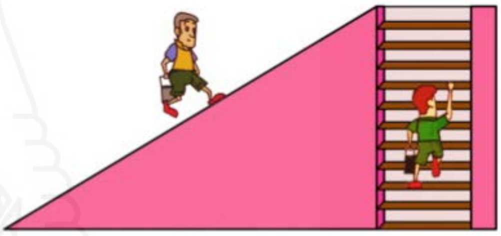
....

....

....

....

④ แดงกับดำหิ้วตะกร้าที่มีขนาดเท่ากันและน้ำหนักเท่ากัน ขึ้นไปบนกำแพง ดังรูป แดงปีนขึ้นบันไดที่ตั้งในแนวดิ่ง ดำปีนขึ้นตามพื้นเอียง คนใดทำให้พลังงานในตะกร้าเพิ่มขึ้นมากกว่า



ตอบ ....

....

....

....

....

....

....

....

⑤ จงอธิบายให้เห็นว่า เมื่อโยนวัตถุขึ้นไปในแนวดิ่งจนกระทั่งวัตถุกลับมาที่ตำแหน่งเดิม (การกระจัดเป็นศูนย์) งานของแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุตั้งแต่เริ่มโยนจนกลับมาที่ตำแหน่งเดิม มีค่าเป็นศูนย์

ตอบ ....

....

....

....

....

....

....

⑥ วัสดุหรือสิ่งประดิษฐ์หลายอย่างมีความยืดหยุ่น จงยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสิ่งเหล่านั้น

ตอบ ....

....

....

....

....

....

....

....

กิจกรรมลองทำดู

คำสั่ง ให้นักเรียนเติมข้อความในช่องว่างให้สมบูรณ์

1. มวล 10 กิโลกรัม วางบนพื้นราบฝืดมีสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจลน์เท่ากับ 0.2 ออกแรง ผลักวัตถุในแนวราบทำให้มวลนั้นเคลื่อนที่ไปด้วยอัตราเร่ง 2 เมตร/วินาที^{2} จงหางานของแรงนั้น ในการทำให้มวลเคลื่อนที่ไปได้ทาง 10 เมตร

วิธีทำ จาก $W = FS$

หา F จาก $\Sigma F = ma$

$F - (......)m(......)..= m(........)$

$F = ...(2) + (.......)(.......)(10)$

$= ....$ N

แทนค่า F จะได้

$W = ...(10)$

$= ....$ J

ดังนั้น งานของแรงที่ทำให้มวลเคลื่อนที่ไปได้ 10 เมตร คือ .... จูล

2. นาย ก แบกวัตถุ 40 กิโลกรัม เดินไปตามพื้นเอียงยาว 5 เมตร สูง 4 เมตร จงหางานที่ทำ

วิธีทำ จาก $W = F.S$

$W = mg.h$

$W = (........)(.........)(.........)$

$W = ...$ J

ดังนั้น งานที่นาย ก ทำเป็น......................จูล

3. วัตถุมวล 5 กิโลกรัม ถูกฉุดด้วยแรง 15 นิวตัน ในทิศทำมุม 60 องศา กับแนวระดับ วัตถุเคลื่อนเป็นระยะ 8 เมตร จงหางานเนื่องจากแรงนี้

วิธีทำ จาก W = FScosθ

W = FScos(…………)

W = (……..) (………) (………)

W = ………………. J

ดังนั้น งานเนื่องจากแรงนี้เป็น…………………..จูล

4. แรงคงที่ 10 นิวตัน กระทำอย่างต่อเนื่องกับวัตถุ มวล 5 กิโลกรัม ที่อยู่นิ่งบนพื้นราบลื่นให้เคลื่อนที่ จงหางานที่แรงนี้กระทำในเวลา 4 วินาที

วิธีทำ จาก W = F. S

แทนค่า W = (10) S ………………… (1)

หา S จาก S = (…..)(……) + $\frac{1}{2}$a (…….)^2

S = 8a ……………………(2)

หา a จาก F = ma

(……) = (……) a

a = ……….. m/s^2

แทนค่า a ใน (2)

จะได้ S = 8(………)

S = ……………. m

แทน S ใน (1)

จะได้ W = (………) (…….)

W = ………. J

ดังนั้น งานที่แรงนี้กระทำเป็น…………………..จูล

กิจกรรมลองทำดู

คำสั่ง ให้นักเรียนแสดงวิธีทำให้ถูกต้อง

1. วัตถุมวล 4 กิโลกรัม วางนิ่งบนพื้นระดับ ถูกดึงให้เคลื่อนที่ในแนวตรงนาน 8 วินาที ความเร็วสุดท้ายเป็น 40 เมตร/วินาที งานที่เกิดขึ้นเป็นกี่จูล

วิธีทำ ....

....

....

....

....

....

....

2. แรงคงที่ขนาด 5 นิวตัน กระทำกับมวล 2 กิโลกรัม ไปบนพื้นเกลี้ยงในทิศขนานกับแนวระดับ เป็นเวลา 2 วินาที จงหางานที่เกิดจากการลากวัตถุนี้

วิธีทำ ....

....

....

....

....

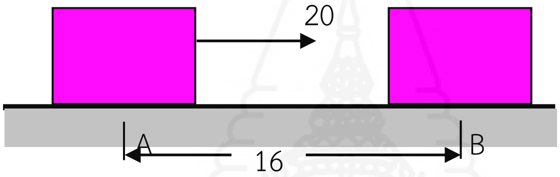
....

....

3. จงหางานในการลากถังน้ำมันซึ่งมีมวล 116 กิโลกรัม ไปเป็นระยะทาง 15 เมตร ถ้าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานมีค่า 0.05

วิธีทำ

4. จากรูปจงหางานในแนว AB



วิธีทำ

กิจกรรมลองทำดู

1. จงคำนวณหากำลังในการยกรถถังมวล 25 ตัน ให้สูงขึ้น 150 เซนติเมตร ภายในเวลา 1 นาที 40 วินาที ตอบในหน่วยวัตต์

   1) 4,906 2) 3,750 3) 2,679 4) 1,275 5) 268

2. เรือ ต.22 ใช้เครื่องยนต์ขับขนาด 20 กิโลวัตต์ จึงจะแล่นได้ด้วยความเร็ว 36 กิโลเมตร/ชั่วโมง และถ้าต้องการให้เรือ ต.22 แล่นด้วยความเร็วเป็น 2 เท่าของความเร็วเดิม จะต้องใช้เครื่องยนต์ขับขนาด 60 กิโลวัตต์ จงหาว่า แรงที่เครื่องยนต์ใช้ขับเรือ ต.22 ในกรณีแรกเป็นกี่เท่าของกรณีหลัง

   1) $\frac{1}{4}$ เท่า 2) $\frac{1}{3}$ เท่า 3) $\frac{1}{2}$ เท่า 4) $\frac{2}{3}$ เท่า 5) $\frac{2}{5}$ เท่า

3. ทักษิณตักน้ำ 20 ถัง ในเวลา 15 นาที ขึ้นจากบ่อลึก 30 เมตร ทักษิณมีกำลัง กี่วัตต์ ถังน้ำ 1 ถัง หนัก 45 นิวตัน

   1) 30 2) 40 3) 90 4) 1,800 5) 1,900

4. นักเรียนนายร้อย กล้าหาญ รักการเรียน นั่งอยู่บนรถยนต์ที่กำลังแล่นด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ เขาได้เริ่มจับเวลาเมื่อรถผ่านเสาไฟฟ้าต้นที่ 1 ต่อมาเมื่อนับถึงต้นที่ 6 ใช้เวลา 8 วินาที ถ้าเสาไฟฟ้าแต่ละต้นห่างกัน 40 เมตร และเครื่องยนต์ที่เขานั่งขณะนั้นให้กำลังออกมา 60 กิโลวัตต์ จงหาแรงฉุดของเครื่องยนต์ในขณะนั้น ตอบในหน่วยนิวตัน

   1) 2000 2) 2200 3) 2400 4) 2800 5) 3000

5. นักเรียนนายร้อยหิ้วถังน้ำที่มีน้ำบรรจุเต็ม 5 ลิตร จำนวน 2 ถัง ขึ้นบนตึกนอนของกองร้อยจากชั้นที่ 2 ไปยังชั้นที่ 4 โดยใช้เวลา 10 วินาที ถ้าแต่ละชั้นสูง 3 เมตร จงหากำลังที่นักเรียนนายร้อยใช้ในการหิ้วน้ำครั้งนี้ กำหนดให้ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก (g) มีค่าเป็น 10 เมตรต่อ $(\text{วินาที})^2$ และมวลของถังมีค่าน้อยมาก

   1) 50 วัตต์ 2) 60 วัตต์ 3) 70 วัตต์ 4) 90 วัตต์ 5) 100 วัตต์

6. ชายคนหนึ่งกดลิฟท์จากชั้น 1 ขึ้นไปชั้น 6 ของอาคารแห่งหนึ่งใช้เวลา 12 วินาที มวลของลิฟท์รวมกับชายคนนี้เท่ากับ 100 กิโลกรัม อาคารนี้มีความสูงชั้นละ 3 เมตร เท่ากันทุกชั้น จงหาว่าเครื่องจักรที่ใช้ในการดึงลิฟท์มีกำลังเท่าไร (ให้ g = 10 เมตร/วินาที^2)

   1) 1 กิโลวัตต์ 2) 1.25 กิโลวัตต์ 3) 1.5 กิโลวัตต์ 4) 2.5 กิโลวัตต์ 5) 3 กิโลวัตต์

บรรณานุกรม

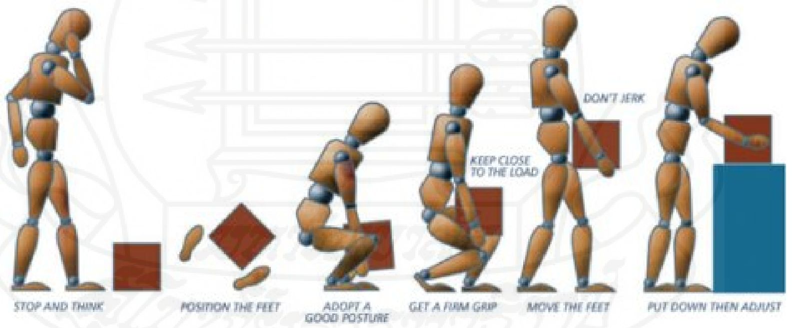
จรัส บุญยธรรมา. (2557). *งานและพลังงานฟิสิกส์ราชมงคล*. สืบค้นจาก http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=6001.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2.* กรุงเทพมหานคร: สกสค ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2.* กรุงเทพมหานคร: สกสค ลาดพร้าว.

สมพร กุลนานันท์. (2560) *เอกสารประกอบการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์ 2.* โรงเรียนเนินมะปรางศึกษาวิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 39 สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

สำนักเทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอน. (2557). *งานและพลังงาน*. สืบค้นจาก http://www.cpn1.go.th/media/thonburi/lesson/04_WrokEnergy/index.htm.



3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเอกสารประกอบการสอน

วิชุกรณ์ ทองมา (2559) การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ รายวิชา ว31201 ฟิสิกส์ 1 ผลการวิจัยพบว่า ชุดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ รายวิชา ว31201 ฟิสิกส์ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.46/81.58 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 นักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้โดยใช้ชุดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย และนักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้โดยใช้ชุดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ มีจิตวิทยาศาสตร์โดยรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.92 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.77

รสสุคนธ์ ศรีสันดา (2559) การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรง มวล และกฎหารเคลื่อนที่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพ 81.87/81.26 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่เรียนด้วยชุดการสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จำนวนนักเรียนมากกว่าร้อยละ 80 มีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยชุดการสอนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในระดับพึงพอใจมากและมากที่สุด ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจากการสังเกตพฤติกรรมการทำงานกลุ่มของนักเรียนพบว่ามีพฤติกรรมการทำงานกลุ่มอยู่ในระดับดี

ตะวัน พันธ์ขาว (2557) ศึกษาการพัฒนาหลักสูตรเสริมทักษะการเรียนวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า หลักสูตรเสริมทักษะการเรียนวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มุ่งส่งเสริมทั้งความรู้และทักษะซึ่งหลักสูตร มีประสิทธิภาพ 76.33/75.89 เป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 75/75 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้หลักสูตรเสริมทักษะการเรียนวิชาฟิสิกส์สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ผลสัมฤทธิ์เรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้หลักสูตรเสริมทักษะการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

กมลพร ขาวนวล (2557) ศึกษาการพัฒนาเอกสารประกอบการสอน วิชาดนตรี เรื่องการขับร้องเพลงไทย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 การศึกษาพบว่า เอกสารประกอบการสอน วิชาดนตรี เรื่องการขับร้องเพลงไทย ที่จัดทำขึ้นมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์มาตรฐาน 80 / 80 ผลการทดสอบก่อนเรียนหลังเรียนและผลการประเมินการขับร้องของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2555 วิทยาลัยนาฏศิลป์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

พวงพยอม สม่าหลี (2554) ศึกษาการสร้างเอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่องป่าชายเลน สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพวิทยาลัยการอาชีพตรัง ผลการประเมินด้านเนื้อหาในเอกสารประกอบการสอน เรื่องป่าชายเลน พบว่าอยู่ในระดับดี และผลการประเมิน

ด้านลักษณะของเอกสารประกอบการสอน พบว่าอยู่ในระดับดีทุกรายการ ยกเว้นรายการด้านเนื้อหาที่ช่วยให้ผู้เรียนตระหนักในความสำคัญของสิ่งแวดล้อมอยู่ในระดับดีมาก

สุทัศน์ ไชยปัญญา (2554) ศึกษาการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน รายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 4 ผลการวิจัยพบว่าหนังสืออิเล็กทรอนิกส์มีประสิทธิภาพ 85.31/89.56 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนโดยใช้หนังสืออิเล็กทรอนิกส์อยู่ในระดับมากที่สุด

นิคม คล้ายชม (2550) ศึกษาผลการใช้เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา ว 43201 ฟิสิกส์เพิ่มเติม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอุตรดิตถ์ ปีการศึกษา 2550 ผลการศึกษาพบว่า ค่าประสิทธิภาพและประสิทธิผลของเอกสารประกอบการเรียนการสอนรายวิชา ว 43201 ฟิสิกส์เพิ่มเติมชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80 : 80 มีค่า 82.57 : 81.95 โดยมีดัชนีประสิทธิผล 0.7696 สูงกว่าค่ามาตรฐานคือ 0.50 ซึ่งหมายความว่า เอกสารประกอบการเรียนการสอนดังกล่าวมีส่วนทำให้ผู้เรียนบรรลุเป้าหมายคือผลการเรียนสูงขึ้นในอัตราร้อยละ 76.96 ผลการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีผลการเรียนสูงขึ้นทุกคน เฉลี่ยร้อยละ43.48 และมีความพึงพอใจต่อการใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอนเฉลี่ยอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษา

การศึกษาค้นคว้าอิสระนี้เป็นการสร้างเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษาค้นคว้าดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการประเมินเอกสารประกอบการสอนครั้งนี้มี 2 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

1.1 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา

ได้แก่ ครูผู้สอน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนราชินิบน จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย

1.1.1 พล.อ.ต.หญิง ทิพย์วิมล ทองอ่อน วศ.ม. (นิวเคลียร์เทคโนโลยี) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.1.2 นายกฤตณ์ชนนท์ สวัสดิ์พานิช วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล

1.1.3 นางสาวกนิษฐา คุ้มวณิชย์ ปริญญาโท สาขาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 ผู้ทรงคุณวุฒิด้านลักษณะของเอกสารประกอบการสอน

ได้แก่ ครูผู้สอน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนราชินิบน จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย

1.2.1 นางสาวสมฤทัย แปลงศรี ปริญญาโท วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2.2 นางสาวนฐกมล ชัยณรงค์ ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1.2.3 นางสาวจิราภรณ์ วงศาเอียด ปริญญาโท สาขานิเทศการศึกษาและพัฒนาหลักสูตร คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. วิธีดำเนินการสร้างเอกสารประกอบการสอน

การสร้างเอกสารประกอบการสอน เรื่อง งาน พลังงาน และกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาคำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์ และวัตถุประสงค์ของรายวิชา

2.2 เลือกเนื้อหาที่จะนำมาสร้างเป็นเอกสารประกอบการสอน

2.3 ศึกษาเอกสารและหนังสือ ตำราที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาฟิสิกส์ วิเคราะห์เนื้อหา เรื่อง พลังงานและกำลัง เพื่อนำมาใช้ในการเขียนเอกสารประกอบการสอน

2.4 ศึกษาวิธีการเขียนเอกสารประกอบการสอน โดยศึกษาแนวทางในการเขียนเอกสารประกอบการสอน ตามรูปแบบของ สุวิทย์ มูลคำ และ สุนันทา สุนทรประเสริฐ (2550, น. 42) ได้นำเสนอส่วนประกอบของเอกสารประกอบการสอนควรมีส่วนประกอบ คือ ส่วนปก ส่วนเนื้อหา และส่วนอ้างอิง

2.5 ดำเนินการสร้างเอกสารประกอบการสอนเรื่อง งาน พลังงานและกำลัง โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 เรื่อง งาน (Work)

ตอนที่ 2 เรื่อง พลังงาน (Energy)

ตอนที่ 3 เรื่อง กำลัง (Power)

เมื่อจบเนื้อหาทั้ง 3 ตอน จะมีตัวอย่างและกิจกรรมท้ายบทให้นักเรียนได้ปฏิบัติ เพื่อให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ตารางที่ 3.1 รายละเอียดเอกสารประกอบการสอนเรื่อง งาน พลังงานและกำลัง

เนื้อหา	**เอกสารอ้างอิง**
ตอนที่ 1 เรื่อง งาน (Work) งานของแรง 2 งานและการเกิดงาน 4 วิธีการคำนวณหางาน 7	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. __________. (2554) *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2*. กรุงเทพมหานคร: สกสค ลาดพร้าว. __________. (2554) *หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2*. กรุงเทพมหานคร: สกสค ลาดพร้าว.
ตอนที่ 2 เรื่อง พลังงาน (Energy) พลังงานจลน์ 11 พลังงานศักย์ 12 พลังงานศักย์โน้มถ่วง 13 พลังงานศักย์ยืดหยุ่น 14 พลังงานและกฎการอนุรักษ์พลังงาน 15 กฎการอนุรักษ์พลังงาน 16	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. __________. (2554). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2*. กรุงเทพมหานคร: สกสค ลาดพร้าว. __________. (2554) *หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2*. กรุงเทพมหานคร: สกสค ลาดพร้าว.

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

เนื้อหา		เอกสารอ้างอิง
ตอนที่ 3	เรื่อง กำลัง (Power) ความหมายและนิยาม 17 การหากำลัง 18	สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. __________. (2554). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2*. กรุงเทพมหานคร: สกสค ลาดพร้าว. __________. (2554). *หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2*. กรุงเทพมหานคร: สกสค ลาดพร้าว.

2.6 ตรวจสอบร่างต้นแบบเอกสาร โดยนำร่างต้นแบบเอกสารประกอบการสอนเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจและปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ จัดทำเป็นเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงาน และกำลัง ฉบับสมบูรณ์ (ภาคผนวก ค)

3. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ แบบประเมินเอกสารประกอบการสอน 2 ชุด คือ แบบการประเมินเอกสารประกอบการสอนด้านเนื้อหา และแบบการประเมินเอกสารการสอนด้านลักษณะของเอกสารประกอบการสอน โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 สร้างแบบประเมินเอกสารประกอบการสอนด้านเนื้อหา ซึ่งประกอบด้วย รายการประเมินดังนี้

3.3.1 ตอนที่ 1 เรื่อง งาน (Work)

1) งานของแรง
2) งานและการเกิดงาน
3) วิธีการคำนวณหางาน

3.3.2 ตอนที่ 2 เรื่อง พลังงาน (Energy)

1) พลังงานจลน์
2) พลังงานศักย์
3) พลังงานศักย์โน้มถ่วง
4) พลังงานศักย์ยืดหยุ่น
5) พลังงานและกฎการอนุรักษ์พลังงาน
6) กฎการอนุรักษ์พลังงาน

3.3.3 ตอนที่ 3 เรื่อง กำลัง (Power)

1) ความหมายและนิยาม

2) การหากำลัง

3.2 สร้างแบบประเมินเอกสารประกอบการสอนด้านลักษณะของเอกสารประกอบการสอน ซึ่งประกอบด้วยรายการประเมินดังนี้

3.2.1 ด้านลักษณะรูปเล่ม

1) ปกหนังสือ

2) การจัดรูปเล่มมีความเหมาะสม

3) การจัดหน้าและจัดภาพมีความประณีต

4) ขนาดตัวอักษรเหมาะสมกับระดับชั้น

5) ตัวอักษรอ่านง่าย

6) จำนวนหน้ามีความเหมาะสม

3.2.2 ด้านภาพประกอบ

1) ภาพมีความสอดคล้องกับเนื้อหาเป็นอย่างดี

2) ขนาดภาพมีความเหมาะสม

3) จำนวนภาพเพียงพอที่จะทำให้เข้าใจเนื้อหา

4) การจัดวางภาพสวยงามเหมาะสม

3.2.3 ด้านเนื้อหา

1) เนื้อหามีความชัดเจนในเรื่องที่ต้องการสื่อ

2) เนื้อหามีความถูกต้อง

3) เนื้อหาช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้เรื่องพลังงานและกำลัง

4) ความยาวของเนื้อหาเหมาะสม

5) การลำดับเนื้อหาเหมาะสม

3.2.4 ด้านการใช้ภาษา

1) ภาษาที่ใช้ถูกต้องตามหลักการใช้ภาษา

2) ภาษาที่ใช้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน

3) ภาษาที่ใช้เร้าความสนใจให้ติดตามอ่าน

3.3 แบบประเมินเอกสารประกอบการสอนด้านเนื้อหา และแบบการประเมินเอกสารการสอนด้านลักษณะแบบของเอกสารประกอบการสอน เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ แบบ (Rating Scale) (บุญชม ศรีสะอาด, 2546, น. 162) ให้ผู้ประเมินแสดงความคิดเห็น เกณฑ์ที่ใช้ในการแปรผลดังนี้

1 หมายถึง ระดับความคิดเห็น ปรับปรุง

2 หมายถึง ระดับความคิดเห็น พอใช้

3 หมายถึง ระดับความคิดเห็น ดี

4 หมายถึง ระดับความคิดเห็น ดีมาก

3.4 ปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินทั้ง 2 แบบ คือ แบบประเมินเอกสารประกอบการสอนด้านเนื้อหา และแบบประเมินเอกสารประกอบการสอนด้านลักษณะของเอกสารประกอบการสอน ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

4. การดำเนินการศึกษา

4.1 นำเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบคุณภาพ โดยใช้แบบประเมินเอกสารประกอบการสอนด้านเนื้อหาสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิทางด้านเนื้อหา และใช้แบบประเมินเอกสารประกอบการสอนด้านลักษณะของเอกสารการสอนสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิด้านลักษณะของเอกสารประกอบการสอน

4.2 รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการประเมินของผู้ทรงคุณวุฒินำมาวิเคราะห์

4.3 วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ฐานนิยม จากการแจกแจงความถี่ระดับความคิดเห็นของผู้ประเมิน แล้วนำมาคำนวณค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) เพื่อหาช่วงความถี่ฐานนิยมที่มากที่สุด (กัลยา วานิชย์บัญชา, 2545, น. 36) โดยใช้สูตรดังนี้

สูตร $$\overline{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ $\overline{X}$ = ค่าคะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ = ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N = จำนวนผู้ประเมินทั้งหมด

บทที่ 4
ผลการศึกษา

การสร้างเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้ศึกษาขอเสนอผลการประเมินโดยผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา จำนวน 3 ท่าน และผู้ทรงคุณวุฒิด้านลักษณะของเอกสารประกอบการสอนจำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. การประเมินเนื้อหาในเอกสารประกอบการสอน รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ปรากฏผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการประเมินเนื้อหาในเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงาน พลังงานและกำลัง

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก	ดี	พอใช้	ปรับปรุง	ฐานนิยม
ตอนที่ 1 เรื่อง งาน (Work)					
1. งานของแรง	-	2	-	1	ดี
2. งานและการเกิดงาน	-	2	1	-	ดี
3. วิธีการคำนวณหางาน	-	2	1	-	ดี
เฉลี่ย	**0**	**2.00**	**0.67**	**0.33**	**ดี**
ตอนที่ 2 เรื่อง พลังงาน (Energy)					
1. พลังงานจลน์	-	2	1	-	ดี
2. พลังงานศักย์	-	3	-	-	ดี
3. พลังงานศักย์โน้มถ่วง	-	3	-	-	ดี
4. พลังงานศักย์ยืดหยุ่น	-	2	1	-	ดี
5. พลังงานและกฎการอนุรักษ์พลังงาน	-	3	-	-	ดี
6. กฎการอนุรักษ์พลังงาน	-	3	-	-	ดี
เฉลี่ย	**0**	**2.67**	**0.33**	**0**	**ดี**

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

รายการประเมิน		ระดับความคิดเห็น				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ปรับปรุง	ฐานนิยม
ตอนที่ 3 เรื่อง กำลัง (Power)						
1.	ความหมายและนิยาม	-	3	-	-	ดี
2.	การหากำลัง	-	3	-	-	ดี
เฉลี่ย		**0**	**3.00**	**0**	**0**	**ดี**
รวมเฉลี่ย		**0**	**2.56**	**0.33**	**0.11**	**ดี**

จากตารางที่ 4.1 พบว่า คะแนนเฉลี่ยในภาพรวมทั้ง 3 ตอน อยู่ในระดับดีมาก คือ 0 ระดับดี คือ 2.56 ระดับพอใช้ คือ 0.33 และระดับปรับปรุง คือ 0.19 ดังนั้นฐานนิยมคือ ระดับดี แสดงว่าคุณภาพของเนื้อหาในเอกสารประกอบการสอนเรื่อง งาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทุกตอนอยู่ในระดับดี

สำหรับข้อคิดเห็นที่ได้รับจากผู้ทรงคุณวุฒิ คือ ต้องแก้ไขบางเรื่อง ได้แก่ ใส่เครื่องหมายและสูตรผิด เนื้อหาของงานยังไม่มีงานของวัตถุที่มีรูปร่างไม่แน่นอน เช่น งานในการสูบน้ำ งานในการดึงโซ่ เป็นต้น

2. การประเมินด้านลักษณะของเอกสารประกอบการสอน รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ปรากฏผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการประเมินลักษณะของเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงาน พลังงานและกำลัง

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก	ดี	พอใช้	ปรับปรุง	ฐานนิยม
ด้านลักษณะรูปเล่ม					
1. ปกหนังสือ	-	3	-	-	ดี
2. การจัดรูปเล่มมีความเหมาะสม	-	3	-	-	ดี
3. การจัดหน้าและจัดภาพมีความประณีต	-	-	2	1	พอใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	ดีมาก	ดี	พอใช้	ปรับปรุง	ฐานนิยม
4. ขนาดตัวอักษรเหมาะสมกับระดับชั้น	3	-	-	-	ดีมาก
5. ตัวอักษรอ่านง่าย	3	-	-	-	ดีมาก
6. จำนวนหน้ามีความเหมาะสม	-	2	1	-	ดี
เฉลี่ย	**1.00**	**1.33**	**0.50**	**0.17**	**ดี**
ด้านภาพประกอบ					
1. ภาพมีความสอดคล้องกับเนื้อหาเป็นอย่างดี	-	3	-	-	ดี
2. ขนาดภาพมีความเหมาะสม	2	1	-	-	ดีมาก
3. จำนวนภาพเพียงพอที่จะทำให้เข้าใจเนื้อหา	1	2	-	-	ดี
4. การจัดวางภาพสวยงามเหมาะสม	-	3	-	-	ดี
เฉลี่ย	**0.75**	**2.25**	**0**	**0**	**ดี**
ด้านเนื้อหา					
1. เนื้อหามีความชัดเจนในเรื่องที่ต้องการสื่อ	-	3	-	-	ดี
2. เนื้อหามีความถูกต้อง	-	3	-	-	ดี
3. เนื้อหาช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้เรื่องงาน พลังงานและกำลัง	-	2	1	-	ดี
4. ความยาวของเนื้อหาเหมาะสม	-	1	2	-	พอใช้
5. การลำดับเนื้อหาเหมาะสม	-	3	-	-	ดี
เฉลี่ย	**0**	**2.40**	**0.60**	**0**	**ดี**
ด้านการใช้ภาษา					
1. ภาษาที่ใช้ถูกต้องตามหลักการใช้ภาษา	-	-	2	1	พอใช้
2. ภาษาที่ใช้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	-	2	1	-	ดี
3. ภาษาที่ใช้เร้าความสนใจให้ติดตามอ่าน	-	-	3	-	พอใช้
เฉลี่ย	**0**	**0.67**	**2.00**	**0.33**	**พอใช้**
รวมเฉลี่ย	**0.44**	**1.66**	**0.78**	**0.13**	**ดี**

จากตารางที่ 4.2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยในภาพรวมระดับดีมาก คือ 0.44 ระดับดี คือ 1.66ระดับพอใช้ คือ 0.78 และระดับปรับปรุง คือ 0.13 ดังนั้นฐานนิยมคือ ระดับดี แสดงว่าคุณภาพด้านลักษณะของเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปี

ที่ 4 อยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านลักษณะรูปเล่ม ด้านภาพประกอบ และด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดี ยกเว้นด้านการใช้ภาษา อยู่ในระดับพอใช้

สำหรับข้อคิดเห็นที่ได้รับจากผู้ทรงคุณวุฒิ คือ ต้องแก้ไขบางเรื่อง ได้แก่ แก้ไขรูป และตัวสะกด เป็นต้น

บทที่ 5
สรุปการศึกษา อภิปรายผล และเสนอแนะ

การสร้างเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องพลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้ศึกษาได้สรุปการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. สรุปการศึกษา

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อสร้างเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์เรื่องงาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.2 วิธีการดำเนินการศึกษา

1.2.1 กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการประเมินเอกสารประกอบการสอนครั้งนี้มี 2 กลุ่ม ดังต่อไปนี้

1) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านเนื้อหา ได้แก่ ครูผู้สอน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนราชินิบน จำนวน 3 ท่าน

2) ผู้ทรงคุณวุฒิด้านลักษณะของเอกสารประกอบการสอน ได้แก่ ครูผู้สอน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนราชินิบน จำนวน 3 ท่าน

1.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ แบบประเมินเอกสารประกอบการสอน 2 ชุด คือ แบบการประเมินเอกสารประกอบการสอนด้านเนื้อหา และแบบการประเมินเอกสารการสอนด้านลักษณะของเอกสารประกอบการสอน

1.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล ใช้ฐานนิยม

1.3 ผลการศึกษา

คุณภาพของเนื้อหาในเอกสารประกอบการสอนเรื่อง งาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทุกตอนอยู่ในระดับดี

คุณภาพด้านลักษณะของเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านลักษณะรูปเล่ม ด้านภาพประกอบ และด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดี ยกเว้นด้านการใช้ภาษา อยู่ในระดับพอใช้

2. อภิปรายผล

ผลการประเมินคุณภาพของเนื้อหาในเอกสารประกอบการสอน เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทุกตอนอยู่ในระดับดี และผลการประเมินคุณภาพด้านลักษณะของเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่องงาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อยู่ในระดับดี โดยด้านลักษณะรูปเล่ม ด้านภาพประกอบ และด้านเนื้อหา อยู่ในระดับดี ยกเว้นด้านการใช้ภาษา อยู่ในระดับพอใช้ ทั้งนี้เนื้อหาในเอกสารประกอบการสอนเรื่อง งาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นการรวบรวมเนื้อหาเองโดยไม่ได้ลอกของผู้อื่นมา มีเนื้อหาที่ครอบคลุมหลักสูตร มีคำอธิบาย พร้อมรูปภาพสีประกอบทำให้เข้าใจเนื้อหาง่ายขึ้น ตัวอักษรอ่านง่ายและเข้าเล่มสวยงาม ซึ่งสอดคล้องแนวคิดของ สุชาติ ศิริสุขไพบูลย์ (2550, น. 6) ได้ให้ความหมายของเอกสารประกอบการเรียนไว้ หมายถึง เอกสารที่ผู้สอนจัดทำขึ้นเพื่อใช้ประกอบการเรียนรู้ของผู้เรียน เป็นลักษณะเอกสารที่จัดทำเป็นรูปเล่มมีเนื้อหาสาระที่ครอบคลุมครบถ้วนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ มีคำอธิบายถึงรายละเอียดของเนื้อหาที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ และมีรูปภาพประกอบตามคำบรรยายอย่างเหมาะสม เนื้อหามีการแยกย่อยและเรียงตามลำดับขั้นตอนอย่างต่อเนื่องกัน สาระถูกต้อง รูปแบบการพิมพ์ที่ดีมีความชัดเจน และเป็นสาระที่เขียนขึ้นด้วยความรู้ของผู้สอนเอง ไม่ได้ลอกของผู้อื่นมา และแนวคิดของ สนม ครุฑเมือง (2549, น. 90) กล่าวว่า เอกสารประกอบการสอนเป็นเอกสารหรือสื่อที่สร้างและเขียนเพื่อใช้ประกอบการเรียนการสอนวิชาใดวิชาหนึ่งตามหลักสูตรของสถาบันการศึกษา โดยศึกษาความมุ่งหมายและเนื้อหาสาระของหลักสูตร เพื่อนำมาจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้อย่างสอดคล้องกับสภาพการสอนจริง เอกสารประกอบการสอนต้องมีเนื้อหาสาระที่ถูกต้อง มีข้อมูลอ้างอิง มีระบบขั้นตอนในการเรียน การจัดทำรูปเล่มอาจตีพิมพ์หรือถ่ายสำเนาเย็บเล่มก็ได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พวงพยอม สม่าหลี (2554) ศึกษาการสร้างเอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่องป่าชายเลน สำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพวิทยาลัยการอาชีพตรัง ผลการประเมินด้านเนื้อหาในเอกสารประกอบการสอน เรื่องป่าชายเลน พบว่าอยู่ในระดับดี และผลการประเมินด้านลักษณะของเอกสารประกอบการสอนพบว่าอยู่ในระดับดีทุกรายการ แสดงให้เห็นว่า เอกสารประกอบการสอน เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถนำไปใช้ประกอบการสอนนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามวัตถุประสงค์ของเอกสารประกอบการสอน

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการศึกษาไปใช้

3.1.1 ครูผู้สอนควรศึกษาหลักสูตรให้เกิดความเข้าใจในองค์ประกอบต่างๆ ได้แก่ จุดมุ่งหมายของหลักสูตร จุดมุ่งหมายของกลุ่มวิชา คำอธิบายรายวิชา จุดประสงค์รายวิชา เพื่อจะได้นำมาใช้ในการพัฒนาเอกสารประกอบการสอนให้สอดคล้องกับหลักสูตร

3.1.2 เอกสารประกอบการสอนนี้ บางครั้งไม่สามารถใช้ให้เป็นไปตามแผนที่วางไว้ในกรอบของเวลาได้จึงต้องมีการปรับปรุงแก้ไข และปรับสภาพอยู่ตลอดเวลาเพื่อทำให้เอกสารประกอบการสอนนี้เหมาะสมและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3.1.3 ในการสร้างเอกสารประกอบการสอน ครูผู้สอนจำเป็นต้องวิเคราะห์งาน เวลา และกลุ่มผู้เรียนให้ชัดเจน เพราะทำให้การใช้เอกสารประกอบการสอน มีประสิทธิภาพและคุณภาพมากยิ่งขึ้น

3.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

3.2.1 ควรมีการประเมินความพึงพอใจต่อเอกสารประกอบการสอน เรื่อง งาน พลังงาน และกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3.2.2 ควรนำเอารูปแบบและกระบวนการศึกษาในครั้งนี้ไปใช้เป็นแนวทางในทำการจัดทำเอกสารประกอบการสอนในเนื้อหาอื่นๆ เพื่อครูจะได้มีนวัตกรรมสำหรับใช้ในการเรียนการสอนให้เกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

บรรณานุกรม

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

บรรณานุกรม

กมลพร ขาวนวล. (2557). การพัฒนาเอกสารประกอบการสอน วิชาดนตรี เรื่องการขับร้องเพลงไทย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร,* 9(1).

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

จรัส บุญยธรรมา. (2557). *งานและพลังงานฟิสิกส์ราชมงคล.* สืบค้นจาก http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=6001.

ตะวัน พันธ์ขาว. (2557). การพัฒนาหลักสูตรเสริมทักษะการเรียนวิชาฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารบัณฑิตวิทยาลัย พิชญทรรศน์*, 9(1).

ทศพล วงศ์อุดม และ สุขสันต์ ใจซื่อ. (2544). *คู่มือ ม. 4-5-6 ฟิสิกส์ Entrance ระบบใหม่*. กรุงเทพฯ: พัฒนาศึกษา.

นิคม คล้ายชม. (2550). *ศึกษาผลการใช้เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าสถิตเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา ว 43201 ฟิสิกส์เพิ่มเติม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.* อุตรดิตถ์: โรงเรียนอุตรดิตถ์ ปีการศึกษา 2550.

นิลุบล เครือจันทร์. (2545). เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ระหว่างวิธีสอนแบบ CIPPA MODEL กับวิธีสอนตามคู่มือครู. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

ประคองศรี สายทอง. (2545). *การพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนภาษาอังกฤษเกี่ยวกับสถานที่ท่องเที่ยวสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ประภาพรรณ เส็งวงศ์. (2550). *การพัฒนานวัตกรรมการเรียนรู้ด้วยการวิจัยในชั้นเรียน.* กรุงเทพฯ: อี.เค.บุ๊คส์.

พวงพยอม สม่าหลี. (2554). *การสร้างเอกสารประกอบการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน เรื่องป่าชายเลนสำหรับนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพวิทยาลัยการอาชีพตรัง.* (การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

พันทิพา ปัจจังคะตา. (2549). *การพัฒนาเอกสารประกอบการเรียนโดยใช้ภาพการ์ตูนเรื่องการเลือกซื้อสินค้าและบริการชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนบ้านหัวหมู สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามหาสารคาม เขต 2.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

รสสุคนธ์ ศรีสันดา. (2559). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอน.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์, บุรีรัมย์

วิชุกรณ์ ทองมา. (2559). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง แรงและกฎการเคลื่อนที่ รายวิชา ว31201 ฟิสิกส์ 1*. (รายงานการวิจัย โรงเรียนน้ำเกลี้ยงวิทยา จังหวัดศรีสะเกษ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 28 ไม่ได้ตีพิมพ์). สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, ศรีสะเกษ.

โศภน รัตนะ. (2556). *ผลการใช้เอกสารประกอบการเรียน เรื่องภูมิศาสตร์ทวีปออสเตรเลียและโอเชียเนียที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนชะรัตชนูปถัมภ์ จังหวัดพัทลุง*. (การศึกษาค้นคว้าอิสระปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2559). *รายงานผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน ปีการศึกษา 2559*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

___________. (2554). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2*. กรุงเทพฯ: สกสค ลาดพร้าว.

___________. (2554). *หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2*. กรุงเทพฯ: สกสค ลาดพร้าว.

สนม ครุฑเมือง. (2549). *การเขียนเชิงวิชาการ*. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สมพร กุลนานันท์. (2560). *เอกสารประกอบการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์วิชาฟิสิกส์ 2*. โรงเรียนเนินมะปรางศึกษาวิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 39 สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.

สมศักดิ์ ประชุมชนะ. (2542). *การสร้างเอกสารประกอบการสอนรายวิชา ส 031 : การปกครองของไทย เรื่อง รัฐธรรมนูญไทย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. สุราษฎร์ธานี: โรงเรียน-คลองฉนวนวิทยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี.

สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา. (2558). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553*. กรุงเทพฯ: สำนักงานรับรองมาตรฐาน และประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน).

สำนักเทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอน. (2557). *งานและพลังงาน*. สืบค้นจาก http://www.cpn1.go.th/media/thonburi/lesson/04_WrokEnergy/index.htm.

สุจิตร ทรงคาศรี. (2554). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง การสร้างเสริมสุขภาพและการป้องกันโรคด้วยภูมิปัญญาไทย กลุ่มสาระการเรียนรู้สุขศึกษาและพลศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

สุชาติ ศิริ สุขไพบูลย์. (2550). *ความหมายของเอกสารประกอบการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล ครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สุทัศน์ ไชยปัญญา. (2554). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน รายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

สุพัตรา ชาติบัญชาชัย. (2547). *กระบวนการเรียนรู้ : แนวคิด ความหมายและบทเรียนในสังคมไทย.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิทย์ มูลคำ และ สุนันทา สุนทรประเสริฐ. (2550). *การพัฒนาผลงานทางวิชาการสู่การเลื่อนวิทยฐานะ.* กรุงเทพฯ : อี เค บุคส์.

อุทัย แข็งกลาง. (2547). *ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิ

1. พลอากาศตรีหญิง ทิพย์วิมล ทองอ่อน
   วศ.ม. (นิวเคลียร์เทคโนโลยี) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. นายกฤตณ์ชนนท์ สวัสดิ์พานิช
   วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล

3. นางสาวกนิษฐา คุ้มวณิชย์
   ป.โท สาขาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. นางสาวสมฤทัย แปลงศรี
   ป.โท วิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. นางสาวนฐกมล ชัยณรงค์
   ป.โท สาขาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

6. นางสาวจิราภรณ์ วงศาเอียด
   ป.โท สาขานิเทศการศึกษาและพัฒนาหลักสูตร คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

แบบประเมินเอกสารประกอบการสอน
รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แบบประเมินเอกสารประกอบการสอน
รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ชุดที่ 1 แบบการประเมินเอกสารประกอบการสอนด้านเนื้อหา
คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย × ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	**ระดับความคิดเห็น**			
	ดีมาก	**ดี**	**พอใช้**	**ปรับปรุง**
ตอนที่ 1 เรื่อง งาน (Work)				
1) งานของแรง				
2) งานและการเกิดงาน				
3) วิธีการคำนวณหางาน				
ตอนที่ 2 เรื่อง พลังงาน (Energy)				
1) พลังงานจลน์				
2) พลังงานศักย์				
3) พลังงานศักย์โน้มถ่วง				
4) พลังงานศักย์ยืดหยุ่น				
5) พลังงานและกฎการอนุรักษ์พลังงาน				
6) กฎการอนุรักษ์พลังงาน				
ตอนที่ 3 เรื่อง กำลัง (Power)				
1) ความหมายและนิยาม				
2) การหากำลัง				
รวม				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

....

....

ลงนาม

(...)

ผู้ประเมิน

แบบประเมินเอกสารประกอบการสอนด้านลักษณะของเอกสารการสอน
รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ชุดที่ 2 แบบประเมินเอกสารประกอบการสอนด้านลักษณะของเอกสารประกอบการสอน
คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย × ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น			
	ดีมาก	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
ด้านลักษณะรูปเล่ม				
1. ปกหนังสือ				
2. การจัดรูปเล่มมีความเหมาะสม				
3. การจัดหน้าและจัดภาพมีความประณีต				
4. ขนาดตัวอักษรเหมาะสมกับระดับชั้น				
5. ตัวอักษรอ่านง่าย				
6. จำนวนหน้ามีความเหมาะสม				
ด้านภาพประกอบ				
1. ภาพมีความสอดคล้องกับเนื้อหาเป็นอย่างดี				
2. ขนาดภาพมีความเหมาะสม				
3. จำนวนภาพเพียงพอที่จะทำให้เข้าใจเนื้อหา				
4. การจัดวางภาพสวยงามเหมาะสม				
ด้านเนื้อหา				
1. เนื้อหามีความชัดเจนในเรื่องที่ต้องการสื่อ				
2. เนื้อหามีความถูกต้อง				
3. เนื้อหาช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้เรื่องพลังงานและกำลัง				
4. ความยาวของเนื้อหาเหมาะสม				
5. การลำดับเนื้อหาเหมาะสม				
ด้านการใช้ภาษา				
1. ภาษาที่ใช้ถูกต้องตามหลักการใช้ภาษา				
2. ภาษาที่ใช้มีความชัดเจน เข้าใจง่าย เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน				
3. ภาษาที่ใช้เร้าความสนใจให้ติดตามอ่าน				
รวม				

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ลงนาม

(..)

ผู้ประเมิน

ภาคผนวก ค

เอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เอกสารประกอบการสอน

รายวิชาฟิสิกส์

เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง

สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ธณพจน์ เนมีย์

เอกสารประกอบการสอน

รายวิชาฟิสิกส์
เรื่อง งาน พลังงานและกำลัง
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำนำ

เอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องงาน พลังงานและกำลัง เพื่อประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ มีเนื้อหาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อพัฒนากระบวนการจัดการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

ผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารประกอบการสอนรายวิชาฟิสิกส์นี้จะเป็นประโยชน์แก่นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้การจัดการเรียนการสอนมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลบรรลุวัตถุประสงค์ของหลักสูตรได้

ธณพจน์ เนมีย์

สารบัญ

	หน้า
งาน (Work)	1
งานของแรง	2
งานและการเกิดงาน	4
วิธีการคำนวณหางาน	7
พลังงาน (Energy)	11
พลังงานจลน์	11
พลังงานศักย์	12
พลังงานศักย์โน้มถ่วง	13
พลังงานศักย์ยืดหยุ่น	14
พลังงานและกฎการอนุรักษ์พลังงาน	15
กฎการอนุรักษ์พลังงาน	16
กำลัง (Power)	17
ความหมายและนิยาม	17
การหากำลัง	18
ตัวอย่างโจทย์ปัญหา	19
คำถามเพื่อตรวจสอบความเข้าใจ	20
แบบฝึกหัด	21
บรรณานุกรม	29

ในชีวิตประจำวันเมื่อเราทำงานบ้าน เช่น ปัด กวาด เช็ดถู โดยความหมายของคนทั่วไปถือว่าเป็นการทำงาน แต่ในการออกกำลังกาย เช่น วิ่ง หรือ การเล่นกีฬา โดยความหมายของคนทั่วไป ไม่ถือเป็นการทำงาน แต่โดยความหมายทางฟิสิกส์ ถือการวิ่งการเล่นกีฬาเป็นการทำงาน ส่วนการทำงานบ้านไม่เป็นการทำงาน งานตามความหมายในวิชาฟิสิกส์จะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อมีแรงมากระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุมีการกระจัด

ภาพที่ 1 คนออกแรงเข็นวัตถุด้วยรถเข็นเดินไปข้างหน้า

เมื่อมีแรงคงตัว $\overline{F}$ กระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่ได้การกระจัด $\overline{s}$ จะเกิดแรง (Work) ของแรงนั้นถ้าแรงและการกระจัดมีทิศทางเดียวกัน งานที่ทำโดยแรงนั้นจะมีค่า W = Fs และแรงที่กระทำมีทิศทางทำมุม θ กับแนวในการเคลื่อนที่ งานที่ทำโดยแรงนั้นจะมีค่า W = Fs cosθ งานเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็นนิวตันเมตร (N.m) หรือจูน (J) เขียนสมการ จะได้

$$W = \overline{F} \cdot \overline{s} = Fs\cos\theta$$

เมื่อ W คือ งานของแรง $\overline{F}$ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N.m) หรือ จูล (J)

$\overline{F}$ คือ แรงที่กระทำต่อวัตถุ มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)

$\overline{s}$ คือ กระกระจัดที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ มีหน่วยเป็นเมตร (m)

งานของแรง

1. ทิศระหว่าง $\overline{F}$ กับ $\overline{s}$ เป็นทิศเดียวกัน (θ = 0°) เช่น งานของแรงที่ดันกล่องให้เคลื่อนที่เป็นต้น

ภาพ ก วัตถุบนพื้นราบ **ภาพ ข วัตถุบนพื้นเอียง**

ภาพที่ 2 แสดงการออกแรง $\overline{F}$ ผลักวัตถุบนพื้นราบ และพื้นเอียง ได้ระยะการกระจัด

จากภาพที่ 2 แสดงการออกแรง $\overline{F}$ ผลักวัตถุบนพื้นราบ และพื้นเอียง ได้ระยะการกระจัด จะได้

จากสมการ $W = Fs\cos 0^{\circ}$

จะได้ $W = \overline{F}\cdot\overline{s}$

ดังนั้น เมื่อ $\overline{F}$ กับ $\overline{s}$ มีทิศทางเดียวกัน $W = \overline{F}\cdot\overline{s}$

เมื่อ $0^{\circ} \leq \theta \leq 90^{\circ}$ $\cos\theta$ เป็นบวก (+) งาน (W) ก็เป็นบวก (+)

2. ทิศระหว่าง $\overline{F}$ กับ $\overline{s}$ เป็นทิศตั้งฉากกัน (θ = 90°) เช่น งานของแรงที่แบกวัตถุหรือสิ่งของเดินไปตามพื้นราบ เป็นต้น

ภาพที่ 3 แสดงการออกแรงดึงวัตถุในแนวทำมุม θ กับแนวการเคลื่อนที่

จากภาพที่ 3 แสดงการออกแรงดึงวัตถุในแนวทำมุม θ กับแนวการเคลื่อนที่ ดังนี้

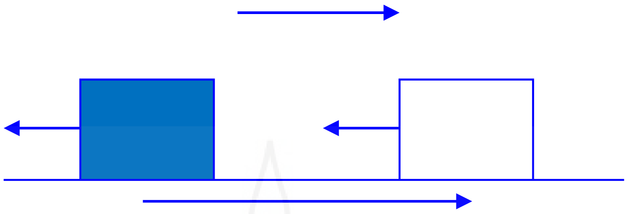
จากสมการ $W = \overline{F}\cdot\overline{s} = Fs\cos 90^{\circ}$

จะได้ $W = 0$

ดังนั้น เมื่อ $\overline{F}$ กับ $\overline{s}$ มีทิศทางตั้งฉากกันแล้ว $W = 0$

“แสดงว่า ถ้าแรงที่มากระทำ อยู่ในทิศที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ จะไม่เกิดงาน หรือ ไม่ได้ทำงานนั่นเอง”

3. ทิศระหว่าง $\overline{F}$ กับ $\overline{s}$ เป็นตรงข้ามกัน หรือ สวนทางกัน (θ = 180°) เช่น งานของแรงที่ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุให้ช้าลง เป็นต้น



ภาพที่ 4 การออกแรงคงตัว $\overline{F}$ ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยการกระจัด $\overline{s}$

จากภาพที่ 4 แสดงออกถึงการออกแรงคงตัว $\overline{F}$ ต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุด้วยการกระจัด $\overline{s}$ ดังนี้

จากสมการ $W = \overline{F} \cdot \overline{s} = Fs \cos 90^{\circ}$

จะได้ $W = \overline{F} \cdot \overline{s}$

ดังนั้น เมื่อ $\overline{F}$ กับ $\overline{s}$ มีทิศทางตรงข้ามกันหรือสวนทางกันแล้ว งาน (W) ก็เป็นลบ (-)

เมื่อ $90^{\circ} < \theta \leq 180^{\circ}$ $\cos \theta$ เป็นบวก (-)

งาน (W) เป็นบวก (+) หมายถึง งานที่เกิดจากแรงหรือส่วนประกอบของแรงที่เกิดจากการแตกแรงในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่

งาน (W) เป็นลบ (-) หมายถึง งานที่เกิดจากแรงหรือส่วนประกอบของแรงที่เกิดจากการแตกแรงในแนวสวนทางกับการเคลื่อนที่

งานและการเกิดงาน

ในชีวิตประจำวันเราทำกิจกรรมต่างๆ มากมาย ทั้งกิจกรรมที่ต้องใช้กำลังกล้ามเนื้อและไม่ใช้กล้ามเนื้อ การนั่งอ่านหนังสือหรือการใช้ความคิดก็ถือว่าเป็นการทำงานในความหมายทั่วไป แต่ในวิชาฟิสิกส์การทำงานมีความหมายเฉพาะตัวมากกว่างานในความหมายทั่วไป ในทางฟิสิกส์งานมีความหมายดังนี้

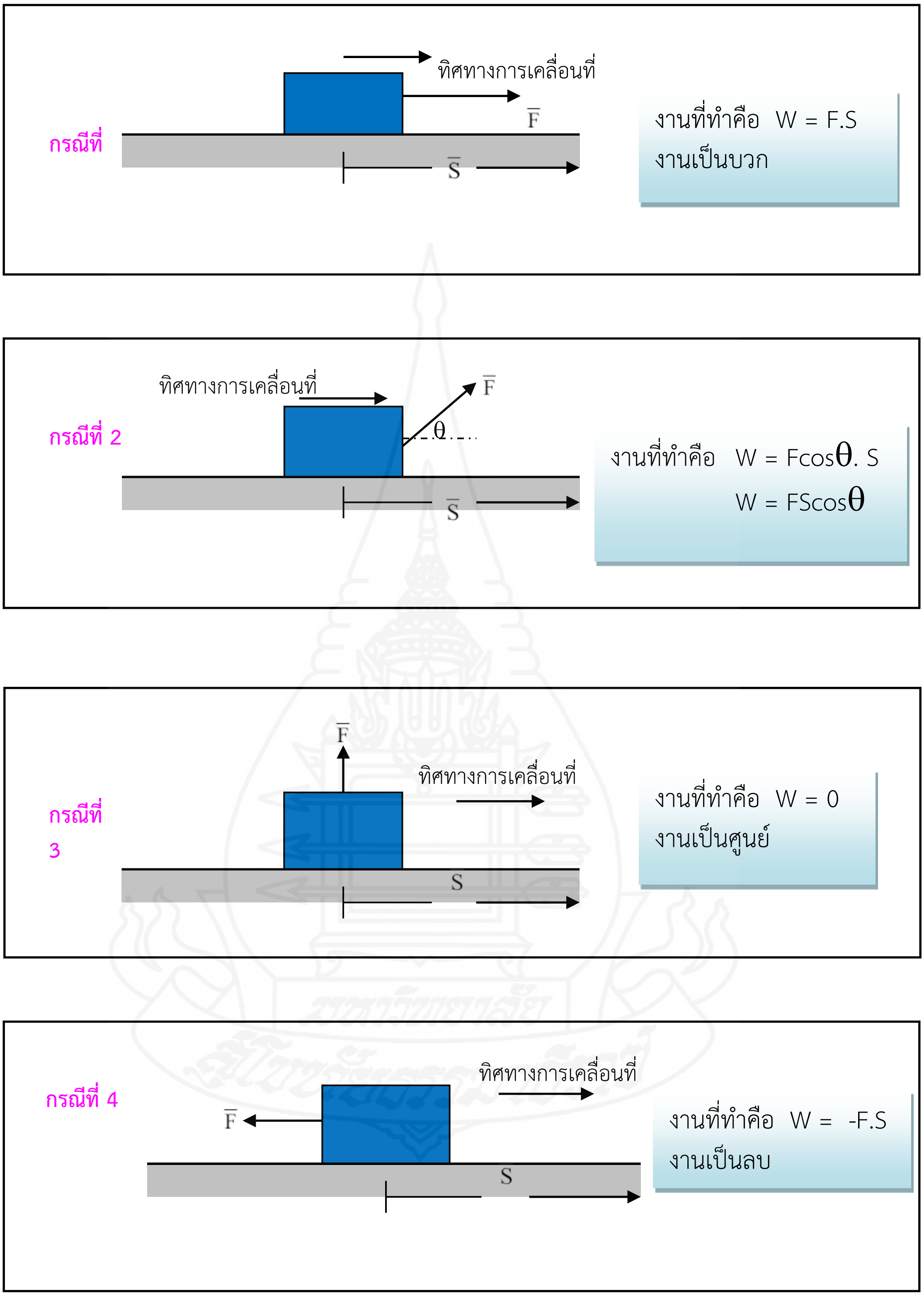
งาน (Work) หมายถึง ผลที่เกิดจากแรงภายนอกมากระทำต่ออนุภาคหรือวัตถุ แล้วทำให้อนุภาคหรือวัตถุนั้นเกิดการเคลื่อนที่ตามแนวนั้น แต่ถ้ามีแรงภายนอกมากระทำต่อวัตถุแล้ว วัตถุไม่เคลื่อนที่ แรงที่มากระทำนั้นไม่เกิดงาน เขียนสมการของงานได้ดังนี้

$$W = F \cdot S$$

เมื่อ	W	คือ	งานที่ทำได้	มีหน่วยเป็นจูล (J)
	F	คือ	แรงที่กระทำต่อวัตถุ	มีหน่วยเป็นนิวตัน (N)
	S	คือ	ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้	มีหน่วยเป็นเมตร (m)

งานเป็นปริมาณสเกลาร์ มีหน่วยเป็น นิวตันเมตร หรือ จูล (joule เขียนย่อว่า J) เช่น “ถ้าแรงขนาด 1 นิวตัน กระทำต่อวัตถุและทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับแรงนั้นด้วยการกระจัด 1 เมตร เรากล่าวว่างานที่เกิดกับแรงนั้น 1 จูล”

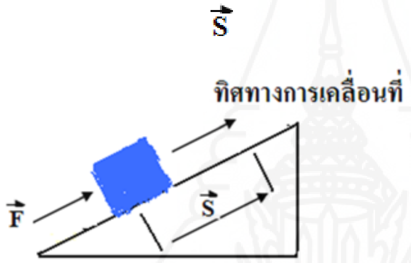
งานในทางฟิสิกส์อาจมีค่าเป็นบวก เป็นลบ หรือเป็นศูนย์ ก็ได้ **ขึ้นอยู่กับทิศทางของแรงและทิศทางของการกระจัดว่าสัมพันธ์กันอย่างไร** และมีสูตรในการหาที่ต่างกัน ดังตัวอย่างจากภาพข้างล่างนี้



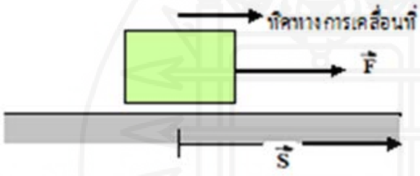
ภาพที่ 5 ทิศทางการเคลื่อนที่

1.การเกิดงานในกรณีที่ แรง ($\overline{F}$) ที่กระทำอยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ หรือ แรงคงตัวที่กระทำต่อวัตถุและทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปด้วยการกระจัด ( ) ในทิศเดียวกันกับแรง งานจะมีค่าเป็นบวก ไม่ว่าจะเป็นพื้นราบหรือพื้นเอียงคำนวณการเกิดงานจากสูตร

ดังภาพ A และภาพ B



W = F.S



W = -F.S

ภาพ A ภาพ B

2. การเกิดงานในกรณีที่ แรง ($\overline{F}$) ที่กระทำอยู่ในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ หรือ แรงคงตัวที่กระทำต่อวัตถุและทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปทิศทางตรงข้ามกับการกระจัด ($\overline{S}$) และทิศทางตรงข้ามกับแรง งานจะมีค่าเป็นลบ ไม่ว่าจะเป็นพื้นราบหรือพื้นเอียงจะคำนวณการเกิดงานจากสูตร

วิธีการคำนวณหางาน

ในการคำนวณหางานที่เกิดจาก

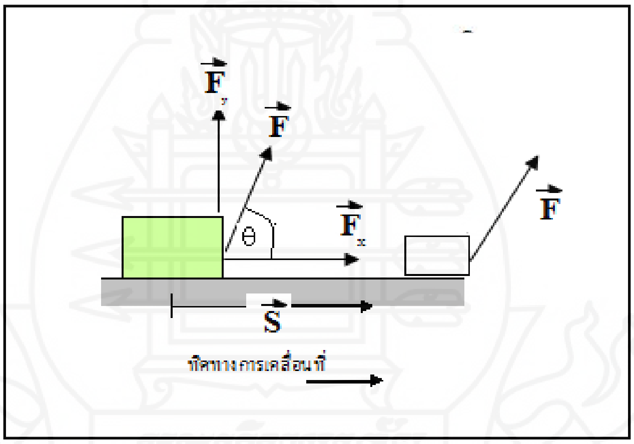
แรงที่กระทำอยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่

สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตร W = F.S

แรงที่กระทำอยู่ในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่

สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตร W = -F.S

การคำนวณหางานของแรงที่ทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ในกรณีที่แรงคงตัว $\bar{F}$ กระทำต่อวัตถุในแนวทำมุมกับทิศทางการเคลื่อนที่ในแนวตรงของวัตถุและทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปด้วยการกระจัด และทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปด้วยการกระจัด $\bar{S}$ เราจะหางานที่แรง $\bar{F}$ ทำได้โดยแยกแรง $\bar{F}$ นี้ออกเป็นแรงองค์ประกอบที่ตั้งฉากกัน 2 แรง โดยต้องให้แรงองค์ประกอบหนึ่งอยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ ดังภาพที่ 1.2.1



ภาพที่ 6 ภาพแรงกระทำต่อวัตถุอยู่ในแนวทำมุม θ กับทิศทางการเคลื่อนที่

จากภาพที่ 1.2.1 $\bar{F}_x$ เป็นองค์ประกอบของแรง $\bar{F}$ ในแนวระดับ แรงนี้ทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ด้วยการกระจัด $\bar{S}$ ในแนวระดับ ส่วน $\bar{F}_y$ เป็นองค์ประกอบของแรง $\bar{F}$ ในแนวดิ่ง แรงนี้กระทำในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่จึงไม่ส่งผลต่อการเคลื่อนที่ในแนวระดับ นอกจากนี้วัตถุก็ไม่มีการกระจัดในแนวดิ่ง งานที่เกิดจากแรง $\bar{F}_y$ จึงเท่ากับศูนย์ ดังนั้นงานที่เกิดจาก $\bar{F}_x$ หาได้ดังนี้

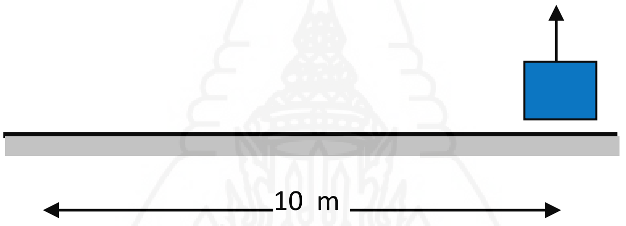
งานที่เกิดจากแรง $\overline{F}_x$ หาได้จาก $W = F_x s$

แต่เนื่องจาก $F_x = F\cos\theta$

ดังนั้นแรงที่เกิดจากแรง $\overline{F}_x$ หาได้จาก $W = (F\cos\theta)\,s = Fs\cos\theta$

สรุปว่า งานที่เกิดจากแรงคงตัวที่กระทำต่อวัตถุซึ่งไม่อยู่ในแนวเดียวกันกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ จะหาได้จาก**ผลคูณระหว่างขนาดของแรงองค์ประกอบในแนวการเคลื่อนที่กับขนาดการกระจัดของวัตถุที่เกิดขึ้นในช่วงที่แรงนี้กระทำ** หรือเขียนสมการได้เป็น $W = Fs\cos\theta$

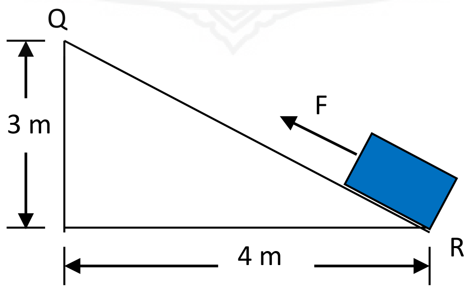
ตัวอย่างที่ 1 ชายคนหนึ่งหิ้วถังน้ำหนัก 200 นิวตัน เคลื่อนที่ไปบนพื้นราบได้ระยะทาง 10 เมตร จงหางานในการหิ้วถังน้ำ



วิธีทำ จาก
$$W = (F\cos 90^\circ)(S)$$
$$= (200)(0)(10)$$
$$= 0$$

ดังนั้น ในการหิ้วถังน้ำครั้งนี้ไม่เกิดงาน

ตัวอย่างที่ 2 ชายคนหนึ่งดึงวัตถุหนัก 5 นิวตัน เคลื่อนที่บนพื้นเอียงที่มีแรงเสียดทานน้อยมาก จาก R ถึง Q ดังรูป จงหางานที่ทำ



วิธีทำ จาก $W = F.S$

$W = F(5)$ .... (1)

หา F ที่ทำให้วัตถุเคลื่อนที่

จะได้ $F = mg\sin\theta$ (แรงซ้าย = แรงขวา)

แทนค่า F ใน (1)

$$W = (mg\sin\theta)(5)$$

$$= (5)(\frac{3}{5})(5)$$

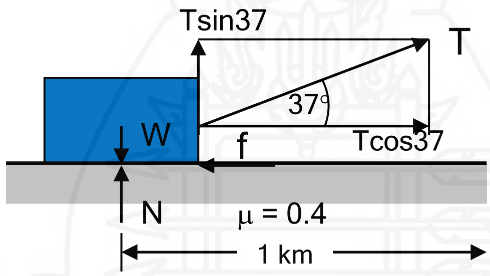
$$= 15 \text{ J}$$

ดังนั้น งานที่ทำเป็น 15 จูล

ตัวอย่างที่ 3 ชายคนหนึ่งใช้เชือกลากกล่องไม้มวล 52 กิโลกรัมไปบนพื้นราบฝืดด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอเป็นระยะทาง 1 กิโลเมตรโดยเชือกทำมุม 37 องศากับพื้น ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นกับกล่องไม้เท่ากับ 0.4 กำหนดให้ $g = 10 \text{ m/s}^2$ จงหา

ก. งานที่ชายคนนี้ทำ

ข. งานเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างพื้นกับกล่องไม้



วิธีทำ

ก. งานที่ชายคนนี้ทำ

$W = (T\cos37)(S)$ .... (1)

หา Tcos37 จาก

$$T\cos37 = f$$

$$= \mu N$$ .... (2)

หา N จาก

$$N + T\sin37 = W$$

$$N = W - T\sin37$$

แทนค่า N ใน (2) จะได้

$$T\cos37 = \mu(W - T\sin37)$$

$$T(\frac{4}{5}) = (0.4)\{520 - T(\frac{3}{5})\}$$

$T = 200$ N

ดังนั้น $T\cos37 = (200)\left(\frac{4}{5}\right) = 160$ N

แทนค่า Tcos37 ใน (1) จะได้

$W = (160)(1 \times 10^3)$

$= 1.6 \times 10^5$ J

ดังนั้น งานที่ชายคนนี้ทำ คือ 1.6×10^5 จูล

ข. งานเนื่องจากแรงเสียดทาน

เนื่องจาก $f = T\cos37 = 160$ N

จาก $W = -f \cdot S$

จะได้ $W = -(160)(1 \times 10^3)$

$W = -1.6 \times 10^5$ J

ดังนั้น งานเนื่องจากแรงเสียดทานระหว่างพื้นกับกล่องไม้ คือ 1.6×10^5 จูล

ตัวอย่างที่ 4 แรง 20 นิวตัน กระทำต่อวัตถุมวล 2 กิโลกรัม ที่อยู่นิ่งให้เคลื่อนที่บนพื้นลื่น จงหางานที่เกิดขึ้นในเวลา 4 วินาที

วิธีทำ จาก $W = FS$ ....(1)

หา S จากสมการ

$$S = ut + \frac{1}{2}at^2$$

แทนค่า a

จะได้ $S = 0 + \frac{1}{2}(10)(4)^2$

$= 80$

m

หา a จากสมการ

$$\Sigma F = ma$$

$$20 = 2a$$

$$a = \frac{20}{2}$$

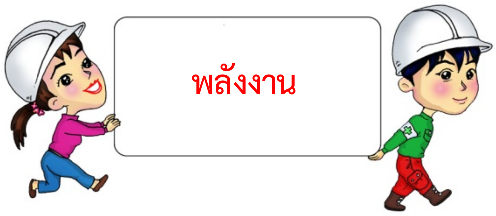
$a = 10$ m/s

แทนค่า S ใน (1)

จะได้ $W = 20(80)$

$= 1{,}600$ J

ดังนั้น งานที่เกิดขึ้นในเวลา 4 วินาที เป็น 1,600 จูล



พลังงานกล หรือพลังงานทางกลศาสตร์ พลังงานกลของวัตถุมี 2 รูปแบบที่ต่างกันชัดเจน ได้แก่ พลังงานที่ขึ้นกับความเร็วของวัตถุ เรียกว่า **พลังงานจลน์** และพลังงานที่ขึ้นกับตำแหน่งของวัตถุ เรียกว่า **พลังงานศักดิ์**

พลังงานจลน์

วัตถุที่กำลังเคลื่อนที่จะนับว่ามีพลังงานจลน์ วัตถุที่อยู่นิ่งไม่มีพลังงานจลน์ พลังงานจลน์ไม่ขึ้นกับทิศทางของการเคลื่อนที่

สมมติให้มีแรงๆ เดียวที่กระทำต่อวัตถุมวล m ที่อยู่นิ่งให้เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง มวล m ย่อมเคลื่อนที่เป็นไปตามกฎของนิวตัน คือ F = ma ความเร่งอยู่ในแนวเส้นตรงตามทิศของแรง ความเร่งจะมีค่าคงตัวเพราะแรงคงตัว ให้แรงกระทำอยู่เป็นเวลา t จนวัตถุมีความเร็ว v ที่ต้องการ จะหาว่าวัตถุมีพลังงานจลน์เท่าใดจากงานที่แรงคงตัวนั้นกระทำ

$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$a = \frac{v^2 + u^2}{2s}$$

จาก $F = ma$

จะได้ $F = m\frac{v^2 - u^2}{2s}$

ดังนั้น $Fs = \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2$

Fs คือ งานที่ทำโดยแรงสุทธิ F

งาน = การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์

ถ้าเคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง ความเร็วเริ่มต้น u เป็น 0 จะได้ $Fs = \frac{1}{2}mv^2$

จะเห็นว่างาน Fs ที่กระทำต่อวัตถุจะทำให้วัตถุที่หยุดนิ่งมีการเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v หรือกล่าวได้ว่า งานที่กระทำต่อวัตถุจะทำให้วัตถุมีพลังงานจลน์ซึ่งมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{2}mv^2$

ถ้ากำหนดให้สัญลักษณ์ E_k แทนพลังงานจลน์ของวัตถุ จะได้

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

ถ้าพลังงานจลน์ตอนแรก $E_{k1} = \frac{1}{2}mv^2$

และพลังงานจลน์ตอนกลัง $E_{k2} = \frac{1}{2}mv^2$

จะเขียนเป็นสมการใหม่ได้ว่า $W = E_{k1} - E_{k2}$

หรือ $$W = \Delta E_k$$

ความหมายของสมการคือ งาน เนื่องจากแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์กระทำต่อวัตถุ จะเท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไป เรียกว่า ทฤษฎีของงานและพลังงานจลน์ อธิบายได้ว่าวัตถุจะเปลี่ยนแปลงความเร็วและพลังงานจลน์ได้ต่อเมื่อ มีองค์ประกอบของแรงลัพธ์ในแนวการเคลื่อนที่เท่านั้น และงานที่เพิ่มขึ้นของวัตถุก็คือ งานขององค์ประกอบของแรงลัพธ์ในแนวการเคลื่อนที่ซึ่งสอดคล้องกับสูตรของงาน (W = Fs)

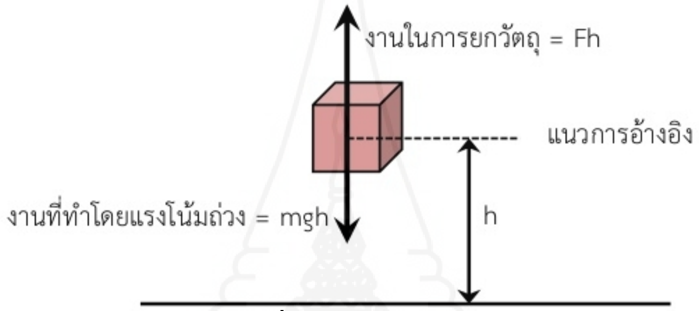
พลังงานศักย์

พลังงานศักย์ของวัตถุซึ่งเกิดจากการมีตำแหน่งสูงขึ้น เกี่ยวข้องกับแรงโน้มถ่วงที่โลกกระทำต่อวัตถุ เรียกว่า **พลังงานศักย์โน้มถ่วง** สำหรับการกดสปริงให้หดสั้นลง หรือยืดสปริงให้ยืดออก เมื่อปล่อยมือสปริงจะมีการเคลื่อนที่ แสดงให้เห็นว่ามีการทำงานโดยสปริง พลังงานนี้ก็คือ พลังงานศักย์เช่นกัน พลังงานศักย์ที่เกี่ยวข้องกับสมบัติการยืดหยุ่น เรียกว่า **พลังงานศักย์ยืดหยุ่น**

พลังงานศักย์โน้มถ่วง

ในการยกวัตถุมวล m ให้สูงขึ้น h ในแนวดิ่งด้วยความเร็วคงตัว จะต้องออกแรง F ซึ่งมีขนาดเท่ากับน้ำหนักของวัตถุ mg จึงจะยกขึ้นได้ตามต้องการ เนื่องจากงานในการยกวัตถุให้สูงขึ้น h เท่ากับ Fh จูล และจาก F = mg จึงต้องทำงาน

$$W = Fh = mgh$$



ภาพที่ 7 พลังงานศักย์โน้มถ่วง

จากสมการจะเห็นว่า งานของแรงภายนอกที่ใช้ในการยกวัตถุให้สูงขึ้นจากพื้นเป็นระยะ h นั้นมีค่าเท่ากับ mgh ซึ่งจะมีค่าเท่ากับงานที่ทำโดยแรงโน้มถ่วงของโลกต่อวัตถุ แต่งานของแรงโน้มถ่วงจะมีค่าเป็นลบ เพราะทิศของแรงตรงกันข้ามกับทิศของการกระจัด ปริมาณ mgh ซึ่งเป็นงานของแรงภายนอกเอาชนะแรงของสนามโน้มถ่วง ถือว่าเป็น **พลังงานศักย์โน้มถ่วง** ของวัตถุนั่นเอง

ถ้าใช้สัญลักษณ์ E_p แทนพลังงานศักย์โน้มถ่วง จะเขียนสมการได้ดังนี้

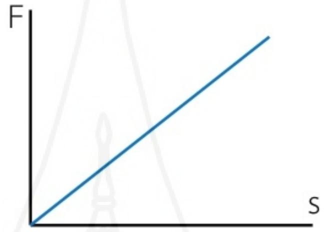
$$E_p = mgh$$

ทั้งนี้โดยกำหนดให้พลังงานศักย์โน้มถ่วงมีค่าเท่ากับศูนย์ เมื่อวัตถุอยู่ที่พื้นหรือระดับใดระดับหนึ่งที่ใช้เป็นระดับอ้างอิง สรุปได้ว่า พลังงานศักย์โน้มถ่วงเป็นพลังงานที่เปรียบเทียบกับพื้นซึ่งใช้เป็นระดับอ้างอิง พลังงานศักย์ของวัตถุมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อวัตถุอยู่สูงขึ้นจากระดับอ้างอิง อาจมีค่าลบเมื่ออยู่ต่ำกว่าระดับอ้างอิง

พลังงานศักย์ยืดหยุ่น

เกิดจากวัตถุที่ติดอยู่กับสิ่งยืดหยุ่นมีการเปลี่ยนแปลงจากตำแหน่งหนึ่งไปสู่อีกตำแหน่งหนึ่ง เช่น วัตถุที่ติดสปริง พลังงานที่สะสมอยู่ในสปริงที่ทำให้สปริงยืดออกหรือหดเข้าจากตำแหน่งสมดุล

จากการทดลองยึดปลายข้างหนึ่งของสปริงไว้ แล้วใช้เครื่องชั่งสปริงเกี่ยวที่ปลายสปริงอีกข้างหนึ่ง วางสปริงและเครื่องชั่งสปริงอยู่ตรงขีดศูนย์ของไม้บรรทัด เพิ่มแรงดึงเครื่องชั่งสปริงให้สปริงยืดออกครั้งละเท่าๆ กัน บันทึกขนาดของแรงดึงกับระยะที่สปริงยืดออกจากตำแหน่งสมดุล แล้วเขียนกราฟระหว่างขนาดของแรงดึง (F) กับระยะทางที่สปริงยืดออก (s) จะได้ดังนี้



จากกราฟจะได้ $F = ks$

เมื่อ F เป็นแรงที่กระทำต่อสปริง มีหน่วยเป็น นิวตัน (N)

k เป็นค่าคงตัวของสปริง มีหน่วยเป็น นิวตัน/เมตร (N/m)
ขึ้นอยู่กับความแข็งของสปริง สามารถหาได้จากความชันของกราฟ

s เป็นระยะที่สปริงยืดหรือหดจากตำแหน่งสมดุล มีหน่วยเป็น เมตร (m)

จากกราฟจะสังเกตเห็นว่า แรงที่ดึงสปริงให้ยืดออกนั้นไม่คงตัว แต่เพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจนถึงตำแหน่งสุดท้ายที่ดึง สมมติว่าใช้แรงดึงเท่ากับ F ทำให้สปริงยืดออก s งานที่ต้องทำในการยืดสปริงเช่นนั้นเป็นเท่าใด อาจหางานที่กระทำจากแรงเฉลี่ยคูณกับการกระจัดได้ เนื่องจากแรงที่ดึงเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอ ค่าแรงเฉลี่ยจะเท่ากับ และงานที่ได้จึงเป็น

$$W = \left(\frac{F+0}{2}\right)s = \frac{1}{2}Fs$$

แทน $F = ks$ จะได้

$$W = \frac{1}{2}Fs^2$$

สมการนี้ก็คือ พื้นที่สามเหลี่ยมใต้กราฟเส้นตรงระหว่าง F และ s นั่นเอง

ถ้าถือว่าสปริงที่ยังไม่ยืดไม่มีพลังงานศักย์ในตัว ค่า $\frac{1}{2}Fs^2$ ก็คือค่าพลังงานศักย์ในสปริงขณะที่สปริงยืดออกเป็นระยะ s นั่นเอง พลังงานศักย์นี้นับเป็น **พลังงานศักย์ยืดหยุ่น (E_p)** และเขียนเป็นสมการได้ว่า

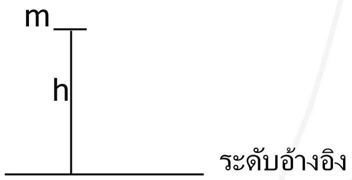
$$E_p = \frac{1}{2}Fs^2$$

พลังงานและกฎการอนุรักษ์พลังงาน

1) พลังงานศักย์ แบ่งเป็น 2 ประเภท

- พลังงานศักย์โน้ม [Potential Energy (E_p)]

คือพลังงานที่เกิดขึ้นในวัตถุที่อยู่สูงกว่าระดับอ้างอิง

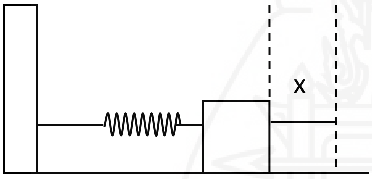


E_p = mgh

m = มวล (kg)

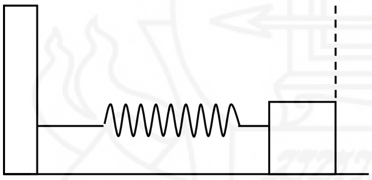
h = ความสูง (m)

- พลังงานศักย์สปริง คือ พลังงานที่เกิดจากการยืดหรือหดสปริง



$$\text{พลังงานศักย์สปริง} = \frac{1}{2}kx^2$$

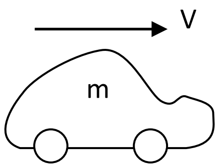
k = ค่านิจสปริง (N/m)



x = ระยะยืดหรือหดจากสปริงตอนปกติ (m)

2) พลังงานจลน์ [Kinetic Energy (E_k)]

คือพลังงานที่เกิดขึ้นในวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว

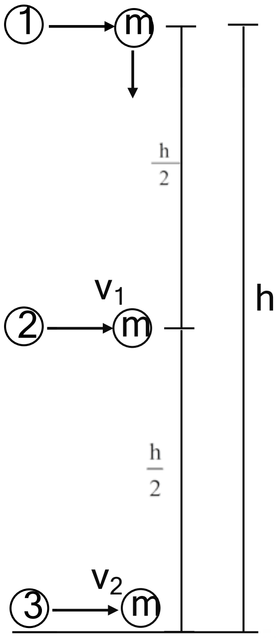


$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

หน่วยของพลังงานเหมือนหน่วยของงานคือ Joule (J)

กฎการอนุรักษ์พลังงาน

"ณ ทุกตำแหน่ง พลังงานรวมมีค่าคงที่เสมอ"



ณ ตำแหน่งที่ ① มีพลังงานศักย์เท่านั้น เพราะวัตถุไม่มีความเร็ว

ดังนั้น พลังงานรวม ณ จุดที่ ① = mgh

พิจารณาตำแหน่งที่ ② วัตถุตกมาได้ระยะทาง $\frac{h}{2}$

จาก $v^2 = u^2 + 2gs$

$$v_1^2 = 0^2 + 2g\left(\frac{h}{2}\right)$$

$$v_1 = \sqrt{gh}$$

พิจารณาตำแหน่งที่ ③ วัตถุตกมาได้ระยะทาง

จาก $v^2 = u^2 + 2gs$

$$v_2^2 = 0^2 + 2g\left(\frac{h}{2}\right)$$

$$V_2 = \sqrt{2gh}$$

ณ ตำแหน่งที่ ② มีพลังงานศักย์ และพลังงานจลน์

ดังนั้น พลังงานรวม ณ จุดที่ ② $= E_p + E_k$

$$= mg\left(\frac{h}{2}\right) + \frac{1}{2}mv_1^2$$

$$= \frac{mgh}{2} + \frac{1}{2}m(\sqrt{gh})^2$$

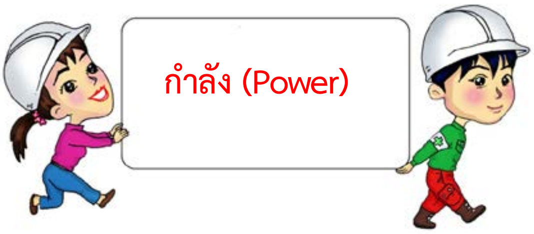
$$\therefore E_2 = mgh$$

ณ ตำแหน่งที่ ③ มีพลังงานจลน์เท่านั้น

$$E_3 = \frac{1}{2}mv_2^2 = \frac{1}{2}(\sqrt{2gh})^2$$

$$\therefore E_3 = mgh$$

∴ พลังงานรวมทุกจุดมีค่าเท่ากัน คือ $E_1 = E_2 = E_3 = mgh$



ความหมายและนิยาม

ในทางฟิสิกส์ กำลัง หมายถึง ปริมาณงานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา

กำลัง = งานที่ทำได้ / เวลาที่ใช้ในการทำงาน

หรือ $P = \frac{W}{t} = \frac{FS}{t} = Fv$ ---------- (5.4)

เมื่อ P คือ กำลัง มีหน่วยเป็นจูลต่อวินาทีหรือวัตต์

t คือ เวลาที่ใช้ในการทำงาน มีหน่วยเป็นวินาที

หน่วยของกำลังนอกจาก วัตต์ แล้วนิยมบอกเป็นแรงม้า โดย 1 แรงม้า เท่ากับ 746 วัตต์ เช่น การวัดกำลังของเครื่องยนต์ กำลังมอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น

จากความรู้เรื่องงานพบว่า งานที่เกิดจะเกี่ยวข้องกับแรง และการกระจัดเท่านั้นไม่เกี่ยวกับปริมาณอื่น เช่น ไม่เกี่ยวข้องกับเวลา แต่ยังมีปริมาณที่เกี่ยวข้องกับงานและเวลาที่ใช้ในการเกิดงานอีก เช่น งานที่ทำใช้เวลาน้อยเรากล่าวว่าจะมีกำลังมากกว่าในช่วงงานที่ทำในเวลาที่มากกว่า

นิยาม กำลัง คือ อัตราที่ทำงานหรืองานที่เกิดขึ้นในหนึ่งหน่วยเวลา

กำหนดให้ W คือ งานที่ทำได้ มีหน่วยเป็นจูล (J)

t คือ เวลาที่ใช้ในการทำงาน มีหน่วยเป็นวินาที (s)

P คือ กำลัง

จากนิยามของกำลังเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$P = \frac{W}{t}$$

$$P = \frac{F \cdot S}{t}$$

หน่วยของกำลัง คือ J/s หรือเรียกว่า Watt (วัตต์) "W"

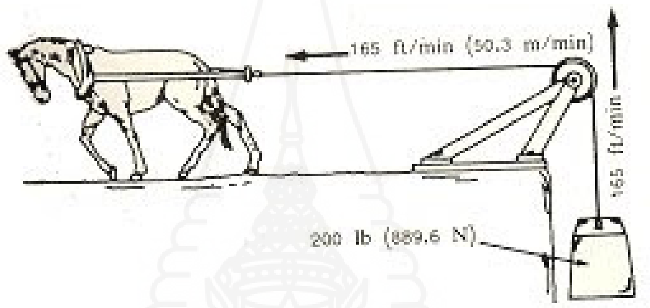
การหากำลัง

การหากำลังของวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว V

ได้ว่า $P = FV$

กำลังม้า (horsepower, hp) คือ กำลังของม้า 1 ตัวหรืออัตราการทำงานของม้า 1 ตัว เช่น เครื่องยนต์ 10 hp สามารถทำงานเท่ากับม้า 10 ตัว หนึ่งกำลังม้า คือ งาน 33,000 ฟุต-ปอนด์ต่อหนึ่งนาที (ft-lb/min)

ม้าเดิน 165 ft ในเวลา 1 นาที และยกน้ำหนัก 200 lb ปริมาณงานที่ทำภายในเวลา 1 นาที คือ 33,000 ft-lb (165 ft * 200 lb)



ภาพที่ 8 ม้าหนึ่งตัวสามารถทำงาน 33,000 ft-lb/min

ถ้าม้าทำงานดังกล่าวภายในเวลา 2 นาที ดังนั้นงานที่ทำต่อเวลา 1 นาที จะเป็นครึ่งหนึ่งของงานครั้งแรก หรือกำลังม้าเท่ากับ 1/2 hp สูตรการคำนวณหากำลังม้าคือ

$$hp = \frac{ft-lb/min}{33,000}$$

$$= \frac{LW}{33,000t}$$

เมื่อ L หมายถึง ความยาวเป็นฟุต (เป็นระยะที่ W กระทำ)

W หมายถึง แรงเป็นปอนด์ (กระทำตลอดระยะความยาว L)

t หมายถึง เวลาเป็นนาที

หมายเหตุ กำลัง 1 กำลังม้า (HP) มีค่า 746 วัตต์

ตัวอย่างโจทย์ปัญหา

ตัวอย่างที่ 1 รถยนต์มวล 800 กิโลกรัม ขณะแล่นด้วยความเร็ว 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง คนขับให้ห้ามล้อหลังจากใช้ห้ามล้อ รถเคลื่อนที่ต่อไปอีก 10 เมตร จึงหยุดนิ่ง งานเนื่องจากแรงต้านที่ทำให้รถหยุดมีค่าเท่าใด

แนวคิด แรงต้านที่ทำให้รถหยุดมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของการกระจัด และทำให้ความเร็วของรถลดลงจนเป็นศูนย์

วิธีทำ ความเร็วต้น $u = 72 \text{ km/h} = \frac{72 \times 1000}{60 \times 60} \text{ m/s} = 20 \text{ m/s}$

ความเร็วปลาย $v = 0$ การกระจัดของรถ $s = 10 \text{ m}$

งานเนื่องจากแรงต้านทำให้รถหยุด $W = \Delta E_k$

$$= \frac{1}{2}mv^2 - \frac{1}{2}mu^2$$

$$= \frac{1}{2}m(v^2 - u^2)$$

$$= \frac{1}{2}(800 \text{ kg})[(0 \text{m/s})^2 - (20 \text{ m/s})^2]$$

$$= -160 \text{ kJ}$$

<u>ตอบ</u> งานเนื่องจากแรงต้านที่ทำให้รถหยุดเท่ากับ – 160 กิโลจูล

ตัวอย่างที่ 2 ลังสินค้ามวล 1000 กิโลกรัม ถูกยกขึ้นวางบนที่สูงจากพื้นดิน 2 เมตร พลังงานศักย์โน้มถ่วงของลังสินค้ามีค่าเท่าใดเมื่อเทียบกับพื้นดิน

วิธีทำ จาก $E_p = mgh$

$$= (1000 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)(2 \text{ m})$$

$$= 19.6 \text{ kJ}$$

<u>ตอบ</u> งานเนื่องจากแรงต้านที่ทำให้รถหยุดเท่ากับ – 160 กิโลจูล

กิจกรรมลองทำดู

คำสั่ง ให้นักเรียนเติมคำในช่องว่างให้สมบูรณ์

1. งานในทางฟิสิกส์ หมายถึง..
2. งานหาได้จาก..
3. งาน 1 จูล คือ..
4. งานเป็นปริมาณ..
5. งานที่มีค่าเป็นบวก คือ..
6. งานที่มีค่าเป็นลบ คือ..
7. เมื่อยกวัตถุขึ้นไปสู่ที่สูง งานที่ทำได้จะขึ้นอยู่กับเวลาที่ใช้ยกหรือไม่..
   เพราะ..
8. การออกแรงลากวัตถุไปตามพื้นขรุขระทำมุม 60 องศา กับแนวราบ กับลากโดยออกแรงขนานกับพื้นในระยะทางที่เท่ากัน จะได้งานต่างกันหรือไม่..
   เพราะ..
9. ถ้าแรงที่กระทำต่อวัตถุตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของวัตถุจะมีการทำงานหรือไม่..
   เพราะ..
10. ชายคนหนึ่งแบกกระสอบข้าวสารยืนอยู่บนสะพานไม้ ชายคนนี้ทำงานหรือไม่..
   เพราะ..

กิจกรรมลองทำดู

① งานและพลังงานจลน์มีความสัมพันธ์กันอย่างไร จงอธิบาย

ตอบ

② ถ้ามีแรงมากระทำต่อวัตถุในทิศทางเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุ พลังงานจลน์ของวัตถุจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างหร ในทางกลับกัน ถ้าแรงนั้นมีทิศทางตรงข้าม พลังงานจลน์ของวัตถุจะเปลี่ยนแปลงหรือไม่ อย่างไร

ตอบ

③ วัตถุมวล m อยู่สูงจากพื้นเป็นระยะทาง h พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุนี้บนผิวโลกและบนผิวดวงจันทร์เท่ากันหรือไม่

ตอบ ....

....

....

....

....

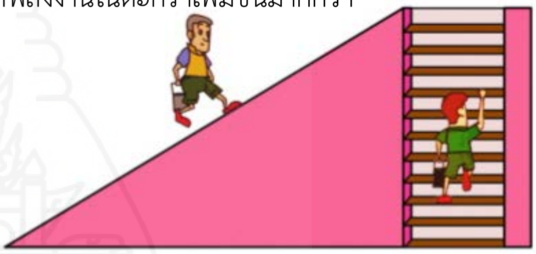
....

....

....

....

④ แดงกับดำหิ้วตะกร้าที่มีขนาดเท่ากันและน้ำหนักเท่ากัน ขึ้นไปบนกำแพง ดังรูป แดงปีนขึ้นบันไดที่ตั้งในแนวดิ่ง ดำปีนขึ้นตามพื้นเอียง คนใดทำให้พลังงานในตะกร้าเพิ่มขึ้นมากกว่า



ตอบ ....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

⑤ จงอธิบายให้เห็นว่า เมื่อโยนวัตถุขึ้นไปในแนวดิ่งจนกระทั่งวัตถุกลับมาที่ตำแหน่งเดิม (การกระจัดเป็นศูนย์) งานของแรงโน้มถ่วงที่กระทำต่อวัตถุตั้งแต่เริ่มโยนจนกลับมาที่ตำแหน่งเดิม มีค่าเป็นศูนย์

ตอบ ....

⑥ วัสดุหรือสิ่งประดิษฐ์หลายอย่างมีความยืดหยุ่น จงยกตัวอย่างสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสิ่งเหล่านั้น

ตอบ ....

กิจกรรมลองทำดู

คำสั่ง ให้นักเรียนเติมข้อความในช่องว่างให้สมบูรณ์

1. มวล 10 กิโลกรัม วางบนพื้นราบฝืดมีสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานจลน์เท่ากับ 0.2 ออกแรง ผลักวัตถุในแนวราบทำให้มวลนั้นเคลื่อนที่ไปด้วยอัตราเร่ง 2 เมตร/วินาที^{2} จงหางานของแรงนั้น ในการทำให้มวลเคลื่อนที่ไปได้ทาง 10 เมตร

วิธีทำ จาก $W = FS$

หา F จาก $\Sigma F = ma$

$F - (......)m(.....).. = m(........)$

$F = ...(2) + (.......)(.......)(10)$

$= ....$ N

แทนค่า F จะได้

$W = ...(10)$

$= ....$ J

ดังนั้น งานของแรงที่ทำให้มวลเคลื่อนที่ไปได้ 10 เมตร คือ .... จูล

2. นาย ก แบกวัตถุ 40 กิโลกรัม เดินไปตามพื้นเอียงยาว 5 เมตร สูง 4 เมตร จงหางานที่ทำ

วิธีทำ จาก W = F. S

W = mg.h

W = (........) (.........) (.........)

W = ... J

ดังนั้น งานที่นาย ก ทำเป็น......................จูล

3. วัตถุมวล 5 กิโลกรัม ถูกฉุดด้วยแรง 15 นิวตัน ในทิศทำมุม 60 องศา กับแนวระดับ วัตถุเคลื่อนเป็นระยะ 8 เมตร จงหางานเนื่องจากแรงนี้

วิธีทำ จาก $W = FS\cos\theta$

$W = FS\cos(............)$

$W = (........)(.........)(.........)$

$W = ...$ J

ดังนั้น งานเนื่องจากแรงนี้เป็น......................จูล

4. แรงคงที่ 10 นิวตัน กระทำอย่างต่อเนื่องกับวัตถุ มวล 5 กิโลกรัม ที่อยู่นิ่งบนพื้นราบลื่นให้เคลื่อนที่ จงหางานที่แรงนี้กระทำในเวลา 4 วินาที

วิธีทำ จาก $W = F.S$

แทนค่า $W = (10)S$ .... (1)

หา S จาก $S = (.....)(......) + \frac{1}{2}a(.......)^2$

$S = 8a$ ....(2)

หา a จาก $F = ma$

$(......) = (......)a$

$a = ...$ m/s^2

แทนค่า a ใน (2)

จะได้ $S = 8(.........)$

$S = ...$ m

แทน S ใน (1)

จะได้ $W = (.........)(.......)$

$W = ...$ J

ดังนั้น งานที่แรงนี้กระทำเป็น......................จูล

กิจกรรมลองทำดู

คำสั่ง ให้นักเรียนแสดงวิธีทำให้ถูกต้อง

1. วัตถุมวล 4 กิโลกรัม วางนิ่งบนพื้นระดับ ถูกดึงให้เคลื่อนที่ในแนวตรงนาน 8 วินาที ความเร็วสุดท้ายเป็น 40 เมตร/วินาที งานที่เกิดขึ้นเป็นกี่จูล

วิธีทำ ....

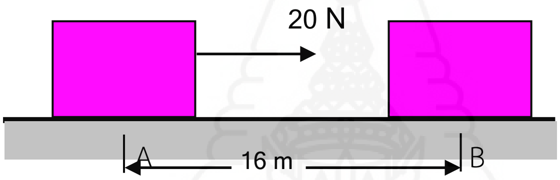
2. แรงคงที่ขนาด 5 นิวตัน กระทำกับมวล 2 กิโลกรัม ไปบนพื้นเกลี้ยงในทิศขนานกับแนวระดับ เป็นเวลา 2 วินาที จงหางานที่เกิดจากการลากวัตถุนี้

วิธีทำ ....

3. จงหางานในการลากถังน้ำมันซึ่งมีมวล 116 กิโลกรัม ไปเป็นระยะทาง 15 เมตร ถ้าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทานมีค่า 0.05

วิธีทำ ....

4. จากรูปจงหางานในแนว AB



วิธีทำ ....

กิจกรรมลองทำดู

1. จงคำนวณหากำลังในการยกรถถังมวล 25 ตัน ให้สูงขึ้น 150 เซนติเมตร ภายในเวลา 1 นาที 40 วินาที ตอบในหน่วยวัตต์

   1) 4,906 2) 3,750 3) 2,679 4) 1,275 5) 268

2. เรือ ต.22 ใช้เครื่องยนต์ขับขนาด 20 กิโลวัตต์ จึงจะแล่นได้ด้วยความเร็ว 36 กิโลเมตร/ชั่วโมง และถ้าต้องการให้เรือ ต.22 แล่นด้วยความเร็วเป็น 2 เท่าของความเร็วเดิม จะต้องใช้เครื่องยนต์ขับขนาด 60 กิโลวัตต์ จงหาว่า แรงที่เครื่องยนต์ใช้ขับเรือ ต.22 ในกรณีแรกเป็นกี่เท่าของกรณีหลัง

   1) $\frac{1}{4}$ เท่า 2) $\frac{1}{3}$ เท่า 3) $\frac{1}{2}$ เท่า 4) $\frac{2}{3}$ เท่า 5) $\frac{2}{5}$ เท่า

3. ทักษิณตักน้ำ 20 ถัง ในเวลา 15 นาที ขึ้นจากบ่อลึก 30 เมตร ทักษิณมีกำลัง กี่วัตต์ ถังน้ำ 1 ถัง หนัก 45 นิวตัน

   1) 30 2) 40 3) 90 4) 1,800 5) 1,900

4. นักเรียนนายร้อย กล้าหาญ รักการเรียน นั่งอยู่บนรถยนต์ที่กำลังแล่นด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ เขาได้เริ่มจับเวลาเมื่อรถผ่านเสาไฟฟ้าต้นที่ 1 ต่อมาเมื่อนับถึงต้นที่ 6 ใช้เวลา 8 วินาที ถ้าเสาไฟฟ้าแต่ละต้นห่างกัน 40 เมตร และเครื่องยนต์ที่เขานั่งขณะนั้นให้กำลังออกมา 60 กิโลวัตต์ จงหาแรงฉุดของเครื่องยนต์ในขณะนั้น ตอบในหน่วยนิวตัน

   1) 2000 2) 2200 3) 2400 4) 2800 5) 3000

5. นักเรียนนายร้อยหิ้วถังน้ำที่มีน้ำบรรจุเต็ม 5 ลิตร จำนวน 2 ถัง ขึ้นบนตึกนอนของกองร้อยจากชั้นที่ 2 ไปยังชั้นที่ 4 โดยใช้เวลา 10 วินาที ถ้าแต่ละชั้นสูง 3 เมตร จงหากำลังที่นักเรียนนายร้อยใช้ในการหิ้วน้ำครั้งนี้ กำหนดให้ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงโลก (g) มีค่าเป็น 10 เมตรต่อ (วินาที)^2 และมวลของถังมีค่าน้อยมาก

   1) 50 วัตต์ 2) 60 วัตต์ 3) 70 วัตต์ 4) 90 วัตต์ 5) 100 วัตต์

6. ชายคนหนึ่งกดลิฟท์จากชั้น 1 ขึ้นไปชั้น 6 ของอาคารแห่งหนึ่งใช้เวลา 12 วินาที มวลของลิฟท์รวมกับชายคนนี้เท่ากับ 100 กิโลกรัม อาคารนี้มีความสูงชั้นละ 3 เมตร เท่ากันทุกชั้น จงหาว่าเครื่องจักรที่ใช้ในการดึงลิฟท์มีกำลังเท่าไร (ให้ g = 10 เมตร/วินาที^{2})

   1) 1 กิโลวัตต์ 2) 1.25 กิโลวัตต์ 3) 1.5 กิโลวัตต์ 4) 2.5 กิโลวัตต์ 5) 3 กิโลวัตต์

บรรณานุกรม

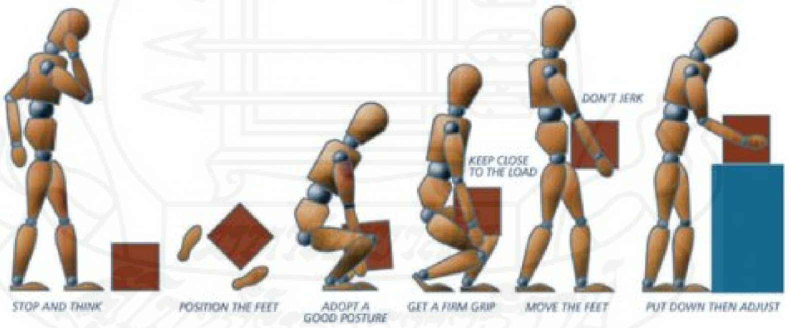
จรัส บุญยธรรมา. (2557). *งานและพลังงานฟิสิกส์ราชมงคล*. สืบค้นจาก http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=6001.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2*. กรุงเทพมหานคร: สกสค ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 2*. กรุงเทพมหานคร: สกสค ลาดพร้าว.

สมพร กุลนานันท์. (2560). *เอกสารประกอบการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์ 2*. โรงเรียนเนินมะปรางศึกษาวิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 39 สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ.

สำนักเทคโนโลยีเพื่อการเรียนการสอน. (2557). *งานและพลังงาน*. สืบค้นจาก http://www.cpn1.go.th/media/thonburi/lesson/04_WrokEnergy/index.htm.



ประวัติผู้ศึกษา

ชื่อ	นายธณพจน์ เนมีย์
วัน เดือน ปีเกิด	30 กันยายน 2528
สถานที่เกิด	เขตคลองสาน กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพฯ
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนราชินีบน กรุงเทพมหานคร
ตำแหน่ง	ครูการสอน (ฟิสิกส์)