

530.077

พ 125 D

๖.๕

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาศิลปะ โดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ห้องสมุดมหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริญญานิพนธ์

ของ

พงศ์ธร สุภโชคพาณิชย์

๒๖ พ.ค. ๒๕๓๕

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

เมษายน 2532

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาศิลปะ โดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

บทคัดย่อ
ของ
พงศ์ธร สุขโชคพาณิชย์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
เมษายน 2532

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีความมุ่งหมายเพื่อ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทาง การเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุด การสอนมินิคอร์ส กับการสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และ เทคโนโลยี

กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนบ้านนา "นายภพพิทยากร" อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก จำนวน 80 คน แบ่งเป็นกลุ่ม ทดลอง 40 คน และกลุ่มควบคุม 40 คน กลุ่มทดลองสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส กลุ่มควบคุมสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มโดยใช้ t -test

ผลการศึกษาบรากว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

A STUDY OF PHYSICS LEARNING ACHIEVEMENT
OF MATHAYOM SUKSA IV STUDENTS
THROUGH MINI-COURSE

AN ABSTRACT
BY
PHONGTHORN SUPHACHOKPANICH

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree
at Srinakharinwirot University
April 1989

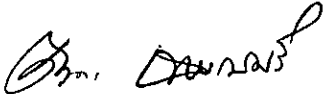
The purpose of this study was to investigate the effect of a mini-Course in teaching physics upon Mathayom Suksa IV Students' learning achievement.

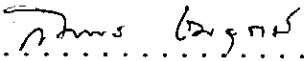
The subjects were 80 students from Mathayom Suksa IV at Banna "Nayokpithayakorn "School, in Nakorn-nayok province. They were randomly assigned two groups: 40 to an experimental group and 40 to a control group. The experimental group was taught using mini-Course methods, whereas the control group was taught through methods outlined in the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology teacher's manual. A randomized control group post-test only design was used in the study, and an independent t-test was used for data analysis.

The results of the study indicated that the students who were taught by mini-Course methods had higher achievement at .01 level of significance than the students who were taught using methods in the Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology teacher's manual.

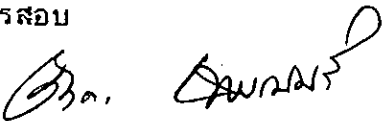
คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำตัวนิสิตและคณะกรรมการสอบ ได้พิจารณาบริญานินพนธ์ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

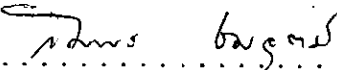
คณะกรรมการที่ปรึกษา

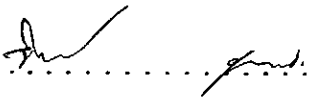

.....ประธาน
(ผศ.ปรีดา เพชรมีศรี)


.....กรรมการ
(ผศ.สมพร ชมอุตม์)

คณะกรรมการสอบ


.....ประธาน
(ผศ.ปรีดา เพชรมีศรี)


.....กรรมการ
(ผศ.สมพร ชมอุตม์)


.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผศ.จิรากรณ์ บุญสง)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับบริญานินพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาคามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ


.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศ.ดร.สมพร บัวทอง)

วันที่ 10 เดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2532

ประกาศขอบคุณ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลง ได้ด้วยความช่วยเหลือและการแนะนำอย่างดียิ่ง
จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปรีดา เพชรมีศรี ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมพร ชมอุทม์
และผู้ช่วยศาสตราจารย์จิราภรณ์ บุญส่ง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง
ไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ ศี เติ่น และผู้ที่มีส่วนช่วยเหลือผู้วิจัยในการทำปริญญานิพนธ์นี้
ทุกท่าน

นางสาว สุวิมล

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	4
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	4
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	5
	นิยามศัพท์เฉพาะ	6
	สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า	8
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า	9
	เอกสารเกี่ยวกับชุดการสอนมินิคอร์ส	9
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอนมินิคอร์ส	29
3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	33
	ประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง	33
	เนื้อหาและระยะเวลาในการทดลอง	34
	การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ	34
	แบบแผนการทดลองและวิธีดำเนินการทดลอง	37
	การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	38
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	41
	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	41
	การวิเคราะห์ข้อมูล	41

บทที่	หน้า
5	
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	43
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	43
สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า	43
การดำเนินการศึกษาค้นคว้า	43
การวิเคราะห์ข้อมูล	44
สรุปผลการศึกษาค้นคว้า	44
อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า	44
ข้อเสนอแนะ	46
บรรณานุกรม	48
ภาคผนวก	54

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | แบบแผนการทดลอง | 37 |
| 2 | ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่าง
กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม | 42 |

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 ความสัมพันธ์ของปัจจัยป้อน → กระบวนการ → ผลผลิต	16
2 ความสัมพันธ์ของปัจจัยป้อนหลายตัวต่อหนึ่งกระบวนการ	16
3 การย้อนกลับของผลผลิตต่อปัจจัยป้อน	17
4 วงจร IPO รวม ของชุดการสอนมินิคอร์ส	17
5 รูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามหลักทฤษฎีวิเคราะห์ระบบ	20

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

วิชาวิทยาศาสตร์นับวันจะมีความสำคัญมากยิ่งขึ้น เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตความเป็นอยู่ของบุคคลทุกเพศทุกวัยตลอดเวลา สมาชิกทั้งหลายในสังคมจำเป็นต้องเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพื่อที่จะให้ได้ประโยชน์สูงสุดจากวิทยาศาสตร์นั้น (พิพชรค์ บุรณะโชติ. 2529:7) คือ เพิ่มความเฉลียวฉลาดทำให้เข้าใจธรรมชาติ มีความรู้ความสามารถที่จะสร้างเทคโนโลยี และนอกจากนี้ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ยังนำไปใช้ในการดำเนินชีวิตและแก้ปัญหาประจำวันได้ รวมทั้งสร้างนิสัยให้เป็นคนมีเหตุผล (ชนกาญจน์ ภุทธากาญจน์ และ ก่องกัญจน์ ภุทธากาญจน์. 2530:16)

สาขาวิชาของวิทยาศาสตร์ที่มีความสำคัญมากสาขาหนึ่ง คือ วิชาฟิสิกส์ ฟิสิกส์เป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาส่วนประกอบของสสาร และอันตรกิริยาระหว่างส่วนประกอบของสสาร (ทววมหาวิทยาลัย. 2530:25) ทฤษฎี และความรู้จากวิชาฟิสิกส์สามารถประยุกต์ใช้กับวิทยาศาสตร์สาขาอื่นได้อย่างกว้างขวาง เช่น เคมีฟิสิกส์ ชีวฟิสิกส์ เกษตรศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และแพทยศาสตร์ เป็นต้น ผลจากวิชาฟิสิกส์จะเป็นส่วนสำคัญในการพัฒนาความคิดใหม่ และพัฒนาเครื่องมือใหม่เพื่อใช้ในการศึกษาเนื้อหาของวิทยาศาสตร์สาขาเหล่านั้นให้ก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว (Semat. 1966:15) ฟิสิกส์ยังช่วยให้มนุษย์เข้าใจปรากฏการณ์ธรรมชาติ เพราะเนื้อหาวิชาฟิสิกส์มีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับเหตุการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น กล่าวได้ว่า วิชาฟิสิกส์เป็นสาขาที่เป็นพื้นฐานที่สุดในวิทยาศาสตร์ธรรมชาติ เป็นรากฐานของความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ไม่มีสาขาวิชาใดจะประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้มากไปกว่าวิชาฟิสิกส์ (Khim. 1978:28-29) ด้วยเหตุนี้การศึกษาวิชาฟิสิกส์จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ควรจะต้องดำเนินการ ดังที่ คอนสแตนท์ (Constant. 1967:4-5) ให้ความเห็นถึงผลถึงความสำคัญของการเรียนวิชาฟิสิกส์ไว้ดังนี้

1. วิชาฟิสิกส์เกี่ยวข้องกับกฎพื้นฐานทางธรรมชาติ เช่น กฎแรงดึงดูดระหว่างมวล กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎทรงพลังงาน เป็นต้น ความรู้ดังกล่าวมีความสำคัญต่อชีวิต สามารถนำมาใช้กับชีวิตประจำวันได้

2. วิชาฟิสิกส์สอนให้เราสังเกตสิ่งเกิด ซึ่งในการทดลองต่างๆจะต้องใช้การสังเกตอย่างละเอียดถี่ถ้วน เพื่อให้ได้ผลการทดลองที่นำไปใช้อธิบายทฤษฎีทางฟิสิกส์ว่าเหมาะสมหรือไม่

3. การเรียนวิชาฟิสิกส์ เป็นการฝึกฝนการใช้ความคิดเป็นอย่างดี เพราะวิชาฟิสิกส์ทำให้เกิดความคิดใหม่ รู้จักคิดและใช้เหตุผล มีการใช้หลักตรรกศาสตร์ คณิตศาสตร์ในการสร้างมโนภาพและทำให้เข้าใจโลกของฟิสิกส์

สำหรับประเทศไทยได้ให้ความสำคัญของวิชาฟิสิกส์โดยได้จัดให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาตลอด นับตั้งแต่เริ่มมีการใช้หลักสูตรวิทยาศาสตร์ครั้งแรกในปี พ.ศ. 2438 (กระทรวงศึกษาธิการ. 2513:123-124) และในปี พ.ศ. 2515 รัฐบาลได้จัดตั้งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขึ้น เพื่อให้มีหน้าที่ในการพัฒนาและปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ดำเนินการปรับปรุงหลักสูตรวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และกระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศใช้ทั่วประเทศ ตั้งแต่ พ.ศ. 2519 และในปี พ.ศ. 2524 ได้มีการปรับปรุงหลักสูตรวิชาฟิสิกส์ขึ้นใหม่อีก เพื่อให้สอดคล้องกับระบบการศึกษาปัจจุบัน ซึ่งเป็นแบบ 6-3-3 โดยมีหลักการและจุดมุ่งหมาย คือ เน้นการสอนแบบที่มีการทดลองเป็นรากฐานของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยมีครูเป็นผู้ชี้แนะ บล็อกผังให้มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นแก่การดำรงชีวิตในสังคม ให้เกิดทักษะที่จำเป็นในการค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมด้วยตนเอง และมุ่งบล็อกผังให้เกิดค่านิยมและทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ (สุชุม ศรีชัยรัตน์. 2525: คาถาแสง)

แต่จากผลการศึกษาติดตามการใช้หลักสูตรวิชาฟิสิกส์ที่ผ่านมา พบว่ายังมีปัญหาหลายว ด้าน ดังที่ นุกรานต์ นิยมศิริ (2527:67) ได้ทำการวิจัยพบปัญหาของครูฟิสิกส์หลายปัญหา เช่น ปัญหาการใช้หลักสูตรวิชาฟิสิกส์ด้านการสอนให้สัมพันธ์กับวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่น การสอนเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ให้ละเอียดลึกซึ้งและกว้างขวาง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามที่กำหนดไว้ในคู่มือครู การกระตุ้นให้นักเรียนสนใจศึกษาค้นคว้าและแสดงความคิดเห็น การนำวิธีสอนใหม่ๆ มาใช้ในการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียน การจัดกิจกรรมเสริมหลักสูตร การจัด

กิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ให้นักเรียนนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ เป็นต้น และ ศิริพงษ์ ฑิฆะ (2528:89-102) ได้สำรวจปัญหาของครูฝึกสอนที่อยู่ในเขตการศึกษา 12 ในการใช้หลักสูตรวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2524 พบว่ามีปัญหามาก ในด้านความไม่เหมาะสมระหว่างเนื้อหาวิชากับระดับชั้นที่เรียน การสอนวิชาฟิสิกส์ ที่เกี่ยวกับการคำนวณ และสื่อการเรียนมีคุณภาพต่ำ การที่ครูฝึกสอนประสบปัญหาในการ ใช้หลักสูตรดังกล่าวย่อมจะส่งผลถึงผลการเรียนของนักเรียนด้วย ซึ่งจากการศึกษาวิจัย ของ วิไลรัตน์ ตั้งจัญญ (2527:82-84) พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้านการนำไปใช้ ด้านบทเรียนที่เป็นพื้นฐานและด้าน บทเรียนที่มีเนื้อหาต่อเนื่อง อยู่ในระดับต่ำและต่ำกว่าความคาดหวังของครูผู้สอนและ ผู้พัฒนาหลักสูตรด้วย นอกจากนี้ วิไลวรรณ ทรัพย์เจริญ (2528:70-71) ยังได้สอบถาม ความคิดเห็นของนักเรียนโรงเรียนมัธยมสาธิต มหาวิทยาลัยรามคำแหงกับโรงเรียน มัธยมสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เกี่ยวกับปัญหาที่นักเรียน ประสบในการแสดงพฤติกรรมความจุกประสงค์การเรียนการสอนฟิสิกส์และปริมาณปัญหา เกี่ยวกับเนื้อหาหลักสูตรวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พ.ศ. 2524 ได้ผลสรุปว่า นักเรียนของโรงเรียนทั้งสองมีความเห็นว่านักเรียนประสบปัญหามากที่สุดในเรื่อง การแก้ปัญหาคำนวณฟิสิกส์ รองลงมามีปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง คือ การได้ คำนวณค่าศัพท์ต่างๆ ทางฟิสิกส์ ความสามารถในการเสนอข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการชี้แจงเหตุผล การนำหลักเกณฑ์ที่เรียนมาไปอธิบายเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ ปริมาณ เนื้อหาหลักสูตรมากเกินไป คำอธิบายเนื้อหาไม่ชัดเจน และการทดลองบางเรื่องยากไป

จากปัญหาที่กล่าวมาทั้งหมด ชี้ให้เห็นว่า หลักสูตรวิชาฟิสิกส์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ยังไม่เอื้ออำนวยต่อการเรียนการสอนเท่าที่ควร ผลการเรียนของนักเรียนยังไม่เป็น ไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ จึงเป็นหน้าที่ที่ผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายควรที่จะร่วมมือกันหาทาง ปรับปรุงแก้ไข และในฐานะครูสอนวิชาฟิสิกส์ก็ควรจะแสวงหาวิธีการสอน ที่จะสามารถ ทำให้เกิดการพัฒนา ผลการเรียนของนักเรียนได้ เพื่อการบรรลุเป้าหมายในการเรียน ได้อย่างสมบูรณ์

ในปัจจุบันผู้ที่อยู่ในวงการศึกษาล้วนแล้วแต่มีแนวคิดด้านเทคโนโลยีและนวัตกรรมทาง การศึกษามาใช้ในการเรียนการสอน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และแก้ไขข้อบกพร่องใน การเรียนการสอนให้ดีขึ้น ชุดการสอนมินิคอร์ส (Mini-Course) นับเป็นนวัตกรรม อีกอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญควรค่าแก่การนำมาใช้ในวงการศึกษาก่อนการพัฒนาหลักสูตร เพราะชุดการสอนมินิคอร์สเป็นชุดการสอนที่อำนวยความสะดวกให้ทั้งผู้เรียน และผู้สอน

อย่างครบถ้วนคือ สนองความต้องการของผู้เรียน จบสมบูรณ์ในตัวเอง ใช้ระยะเวลาในการเรียนสั้น มีจุดประสงค์ทางการเรียนการสอนแจ่มชัด มุ่งฝึกทักษะ โดยมีกิจกรรมและสื่อการเรียนการสอนหลายประเภท มีโครงสร้างการเรียนการสอนล่วงหน้า และมีการประเมินผลตามจุดมุ่งหมายอย่างเที่ยงตรง (APEID. 1982:6-8) ทักษะการสอนนิโคร์สจะประกอบด้วยกิจกรรมย่อยต่างๆ แต่ละกิจกรรมสร้างโดยอาศัยรูปแบบของการวิเคราะห์ระบบ (Systems Approach) เป็นวงจรซึ่งประกอบด้วย ปัจจัยป้อน -- กระบวนการ -- ผลผลิต (Input -- Process -- Output) เป็นลูกโซ่ต่อเนื่องกันไป ทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและการปะทะสังสรรค์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนมากที่สุด รวมทั้งผู้เรียนได้มีการตอบสนองสิ่งเร้าและได้รับผลย้อนกลับทันที (Meyer. 1978:1)

โดยคุณลักษณะทั้งกล่าวของชุดการสอนนิโคร์ส ผู้วิจัยจึงมีความสนใจว่า ด้านหลักการของชุดการสอนนิโคร์สมาพัฒนาให้เหมาะสมกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์แล้ว น่าจะสามารถ แก้ไขปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นได้ ดังนั้นผู้วิจัยจะทำการวิจัยโดยสร้างชุดการสอนนิโคร์สวิชาฟิสิกส์ขึ้น เพื่อใช้สอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และจะศึกษาว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนจะเปลี่ยนแปลงอย่างไรหรือไม่ เมื่อเปรียบเทียบกับการสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนนิโคร์สกับการสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

เป็นแนวทางในการนำเอาเทคโนโลยีและนวัตกรรมทางการศึกษา มาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. ประชากร

ประชากรสำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนบ้านนา "นายกพิทยากร"
อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2531
จำนวน 160 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างสำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนบ้านนา "นายกพิทยากร"
อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2531
จำนวน 80 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 40 คน และกลุ่มควบคุม 40 คน

3. เนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ใช้เนื้อหาจากหนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 2
(ว022) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย ของสถาบัน
ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่องงานและพลังงาน ทั้งในกลุ่มทดลอง
และกลุ่มควบคุม

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองครั้งนี้กระทำในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2531 โดยกลุ่ม
ทดลองใช้เวลา 16 คาบ กลุ่มควบคุมใช้เวลา 18 คาบ คาบละ 50 นาที

5. ตัวแปรที่จะศึกษาค้นคว้า

5.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่วิธีการสอนซึ่งแบ่งเป็น 2 วิธี คือ

5.1.1 การสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส

5.1.2 การสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี

5.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องงาน

และพลังงาน

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ชุดการสอนมินิคอร์ส (Mini-Course) หมายถึงชุดการสอนที่สร้างขึ้นอย่างเป็นระบบ มีลักษณะตอบสนองความต้องการของผู้เรียน จบสมบูรณ์ในตัวเอง มีจุดประสงค์ทางการเรียนชัดแจ้งที่ผู้เรียนสามารถบรรลุได้ภายในระยะเวลาอันสั้น โดยกำหนดกิจกรรม เวลา และสื่อการเรียนการสอนไว้อย่างชัดเจน มุ่งฝึกทักษะเป็นสำคัญ และเน้นการมีส่วนร่วมของผู้เรียนในกิจกรรมต่างๆ โดยมีครูเป็นผู้ดูแลช่วยเหลือ ตลอดจนแนะแนวทางในการเรียนรู้

ชุดการสอนมินิคอร์สที่สร้างขึ้นมีองค์ประกอบ 6 ประการคือ

1.1 หลักการและเหตุผล จุดมุ่งหมาย แผนการสอน

1.2 กิจกรรมผู้เรียน เช่น การอภิปรายแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่ม การทำการทดลอง การศึกษาจากสื่อสำเร็จรูป เป็นต้น

1.3 กิจกรรมครู เช่น ให้ความช่วยเหลือ ดูแล และแนะนำผู้เรียนในขณะให้ผู้เรียนทำกิจกรรมหรือฝึกทักษะภายในกลุ่ม เป็นต้น

1.4 การประเมินผล เช่น การทำแบบฝึกหัดจากแบบประเมินผลตนเอง การรายงานผลการอภิปรายของตัวแทนแต่ละกลุ่ม เป็นต้น

1.5 เนื้อหาเสริม เช่น การจัดเอกสารความรู้ประกอบต่างๆ เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาเพิ่มเติม เป็นต้น

1.6 สื่อการเรียนการสอนสำหรับครู และนักเรียนใช้ประกอบในการเรียนการสอน

โดยจัดเนื้อหาที่สอนใหม่ให้กระชับ มีลำดับการสร้างความรู้วิเคราะห์ระบบ โดยมีทฤษฎีสิ่งเร้าและการตอบสนอง (S-R Theory) เป็นหลัก ดังนี้

- (1) ศึกษาความต้องการและความจำเป็น
- (2) กำหนดเป้าหมาย
- (3) กำหนดจุดประสงค์ทั่วไปและจุดประสงค์เฉพาะ
- (4) สรรวจทรัพยากรและสื่อการเรียนการสอนที่จะนำมาใช้
- (5) ออกแบบโครงการสอน
- (6) พัฒนาและสร้างสื่อการเรียนการสอนตามกิจกรรมที่กำหนด
- (7) ทดลองใช้
- (8) ปรับปรุงแก้ไข

สำหรับกิจกรรมของการเรียนที่จัดขึ้นแต่ละกิจกรรมต้องจัดเป็นวงจร ซึ่งประกอบด้วย ปัจจัยป้อน -- กระบวนการ -- ผลผลิต หลายวงจรต่อเนื่องกันไป เป็นลูกโซ่ ทุกกิจกรรมสามารถให้ข้อมูลย้อนกลับได้ทันที และวัดได้ว่าในกิจกรรมดังกล่าวผู้เรียนสามารถบรรลุจุดประสงค์ทางการเรียนได้หรือไม่ภายในระยะเวลาที่กำหนด

2. การสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส หมายถึงการสอนวิชาฟิสิกส์ในกลุ่มทดลอง โดยผู้วิจัยดำเนินการสอนตามกิจกรรมที่กำหนดไว้ในแผนการสอนของชุดการสอนมินิคอร์สที่สร้างขึ้น

3. การสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หมายถึงการสอนตามขั้นตอนในคู่มือครู ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสร้างขึ้น

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งวัดได้จากความสามารถในการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่องงานและพลังงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรวิชาฟิสิกส์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยวัดความสามารถ 4 ด้านคือ

4.1 ด้านความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้ว

4.2 ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ที่ได้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ และแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปยังอีกสัญลักษณ์หนึ่ง

4.3 ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการค้นคว้าหาความรู้ต่างๆ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะ คือการสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งกับตำแหน่ง (Space and Space) และตำแหน่งกับเวลา (Space and Time) การคำนวณ การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมุติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

สำหรับในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจะเน้นเฉพาะ 4 ทักษะ คือ

- 4.3.1 ทักษะในการจัดกระทำกับข้อมูล หมายถึง ความสามารถที่จะนำเอาข้อมูลต่าง ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่ให้อยู่ในรูปที่มีความหมายหรือความสัมพันธ์กันมากขึ้น เพื่อให้ง่ายต่อการแปลความหมายในขั้นต่อไป
- 4.3.2 ทักษะในการแปลความหมายของข้อมูลและการสรุป หมายถึง ความสามารถในการแปลความหรือสรุปความจากข้อมูลต่าง ๆ ที่รวบรวมได้อย่างสมเหตุผลและรวดเร็ว
- 4.3.3 ทักษะในการสร้างสมมุติฐาน หมายถึง ความสามารถในการคาดการณ์หรือคาดคะเน ความสัมพันธ์ขององค์ประกอบที่มีอยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ อย่างมีเหตุผลและอาจพิสูจน์ได้โดยการทดลอง
- 4.3.4 ทักษะในการออกแบบการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการคิดหาวิธีทดลองเพื่อตรวจสอบ หรือพิสูจน์สมมุติฐาน หรือเพื่อตอบปัญหาข้อข้องใจต่าง ๆ

4.4 ด้านการนำไปใช้หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ หรือแตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์สมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า

เอกสารเกี่ยวกับชุดการสอนมินิคอร์ส

ความหมายของชุดการสอนมินิคอร์ส

แอลเลน และแวลเลทท์ (Allen and Valette.1977:12) กล่าวถึงมินิคอร์สว่าเป็นหน่วยการสอนระยะเวลาสั้น ที่ใช้เวลาเพียงครึ่งภาคเรียนหรือหนึ่งภาคเรียน ระดับชั้นที่ใช้มินิคอร์สมากคือระดับ 3 และ 4 ของโรงเรียนมัธยมศึกษา โดยธรรมชาติของมินิคอร์สจะกำหนดขึ้นตามความสนใจของนักเรียน และสมรรถภาพของครู

ศูนย์พัฒนาการสอนแห่งมหาวิทยาลัยแมคควอรี (Center for Advancement of Teaching (C.A.T.); Macquarie University. 1980:Introductory) ได้คำอธิบายถึงชุดการสอนมินิคอร์สว่า เป็นโครงการการเรียนการสอนที่มีเนื้อหาจบในตัวเอง สร้างขึ้นโดยวิธีวิเคราะห์ระบบ สามารถใช้ได้กับกลุ่มและรายบุคคล โดยทั่วไปการเรียนรู้นในมินิคอร์สอาศัยสื่อและยุทธวิธีหลากหลายแบบ มีจุดประสงค์การเรียนชัดเจนและสามารถเกิดผลสัมฤทธิ์ได้ภายในระยะเวลาอันสั้น

อาเพค (APEID.1982:4) ให้ความหมายของมินิคอร์สว่า คือ รายวิชาย่อยที่ศึกษากลุ่มได้ มีเนื้อหาจบสมบูรณ์ในตัวเอง ใช้ฝึกงานเป็นกลุ่ม เน้นการมีปฏิสัมพันธ์ของผู้เรียนภายในกลุ่มมากกว่าการศึกษาเป็นรายบุคคล บทการเรียนรู้อาจใช้สื่อและกลวิธีในการสอนหลายชนิด ผู้เรียนสามารถทำกิจกรรมและบรรลุจุดประสงค์ทางการเรียนได้ในระยะเวลาอันสั้น โดยมีพื้นฐานการสร้างจากเทคโนโลยีทางการศึกษา ไม่จัดเป็นชุดเพื่อใช้เรียนอย่างอิสระ และไม่สร้างเป็นหน่วยย่อยประกอบวิชาใดวิชาหนึ่ง โดยเฉพาะ

สรุปได้ว่าชุดการสอนมินิคอร์ส เป็นชุดการสอนที่สร้างขึ้นโดยวิธีวิเคราะห์ระบบ มีการจบอย่างสมบูรณ์ในตัวเอง ใช้ระยะเวลาในการศึกษาน้อย มีจุดประสงค์ของการเรียนการสอนชัดเจน ประกอบด้วยกิจกรรมที่ใช้สื่อและกลวิธีการสอนหลายว แบบ เพื่อให้เกิดสัมฤทธิ์ผลตามเป้าหมาย เน้นการเรียนเป็นกลุ่มมากกว่าการเรียนเป็นรายบุคคล

พัฒนาการของชุดการสอนมินิคอร์ส (APEID. 1982:1-3)

ชุดการสอนมินิคอร์สได้รับการพัฒนามาจาก ความคิดของบทเรียนโมดูล โดยคัดข้อจากัดการพัฒนาบทเรียนแบบต่างคนต่าง เรียนของบทเรียนโมดูลออกไป เริ่มใช้ครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกา มีลักษณะที่สำคัญ คือ ใช้เวลาในการเรียน การสอนสั้นๆ ใช้สื่อและยุทธวิธีต่างๆ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าจะเกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ตามจุดประสงค์ที่ได้ตั้ง ไว้อย่างรอบคอบ และได้ประโยชน์มากที่สุด โดยมีวิวัฒนาการ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. รายวิชาเรียนปกติ (ก่อนปี ค.ศ.1960)

โปรแกรมการสอนวิชาต่างๆ ในช่วงระยะเวลานั้น จะเป็นแบบบรรยายหน้า ชั้นเรียน การประชุมปฏิบัติการ และการสอนแบบกวดวิชา

2. รายวิชาเรียนแบบสอนประกอบการใช้เครื่อง โสตทัศนูปกรณ์อย่างมีแบบแผน (ระยะต้นและกลางทศวรรษ 1960)

ในช่วงนี้การสอนแบบบรรยายหน้าชั้นเรียน การประชุมปฏิบัติการและการสอน แบบกวดวิชานั้นได้เริ่มมีการรวมเนื้อหาเป็นชุด เป็นการสอนประกอบการใช้เครื่อง โสตทัศนูปกรณ์ ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบกึ่งโปรแกรม (Semi-Programme) และต่างคน ต่างเรียนด้วยตนเองได้ โดยใช้เครื่องบันทึกเสียง (Audio-Tape) ประกอบการเรียน เริ่มมีการวางรูปแบบการเรียนให้บรรลุผลตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

3. จัดเป็นบทเรียนโมดูลใช้ในการเรียนกวดวิชา ที่มีสื่อโสตทัศนูปกรณ์เสริม โดยแต่ละโมดูล ได้จัดลำดับไว้แล้ว (ปลายทศวรรษ 1960)

การเรียนระยะนี้ แต่ละรายวิชาในแต่ละสัปดาห์ของภาคเรียนหนึ่งๆ มีการ วางแผนการสอนตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมเฉพาะ โดยสัมพันธ์กับจุดประสงค์ทั่วไป ซึ่งจุดประสงค์เฉพาะของสัปดาห์นี้ จะสัมพันธ์กับจุดประสงค์ของบทเรียนในสัปดาห์ต่อไป แต่ละจุดประสงค์ย่อยของแต่ละสัปดาห์ จะรวมเป็นจุดมุ่งหมายรวมของรายวิชาทั้งหมด ซึ่งการเรียนการสอนแบบนี้ก่อให้เกิดแนวความคิดแบ่ง เนื้อหาเป็นโมดูล และแยกออกเป็นขั้นๆ เพื่อให้บทเรียนต่อเนื่องกันเป็นโมดูลตามลำดับ

4. จัดรายวิชาเรียนแบบสอนโดยใช้บทเรียนโมดูล ซึ่ง ไม่ได้จัดลำดับไว้ก่อน ประกอบกับการใช้เครื่องโสตทัศนูปกรณ์ (ปลายทศวรรษ 1960 และต้นทศวรรษ 1970)

การพัฒนาการเรียนการสอนระยะนี้ เป็นการปรับปรุงแต่ละหน่วยหรือโมดูล เพื่อให้เป็นเอกเทศจากโมดูลบทอื่นๆ อย่างแท้จริง จากแนวความคิดนี้ผู้เรียนสามารถ จัดลำดับบทเรียนต่างๆ ให้เหมาะสมตามพื้นฐานและความสนใจของคน การเปลี่ยนแปลง

ขั้นต่อไปคือ การจัดให้มีบทเรียนโมดูลเสริมขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนได้ตามความสนใจและเกี่ยวข้องกับภาระเรียนของตนเอง โดยจะหลีกเลี่ยงวิชาอื่น ๆ ที่มีเวลาเรียนตรงกันไว้ จุดประสงค์จำนวนจากนี้จะบรรลุผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนขึ้นอยู่กับการเลือก และการจัดลำดับโมดูลของนักเรียน โดยทั่วไปจะมีวิชาหลักเป็นวิชาบังคับ และมีวิชาเลือกให้เลือกเรียนได้ การเรียนระยะนี้ยังคงใช้สื่อด้านโสตทัศนูปกรณ์ประกอบการเรียนเช่นเดิม

5. บทเรียนโมดูลอิสระ (คันทสวรรษ 1970)

ระยะนี้การเรียนในวิชาแบบปกติกำลังลดความเชื่อถือลงและการให้ความสนใจต่อหน่วยการเรียนการสอนเล็ก ๆ ที่เชื่อมโยงและยืดหยุ่นได้นี้กำลังเพิ่มขึ้น การพัฒนาบทเรียนแต่ละโมดูลจึงได้แยกออกเป็นหน่วยการเรียนแบบเบ็ดเสร็จสมบูรณ์ในตัวเอง เพื่อให้ให้นักเรียนได้เรียนเป็นโครงการเฉพาะ ระยะนี้ไม่มีการจัดรายวิชาการสอนที่มีสื่อโสตทัศนูปกรณ์เสริมธรรมดา แต่จะนำบทเรียนโมดูลที่มีการจัดรูปแบบต่าง ๆ พร้อมกับมีสื่อเป็นเครื่องช่วยสอน ทั้งแต่สิ่งพิมพ์ธรรมดาจนถึงระบบการใช้สื่อประสมที่ซับซ้อนมากขึ้นมาใช้ อย่างไรก็ตามแต่ละหน่วยมีลักษณะสำคัญคือ เป็นการเรียนแบบกึ่งโปรแกรมและเรียนได้ด้วยตนเอง ซึ่งให้ผู้เรียนต่างคนต่างพัฒนาบทเรียนของตน

6. ชุดการสอนมินิคอร์ส (กลางทศวรรษ 1970)

ในการพัฒนาขั้นสุดท้ายคือ การคิดทบทวนเกี่ยวกับลักษณะธรรมชาติของหน่วยการเรียนอิสระแต่ละหน่วย เพื่อนำมาพัฒนารูปแบบและเป้าหมาย โดยวางแผนให้มีเนื้อหาจบในตัวเอง ซึ่งเสนอเนื้อหาได้ในลักษณะโมดูล โดยแต่ละโมดูลมีคุณค่าในตัวเอง และสามารถนำมาใช้เรียนได้ โดยใช้ยุทธวิธีที่มีประโยชน์ในกลุ่มผู้เรียนขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ 2-40 คน ขั้นนี้เป็นขั้นพัฒนาการของรายวิชาย่อย (Miniature Course) โดยใช้เวลาในการเรียนรู้ภายใน 2-3 วัน หรือเพียงการร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนภายในไม่กี่ชั่วโมง และในที่สุดก็กลายเป็นชุดการสอนมินิคอร์สที่สมบูรณ์แบบ

ปัจจุบันนักเทคโนโลยีทางการศึกษา แห่งมหาวิทยาลัย แมคควอรี ซิดนีย์ ออสเตรเลีย ภายใต้งานนำทีมของเรกซ์ เมเยอร์ (Rex Meyer) ได้ทำการทดลองใช้มินิคอร์สในลักษณะต่าง ๆ เพื่อให้ได้รูปแบบที่มีประสิทธิภาพที่สุด โดยเริ่มมาตั้งแต่กลางทศวรรษ 1970 และขณะนี้ได้ผลผลิต และควบคุมความเที่ยงตรงของรูปแบบอย่างจริงจัง โดยมีพื้นฐานการสร้างตามทฤษฎีวิเคราะห์ระบบ (Systems Approach) และรูปแบบมินิคอร์สนี้กำลังทำการทดลองใช้กับระบบการศึกษา ของประเทศกำลังพัฒนาทั้งหลายในเอเชียและแปซิฟิก

ลักษณะของชุดการสอนมินิคอร์ส (APEID.1982:6-8)

1. ตอบสนองความต้องการ (Response to Need)

ชุดการสอนมินิคอร์สแต่ละชุดวางรูปแบบ เพื่อให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จทางการเรียนตามความต้องการ โดยอาศัยเทคโนโลยีทางการศึกษาเข้ามาช่วยในการจัดการเรียนการสอน

2. เปิดเสรีสมบูรณ์ในตัวเอง (Self-Contained)

ชุดการสอนมินิคอร์ส แต่ละชุดจบในตัวเอง ไม่ขึ้นกับมินิคอร์สอื่นใดในชุดอื่น

3. ใช้เวลาในการเรียนการสอนระยะสั้น (Short Duration)

ชุดการสอนมินิคอร์สแต่ละชุด ควรให้ผู้เรียนเกิดสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนได้ภายในเวลาที่เหมาะสม คือ 8 ชั่วโมง บางครั้งจะแบ่งเป็น 2 ช่วงก็ได้ คือ ช่วงละ 4 ชั่วโมง หรือ แบ่งเป็น 4 ช่วงๆ ละ 2 ชั่วโมง

4. มีจุดประสงค์การเรียนการสอนที่ชัดเจน (Clear Objective)

ด้วยเหตุที่ชุดการสอนมินิคอร์ส ใช้เวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เหมาะสมภายในเวลาสั้นๆ ดังนั้นจุดประสงค์ทางการเรียนที่ชัดเจนจึงเป็นสิ่งสำคัญมาก เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ดังกล่าวภายในระยะเวลาที่กำหนด

5. เป็นการฝึกทักษะ (Skills Orientation)

รูปแบบของชุดการสอนมินิคอร์สจะเป็นการฝึกทักษะต่างๆ ซึ่งเป็นการฝึกทักษะจากกลุ่มผู้เรียน

6. มีการเข้าร่วมกิจกรรมอย่างกว้างขวาง (Wide Participation)

ลักษณะสำคัญของชุดการสอนมินิคอร์ส คือ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างผู้ร่วมกิจกรรมที่มีพื้นฐานแตกต่างกัน

7. ใช้กิจกรรมการเรียนหลายรูปแบบ (Varied Learning Activities)

ชุดการสอนมินิคอร์สแต่ละชุด จะจัดกลวิธีในการเรียนรู้หลายรูปแบบที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดสัมฤทธิ์ผลทางการเรียนตามจุดประสงค์ที่กำหนด

8. มีสื่อการเรียนการสอนหลายประเภท (Variety of Media)

ชุดการสอนมินิคอร์สเกือบทุกชุดจะกำหนดเนื้อหาผ่านสื่อหลายประเภท เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด เช่น สิ่งพิมพ์ เทป-โทรทัศน์ สไลด์ ฟิล์ม สไลด์-เทป ไลอัทสบูเปอร์ และสื่ออื่นๆ

9. กำหนดโครงสร้างไว้อย่างแน่นอน (Structured Programme)

แต่ละชุดการสอนมินิคอร์สมีการวางแผน และลำดับหน่วยการสอนไว้แล้วทุกกิจกรรม มีการกำหนดกลวิธีในการเรียนการสอน โดยมีความสัมพันธ์กับสื่อเนื้อหา เวลา และจุดประสงค์รายวิชาเป็นอย่างดี แต่ละกิจกรรมใช้เวลาประมาณ 15-30 นาที โดยกำหนดขั้นตอนไว้เป็นลำดับอย่างละเอียด

10. ใช้กิจกรรมสร้างสรรค์ (Creative Activity)

โดยการให้โอกาสผู้เรียนคิด และเสนอกิจกรรมสร้างสรรค์ โดยจัดกิจกรรมในลักษณะ "ปลายเปิด" ทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดที่เป็นอิสระเพื่อการสร้างสรรค์

11. เปิดเผยกลวิธี (Strategies Made Overt)

ชุดการสอนมินิคอร์ส มีกลวิธีที่เปิดเผยกว้างสำหรับผู้สอน เพื่อการพัฒนาการสอน มีกิจกรรมสำหรับผู้สอน ที่เปิดโอกาสให้ผู้สอนสามารถทบทวนและวิเคราะห์กลวิธีการสอนต่าง ๆ ที่ใช้ด้วย

12. มีกลวิธีที่สามารถนำมาใช้ได้ (Exemplary Strategies)

กลวิธีในชุดการสอนมินิคอร์สอาจเป็นตัวอย่างของทักษะ หรือกระบวนการพิเศษ ที่ผู้เรียนจะนำมาใช้ในการเรียนและผู้สอนนำมาใช้ในการสอนได้

13. มีการประเมินผล (Evaluation)

โดยอาศัยข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของชุดการสอนมินิคอร์ส

14. มีการติดตามผล (Follow-up)

จะมีการบริการให้คำปรึกษาแก่ผู้เข้าร่วมกิจกรรมการเรียนทุกคนที่ต้องการความช่วยเหลือตลอดจนการให้คำแนะนำในกรณีที่มีปัญหา

15. มีการออกแบบ (Design)

โดยใช้พื้นฐานเทคโนโลยีทางการศึกษา นั่นคือใช้วิธีการวิเคราะห์ระบบ (Systems Approach) โดยแต่ละกิจกรรมประกอบด้วยวงจร ซึ่งมีปัจจัยป้อน (Input) -- กระบวนการ (Process) -- ผลผลิต (Output) ที่ติดต่อกัน เป็นลูกโซ่หลายว วงจร

องค์ประกอบของชุดการสอนมินิคอร์ส (กรมการศึกษานอกโรงเรียน. 2528:6)

ชุดการสอนมินิคอร์ส มีองค์ประกอบดังนี้

1. หลักการและเหตุผล คำแนะนำ จุดมุ่งหมาย โครงสร้าง แบบแผนการสอน
2. รายละเอียดหรือคู่มือครูในการดำเนินการ
3. กิจกรรมผู้เรียน โดยเน้นให้ผู้เรียนมีบทบาทมากที่สุดในการเรียน
4. การประเมินผล อาจใช้วิธีการสังเกต การทำงานของนักเรียน การตอบ

คำถาม การสรุปผลการเรียนของนักเรียน เป็นต้น

5. เนื้อหาเสริม เพื่อการแสวงหาความรู้เพิ่มเติม
6. อุปกรณ์ สื่อ แผนภูมิ ฯลฯ สำหรับครูใช้ประกอบการเรียนการสอน

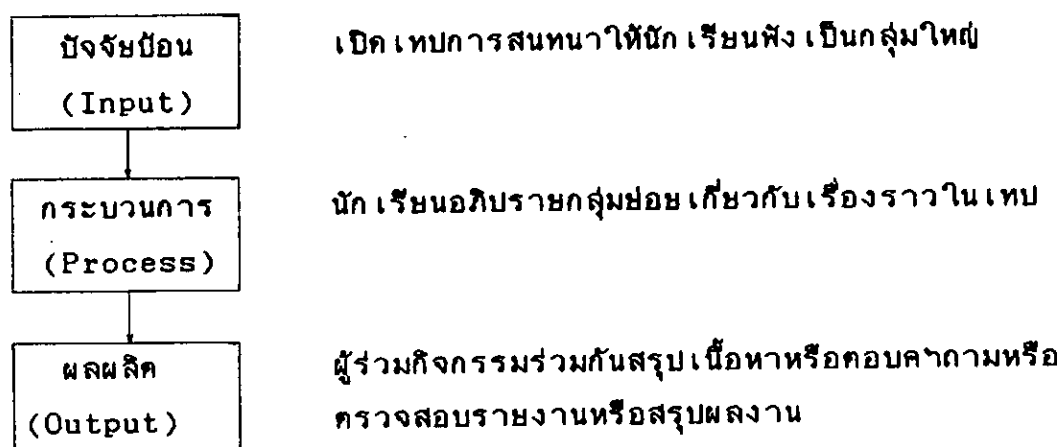
ขั้นตอนการสร้างชุดการสอนมินิคอร์ส (APEID.1982:9-13)

ชุดการสอนมินิคอร์สดำเนินการสร้างตามวิธีวิเคราะห์ระบบดังนี้

ขั้นตอนการสร้าง	คำอธิบาย
1. กำหนดความต้องการและความจำเป็น	1. ความต้องการและความจำเป็น คือ สิ่งที่ได้จากปัญหาที่วิเคราะห์แล้ว จนได้หลักการและเหตุผลของการสร้างโครงสร้างของมินิคอร์ส
2. กำหนดเป้าหมาย	2. เป้าหมายที่เฉพาะและชัดเจนสัมพันธ์กับความต้องการ และความจำเป็น และสอดคล้องกับกลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ กลุ่มผู้รับบริการ เช่นผู้เข้ารับการอบรม ผู้เรียนหรือผู้ที่ประสงค์จะหาความรู้
3. กำหนดจุดประสงค์ทั่วไป	3. จุดประสงค์ทั่วไป เป็นจุดประสงค์ที่ตรงกับความต้องการและความจำเป็น
4. กำหนดจุดประสงค์เฉพาะ	4. จุดประสงค์เฉพาะทุกข้อต้องเป็นจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ที่สามารถปฏิบัติได้

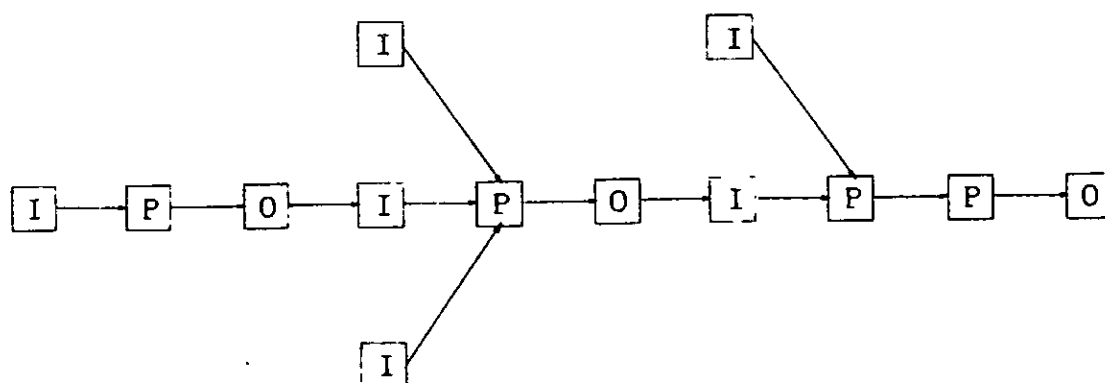
ขั้นตอนการสร้าง	คำอธิบาย
5. สาระวาทะพยากรณ์และสิ่งที่จะนำมาใช้ได้	5. เพื่อให้ชุดการสอนมินิคอร์สเป็นโครงสร้างที่แน่นอนมีผลสัมฤทธิ์สูงในเวลาอันสั้น การกำหนดสื่อการเรียนการสอน ทฤษฎีพยากรณ์และเอกสารประกอบ จึงมีความสำคัญมาก
6. เลือกยุทธศาสตร์ วิธีการและจัดลำดับ	6. ยุทธศาสตร์และวิธีการจะช่วยให้บรรลุวัตถุประสงค์ของหลักสูตร การออกแบบการสอนต้องครอบคลุม ตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้ายของการเรียน คือเริ่มตั้งแต่ปัจจัยเบื้องต้นกระบวนการผลิตของชุดแรก จนถึงชุดสุดท้าย เป็นวงจรต่อเนื่องกันไป
7. พัฒนาสื่อการเรียน	7. มีคำแนะนำที่ชัดเจน กิจกรรมสามารถปฏิบัติได้ในระยะเวลาที่กำหนด
8. ทดลองใช้ครั้งแรก	8. การทดลองใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส เพื่อดูความเป็นไปได้ ความเหมาะสม ด้านต่าง ๆ จากการใช้อย่างจริงจังในชั้นเรียน
9. ประเมินผลระหว่างดำเนินการ	9. ชุดการสอนจะบรรลุผลได้ ต้องมีการประเมินผลทุกขั้นตอน ข้อมูลที่ได้มีคุณค่าที่สุด เพราะเป็นข้อมูลที่ได้จากผู้เรียนโดยตรง
10. ปรับปรุงและแก้ไขชุดการสอน	10. นำผลการทดลองมาปรับปรุงชุดการสอนในส่วนที่เป็นจุดอ่อน และข้อบกพร่อง ก่อนที่จะนำไปใช้จริง
11. ประเมินผลรวม	11. เป็นการประเมินผลสัมฤทธิ์ของชุดการสอน

การออกแบบการสอนตามวิธีการของตุ๊กการสอนมินิคอร์ส ทั้งอยู่บนพื้นฐานเทคโนโลยีทางการศึกษา ตามรูปแบบวิธีการวิเคราะห์ระบบ โดยเสนอสิ่งเราให้ผู้เรียนได้ตอบสนอง และทราบผลจากการตอบสนองนั้นเป็นวงจร บังคับป้อน -- กระบวนการ -- ผลผลิต คือเนื่องเป็นลูกโซ่ ดังแผนภูมิในภาพประกอบ 1



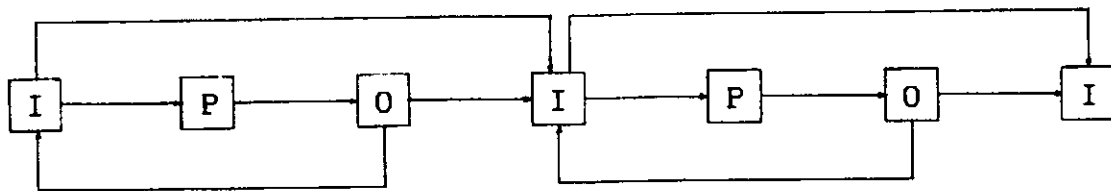
ภาพประกอบ 1 ความสัมพันธ์ของบังคับป้อน -- กระบวนการ -- ผลผลิต

กระบวนการ (P) บางช่วงอาจต้องใช้บังคับป้อน (I) หลายตัว และในบางครั้งอาจต้องมีกิจกรรม กระบวนการมากกว่าหนึ่งกิจกรรม จึงต้องใช้บังคับป้อนหลายตัวด้วย ดังแผนภูมิในภาพประกอบ 2



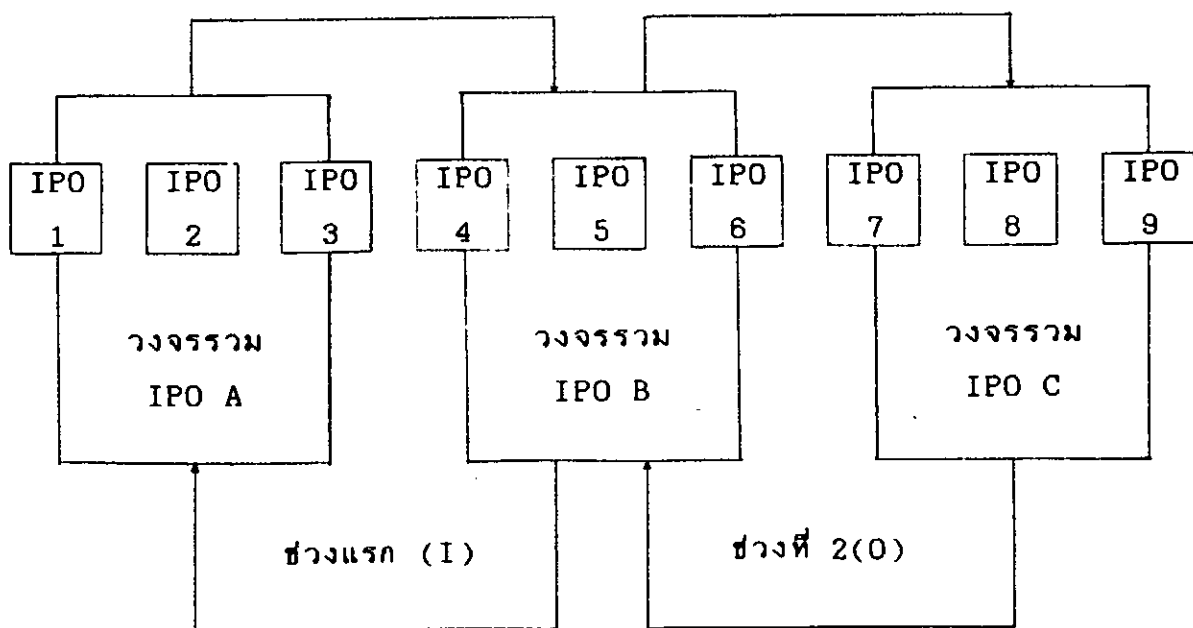
ภาพประกอบ 2 ความสัมพันธ์ของบังคับป้อนหลายตัวต่อหนึ่งกระบวนการ

ในชุดการสอนมินิคอร์สประกอบด้วยกิจกรรมย่อยฯ ต่อเนื่องกันไปมีความสัมพันธ์ของปัจจัยป้อน --> กระบวนการ --> ผลผลิต ทั้งในชุดเดียวกันและชุดถัดไป คือผลผลิตจะเป็นข้อมูลย้อนกลับไปยังปัจจัยป้อน ของผลผลิตตัวนั้น และปัจจัยป้อนของวงจรถัดไป ดังแผนภูมิในภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 การย้อนกลับของผลผลิตต่อปัจจัยป้อน

รูปแบบของชุดการสอนมินิคอร์สอาจซับซ้อนมากขึ้น ในบางกรณีที่วงจร I-P-O สามารถรวมเป็นวงจรใหญ่ขึ้น โดยรวมเป็นวงจร I-O คือรวมสิ่งเร้าและการตอบสนองไว้ด้วยกัน วงจร I-O นี้คืองานในช่วงแรก (I) และช่วงที่ 2(O) ของการเรียนการสอนดังแผนภูมิในภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 วงจร IPO รวม ของชุดการสอนมินิคอร์ส

การสอนที่เป็นระบบ (Meyer. 1978:1-4)

การสอนหมายถึง การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนด้วย การสอนที่ดี จะบรรลุเป้าหมายถึงการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมได้อย่างมีระบบแบบแผน และเกิด พฤติกรรมใหม่ เนื้อหา กลวิธี และแหล่งวิชาที่จะช่วยให้บรรลุการเปลี่ยนแปลง พฤติกรรมอย่างมีประสิทธิภาพนั้น จะสามารถศึกษาและกำหนดล่วงหน้าได้โดยผ่านแผน การสอนที่เป็นระบบดังกล่าว นอกจากนี้ในแผนการสอนจะมีการวัดผลสัมฤทธิ์ของ เป้าหมายหรือจุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมไว้ด้วย เพื่อตรวจสอบหรือประเมินผลสำเร็จ ของการสอนโดยส่วนรวม และแยกตามองค์ประกอบ

แนวคิดเชิงระบบ (System Analysis) นั้นเป็นแนวคิดที่ได้รับการพัฒนา ขึ้นใหม่ โดยมีเป้าหมายที่มีความต่อเนื่อง มีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน และมีประสิทธิภาพ ทั่วพร้อมกันไป กิจกรรมทุกอย่างที่ดำเนินไปอย่างมีระบบจะต้องได้รับการประเมิน วิเคราะห์ถึงคุณค่า ความสำคัญและประสิทธิภาพที่ได้รับ สอดคล้องกับเป้าหมายมากน้อย เพียงใคอยู่ตลอดเวลา

ลำดับขั้นตอนการจัดโปรแกรมการสอนอย่างมีระบบ มีดังนี้ (ดูผังประกอบ):-

ขั้นที่ 1 กำหนดพฤติกรรมเพื่อเข้าสู่บทเรียน

ก่อนที่จะเริ่มการสอนและพัฒนาเข้าสู่บทเรียน จำเป็นต้องรู้ข้อมูลเกี่ยวกับ ผู้เรียนให้มากที่สุด เช่น ผู้เรียนได้ผ่านการเรียนอะไรมาบ้างเกี่ยวกับวิชาที่จะเรียน เคยเรียน หรือกำลังเรียนวิชาอะไรอีกบ้างที่สัมพันธ์กับวิชานี้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ผ่านมาเป็นอย่างไร ข้อมูลเหล่านี้จะมีผลต่อการกำหนดขอบเขตของจุดมุ่งหมาย การเลือกเนื้อหาบทเรียนและระดับความรู้ที่ผู้เรียนควรจะได้รับ

ขั้นที่ 2 กำหนดจุดมุ่งหมาย

ขั้นนี้เป็นขั้นที่สำคัญมาก ในการจัดโปรแกรมการสอนใดก็ตาม จุดมุ่งหมาย ที่ชัดเจนจะช่วยให้ครูและผู้เรียนรู้ถึงขอบข่ายของการสอน รวมทั้งเนื้อหาความรู้ ทักษะ และทัศนคติที่จะได้รับและทำการวัดผลสัมฤทธิ์ด้วย

ขั้นที่ 3 กำหนดและจัดลำดับเนื้อหา

เมื่อได้กำหนดจุดมุ่งหมายแล้ว ก็จะเลือกสรรกำหนดเนื้อหาวิชา และจัดลำดับ เนื้อหาให้เกิดประโยชน์ และโอกาสที่ผู้เรียนจะบรรลุจุดมุ่งหมายที่วางไว้มากที่สุด

ขั้นที่ 4 กำหนดยุทธวิธีการสอน การจัดกลุ่ม จัดเวลา จัดแบ่งช่วงเวลา และ กำหนดทรัพยากร

"กลวิธีการสอน" หมายถึงวิธีการสอนแบบทั่วไปที่นำมาประยุกต์ใช้กับแต่ละหัวข้อของรายวิชา เช่น การบรรยายหน้าชั้นเรียน การแบ่งกลุ่มทำงานย่อย หรือการประชุมเชิงปฏิบัติการ เป็นต้น ส่วน "วิธีการสอน" หมายถึงกิจกรรมรายละเอียด เช่นในกลวิธีแบ่งกลุ่มย่อย อาจมีวิธีการสอนทั้งการอภิปราย การแสดงบทบาท หรือการตอบปัญหาสั้นๆ เป็นต้น กลวิธีการสอนจะใช้เมื่อจบเนื้อหาแต่ละหัวข้อเท่านั้น ส่วนวิธีการสอนจะใช้เมื่อมีการจัดแบ่งกลุ่ม แบ่งเวลา และจัดแบ่งช่วงเวลาแล้ว สำหรับทรัพยากรที่ต้องใช้ควรกำหนดเจาะจงลงไป อาจจะเป็นทรัพยากรที่เป็นมนุษย์ หรือวัตถุซึ่งรวมถึงอุปกรณ์การเรียนการสอนก็ได้ ขั้นตอนที่ 4 นี้จะต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดในขั้นตอนที่ 2 และที่ 3 ทุกลักษณะรวมทั้งต้องสอดคล้องกับข้อมูลพฤติกรรมของผู้เรียน เมื่อเข้าสู่บทเรียนที่กำหนดไว้จากขั้นที่ 1 ด้วย

ขั้นที่ 5 วัตถุประสงค์

จะต้องมีการวางลักษณะ การวัดผลสัมฤทธิ์ของโปรแกรมการสอนไว้ล่วงหน้า ซึ่งจะกำหนดได้จากจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ก่อนแล้ว การวัดผลนี้จะต้องสอดคล้องกับเนื้อหาวิธีการและทรัพยากรการเรียนการสอนด้วย การกำหนดลักษณะการวัดผลจะต้องคำนึงถึงบทบาทหน้าที่ของการวัดผล คือ มุ่งพัฒนาผลสัมฤทธิ์ และกระบวนการเรียนรู้เป็นสำคัญ

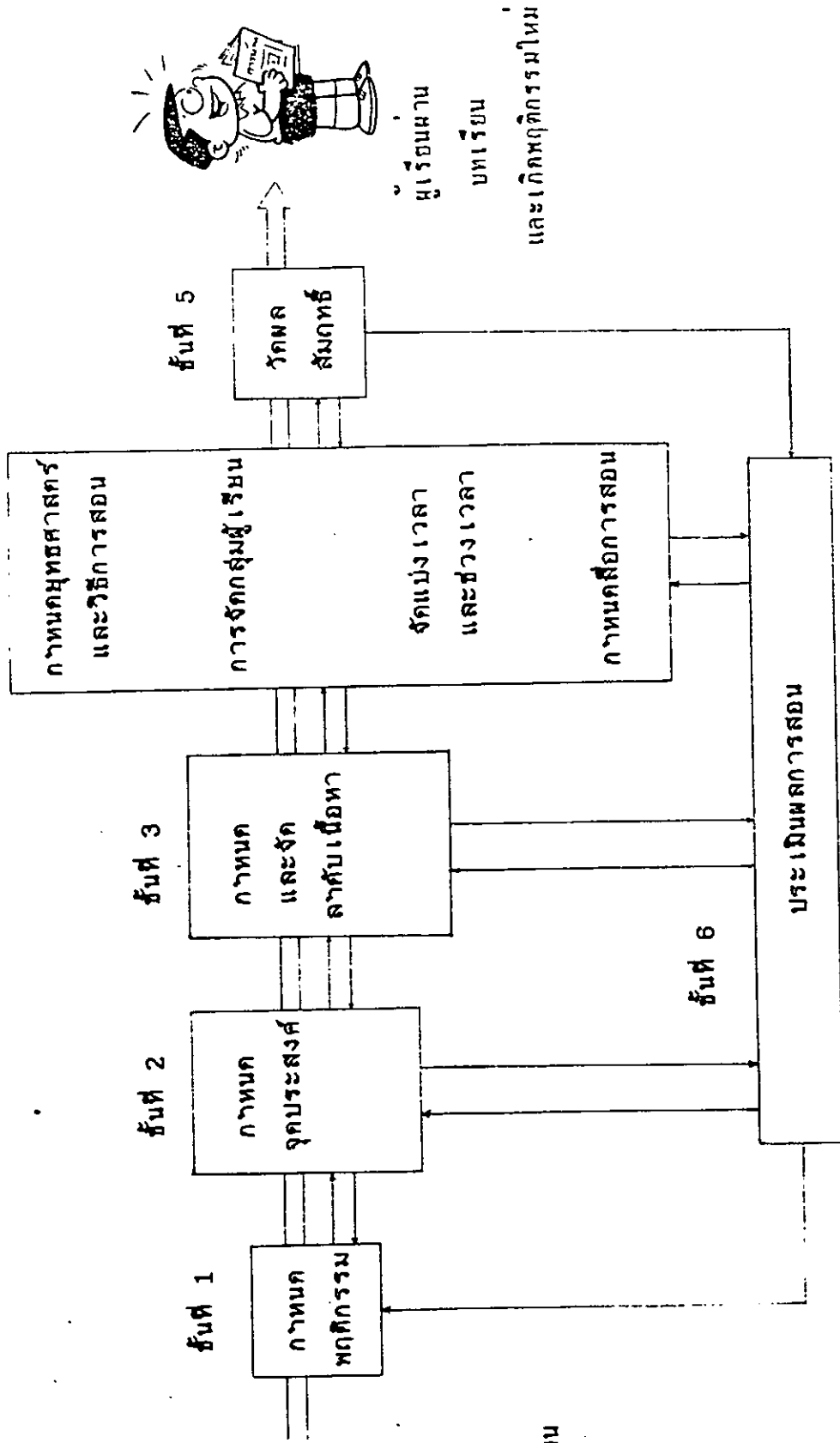
ขั้นที่ 6 ประเมินผลการสอน

โปรแกรมการสอนที่ดี จะต้องมีการที่มีระบบในการหาข้อมูลเกี่ยวกับการสอนในทุกๆ ด้าน วิธีการดังกล่าวได้แก่ การออกแบบสอบถาม การทดสอบ การสัมภาษณ์ และการสังเกตนั้น ควรจะมีการกำหนดวางแผนไว้ล่วงหน้า และข้อมูลที่ได้นั้นควรจะนำมาใช้แก้ไขลักษณะการสอนใดที่จะเกิดผลเสียต่อระบบการสอนโดยรวม

ปฏิบัติการตอบสนองระหว่างขั้นที่ 1-6

ตามผังการจัดระบบการสอนจะเห็นได้ว่าทุกขั้นตอนของรูปแบบการสอนที่เป็นระบบนั้นจะเป็นปฏิบัติการได้ตอบระหว่างกัน ข้อกำหนดหนึ่งในกระบวนการขั้นตอนใดก็ตามจะมีผลต่อข้อกำหนดของอีกขั้นตอนหนึ่ง แสดงว่า ในทางปฏิบัติแล้ว ขั้นตอนต่างๆ จะไม่เรียงลำดับกัน และองค์ประกอบทุกขั้นตอนควรจะมีการวางแผนไปที่เกี่ยวข้องพร้อมกัน

ขั้นที่ 4



ภาพประกอบ 5 รูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามหลักทฤษฎีวิเคราะห์ระบบ

การเกิดสัมฤทธิ์ผลของผู้เรียนจากชุดการสอนมินิคอร์ส (Meyer. 1978:1-2)

จากการศึกษา พบว่า การเรียนรู้จะผ่านพ้นและสิ้นสุดลงเมื่อผู้เรียนสามารถสนองตอบต่อสิ่งเร้าได้อย่างคล่องตัวและรับการย้อนกลับได้ในทันที ชุดการสอนมินิคอร์สจึงสร้างขึ้นด้วยหลักการนี้ กฎแห่งสำคัญที่ผู้เรียนจะสัมฤทธิ์ผลในการเรียนได้ก็คือ พยายามใช้โอกาสในการตอบสนองที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเรียนการสอนให้เป็นประโยชน์มากที่สุด

โอกาสในการตอบสนองดังกล่าวจะมีได้หลายรูปแบบ ซึ่งผู้เรียนจะพบได้จากการอ่านรายละเอียด ขอบข่าย จุดประสงค์ และโปรแกรมกิจกรรมของชุดการเรียนการสอนที่เขียนขึ้นจะได้ประโยชน์ คือ ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นขึ้นในจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ ผู้เรียนอาจจะตั้งสังเกตว่าจุดประสงค์ด้านใดของชุดการสอนมินิคอร์สที่สำคัญสำหรับตน วิธีการนี้จะช่วยให้ได้รับรู้เกี่ยวกับแบบแผนและการจัดลำดับการเรียนของตนเอง พร้อมกันนี้ยังทำให้ผู้เรียนสามารถจัดแผนเปิดเสรีในใจ (Mind Set) ที่เหมาะสมสำหรับกิจกรรมต่างๆ ของชุดการสอนมินิคอร์สได้ ดังนั้นพฤติกรรมการตอบสนองดังกล่าวจะเป็น "การตอบสนองที่ช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ในทันที" และสามารถทำให้เกิดประโยชน์ได้ในทุกบททุกตอนของคู่มือนี้ เสมือนกับเป็นกิจกรรมแบบหนึ่งที่จะช่วยเสริมสร้างและเพิ่มพูนการเรียนรู้ได้

ยกตัวอย่างเช่น ชุดการสอนมินิคอร์สชุดหนึ่ง อาจเริ่มต้นด้วยการฉายภาพยนตร์ซึ่งใช้เวลาประมาณ 25 นาที กิจกรรมต่อไปก็อาจจัดเป็นรูปแบบของการอภิปรายกลุ่มย่อย วิเคราะห์ว่าภาพยนตร์ที่ฉายไปก่อให้เกิดเรื่องที่สำคัญ อะไรบ้าง แล้วกลุ่มทั้งหมดก็มารวมประชุมกันอีกครั้ง กลุ่มย่อยแต่ละกลุ่มรายงานผลการวิเคราะห์ต่อที่ประชุม ซึ่งมีการสรุปย่อ แสดงความคิดเห็นในการอภิปรายรวมอีก ดังแผนผังต่อไปนี้

ภาพยนตร์	----->	อภิปรายกลุ่มย่อย	----->	รวมกลุ่ม
ปัจจัยเบื้องต้น	----->	กระบวนการ	----->	ผลผลิต

ในขณะที่ภาพยนตร์ฉายอยู่ กระบวนการตอบสนองก็คือผู้เรียนจะมุ่งความสนใจไปที่ภาพยนตร์ต่อจากนั้นผู้เรียนก็จะสนองตอบต่อสิ่งเร้านั้น โดยการพูดคุยเรื่องภาพยนตร์กับผู้อื่น เพื่อให้ทราบเรื่องกระตือรือร้นและที่สำคัญที่สุดก็คือ เพื่อแสดงท่าทีทัศนคติที่ผู้เรียน

มีต่อภาพยนต์ ห้ายี่สิบที่สุดผลของกระบวนการเรียนรู้จากประสบการณ์ของผู้เรียนจะได้รับการรายงานต่อกลุ่มอภิปรายรวม

การที่กลุ่มหนึ่งมีการสนองตอบต่อสภาพการณ์ในทันทีนั้น นอกจากจะเกิดประโยชน์ต่อกลุ่มเองแล้ว ยังเกิดประโยชน์ต่อไปอีก คือ กลุ่มสามารถทำให้เกิดการย้อนกลับได้ กล่าวคือการสนองตอบนี้จะแสดงให้บุคคลอื่นเห็นว่า กลุ่มมีความคิดและทัศนคติที่สอดคล้องกันมีประโยชน์และประทับใจในคำนำใจและถึงระดับใด จะสังเกตได้ว่า ชุดการสอนส่วนมากจะเน้นเรื่องการมีปฏิสัมพันธ์ต่อกันของกลุ่มเป็นสำคัญ

นอกจากนี้ ผู้เรียนจะได้รับประโยชน์จากกิจกรรมการทำงานเป็นกลุ่มของชุดการสอนมินิคอร์สมากที่สุด เมื่อสามารถสนองตอบต่อสิ่งเร้าได้อย่างทันที และสามารถกระตุ้นให้ผู้อื่นเกิดปฏิกิริยาโต้ตอบอย่างทันทีทันใดเพียง เมื่อได้รับฟังเรื่องจากผู้อื่นเท่านั้น และเมื่อสมาชิกกลุ่มทุกคนตั้งใจฟังอย่างจริงจังแล้วนำความคิดเฉพาะของตนหรือแนวความคิดของบุคคลอื่นมาใช้ประโยชน์โดยการสร้างความคิดอื่นๆ ต่อไปได้นั้น คุณภาพของงานกลุ่มก็จะปรากฏผลร่วมกัน กล่าวคือ คุณค่าของผลงานทั้งหมดจะมีมากกว่าคุณค่าของผลงานเพียงบางส่วน

หลักการเรียนการสอนในชุดการสอนมินิคอร์ส (Meyer. 1978:1-18)

การเรียนการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส เป็นหลักการสอนที่มีอยู่บนพื้นฐานของแนวคิดพฤติกรรมนิยม (Behaviorism) และมนุษยนิยม (Humanism) ดังนั้นหลักการสอนและการจัดกิจกรรม ควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. ชุดการสอนมินิคอร์สสร้างขึ้นเพื่อสนองความต้องการของบุคคลและกลุ่มบุคคลที่จะนำไปแก้ปัญหาเกี่ยวกับตนเอง ใช้เวลาอันสั้น จึงทำให้มีการเลือกใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสมและมีการใช้โสตทัศนูปกรณ์อย่างสอดคล้องกัน เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์สูงสุด และมีความสมบูรณ์ในตัวเอง ทำให้ผู้เรียนสามารถเลือกเรียนชุดใดก่อนก็ได้ ตามความต้องการที่จะนำไปใช้ประโยชน์

2. การจัดวางโปรแกรมการเรียนรู้ มีการจัดลำดับเนื้อหาตามหลักวิชาการ เลือกใช้ยุทธวิธีมากมายหลายแบบอย่างรอบคอบ เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ที่วางไว้ อย่างมีประสิทธิภาพมีการรวมกลุ่มหลายครั้ง ทั้งกลุ่มใหญ่ กลุ่มย่อย เพื่อให้เหมาะสมกับยุทธวิธีที่วางไว้

3. กิจกรรมจะ เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการสร้างสรรค์การเรียนรู้และการเข้าร่วมกิจกรรมอย่างกระตือรือร้นและสนใจ รวมทั้งการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจว่า

ขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรม วิธีการและการใช้อุปกรณ์เหมาะสมกับผู้เรียนหรือไม่

4. กิจกรรมของกลุ่มย่อย จะมีการสร้างบรรยากาศในการให้ความร่วมมือกัน โดยมีการคัดลิจแบบประชาธิปไตย ผู้สอนจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียน ได้อภิปรายปัญหา และประเมินผลเชิงวิเคราะห์กิจกรรมนั้นๆ ด้วย

5. ผู้เรียนมีความแตกต่างระหว่างบุคคล จึงต้องจัดกิจกรรมให้เปิดกว้าง เพื่อให้ผู้เรียนได้เลือกกิจกรรม เลือกกลุ่ม ซึ่งมีทั้งรายบุคคล กลุ่มย่อย กลุ่มใหญ่ และต้องใช้ยุทธวิธีที่เหมาะสม

6. มีการสอดแทรกทักษะและแนวคิดต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนรู้ลงใน กิจกรรม เพื่อให้เกิดพฤติกรรมซ้ำๆ ทำให้มีความชำนาญในทักษะนั้นๆ ซึ่งผู้เรียนสามารถที่จะประเมินความก้าวหน้าของตนเองได้ หลังจากปฏิบัติกิจกรรมดังกล่าว

7. ผู้สอนและผู้เรียนจะยอมรับว่า ต่างก็เป็นส่วนหนึ่งของกลุ่ม ต้องเคารพ ความคิดเห็นของกันและกัน ร่วมกันตัดสินใจ ไม่มีการบังคับ กิจกรรมที่จัดควรเสริมสร้างความสามัคคีเพื่อลดการแข่งขันกัน

8. ผู้สอนจะแสดงความกระตือรือร้น สนใจต่อการเรียนรู้ของผู้เรียน เพราะถือว่าความกระตือรือร้นของผู้สอนเป็นแรงจูงใจที่สำคัญที่สุด ที่จะทำให้ผู้เรียนอยากเรียน เมื่อมีการปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ ไปได้สำเร็จก็จะมีเสริมแรงทางบวกแก่ผู้เรียน แต่จะ ไม่มีการเสริมแรงทางลบแก่ผู้ที่ประสบความสำเร็จน้อย

9. การประเมินผลผู้เรียนโดยผู้สอนนิโคร์ส ไม่เป็นการตัดสินได้หรือตก แต่เป็นการประเมินว่า ผู้เรียนได้พัฒนาตนเองไปแค่ไหน ไม่มีการลงโทษผู้ร่วมกิจกรรม และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนประเมินผลงานของตนเอง ตามหลักเกณฑ์ที่ได้วางไว้ หรือ บางครั้งผู้เรียนอาจจะพัฒนาหลัก เกณฑ์การประเมินผลของตนเอง ได้

วิธีสร้างความสนใจให้ผู้เรียนเข้าร่วมในกิจกรรมของผู้สอนนิโคร์ส

แบลร์ สโตน (Blair Stone) ผู้ช่วยผู้อำนวยการศูนย์ C.A.T. (Stone, 1978:1-4) ได้กล่าวว่าในการเรียนการสอนโดยใช้ผู้สอนนิโคร์ส ครูผู้สอน จะต้องใช้วิธีการหลายอย่างที่จะช่วยให้ผู้เรียนได้ประโยชน์มากที่สุดจากการเข้าร่วม กิจกรรมนั้น ตามปกติแล้ว กิจกรรมของผู้สอนนิโคร์สจะจัดตามรูปแบบดังนี้

ปัจจัยป้อน ----- กระบวนการ ----- ผลผลิต

ในขั้นแรกได้แก่ปัจจัยป้อน ผู้เรียนจะได้รับข้อมูลโดยผ่านสื่อบางอย่าง หน้าที่ ของผู้เรียนคือ "การรับ" (Reception) โดยรับข้อมูลเหล่านั้นด้วยความตั้งใจและ

จดจำ อาจจะมีทั้งการอ่าน ดู ฟังและวิพากษ์วิจารณ์ประกอบไปด้วย ดังนั้นหน้าที่ของผู้สอนคือจะต้องจัดสภาพการรับที่เอื้ออำนวยต่อการรับข้อมูลสำหรับผู้เข้าร่วมดังนี้

1. การสร้างบรรยากาศสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม ได้แก่ การใช้สื่อที่มีคุณภาพ เช่น ภาพยนต์ ภาพจะต้องคมชัด แสง เสียง ที่นั่งชมมองเห็นได้ถนัด ถ้าสื่อเป็นเอกสารให้อ่าน จะต้องมีแสงสว่างพอเพียง บรรยากาศสภาพแวดล้อม เงียบสงบ

2. การกำหนดระยะเวลาของแต่ละกิจกรรม เนื่องจากชุดการสอนมินิคอร์ส จะจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบกึ่งโปรแกรม ผู้สอนควรใช้เวลาแก่ผู้เรียนในชั้น บังคับป้อนสิ่งที่ผู้เรียนจะทำได้ เพราะ

2.1 ผู้เรียนจะต้องนำข้อมูลจากชั้นบังคับป้อนไปใช้ในชั้นกระบวนการ อาจจะมีการอภิปรายหรือฝึกทักษะต่างๆ ดังนั้นถ้าช่วงบังคับป้อนกินเวลานานเกินไป ผู้เรียนจะจดจำข้อมูลเพื่อนำมาปฏิบัติกิจกรรมชั้นกระบวนการได้น้อย

2.2 ถ้าช่วงบังคับป้อนยาวนานเกินไป อาจทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย ง่วงนอน หรือเกิดอารมณ์เป็นปฏิปักษ์ไม่ชอบขึ้นมาก็ได้ ดังนั้นระยะเวลา จึงไม่ควรเกินครึ่งชั่วโมง ถ้ามีการกล่าวบรรยายสั้นๆ ใช้เวลาเพียง 5 นาที 10 นาที 15 นาที

ในชั้นกระบวนการ ทำได้หลายวิธีการ ทั้งรายบุคคล กลุ่มเล็ก กลุ่มใหญ่ เป็นต้น ชั้นนี้เป็นชั้นที่มีการโต้ตอบระหว่างกันอย่างมีชีวิตชีวา มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นหรือร่วมสร้างผลงานกลุ่ม หน้าที่ของผู้สอนจึงต้องสร้างสภาพแวดล้อมให้เหมาะสม สร้างบรรยากาศให้ผู้เรียนรู้สึกสบายขึ้น และสภาพต่างๆ รอบตัวก็ถูกความสนใจผู้เรียน จัดที่นั่งที่ไม่เป็นทางการนัก สามารถเปลี่ยนแปลงและปรับปรุงได้ตามความต้องการของผู้เรียนแต่ละคน ห้องควรเปิดโล่ง มีเครื่องตกแต่งที่เป็นระเบียบ นอกจากนั้นอาจจะมีการพักระหว่างครึ่งของเวลาเรียน สิ่งที่สำคัญมาที่เองจะทำให้ผู้เรียนเข้าร่วมกิจกรรมอย่างคล่องแคล่ว กระตือรือร้นมากขึ้น ปฏิกริยาของกลุ่มจะเกิดขึ้นมากมาย ผู้ซึ่งมีประสบการณ์เดิมเก็บสะสมไว้มากมาย จะเกิดปฏิกริยาโต้ตอบออกมา ซึ่งแต่ละกลุ่มก็จะสามารถสร้างผลงานจากแนวคิดร่วมกันได้และสิ่งเหล่านี้ทำให้ผู้เรียนบางคนในกลุ่มเดียวกัน ได้รับประสบการณ์ที่ตนไม่เคยทราบมาก่อน นอกจากนี้ผู้สอนควรกระตุ้นให้ผู้เรียนแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ความคิดเห็นซึ่งกันและกันอย่างจริงจัง โดยให้หลีกเลี่ยงการโต้เถียงที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งกัน มีหลักการแสดงความคิดเห็นแบบประชาธิปไตย และผู้สอนควรพยายามให้มีกิจกรรมการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันตลอดชุดการสอนมินิคอร์ส นอกจากนั้นการแยกกลุ่มย่อยจะแยกเมื่อจำเป็น

เท่านั้น แต่ในขณะที่ผู้เรียนกำลังทำงานกันอย่างกระตือรือร้น และสนุกสนานก็ไม่ควรให้มีการแยกเป็นกลุ่มย่อย

มีการวิจัยพบว่า ผู้เรียนมีความต้องการที่จะให้มีกิจกรรมการเรียนมากกว่าเดิม เพื่อให้เกิดความเข้าใจตลอดกระบวนการและต้องการใช้ข้อมูลเนื้อหาที่ได้รับการเรียนรู้นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ดังนั้นผู้สอนจึงควรมีบทบาทในการสร้างสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบให้กลุ่มมีปฏิริยาโต้ตอบต่อกัน

ผลผลิตที่ได้รับจากกระบวนการ ก็คือ ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรม อาจจะเป็นด้านความรู้ ความเข้าใจ ความรู้สึก หักศนคติหรือทักษะในการปฏิบัติงาน อาจวัดผลพฤติกรรมเหล่านี้ได้โดยใช้แบบทดสอบแต่ส่วนมากมักดูที่ผลงานที่ผู้เรียนผลิตออกมา ถึงแม้วิธีการนี้จะได้รับการวิพากษ์วิจารณ์ก็ตาม แต่วิธีการตรวจดูผลงานนี้ ทำให้ผู้เรียนมีโอกาสพัฒนาวัสดุอุปกรณ์ตามที่ตนเองสนใจและต้องการมากที่สุด ดังนั้นผลการเรียนรู้ของผู้เรียนจะแสดงออกมาเป็นผลงานที่ผู้เรียนสร้างขึ้น ในการประเมินผลงานโดยมากใช้วิธีการสังเกตจากปฏิริยาโต้ตอบของผู้เรียนในระหว่างการเรียนการสอนนั่นเอง

ส่วนบทบาทของผู้สอนในการอำนวยความสะดวกให้เกิดประสบการณ์การเรียนรู้แก่ผู้เรียนนี้ ผู้สอนต้องเข้าใจลักษณะของการดำเนินกิจกรรมที่เป็นระบบซึ่งประกอบด้วย ปัจจัยป้อน --> กระบวนการ --> ผลผลิต นอกจากนี้ต้องรู้จักจัดบรรยากาศสิ่งแวดล้อมเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

การใช้สื่อการเรียนการสอนในชุดการสอนมินิคอร์ส (Macquarie

University. n.d.B : 1-2)

ตามหลักการสร้างชุดการสอนมินิคอร์ส มีการเปลี่ยนแปลงยุทธวิธีการสอนหลายอย่าง อย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นและสนใจ การเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนในชุดการสอนนี้จึงเป็นสิ่งสำคัญมาก ดังนั้น การเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนที่เหมาะสมต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. ชุดการสอนมินิคอร์สหนึ่งๆ จะมีการใช้สื่อการเรียนการสอนมากมายหลายแบบ เพราะสื่อการเรียนการสอนอย่างเดียวยังไม่สามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้เพียงพอ และไม่สามารถตอบสนองความต้องการทางการเรียนรู้ของผู้เรียนได้หลายอย่าง

2. การใช้สื่อการเรียนการสอนต้องสอดคล้อง เหมาะสมกับวิธีวิเคราะห์ระบบ ซึ่งเป็นหลักการสร้างชุดการสอนมินิคอร์ส

3. สิ่งสำคัญต่อการเลือกใช้สื่อการเรียนการสอนมากที่สุดคือ สิ่งที่เราจะถ่ายทอดไปยังผู้เรียนโดยผ่านสื่อการเรียนการสอนนั้นว่า สื่อการเรียนการสอนที่ถูกเลือกใช้จะสามารถถ่ายทอดข้อมูลแก่ผู้เรียนได้ชัดเจนเพียงใด เหมาะสมกับข้อมูลเรื่องนั้นหรือไม่

4. คำนึงถึงความสนใจของผู้สอนที่จะใช้สื่อการเรียนการสอนนั้นว่า เหมาะสมที่จะใช้และสอดคล้องกับประสบการณ์ การเรียนรู้ที่จะเสนอให้ผู้เรียนมากที่สุด

5. คำนึงถึงความชอบของผู้เรียนที่มีต่อสื่อการเรียนการสอนที่นำมาใช้ ผู้เรียนแต่ละคนจะมีความสามารถในการรับรู้ และเข้าใจข้อมูลข่าวสารทางประสาทสัมผัสที่แตกต่างกัน

6. สื่อการเรียนการสอนที่ใช้ต้องมีความสอดคล้องกับผลของข้อมูลที่จะเสนอ เช่น สื่อทางตาต้องสัมพันธ์กับหู

7. คำนึงถึงข้อจำกัดของการใช้สื่อการเรียนการสอนแต่ละชนิด สิ่งที่เราพิจารณาได้แก่ ขนาดของกลุ่มผู้เรียน ระยะเวลาการสอนที่กำหนดให้ ปัจจัยทางเศรษฐกิจที่จะเอื้ออำนวยในการนำสื่อการเรียนการสอนนั้นมาใช้ โดยคำนึงว่าสื่อการเรียนการสอนที่เลือกใช้จะช่วยเพิ่มประสบการณ์การเรียนรู้ที่น่าสนใจและได้ผลมากที่สุดแก่ผู้เรียน

การสื่อสารและการให้ข้อมูลย้อนกลับระหว่างผู้เรียนกับผู้สอน (Macquarie University. n.d.A : 1-8)

การจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์สจะต้องมีการรวบรวมข้อมูลย้อนกลับ เพื่อตรวจสอบระบบหรือขั้นตอนการดำเนินการเป็นระยะๆ ว่าการปฏิบัติงานมีความก้าวหน้า ไปสู่เป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ เพราะชุดการสอนมินิคอร์สได้จัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบกึ่งโปรแกรม (Semi-Programme) เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์เฉพาะแน่นอน ในด้านการตรวจสอบนั้นเป็นหน้าที่ของผู้สอนที่จะพิจารณารับผิดชอบว่า ผู้เรียนผ่านจุดประสงค์หรือไม่

การเรียนการสอนทั่วๆ ไป ผู้เรียนส่วนมากต้องการได้รับข้อมูลย้อนกลับที่สำคัญ อย่างพอเพียงเป็นระยะที่สม่ำเสมอในช่วงที่มีการเรียนการสอนเพื่อผู้เรียนจะได้ทราบถึง ความก้าวหน้าของตนเอง และต้องการให้มีการทดสอบในเรื่องนั้นๆ ด้วย

ดังนั้นผู้สอนที่ใช้ชุดการสอนมินิคอร์สจึงต้องให้ผู้เรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับอย่างเพียงพอ เพื่อจะนำทางให้เขาบรรลุจุดประสงค์ในระยะเวลาที่จำกัดในระหว่างการเรียนรู้การสอน ซึ่งผู้เรียนแต่ละคนมีความต้องการข้อมูลย้อนกลับไม่เหมือนกัน แต่ความแตกต่างของแต่ละคนในด้านความต้องการข้อมูลย้อนกลับจะลดลง เมื่อผู้เรียนเป็นกลุ่มผู้ใหญ่ที่มีความรู้และประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับวิชาที่เรียนมากขึ้นจึงให้มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (ให้ข้อมูลย้อนกลับ) ซึ่งกันและกันได้

นอกจากนี้ ผู้สอนอาจจะได้รับข้อมูลย้อนกลับโดยการสังเกตจากคำพูด บางอย่างของผู้เรียน พฤติกรรมบางอย่าง เช่น การแสดงความเบื่อหน่าย การมองอย่างเลื่อนลอย การแยกตัวออกจากกลุ่ม ฯลฯ การเข้าแทรกแซงของผู้สอนจะต้องให้ถูกจังหวะ เป็นไปในทางที่ สนับสนุนต่อการเรียน รู้ถึงสาเหตุและเห็นอกเห็นใจหรือ ผู้สอนอาจจะต้องเข้าซักถามในขณะที่ผู้เรียนกำลังปฏิบัติงานนานาวครั้ง ด้วยการถามถึง ปัญหาที่เกิดขึ้น แต่ผู้สอนต้องระลึกเสมอว่าจะเข้าช่วยเหลือหรือให้ข้อมูลย้อนกลับก็ต่อเมื่อ ผู้เรียนมีความต้องการในช่วงระหว่างการอภิปรายกลุ่ม ผู้สอนเพียงแต่ตรวจดูความก้าวหน้าเท่านั้น หรือการให้คำวิจารณ์แนะนำควรให้น้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น พยายามให้ได้คำตอบมาจากผู้เรียนเอง เพราะจุดมุ่งหมายเบื้องต้นของการอภิปรายทั่วไป คือ การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันของผู้เรียน บางครั้งผู้เรียนสามารถดำเนินกิจกรรมไปสู่ผลสำเร็จและเป็นที่พึงพอใจ ผู้สอนจึงควรให้การเสริมแรง เช่น การพยักหน้า ยิ้มตอบรับ พูดให้กำลังใจ หยิบผลงานมาแสดงเป็นตัวอย่าง เป็นต้น

ในการประเมินผลอาจจะประเมินโดยใช้แบบสอบถามความเห็นของผู้เรียน ถามปากเปล่า หรือใช้วิธีการสังเกตในระหว่างการเรียนรู้การสอน โดยผู้สอนอาจจะบันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นเกี่ยวกับพฤติกรรม หรือพฤติกรรม ช่วงเวลาของโปรแกรมแต่ละช่วง สิ่งเหล่านี้จะเป็นข้อมูลที่จะนำมาปรับปรุงชุดการสอนได้อย่างดี ดังนั้นการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์สสามารถจะหาการย้อนกลับได้ 3 แบบ คือ

1. การย้อนกลับในระหว่างการเรียนรู้การสอน เพื่อให้ผู้เรียนคงอยู่ในแนวทางที่ต้องการ

1.1 การให้ข้อมูลย้อนกลับที่มีผลแก่ผู้เข้าร่วมในระหว่างการเรียนรู้การสอน เพื่อให้ข้อมูลและคำแนะนำที่ผู้เข้าร่วมต้องการและช่วยให้บรรลุจุดประสงค์ของชุดการสอนมินิคอร์ส ได้แก่ การให้ข้อมูลย้อนกลับระหว่างผู้เรียนด้วยกันเอง โดยเฉพาะระหว่างกิจกรรมการโต้ตอบของกลุ่มย่อย และการให้ข้อมูลย้อนกลับจากทีมผู้สอนหรือได้จากแบบทดสอบที่สร้างขึ้น

1.2 การได้รับข้อมูลย้อนกลับซึ่งทีมผู้สอนได้จากผู้เรียน ซึ่งจะเป็นการชี้แนะให้รู้ว่าคุณเรียนเข้าใจชัดเจนหรือไม่เพียงใด และจะดำเนินการต่อไปอย่างไร

1.3 ข้อมูลย้อนกลับนี้สามารถนำมาใช้เพิ่มพูนการเสริมแรงให้ก้าวไปสู่จุดประสงค์ได้สำเร็จ และยังเป็นการแสดงความก้าวหน้าของกระบวนการเรียนการสอนด้วย

2. ข้อมูลย้อนกลับที่ใช้เพื่อแก้ไขปรับปรุงชุดการสอนมินิคอร์ส

2.1 ข้อมูลย้อนกลับระหว่างการเรียนการสอนเกี่ยวกับปัญหาด้านอุปกรณ์การเรียน ยุทธวิธี ช่วงเวลาของกิจกรรม ฯลฯ ซึ่งผู้สอนจะเก็บข้อมูลไว้โดยบันทึกหรืออัดเสียงลงในเทปขนาดเล็ก

2.2 ข้อมูลย้อนกลับโดยผ่านการประเมินผลอย่างมีแบบแผน ได้แก่ แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียน

3. ข้อมูลย้อนกลับที่ได้จากการติดตามผลผู้เรียนที่เรียนทักษะต่างๆ จากชุดการสอนมินิคอร์สแล้วสามารถนำทักษะเหล่านั้นไปใช้อย่างใดหรือไม่ มีปัญหาด้านใดอาจติดตามโดยใช้โทรศัพท์พูดคุย เขียนจดหมายหรือไปเยี่ยมเยียนเป็นต้น ข้อมูลที่ได้โดยวิธีนี้ จะเป็นข้อมูลที่มีค่ามากสำหรับการปรับปรุงชุดการสอนมินิคอร์ส

การนำชุดการสอนมินิคอร์สมาใช้ในประเทศไทย

ในปี พ.ศ. 2522 กรมการศึกษานอกโรงเรียนได้ส่ง กรรมการ แฮ้มเกษร (อ้างอิงมาจาก หุวดี แก้วรักษา. 2527:9) ไปรับการอบรมเกี่ยวกับชุดการสอนมินิคอร์สที่ศูนย์มหาวิทยาลัยแมคควอรี ประเทศออสเตรเลีย ต่อมาในปี พ.ศ. 2525 กรมการศึกษานอกโรงเรียนจึงได้ดำเนินการสร้างสื่อ เพื่อการอบรมครูผู้สอนการศึกษาผู้ใหญ่แบบเปิดเสรีจ ระดับที่ 3-4 เป็นรายวิชามินิคอร์ส โดยได้รับความช่วยเหลือจากหน่วยงานหนึ่งขององค์การยูเนสโก (Unesco) คือ อาเพด (APEID : Asian Programme of Educational Innovation for Development) หรือโครงการของภูมิภาคเอเชียด้านนวัตกรรมทางการศึกษาเพื่อการพัฒนา ซึ่งได้จัดพิมพ์เอกสารเกี่ยวกับมินิคอร์สเพื่อการเผยแพร่โดยมี เรกซ์ เมเยอร์, กรรมการ แฮ้มเกษร และ ดร. สมประสงค์ วิทยเกียรติ เป็นผู้เขียนเพื่อการจัดพิมพ์เป็นเอกสารดังกล่าว (กรมการศึกษานอกโรงเรียน. 2528:1)

รายวิชามินิคอร์สที่กรมการศึกษานอกโรงเรียนสร้างขึ้นในครั้งแรกนั้นได้ใช้เวลา ในการสร้างและทดลองประมาณ 2 ปี 6 เดือน และสร้างสื่อที่เป็นชุดฝึกอบรม

ระยะสั้นได้จำนวน 21 รายวิชาใน 6 กลุ่มวิชา คือ กลุ่มวิชาสร้างเสริม
ประสบการณ์ชีวิต กลุ่มวิชาภาษาไทย กลุ่มวิชาภาษาอังกฤษ กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์
กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ และกลุ่มวิชาชีพ โดยมีจุดประสงค์เพื่อนำไปอบรมครูให้เกิดทักษะ
อันจะนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนของคนอีกทอดหนึ่ง
(กรมการศึกษานอกโรงเรียน. 2528:73)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดการสอนมินิคอร์ส

งานวิจัยในต่างประเทศ

แอนเดอร์สัน (Anderson. 1973:4021-A) ได้ศึกษาการพัฒนาและ
ประเมินผลโครงสร้างมินิคอร์สที่ใช้สำหรับการศึกษาวิทยาศาสตร์พื้นโลก พบว่านักเรียน
ชอบรับความคิดเกี่ยวกับการใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส และเกิดการเปลี่ยนแปลงทัศนคติ
ในทางบวกของนักเรียนต่อวิทยาศาสตร์พื้นโลก หลังจากเสร็จสิ้นจากการเรียน
นักเรียนชอบการประเมินผลที่มีโอกาสปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน และชอบชุด
การสอนมินิคอร์สที่ใช้เวลา 3 สัปดาห์มากกว่า 10 สัปดาห์

ต่อมาในปี ค.ศ.1974 ครอส (Cross. 1974:3388-A) ทาการศึกษา
ชุดการสอนมินิคอร์สที่ใช้อบรมครูก่อนหาการสอน โดยมุ่งศึกษาถึงการพัฒนาและการ
ประเมินผลของชุดการสอนมินิคอร์สเช่นกัน พบว่า ครูที่ได้รับการอบรมโดยใช้ชุด
การสอนมินิคอร์สเกิดพฤติกรรมพิเศษขึ้น 6 ลักษณะ โดยที่ครูจำนวนนี้เชื่อว่ามินิคอร์ส
เป็นสิ่งที่ช่วยให้เขาพัฒนาพฤติกรรมได้ตามจุดประสงค์ เมื่อเปรียบเทียบกับการอบรม
ครูโดยใช้การสอนแบบจุลภาค

ปี ค.ศ.1975 เคท (Kate. 1975:218-A) ได้ทดลองสร้างและหาความ
เที่ยงตรงของชุดการสอนมินิคอร์สเพื่อใช้ในการอบรมครูระดับประถมศึกษา ปรากฏ
ผลว่าครูที่ได้รับการอบรมโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส มีพัฒนาการทักษะสูงขึ้น 5 ทักษะ
ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95 และนักเรียนที่เรียนจากครูที่ได้รับการอบรมด้วยชุดการสอน
มินิคอร์สมีความสามารถในการใช้คำเกี่ยวกับการพรรณนาได้ดีขึ้น ที่ระดับความเชื่อมั่น
0.75 ส่วนไวส์ (Weiss. 1975:2005-A) ได้ทำการศึกษาเจตคติของนักเรียน
ผิวขาวที่มีต่อคนผิวดำโดยกลุ่มตัวอย่างที่เป็นกลุ่มทดลองเป็นนักเรียนผิวขาวจำนวน
50 คน เลือกเรียนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส เรื่องประวัติศาสตร์คนผิวดำ และอีก
กลุ่มหนึ่งเป็นนักเรียนผิวขาว จำนวน 80 คน ที่เรียนโดยชุดการสอนมินิคอร์สเรื่อง

ประวัติศาสตร์อเมริกาทั่วไป ผลปรากฏว่า นักเรียนที่เรียนโดยชุดการสอนมินิคอร์ส เรื่องประวัติศาสตร์คนผิวคามิเจตคติต่อคนผิวคามิขึ้นกว่ากลุ่มที่เรียนประวัติศาสตร์อเมริกาทั่วไป และเคอร์ (Kerr. 1975:356-7A) ได้ศึกษาพฤติกรรมด้านมนุษยนิยมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ลงทะเบียนเรียนในมินิคอร์สและรายวิชาปกติ พบว่านักเรียนที่เรียนในมินิคอร์สมีเจตคติที่ดีต่อครูสูงกว่านักเรียนในกลุ่มปกติ และครูที่สอนในชุดมินิคอร์สมีเจตคติต่อนักเรียนและวิชาชีพครูสูงกว่ากลุ่มปกติ

ในระหว่างปี ค.ศ.1973 - ค.ศ.1976 มิลโซ (Milzow. 1976:7165-A) ได้ศึกษาเจตคติของนักเรียนและครูในโครงการมินิคอร์สที่จัดขึ้นในโรงเรียนมัธยมคันเคเนดี้ (Kennedy Junior High School) รัฐมิชิแกน พบว่าความคิดเห็นของนักเรียนทุกระดับความสามารถคือสูง กลาง ต่ำ ที่มีต่อมินิคอร์สไม่แตกต่างกันและนักเรียนทุกระดับนี้ชอบวิธีการสอนในชุดการสอนมินิคอร์สมากกว่าการสอนแบบเดิม

งานวิจัยในประเทศ

อุทัย หนูแดง (2526:107-110) ได้ทำการทดลองสอนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนมินิคอร์สของนักศึกษาผู้ใหญ่แบบเบ็คเสร็จ ระดับ 3 วิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต 4 เปรียบเทียบกับการสอนปกติ เมื่อปีการศึกษา 2526 ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองที่เรียนจากการสอนโดยใช้ชุดการเรียนการสอนมินิคอร์สสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนจากการสอนปกติ

ในปี พ.ศ.2527 มุक्ति แก้วรักษา (2527:286) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาผู้ใหญ่ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส โดยใช้ชื่อว่า ชุดการสอนจุลบท กับการสอนตามปกติในวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต 7 กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักศึกษาผู้ใหญ่แบบเบ็คเสร็จระดับ 4 ผลการศึกษาพบว่า นักศึกษาที่เรียนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์สมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักศึกษาที่เรียนโดยการสอนตามปกติ และพบว่านักศึกษาที่เรียนมาจากการใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส มีความคิดเห็นที่ดี และเห็นด้วยกับการนำชุดการสอนมินิคอร์สมาใช้ในการเรียนการสอนวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต 7

ในปีเดียวกัน สุรัตน์ มุทธเสรี (2527:92) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์สกับการสอนตามคู่มือครูการสอนภาษาอังกฤษ" เมส" โดยกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนโรงเรียนนครนายกวิทยาคม จังหวัดนครนายก จำนวน 120 คน แบ่งเป็น

กลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม กลุ่มละ 40 คน กลุ่มทดลองที่ 1 เรียนจากการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์สที่ใช้เวลาเรียน 14 คาบ กลุ่มทดลองที่ 2 เรียนจากการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์สที่ใช้เวลาเรียน 10 คาบ ที่เหลืออีก 40 คน จัดเป็นกลุ่มควบคุม ให้เรียนจากการสอนตามคู่มือครูการสอนภาษาอังกฤษ" เขต" ใช้เวลาเรียน 14 คาบ ผลการศึกษาพบว่า

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองที่ 2 สูงกว่ากลุ่มควบคุมและแตกต่างกับกลุ่มทดลองที่ 1

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษระดับสูง ในกลุ่มทดลองที่ 2 กับกลุ่มควบคุมแตกต่างกัน ส่วนกลุ่มทดลองที่ 2 กับกลุ่มทดลองที่ 1 และกลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษระดับปานกลาง ในกลุ่มทดลองที่ 2 กับกลุ่มควบคุม และกลุ่มทดลองที่ 2 กับกลุ่มทดลองที่ 1 แตกต่างกัน สำหรับกลุ่มทดลองที่ 1 กับกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน

4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษระดับต่ำ ในกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มกับกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน

พิศอมาวนิกา ศิริมาลา (2528:63) ทำการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจในวิชาภาษาไทยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์สกับนักเรียนที่เรียนโดยการสอนตามคู่มือครูภาษาไทย กรมวิชาการ ผลการวิจัยปรากฏว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส และเรียนโดยการสอนตามคู่มือครูภาษาไทย กรมวิชาการ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกัน และพบว่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาไทยของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนที่เรียนโดยการสอนตามคู่มือครูภาษาไทย กรมวิชาการ แต่ความสนใจในวิชาภาษาไทยของนักเรียนที่เรียนโดยวิธีการสอนทั้งสองแบบไม่แตกต่างกัน

ส่วนสุมาลี สุวัจนกุล (2529:41) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่เรียนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์สและเรียนโดยการสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแตกต่างกัน

โดยที่นักเรียนที่เรียนโดยการใช้ชุดการสอนมินิคอร์สมีคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยการสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แต่ความคงทนในการเรียนรู้ไม่แตกต่างกัน

และชาติชาย วิโรจนะ (2531:74-76) ได้ศึกษาผลการใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยชุดการสอนมินิคอร์ส มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู

จากเอกสารและงานวิจัยดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส ช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพราะชุดการสอนมินิคอร์สส่งเสริมให้นักเรียน มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนและมีการระดมพลังความคิด และมีอิสระต่อการคิด โดยได้นำสื่อและวิธีสอนหลายวิธีมาใช้อย่างเหมาะสมกับสภาพการเรียนการสอน โดยคำนึงถึงผู้เรียน และจุดประสงค์ของการเรียนรู้เป็นหลักสำคัญ ชุดการสอนมินิคอร์สจึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็นขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาประชากร และกลุ่มตัวอย่าง
2. กำหนดเนื้อหา และระยะเวลาในการทดลอง
3. สร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ
4. กำหนดแบบแผนการทดลอง และวิธีดำเนินการทดลอง
5. กำหนดสถิติเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียน

วิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนบ้านนา "นายกพิทยากร" อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2531 โดยมีการจัดชั้นเรียนแบบคละตามคะแนนที่ได้จากการสอบคัดเลือกเข้าเรียนต่อในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 4 ห้องเรียน รวมทั้งหมด 160 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มประชากรที่ทำการสุ่มมาจำนวน 2 ห้องเรียน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน โดยดำเนินการสุ่มกลุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการดังนี้

1. ใช้วิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยการจับฉลากนักเรียนมา 2 ห้องเรียน จากจำนวนทั้งหมด 4 ห้องเรียน
2. เมื่อได้กลุ่มตัวอย่าง 2 ห้องเรียนแล้ว สุ่มอย่างง่ายโดยการจับฉลากอีกครั้ง เพื่อจัดเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลองมีนักเรียน 40 คน สอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส กลุ่มควบคุมมีนักเรียน 40 คน สอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เนื้อหาและระยะเวลาในการทดลอง

เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าคือ เรื่องงานและพลังงาน จากหนังสือ แบบเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม 2 (ว 022) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรมัธยมศึกษา ตอนปลาย พุทธศักราช 2524 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า กระทำในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2531 โดยใช้เวลาทำการทดลองดังนี้

กลุ่มทดลอง ใช้เวลาในการทดลอง 16 คาบ คาบละ 50 นาที

กลุ่มควบคุม ใช้เวลาในการทดลอง 18 คาบ คาบละ 50 นาที

การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. ชุดการสอนมินิคอร์สวิชาฟิสิกส์ ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามเนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับการสอนในกลุ่มควบคุม มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับหลักการ และวิธีการสร้างชุดการสอนมินิคอร์สจากเอกสารและผู้เชี่ยวชาญ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดเนื้อหาและสร้างชุดการสอนมินิคอร์ส

1.2 ศึกษาหลักสูตร คู่มือครู แบบเรียน เนื้อหาที่จะใช้สอน เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการ

1.3 วิเคราะห์หลักสูตร เพื่อกำหนดจุดมุ่งหมายทั่วไปและจุดมุ่งหมายเฉพาะ (จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม) ตามพฤติกรรมที่ต้องการ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดทำโครงการกิจกรรมการเรียนการสอน และการประเมินผลของเนื้อหาที่ใช้ในชุดการสอนมินิคอร์ส

1.4 สร้างชุดการสอนมินิคอร์สวิชาฟิสิกส์ โดยดำเนินการตามหลักการ และขั้นตอนของ อาเพค (APEID. 1982:9-13) ดังนี้

1.4.1 พิจารณาความต้องการและความจำเป็น

1.4.2 พิจารณากำหนดสภาพของกลุ่มผู้เรียน เช่น ความสนใจ

พื้นฐานทางสติปัญญา สภาพแวดล้อม เพื่อกำหนดเป้าหมาย

1.4.3 กำหนดจุดประสงค์ทั่วไป และจุดประสงค์เฉพาะ

1.4.4 สารวจทรัพยากรและคัดเลือกสื่อการเรียนการสอน

1.4.5 ออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน

1.4.6 พัฒนาสื่อการเรียนการสอน

1.4.7 จัดชุดการสอนมินิคอร์ส ซึ่งประกอบด้วย

1.4.7.1 หลักการและเหตุผล จุดมุ่งหมาย แผนการสอน

1.4.7.2 กิจกรรมนักเรียน

1.4.7.3 กิจกรรมครู

1.4.7.4 การประเมินผล

1.4.7.5 เนื้อหาเสริม

1.4.7.6 สื่อการเรียนการสอนที่ใช้ประกอบการสอน

1.5 นำชุดการสอนมินิคอร์สที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมพร ชมอุทม์ อาจารย์กรรณิการ์ แย้มเกษร และอาจารย์ชาติชัย วิโรจนะ ตรวจสอบคุณลักษณะ โครงสร้าง กิจกรรม สื่อการเรียนการสอน และการประเมินผล เพื่อปรับปรุงแก้ไข

1.6 นำชุดการสอนมินิคอร์สที่สร้างขึ้นไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนบ้านนา "นายกพิทยากร" อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 40 คน เพื่อศึกษาข้อบกพร่อง แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาศิลปะ เรื่องงานและผลงาน มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาวิธีการสร้างข้อสอบจากเอกสาร ตำรา

2.1.1 ข้อสอบวิชาวิทยาศาสตร์ เขียนอย่างไรให้มีคุณภาพ โดย พิศาล สร้อยธุระ (2524:1-165)

2.1.2 แนวการเขียนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดย พวงรัตน์ หวีรัตน์ (2525:31-46)

2.1.3 การเขียนข้อสอบวัดสมรรถภาพสมองด้านสติปัญญา วิชา วิทยาศาสตร์จากคู่มือครูวิชาศิลปะ เล่ม 5 (ว 025) ของสถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2526:11-17)

2.2 ศึกษาจุดประสงค์และเนื้อหาวิชาศิลปะเรื่องงานและผลงาน ทำการวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัดเป็น 4 ด้าน คือ

2.2.1 ความรู้ความจำ

2.2.2 ความเข้าใจ

2.2.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.2.4 การนำไปใช้

2.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาศิลปะให้ตรงตามจุดประสงค์ และครอบคลุมพฤติกรรมที่ต้องการวัดทั้ง 4 ด้าน เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 84 ข้อ

2.4 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาศิลปะ 5 ท่าน คือ อาจารย์วีระ อรรถสวรี อาจารย์แสงศิริ ศิริมงคล อาจารย์กมล เหล่าสมบัติทวี อาจารย์สนั่น หรัพย์สมบูรณ์ และอาจารย์มานพ รวยลาก ตรวจสอบความถูกต้อง ตามคุณลักษณะของข้อทดสอบ และความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับพฤติกรรมที่ต้องการวัด เพื่อปรับปรุงแก้ไข

2.5 นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบและปรับปรุงแล้ว ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนนครนายกวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดนครนายก ซึ่งเรียนเนื้อหาที่จะทดลองมาแล้ว จำนวน 100 คน เพื่อหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ โดย

2.5.1 นำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนน โดยมีเกณฑ์ให้คะแนนแต่ละข้อคือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือเว้นไม่ตอบ หรือเลือกตัวเลือกเกิน 1 ตัวเลือกให้ 0 คะแนน

2.5.2 นำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบเป็นรายข้อ โดยใช้หลักการคัดกลุ่ม 27 เบอร์เข้าในการแบ่งกลุ่มสูงกลุ่มต่ำแล้วเปิดตารางสำเร็จรูปของ ฟาน (Fan. 1952:6-32) คัดเลือกข้อทดสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง .32 - .68 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .40 ขึ้นไปไว้จำนวน 40 ข้อ

2.6 นำแบบทดสอบซึ่งประกอบด้วยข้อทดสอบที่คัดเลือกไว้ ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนบ้านนา "นายกพิทยากร" อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก ซึ่งผ่านการเรียนเนื้อหาที่จะทดลองมาแล้วจำนวน 120 คน เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR-20 (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2528:168) ได้ค่าความเชื่อมั่น .77 ค่าเฉลี่ย 19.24 และความแปรปรวน 38.97

แบบแผนการทดลอง และวิธีดำเนินการทดลอง

แบบแผนการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองแบบ Randomized Control Group Post-test only Design (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2528:219) ซึ่งมีลักษณะดังนี้

ตาราง 1 แบบแผนการทดลอง

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
ER	-	X	T ₂
CR	-	-	T ₂

เมื่อ R หมายถึง การกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม

E หมายถึง กลุ่มทดลอง

C หมายถึง กลุ่มควบคุม

X หมายถึง การสอนด้วยชุดการสอนมินิคอร์ส

T₂ หมายถึง การทดสอบหลัง เรียน

วิธีดำเนินการทดลอง

1. เลือกกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีสุ่มดังนี้

1.1 สุ่มอย่างง่ายโดยการจับฉลากนักเรียนมา 2 ห้องเรียน จาก 4 ห้องเรียน

1.2 จาก 2 ห้องเรียนจับฉลากเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน

2. ดำเนินการสอนโดยผู้วิจัยเป็นผู้สอนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมใช้เนื้อหาเดียวกัน แต่วิธีสอนแตกต่างกัน คือ

2.1 กลุ่มทดลองสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์สใช้เวลา 16 คาบ คาบละ 50 นาที

2.2 กลุ่มควบคุมสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ใช้เวลา 18 คาบ คาบละ 50 นาที

3. เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนแล้ว ให้นักเรียนทั้งสองกลุ่มทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

4. ตรวจสอบผลการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มตัวอย่างทั้งสอง แล้วนำคะแนนมาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

สถิติพื้นฐาน

1. หาค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean) จากสูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2528:59)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่ม

การทดสอบสมมุติฐาน

เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนระหว่างกลุ่ม
ทดลองกับกลุ่มควบคุม โดยใช้ t - test Independent (ล้วน สายยศ และ
อังคณา สายยศ. 2528:84)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

N	แทน	จำนวนนักเรียน
$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
S ²	แทน	ความแปรปรวน
t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน t-distribution

การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์สกับการสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้าคือ นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏดังตาราง 2

ตาราง 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่าง
กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	$\bar{X}$	S ²	t
กลุ่มทดลอง	40	22.0500	14.6128	3.9779**
กลุ่มควบคุม	40	18.4500	18.1513	

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ในตาราง 2 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของ
นักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า
นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์
สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาครั้งนี้ เป็นการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส ซึ่งสรุปสาระสำคัญและผลการศึกษาได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์สกับการสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า

นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

การดำเนินการศึกษาค้นคว้า

1. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนบ้านนา "นายกพิทยากร" อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2531 ซึ่งมีการจัดชั้นเรียนแบบคละตามคะแนนที่ได้จากการสอบคัดเลือกเข้าเรียนต่อในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 80 คน ซึ่งได้จากการสุ่มโดยการจับฉลากนักเรียนมา 2 ห้องเรียน จาก 4 ห้องเรียน แล้วนำมาจับฉลากอีกครั้งเพื่อจัดเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 40 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 40 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

2.1 ชุดการสอนมินิคอร์สวิชาฟิสิกส์ เรื่อง "งานและพลังงาน"

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง

"งานและพลังงาน"

3. วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 ดำเนินการสอนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ในเนื้อหาเดียวกันโดย

3.1.1 กลุ่มทดลอง สอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์สใช้เวลา

16 คาบ คาบละ 50 นาที

3.1.2 กลุ่มควบคุม สอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอน

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ใช้เวลา 18 คาบ คาบละ 50 นาที

3.2 เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนแล้ว ทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.3 นำคะแนนมาวิเคราะห์โดยใช้วิธีการทางสถิติ เพื่อทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ t -test Independent

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า

ผลการศึกษาพบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริม

การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้และสอดคล้องกับผลการวิจัยของสุมาลี สุวัณกุล (2529:41) ที่ได้ทำการศึกษาพบว่าคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่เรียนโดยชุดการสอนมินิคอร์สสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สอดคล้องกับชาติชัย วิโรจนะ (2531:67) ที่พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนโดยชุดการสอนมินิคอร์สสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู ผลการศึกษาที่ปรากฏดังกล่าว อาจเป็นเพราะสาเหตุดังนี้คือ

1. ชุดการสอนมินิคอร์สวิชาฟิสิกส์ที่สร้างขึ้น ได้ดำเนินการตามหลักการของวิธีวิเคราะห์ระบบอย่างครบถ้วนขั้นตอนคือ ได้มีการศึกษาปัญหาของการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์เพื่อกำหนดความต้องการและความจำเป็นที่จะปรับปรุงการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ขึ้น ซึ่งทำให้การกำหนดเป้าหมายและจุดประสงค์ของการเรียนการสอนเป็นไปอย่างเหมาะสมตรงตามความต้องการที่แท้จริง แล้วจึงได้สำรวจทรัพยากรและคัดเลือกมาใช้เป็นสื่อการเรียนการสอน หากการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน โดยแต่ละกิจกรรมได้จัดเป็นวงจร ซึ่งประกอบด้วย บังคับย้อน -- กระบวนการ -- ผลผลิต หลากหลาย วงจรต่อเนื่องกันไปเป็นลูกโซ่ โดยผลผลิตของกระบวนการแรก จะเป็น บังคับย้อนของกระบวนการต่อไป ซึ่งมีข้อดี คือทำให้ครูผู้สอนสามารถตรวจสอบผลผลิตของกระบวนการในกิจกรรมแต่ละตอนได้ว่า ผู้เรียนบรรลุผลตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ รวมทั้งผู้เรียนก็สามารถที่จะประเมินผลตนเองได้ด้วย ทำให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนยิ่งขึ้น เพราะสามารถทราบผลย้อนกลับ (Feedback) ได้ในทันที โดยลักษณะของการสร้างชุดการสอนมินิคอร์สจึงน่าจะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ผลการเรียนของนักเรียนดีขึ้น

2. กิจกรรมในชุดการสอนมินิคอร์สที่สร้างขึ้นมีหลายรูปแบบ โดยได้จัดไว้ตามความเหมาะสมของเนื้อหา และสอดคล้องกับจุดประสงค์ทางการเรียน เช่น การศึกษาจากเทปโทรทัศน์ การศึกษาจากภาพแผ่นโปสเตอร์ การทบทวนความรู้จากบทเรียนสำเร็จรูป การศึกษาเพิ่มเติมจากเอกสารเสริมและเอกสารอ่านประกอบ การประเมินผลตนเอง เป็นต้น กิจกรรมเหล่านี้จะต่างไปจากที่นักเรียนคุ้นเคยคือ การสาธิต การทำการทดลอง การอภิปรายผลการทดลอง ซึ่งก็ยังคงมีอยู่ในชุดการสอนมินิคอร์สอย่างครบถ้วน ทำให้นักเรียนมีความสนใจและมีความตั้งใจที่จะเข้าร่วมกิจกรรมมากขึ้น นอกจากนี้กิจกรรมต่างๆ ที่ได้จัดไว้นี้ มีการระดมสื่อการเรียนการสอนหลายๆ ประเภทมาใช้

โดยคำนึงถึงความเหมาะสมต่อกิจกรรมและต่อตัวผู้เรียน ซึ่งจะทำให้ทุกคนได้บรรลุจุดประสงค์ทางการเรียนได้ ดังที่คาร์เพนเตอร์ (Carpenter. 1957:368) ได้กล่าวไว้ว่า นักเรียนแต่ละคนมีความสามารถในการเรียนรู้แตกต่างกัน การพยายามที่จะให้ทุกคนได้บรรลุจุดมุ่งหมายของการเรียน ควรใช้วิธีสอนหลายว วิธีผสมผสานกับสื่อการเรียนการสอนหลายว รูปแบบ ดังนั้นโดยลักษณะของกิจกรรม การเรียนการสอนในชุดการสอนมินิคอร์ส จึงน่าจะมีส่วนช่วยให้ผลการเรียนของนักเรียนดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 จากการศึกษาครั้งนี้ พบว่านักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์สมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังนั้นการสร้างและนำชุดการสอนมินิคอร์สมาใช้ในการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ จึงเป็นแนวทางหนึ่ง ที่ควรได้รับการส่งเสริมให้มีการนำมาใช้ เพื่อให้ นักเรียนมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการเรียนเพิ่มขึ้น

1.2 การจัดกิจกรรมในชุดการสอนมินิคอร์ส ควรเป็นกิจกรรมที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตัวเองให้มาก โดยครูเป็นเพียงผู้ดูแลและให้คำปรึกษา กิจกรรมที่จัดขึ้นควรส่งเสริมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม โดยมีอิสระทางความคิดและการกระทำและควร เป็นกิจกรรมที่สามารถวัดผลและประเมินผลได้ โดยครูเป็นผู้ประเมินผลนักเรียนหรือนักเรียนประเมินผลตนเองภายในเวลาที่กำหนด ซึ่งจะทำให้ นักเรียน ได้มีโอกาสปรับปรุงและพัฒนาตนเองมากขึ้น

1.3 การสร้างชุดการสอนมินิคอร์ส หากได้รับความร่วมมือจาก ฝ่ายพัฒนาหลักสูตร ฝ่ายจิตวิทยาการศึกษา ฝ่ายโสตทัศนศึกษา และฝ่ายประเมินผลการศึกษา ตลอดจนการสนับสนุนส่งเสริมจากฝ่ายบริหาร จะทำให้ชุดการสอนมินิคอร์สที่สร้างขึ้นมีความสมบูรณ์ และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2. ข้อเสนอแนะเพื่อศึกษาค้นคว้าครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการทดลองสอนวิชาฟิสิกส์ โดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์สในเนื้อหาอื่นว กับนักเรียนที่มีผลการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง และต่ำ

2.2 ควรมีการศึกษาถึงตัวแปรอื่นๆ เช่น หักสะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการสอนโดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส

2.3 ควรมีการศึกษาเพิ่มเติม โดยใช้ชุดการสอนมินิคอร์สเพื่อศึกษาความเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่นๆ เช่น เคมี ชีววิทยา วิทยาศาสตร์กายภาพ-ชีวภาพ ฯลฯ ให้กว้างขวางยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- การศึกษานอกโรงเรียน, กรม กองพัฒนาการศึกษา. คู่มือการใช้ชุดฝึกอบรมระยะสั้น (Minicourse) สำหรับครูผู้สอนการศึกษาผู้ใหญ่แบบเบ็ดเสร็จ ระดับที่ 3-4 ระหว่างประจำการ. กรุงเทพฯ : การศาสนา, 2528.
- ชาติชัย วิโรจนะ. การศึกษามูลการใช้ชุดการสอนมินิคอร์ส ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2531. อังคณาเนา.
- ✓ วิทยรัตน์ บุรณะโชติ. "แนวคิดเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์," สสวท. 14 : 7-12 ; มิถุนายน-กันยายน 2529.
- ✓ ชนกกาญจน์ ภัทรากาญจน์ และก้องกัญจน์ ภัทรากาญจน์. คลังส่มหาวิทยาลัย เล่ม 1. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร : 2530.
- ✓ นุกรานต์ นิ่มศิริ. การเปรียบเทียบความคิดเห็นของครูวิทยาศาสตร์สาขาฟิสิกส์ และศึกษานิเทศก์สาขาวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับปัญหาการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ คม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527. อังคณาเนา.
- ทองรัตน์ ทวีรัตน์. "แนวการเขียนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน," การวัดผล การศึกษา. 4 : 30-46 ; พฤษภาคม-สิงหาคม 2525.
- พิศาล สร้อยธุร่า. ข้อสอบวิทยาศาสตร์เขียนอย่างไรให้มีคุณภาพ. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2524.
- ✓ มหาวิทยาลัย, ทพวง. คลังส่ม เล่ม 1 : ความโครงการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ระดับมหาวิทยาลัย. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดเคชั่น, 2530.
- ชูศักดิ์ แก้วรักษา. การทดลองใช้ชุดการสอนจุลบทวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ในชั้นเรียนการศึกษาผู้ใหญ่แบบเบ็ดเสร็จ ระดับ 4. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2527. อังคณาเนา.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. หลักการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : ศึกษาพร, 2528.

- วนิดา ศิริมาลา. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสนใจในวิชาภาษาไทยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยชุดการสอนมินิคอร์ส กับเรียนโดยการสอนตามคู่มือครูภาษาไทย กรมวิชาการ. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ ฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2528. อักสาเนา.
- ✓ วิไลรัตน์ คังจรุณ. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาศิลปะ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กับความคาดหวังของครูผู้สอน ผู้พัฒนาหลักสูตร และอาจารย์มหาวิทยาลัย. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ ฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2527. อักสาเนา.
- ✓ วิไลวรรณ ทรัพย์เจริญ. รายงานการวิจัย เรื่อง การศึกษาเปรียบเทียบนวัตกรรมการเรียนการสอน วิชาศิลปะ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างโรงเรียนมัธยมศึกษารามคำแหง กับโรงเรียนมัธยมสาธิตประสานมิตร. กรุงเทพฯ ฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2526. อักสาเนา.
- ✓ ศึกษาธิการ, กระทรวง กรมวิชาการ. เอกสารประกอบการพิจารณาปรับปรุงหลักสูตร ในปีการศึกษาระหว่างชาติ พ.ศ. 2513 ฉบับที่ 1 ความเป็นมาของหลักสูตรสามัญศึกษา. กรุงเทพฯ ฯ : การศาสนา, 2513.
- ✓ ศิริพงศ์ ชิมะ. ความคิดเห็นของผู้บริหารและครูศิลปะเกี่ยวกับนวัตกรรมการใช้หลักสูตร วิชาศิลปะระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 ในเขตการศึกษา 12. วิทยานิพนธ์ คม. กรุงเทพฯ ฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528. อักสาเนา.
- ✓ สุขุม ศรีธัญรัตน์. คู่มือครูวิชาศิลปะ เล่ม 2 ว 022. กรุงเทพฯ ฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2525.
- ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. หนังสือเรียนวิชาศิลปะ เล่ม 2 ว 022 กรุงเทพฯ ฯ : ครูสภา, 2525.
- _____. คู่มือครูวิชาศิลปะ เล่ม 5 ว 025. กรุงเทพฯ ฯ : สหสารการพิมพ์, 2526.
- สุมาลี ผู้วัฒนกุล. การศึกษาลักษณะสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นปีที่ 1 ที่เรียนโดยชุดการสอนมินิคอร์ส. ปรินทิพนิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ ฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2528. อักสาเนา.

สุรัตน์ ยุทธเสรี. การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาษาอังกฤษ
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยการเรียนรู้จากชุดการเรียนการสอน
มินิคอร์สกับการสอนตามคู่มือครูการสอนภาษาอังกฤษเขส.
ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ ฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร, 2527. อัดสำเนา.

อุทัย หนูแดง. การทดลองใช้ชุดการเรียนการสอนมินิคอร์สกับนักศึกษาผู้ใหม่แบบ
เบ็ดเสร็จ ระดับ 3 วิชาสรางเสริมประสบการณ์ชีวิต 4.
ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ ฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร, 2526. อัดสำเนา.

Allen, David E. and Rebecca M. Valette. Classroom Techniques Foriegn
Language and English as a Second Language. New York: Harcourt
Brace Jouvarrich, Inc., 1977.

Anderson, Jack Ronald. "The Development and Affective Evaluation of
Minicourses Structure for General Education Earth Science,"
Dissertation International Abstracts. 35(11) : 4021-A;
December, 1973.

APEID. The Minicourse Approach: What It Is and How It Works. Bangkok:
Unesco Regional Office, 1982.

Carpenter, C.R. "Psychological Concepts and Audie Visual Instruction,"
A.V. Communication Review. 5 : 361-369; Winter, 1957.

Center for Advancement of Teaching. How to get the most out of this
Minicourse. Sydney: Macquarie University, 1980. Unpaged.

Constant, Woodbridge F. Fundamental Principle of Physics. Massachusetts:
Addison-Wesley Publishing Company, 1967.

Cross, William Kinsey. "Development and Evaluation of the Feasibility
of a Minicourse in Inquiry for Pre-Service Teachers,"
Dissertation International Abstracts. 35(6) : 3388-A;
December, 1974.

Fan, Chung-Teh. Item Analysis table. Princetion, New Jersey: Educational
Testing Service, 1952.

Kate, Owyne Ellen. "Validation of Minicourse 2 with Pre-Service Teachers of Primary and Intermediate Educate Mentally Retarded Children," Dissertation International Abstracts. 36(1) : 218-A; July, 1975.

Kerr, William Kordon. "A Study of Designated Affective Behaviors of High School Students Enrolled in Minicourses and Traditional Courses," Dissertation International Abstracts. 36(6) : 356-7A; December, 1975.

✓ Khim, Koh Chung. "Integration of Secondary Level Physics and Technology Education," Physics Curriculum Development In Asia 1978. Report of Regional Seminar Penang Malaysia, 14(5) : 28-29; January, 1978.

Macquarie University. Reacting to Feedback. Sydney: Center for Advancement of Teaching, n.d.A.

_____. The Use of Media in Minicourses. Sydney: Center for Advancement of Teaching, n.d.B.

Meyer, G.R. and ate all. How to Present A Minicourse. Macquarie University Printing, 1978.

Meyer, G.R. The Minicourse as a Model for the Continuing Education of Teachers. Sydney: Center For Advancement of Teaching, Macquarie University, 1978.

_____. The Principles of Teaching Applied in C.A.T. Minicourse and Their Basis in Theories of Learning. Sydney: Center for Advancement of Teaching, Macquarie University, 1978.

Milzow, Jacqueline Ann. "A Study of Student and Teacher Reaction to the Mini-Course Program of 1973-1974 at Kennedy Junior High School Pontiac Michigan," Dissertation International Abstracts. 36(11) : 7165-A; May, 1976.

✓ Semat, Henry. Fundamental of Physics. 4th ed., Chicago: Holt, Reinhart and Winston, Inc., 1966.

Stone, Blair. How to Encourage Optimal Participation in Minicourse Activities. Sydney: Center for Advancement of Teaching, Macquarie University, 1978.

Weiss, Seymour. "A Comparison of the Attitudes towards Black and White High School Students in an Elective Mini-Course in Black History with Those of white High School Students Electing Another Mini-Course in the United State History," Dissertation International Abstracts. 36(4) : 2005-A; October, 1975.

ප්‍රකාශන

ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบ

ตาราง 3 แสดงค่าความยากง่าย (P) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง งานและพลังงาน

ข้อที่	P	r	ข้อที่	P	r
1	.68	.62	21	.46	.62
2	.63	.59	22	.53	.65
3	.64	.76	23	.50	.75
4	.54	.41	24	.46	.55
5	.54	.48	25	.44	.46
6	.50	.55	26	.47	.72
7	.35	.66	27	.34	.65
8	.62	.61	28	.50	.55
9	.33	.62	29	.50	.40
10	.50	.48	30	.50	.68
11	.54	.55	31	.52	.52
12	.53	.64	32	.48	.52
13	.56	.61	33	.46	.73
14	.46	.55	34	.45	.69
15	.47	.72	35	.50	.48
16	.40	.53	36	.38	.61
17	.35	.66	37	.50	.40
18	.41	.64	38	.54	.62
19	.48	.58	39	.40	.46
20	.32	.62	40	.50	.61

ภาคผนวก ข

ชุดการสอนนิพนธ์ เรื่อง งานและพลังงาน

1. หลักการและเหตุผล

เรื่องงานและพลังงานเป็นเนื้อหาหนึ่งในวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 ซึ่งมีเนื้อหาดังปรากฏในบทที่ 5 ของหนังสือแบบเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เล่ม 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาระสำคัญในเรื่องนี้ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับ งาน พลังงาน และความสัมพันธ์ของงานกับพลังงาน นอกจากนี้ยังมีหลักสำคัญที่เป็นพื้นฐานของการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ คือ หลักการทรงพลังงาน ความรู้ที่ได้จะช่วยให้ นักเรียนเข้าใจปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับงานและพลังงาน การศึกษาเรื่องงานและพลังงานนี้จะส่งผลให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นที่จะศึกษาค้นคว้าหาความรู้ใหม่ ๆ เพิ่มเติมต่อไปเพื่อการพัฒนาความเป็นอยู่ของมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตทั่วไปให้ดีขึ้น เพราะชีวิตทุกชีวิตมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับงานและพลังงาน

การเรียนการสอนเรื่องงานและพลังงานนี้ ได้นำมาจัดเป็นชุดการสอนมินิคอร์ส ซึ่งประกอบด้วยแผนการสอน กิจกรรมครู กิจกรรมนักเรียน วัสดุอุปกรณ์ สื่อการเรียนการสอน รวมกันเป็นชุดการสอนเปิดเสรีงานในตัวเอง สำหรับให้ครูนำไปใช้สอนได้สะดวกตรงตามหลักการเรียนรู้ทางจิตวิทยาและหลักทางเทคโนโลยีทางการศึกษา ชุดการสอนมินิคอร์สเรื่องงานและพลังงานนี้ จะช่วยให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา และเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

2. เป้าหมาย

ชุดการสอนมินิคอร์ส เรื่องงานและพลังงาน จัดทำขึ้นสำหรับใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในวิชาคณิตศาสตร์ ว 022 ตามเนื้อหาสาระบทที่ 5 ในหนังสือแบบเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เล่ม 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตรงตามหลักสูตรวิชาคณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2524 เพื่อพิจารณาและส่งเสริมการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ให้ประสบผลสำเร็จมากขึ้น และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

3. จุดมุ่งหมายทั่วไป

1. เพื่อให้ นักเรียน เข้าใจความหมายและความสำคัญของงานและผลงานในทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งหลักสำคัญทางฟิสิกส์ที่เป็นพื้นฐานการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ
2. เพื่อให้เกิดความคิดรวบยอดเกี่ยวกับวิธีการศึกษาเนื้อหาเกี่ยวกับงานและพลังงาน
3. เพื่อให้ เห็นหลักสำคัญทางฟิสิกส์ จากการศึกษารื่องงานและพลังงานที่จะนำไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน
4. เพื่อปลูกฝังให้นัก เรียน เกิดเจตคติที่ดีต่อการ เรียนวิชาฟิสิกส์
5. เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
6. เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

4. จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรม

เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนแล้วนักเรียนจะสามารถ

1. อธิบายความหมายของคาหรือข้อความต่อไปนี้ได้ งาน กำลัง พลังงาน พลังงานจลน์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง พลังงานศักย์ยืดหยุ่น ค่าเฉลี่ยจริง และกฎทรงพลังงาน
2. บอกความสำคัญของงานและพลังงานที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันได้
3. บอกได้ว่า การทำงานใด เป็นการทำงานตามความหมายในวิชาฟิสิกส์
4. คำนวณหาปริมาณงาน เมื่อกำหนดแรงและระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ ไม่ว่าระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่จะอยู่ในแนวเดียวกับแรงหรือไม่
5. บอก ได้ว่างานของแรงใด เป็นบวกหรือลบ เมื่อทราบทิศของแรงและทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ
6. หางาน โดยการแปลความหมายจากกราฟระหว่างขนาดของแรงกับระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้
7. คำนวณหา กำลัง เพื่อทราบปริมาณงานและช่วง เวลาที่ทำงาน
8. หากการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างงานและพลังงานจลน์ และสรุป ได้ว่างานของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ จะมีค่าเท่ากับพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไป

9. คำนวณหาพลังงานจลน์ของวัตถุ เมื่อทราบมวลและอัตราเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ
10. หากการทดลองและสรุปผลจากการทดลอง ได้ว่า พลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุที่ระดับใดๆ จะมีค่าเท่ากับงานที่ใช้ในการนำวัตถุ ไปที่ระดับนั้นเสมอ ไม่ว่าในการนำวัตถุไปนั้นจะใช้เส้นทางใด
11. คำนวณหาพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุได้ เมื่อทราบมวลและความสูงของวัตถุจากระดับอ้างอิง
12. หาความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดออก โดยการทดลอง และสรุปได้ว่าแรงที่ใช้ดึงสปริงจะแปรผันตรงกับระยะที่สปริงยืดออก
13. คำนวณหาค่าพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง เมื่อทราบค่าคงสปริง และระยะที่สปริงยืดออกจากตำแหน่งสมดุล
14. สรุปจากการทดลองได้ว่า ผลรวมของพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ของวัตถุที่ตกอย่างอิสระ ณ ตำแหน่งต่าง ๆ มีค่าคงที่
15. อธิบายกฎทรงพลังงาน และยกตัวอย่างประกอบได้
16. อธิบายถึงความสำคัญและความจำเป็นในการใช้พลังงานอย่างประหยัดได้

5. แผนการสอน

ตอนที่ 1	งานและกำลัง	เวลา 4 คาบ
----------	-------------	------------

คาบที่	ระยะเวลา	หัวเรื่อง / ลำดับกิจกรรม	การจัดกลุ่ม
1-2	15 นาที	<u>งาน</u> 1. นักเรียนศึกษาเรื่องงานตามความหมายใน วิชาศิลปะจาก เทปโทรทัศน์	กลุ่มใหญ่
	20 นาที	2. นักเรียนทำกิจกรรมย่อยที่ 1	กลุ่มย่อย
	40 นาที	3. ครูอธิบายการทำงานเนื่องจากแรงกระทำต่อ วัตถุในลักษณะต่างๆ ประกอบแผ่นโปสเตอร์	กลุ่มใหญ่
	25 นาที	4. นักเรียนทำกิจกรรมย่อยที่ 2	กลุ่มย่อย
3	30 นาที	5. นักเรียนทบทวนความรู้เรื่องงานจากบทเรียน สำเร็จรูป	รายบุคคล
	20 นาที	6. นักเรียนศึกษาเอกสารเสริมและเอกสารอ่าน ประกอบ	รายบุคคล
4	20 นาที	<u>กำลัง</u> 7. นักเรียนเล่นเกมส์แข่งขันทางานประกอบการ ศึกษาเรื่องกำลัง	กลุ่มใหญ่
	30 นาที	8. นักเรียนประเมินผลตนเองจากแบบประเมินผล ตนเอง เรื่อง งานและกำลัง	รายบุคคล

ตอนที่ 2	พลังงาน	เวลา 8 คาบ
----------	---------	------------

คาบที่	ระยะเวลา	หัวเรื่อง/ลำดับกิจกรรม	การจัดกลุ่ม
5-6	15 นาที	พลังงานคืออะไร 1. นักเรียนศึกษาเรื่องพลังงานจาก เทปโทรทัศน์	กลุ่มใหญ่
	85 นาที	พลังงานจลน์ 2. นักเรียนทำการทดลอง เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์	กลุ่มย่อย
7	30 นาที	3. ครูอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ประกอบแผ่นโปรงใส	กลุ่มใหญ่
	20 นาที	4. นักเรียนทบทวนความรู้เรื่องพลังงานจลน์จากบทเรียนสำเร็จรูป	รายบุคคล
8-9	15 นาที	พลังงานศักย์ พลังงานศักย์โน้มถ่วง 5. ครูสาธิตการยกวัตถุขึ้นตามแนวตั้งด้วยอัตราเร็วคงที่ และการปล่อยให้วัตถุตกจากที่สูงประกอบ การบรรยาย เรื่องพลังงานศักย์โน้มถ่วง	กลุ่มใหญ่
	15 นาที	6. ครูอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง และค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงเมื่อเทียบกับระดับอ้างอิงต่างๆ ประกอบแผ่นโปรงใส	กลุ่มใหญ่
	70 นาที	7. นักเรียนทำการทดลอง เรื่องการเปลี่ยนพลังงานศักย์โน้มถ่วงกับเส้นทางการเคลื่อนที่	กลุ่มย่อย

10-11	40 นาที	ผลงานศึกษียิคหุ่บ 8. นักเรียนทำการทดลอง เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริง กับระยะทางที่สปริงยืคออก	กลุ่มย่อย
	20 นาที	9. ครูนำอภิปรายการนำผลการทดลองที่ 3 มาใช้ในการหาค่าพลังงานศึกษียิคหุ่บประกอบแผ่นโปรงใส	กลุ่มใหญ่
	20 นาที	10. นักเรียนทบทวนความรู้เรื่องพลังงานศึกษียิคหุ่บและพลังงานศึกษียิคหุ่บจากบทเรียนสำเร็จรูป	รายบุคคล
	20 นาที	11. นักเรียนศึกษาเอกสารเสริมเกี่ยวกับพลังงานจลน์และพลังงานศึกษียิคหุ่บ	รายบุคคล
12	50 นาที	12. นักเรียนประเมินผลตนเอง จากแบบประเมินผลตนเอง เรื่องพลังงานจลน์และพลังงานศึกษียิคหุ่บ	รายบุคคล

ตอนที่ 3

กฎทรงพลังงานและการใช้พลังงาน

เวลา 4 คาบ

คาบที่	ระยะเวลา	หัวเรื่อง / ลำดับกิจกรรม	การจัดกลุ่ม
13-14	80 นาที	กฎทรงพลังงาน 1. นักเรียนทำการทดลอง เรื่องผลรวมของพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ของวัตถุ ณ ตำแหน่งต่างๆ	กลุ่มย่อย
	20 นาที	2. ครูอธิบายความสัมพันธ์ ระหว่างพลังงานศักย์กับพลังงานจลน์และพลังงานกลรวมของวัตถุ ณ ตำแหน่งต่างๆ โดยอาศัยกฎเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ประกอบแผนโบว์ริงส์	กลุ่มใหญ่
15-16	20 นาที	3. นักเรียนทบทวนความรู้เรื่องกฎทรงพลังงานจากบทเรียนสำเร็จรูป	รายบุคคล
	20 นาที	4. นักเรียนศึกษาเอกสารเสริม	รายบุคคล
	30 นาที	5. นักเรียนประเมินผลตนเอง จากแบบประเมินผลตนเอง เรื่องกฎทรงพลังงาน	รายบุคคล
	30 นาที	การใช้พลังงาน 6. นักเรียนอภิปรายแสดงความคิดเห็น เกี่ยวกับความสำคัญของงาน และพลังงานที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน และความจำเป็นในการใช้พลังงานอย่างประหยัด	กลุ่มย่อย

6. กิจกรรมครู/กิจกรรมนักเรียน/สื่อการเรียนการสอน

ตอนที่ 1.	งานและกำลัง	เวลา 4 คาบ
-----------	-------------	------------

<u>กิจกรรมที่ 1</u>	นักเรียนศึกษาเรื่องงานตามความหมายในวิชาศิลปะจาก เทปโทรทัศน์
<u>เวลา</u>	15 นาที
<u>ขั้นตอน</u>	1. ครูเสนอเทปโทรทัศน์เรื่องงานตามความหมายในวิชาศิลปะ 2. นักเรียนศึกษาจาก เทปโทรทัศน์ 3. ครูให้นักเรียนอภิปรายสรุปความหมายของงานในวิชาศิลปะ
<u>สื่อการเรียนการสอน</u>	เทปโทรทัศน์เรื่อง งานตามความหมายในวิชาศิลปะ
<u>กิจกรรมที่ 2</u>	นักเรียนทำกิจกรรมย่อยที่ 1
<u>เวลา</u>	20 นาที
<u>ขั้นตอน</u>	1. ครูแจกอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทำกิจกรรมย่อยที่ 1 2. นักเรียนทำกิจกรรมย่อยที่ 1 ตามคู่มือนักเรียน 3. แต่ละกลุ่มย่อยอภิปรายผลการทำกิจกรรมและ เสนอผล 4. ครูกับนักเรียนร่วมสรุปผลที่ได้
<u>สื่อการเรียนการสอน</u>	1. คู่มือนักเรียน 2. อุปกรณ์การทำกิจกรรมย่อยที่ 1

<u>กิจกรรมที่ 3</u>	ครูอธิบายการหางาน เนื่องจากแรงกระทำต่อวัตถุในลักษณะต่างว่ ประกอบด้วยแผนโบว์ริงไอ
<u>เวลา</u>	40 นาที
<u>ขั้นตอน</u>	1. ครูนำอภิปรายถึงงานที่เกิดจากแรงกระทำในลักษณะต่างว่ 2. ครูเสนอแผนโบว์ริงไอประกอบการอธิบายการหางานเมื่อมีแรงกระทำในลักษณะต่างว่ 3. นักเรียนซักถามข้อสงสัย
<u>สื่อการเรียนการสอน</u>	แผนโบว์ริงไอแสดงแรงกระทำต่อวัตถุ ทำให้เกิดงานในลักษณะต่างว่
<u>กิจกรรมที่ 4</u>	นักเรียนทำกิจกรรมย่อยที่ 2
<u>เวลา</u>	25 นาที
<u>ขั้นตอน</u>	1. ครูแจกอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทำกิจกรรมย่อยที่ 2 2. นักเรียนทำกิจกรรมย่อยที่ 2 ตามคู่มือนักเรียน 3. แต่ละกลุ่มย่อยอภิปรายผลการทำกิจกรรมและ เสนอผล 4. ครูกับนักเรียนร่วมสรุปผลที่ได้
<u>สื่อการเรียนการสอน</u>	1. คู่มือนักเรียน 2. อุปกรณ์การทำกิจกรรมย่อยที่ 2
<u>กิจกรรมที่ 5</u>	นักเรียนทบทวนความรู้เรื่องงานจากบทเรียนสำเร็จรูป
<u>เวลา</u>	30 นาที
<u>ขั้นตอน</u>	1. ครูแจกบทเรียนสำเร็จรูปเรื่องงาน ให้นักเรียนทุกคน 2. ครูชี้แจงวิธีการศึกษาบทเรียนสำเร็จรูป 3. นักเรียนศึกษาบทเรียนสำเร็จรูปเรื่องงาน
<u>สื่อการเรียนการสอน</u>	เอกสารหมายเลข 1.1 บทเรียนสำเร็จรูปเรื่องงาน

<u>กิจกรรมที่ 6</u>	นักเรียนศึกษาเอกสารเสริมและเอกสารประกอบ
<u>เวลา</u>	20 นาที
<u>ขั้นตอน</u>	1. ครูแจกเอกสารเกี่ยวกับงานที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงกระทำต่อวัตถุในลักษณะต่างๆ และนิทานเรื่อง "การทำงานของมด" 2. นักเรียนศึกษาเอกสารจากข้อ 1 และซักถามข้อสงสัย
<u>สื่อการเรียนการสอน</u>	1. เอกสารหมายเลข 1.2 เรื่องงาน 2. เอกสารหมายเลข 1.3 เรื่องการทำงานของมด
<u>กิจกรรมที่ 7</u>	นักเรียนเล่นเกมแข่งกันทางานประกอบการศึกษาเรื่องกำลัง
<u>เวลา</u>	20 นาที
<u>ขั้นตอน</u>	1. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเป็น 2 กลุ่มเท่าๆ กัน 2. ครูกำหนดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันยกโต๊ะเรียนที่มีขนาดเท่ากันจากชั้นหนึ่งขึ้นไปยังชั้นสองของอาคารเดียวกัน จำนวนกลุ่มละ 5 ตัว โดยกลุ่มใดทำเสร็จก่อนเป็นฝ่ายชนะ ถือว่ามีความแข็งแรงกว่า 3. ครูบรรยายสรุปเรื่องกำลัง 4. นักเรียนอภิปรายซักถามข้อสงสัย
<u>สื่อการเรียนการสอน</u>	1. คู่มือนักเรียน 2. วัสดุอุปกรณ์ในการเล่นเกม (โต๊ะเรียนจำนวน 10 ตัว)

<u>กิจกรรมที่ 8</u>	นักเรียนประเมินผลตนเองจากแบบประเมินผลตนเอง เรื่อง งานและกำลังใจ
<u>เวลา</u>	30 นาที
<u>ขั้นตอน</u>	1. ครูแจกแบบประเมินผลตนเอง เรื่องงานและกำลังใจ ให้ นักเรียนทุกคน 2. นักเรียนทำแบบประเมินผลตนเองที่ครูแจกให้ 3. นักเรียนรับแผ่นเฉลยจากครูเพื่อตรวจสอบคำตอบ
<u>สื่อการเรียนการสอน</u>	เอกสารหมายเลข 1.4 แบบประเมินผลตนเอง เรื่องงานและกำลังใจและแผ่นเฉลย

ตอนที่ 2

พลังงาน

เวลา 8 คาบ

กิจกรรมที่ 1

นักเรียนศึกษาเรื่องพลังงานจาก เทปโทรทัศน์

เวลา

15 นาที

ขั้นตอน

1. ครูเสนอ เทปโทรทัศน์ เรื่องพลังงาน
2. นักเรียนศึกษาจาก เทปโทรทัศน์
3. ครูให้นักเรียนอภิปรายเกี่ยวกับพลังงานและ เสนอ
ผลอภิปราย

สื่อการเรียนการสอน

1. เทปโทรทัศน์เรื่องพลังงาน
2. แบบเสนอผลการอภิปราย

กิจกรรมที่ 2นักเรียนทำการทดลอง เรื่องความสัมพันธ์ระหว่าง
งานกับพลังงานจลน์เวลา

85 นาที

ขั้นตอน

1. ครูอภิปรายนำเข้าสู่การทดลองที่ 1
2. ครูแจกอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลองที่ 1
3. นักเรียนทำการทดลองตามขั้นตอนของการทดลองที่ 1
จากคู่มือนักเรียน
4. นักเรียนอภิปรายผลการทดลอง
5. ครูร่วมสรุปผลการทดลอง

สื่อการเรียนการสอน

1. คู่มือนักเรียน
2. อุปกรณ์การทดลองที่ 1

<u>กิจกรรมที่ 3</u>	ครูอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ประกอบ แผนโบว์ริง
<u>เวลา</u>	30 นาที
<u>ขั้นตอน</u>	1. ครูเสนอแผนโบว์ริงประกอบการอธิบายความสัมพันธ์ ระหว่างงานกับพลังงานจลน์ 2. นักเรียนซักถามข้อสงสัย
<u>สื่อการเรียนการสอน</u>	แผนโบว์ริงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์
<u>กิจกรรมที่ 4</u>	นักเรียนทบทวนเรื่องพลังงานจลน์จากบทเรียนสำเร็จรูป
<u>เวลา</u>	20 นาที
<u>ขั้นตอน</u>	1. ครูแจกบทเรียนสำเร็จรูปเรื่องพลังงานจลน์ให้นักเรียน ทุกคน 2. นักเรียนศึกษาบทเรียนสำเร็จรูปจากข้อ 1.
<u>สื่อการเรียนการสอน</u>	เอกสารหมายเลข 2.1 บทเรียนสำเร็จรูปเรื่องพลังงานจลน์
<u>กิจกรรมที่ 5</u>	ครูสาธิตการยกวัตถุขึ้นตามแนวตั้งด้วยอัตราเร็วคงที่ และ การปล่อยให้วัตถุตกจากที่สูงประกอบการบรรยายเรื่อง พลังงานศักย์โน้มถ่วง
<u>เวลา</u>	15 นาที
<u>ขั้นตอน</u>	1. ครูสาธิตแสดงการยกวัตถุขึ้นตามแนวตั้งด้วยอัตราเร็วคงที่ และการปล่อยให้วัตถุตกจากที่สูง 2. ครูนำอภิปรายถึงพลังงานศักย์โน้มถ่วง
<u>สื่อการเรียนการสอน</u>	1. คู่มือนักเรียน 2. อุปกรณ์การสาธิต (ถุงทรายและเครื่องชั่งสปริง)

กิจกรรมที่ 6

ครูอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง และค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วง เมื่อเทียบกับระดับอ้างอิงต่างๆ ประกอบแผ่นโปสเตอร์

เวลา

15 นาที

ขั้นตอน

1. ครูเสนอแผ่นโปสเตอร์ประกอบการอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง เมื่อเทียบกับระดับอ้างอิงต่างๆ
2. นักเรียนซักถามข้อสงสัย

สื่อการเรียนการสอน

1. แผ่นโปสเตอร์แสดงความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานศักย์โน้มถ่วง
2. แผ่นโปสเตอร์แสดงพลังงานศักย์โน้มถ่วง เมื่อเทียบกับระดับอ้างอิงต่างกัน

กิจกรรมที่ 7

นักเรียนทำการทดลอง เรื่องการเปลี่ยนพลังงานศักย์โน้มถ่วง กับเส้นทางการเคลื่อนที่

เวลา

70 นาที

ขั้นตอน

1. ครูอภิปรายนำเข้าสู่การทดลองที่ 2
2. ครูแจกอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลองที่ 2
3. นักเรียนทำการทดลองตามขั้นตอนของการทดลองที่ 2 จากคู่มือนักเรียน
4. นักเรียนอภิปรายผลการทดลอง
5. ครูร่วมสรุปผลการทดลอง

สื่อการเรียนการสอน

1. คู่มือนักเรียน
2. อุปกรณ์การทดลองที่ 2

กิจกรรมที่ 8

นักเรียนทำการทดลอง เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของแรงที่ใช้ดึงสปริงกับระยะที่สปริงยืดยาว

เวลา

40 นาที

ขั้นตอน

1. ครูอภิปรายนำเข้าสู่การทดลองที่ 3
2. ครูแจกอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลองที่ 3
3. นักเรียนทำการทดลองตามขั้นตอนของการทดลองที่ 3 จากคู่มือนักเรียน
4. นักเรียนอภิปรายผลการทดลอง
5. ครูร่วมสรุปผลการทดลอง

สื่อการเรียนการสอน

1. คู่มือนักเรียน
2. อุปกรณ์การทดลองที่ 3

กิจกรรมที่ 9

ครูนำอภิปรายการนำผลการทดลองที่ 3 มาใช้ในการหาค่าพลังงานศักย์ยืดหยุ่นประกอบแผ่นโพร่งใส

เวลา

20 นาที

ขั้นตอน

1. ครูเสนอกราฟที่จากการทดลองที่ 3 โดยแผ่นโพร่งใส ประกอบการอภิปรายการหาค่าพลังงานศักย์ยืดหยุ่น
2. นักเรียนสรุปวิธีการหาค่าพลังงานศักย์ยืดหยุ่น

สื่อการเรียนการสอน

แผ่น โพร่งใสแสดงกราฟที่เป็นผลจากการทดลองที่ 3

<u>กิจกรรมที่ 10</u>	นักเรียนทบทวนความรู้เรื่องพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานศักย์ยืดหยุ่นจากบทเรียนสำเร็จรูป
<u>เวลา</u>	20 นาที
<u>ขั้นตอน</u>	1. ครูแจกบทเรียนสำเร็จรูปเรื่องพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานศักย์ยืดหยุ่นให้นักเรียนทุกคน 2. นักเรียนศึกษาบทเรียนสำเร็จรูปจากข้อ 1
<u>สื่อการเรียนการสอน</u>	เอกสารหมายเลข 2.2 บทเรียนสำเร็จรูปเรื่องพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานศักย์ยืดหยุ่น
<u>กิจกรรมที่ 11</u>	นักเรียนศึกษาเอกสารเสริมเกี่ยวกับพลังงานจลน์และพลังงานศักย์
<u>เวลา</u>	20 นาที
<u>ขั้นตอน</u>	1. ครูแจกเอกสารเสริมความรู้เกี่ยวกับพลังงานจลน์ และพลังงานศักย์ 2. นักเรียนศึกษาเอกสารจากข้อ 1 และซักถามข้อสงสัย
<u>สื่อการเรียนการสอน</u>	เอกสารหมายเลข 2.3 เรื่องพลังงานจลน์และพลังงานศักย์

กิจกรรมที่ 12

นักเรียนประเมินผลตนเองจากแบบประเมินผลตนเอง เรื่อง
ผลงานจลน์และผลงานสัณยศาสตร์

เวลา

50 นาที

ขั้นตอน

1. ครูแจกแบบประเมินผลตนเอง เรื่องผลงานจลน์และ
ผลงานสัณยศาสตร์ให้นักเรียนทุกคน
2. นักเรียนทำแบบประเมินผลตนเองที่ครูแจกให้
3. นักเรียนรับแผ่นเฉลยจากครูเพื่อตรวจสอบคำตอบ

สื่อการเรียนรู้การสอน

เอกสารหมายเลข 2.4 แบบประเมินผลตนเอง เรื่อง
ผลงานจลน์และผลงานสัณยศาสตร์และแผ่นเฉลย

ตอนที่ 3

กฎทรงพลังงานและการใช้พลังงาน

เวลา 4 คาบ

กิจกรรมที่ 1

นักเรียนทำการทดลอง เรื่องผลรวมของพลังงานศักย์และพลังงานจลน์ของวัตถุ ณ ตำแหน่งต่างๆ

เวลา

80 นาที

ขั้นตอน

1. ครูอธิบายนำเข้าสู่การทดลองที่ 4
2. ครูแจกอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการทดลองที่ 4
3. นักเรียนทำการทดลองตามขั้นตอนของการทดลองที่ 4 จากคู่มือนักเรียน
4. นักเรียนอภิปรายผลการทดลอง
5. ครูร่วมสรุปผลการทดลอง

สื่อการเรียนการสอน

1. คู่มือนักเรียน
2. อุปกรณ์การทดลองที่ 4

กิจกรรมที่ 2

ครูอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานศักย์กับพลังงานจลน์ และพลังงานกลรวมของวัตถุ ณ ตำแหน่งต่างๆ โดยอาศัยกฎเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ประกอบแผ่นโบว์ริงใส

เวลา

20 นาที

ขั้นตอน

1. ครูเสนอแผ่นโบว์ริงใสประกอบการอธิบายถึงการนำกฎเกี่ยวกับการเคลื่อนที่มาหาความสัมพันธ์ของพลังงานศักย์กับพลังงานจลน์และพลังงานกลรวมของวัตถุ ณ ตำแหน่งต่างๆ เพื่อสรุปกฎทรงพลังงาน
2. นักเรียนซักถามข้อสงสัย

สื่อการเรียนการสอน

แผ่นโบว์ริงใสแสดงความสัมพันธ์ของพลังงานศักย์กับพลังงานจลน์ของวัตถุ

<u>กิจกรรมที่ 3</u> <u>เวลา</u> <u>ขั้นตอน</u> <u>สื่อการเรียนการสอน</u>	นักเรียนทบทวนความรู้เรื่องกฎทรงพลังงานจากบทเรียนสำเร็จรูป 20 นาที 1. ครูแจกบทเรียนสำเร็จรูปเรื่องกฎทรงพลังงานให้นักเรียนทุกคน 2. นักเรียนศึกษาบทเรียนสำเร็จรูปจากข้อ 1 เอกสารหมายเลข 3.1 บทเรียนสำเร็จรูปเรื่องกฎทรงพลังงาน
<u>กิจกรรมที่ 4</u> <u>เวลา</u> <u>ขั้นตอน</u> <u>สื่อการเรียนการสอน</u>	นักเรียนศึกษาเอกสารเสริม 20 นาที 1. ครูแจกเอกสารเสริมความรู้เกี่ยวกับกฎทรงพลังงาน 2. นักเรียนศึกษาเอกสารจากข้อ 1 และซักถามข้อสงสัย เอกสารหมายเลข 3.2 เรื่องกฎทรงพลังงาน
<u>กิจกรรมที่ 5</u> <u>เวลา</u> <u>ขั้นตอน</u> <u>สื่อการเรียนการสอน</u>	นักเรียนประเมินผลตนเองจากแบบประเมินผลตนเองเรื่องกฎทรงพลังงาน 30 นาที 1. ครูแจกแบบประเมินผลตนเองเรื่องกฎทรงพลังงานให้นักเรียนทุกคน 2. นักเรียนทำแบบประเมินผลตนเองที่ครูแจกให้ 3. นักเรียนรับแผ่นเฉลยจากครูเพื่อตรวจสอบคำตอบ เอกสารหมายเลข 3.3 แบบประเมินผลตนเองเรื่องกฎทรงพลังงานและแผ่นเฉลย

กิจกรรมที่ 6

นักเรียนอภิปรายแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับความสำคัญของงานและพลังงานที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันและความจำเป็นในการใช้พลังงานอย่างประหยัด

เวลา

30 นาที

ขั้นตอน

1. ครูให้นักเรียนอภิปรายถึงความสำคัญของงานและพลังงานในชีวิตประจำวันและความจำเป็นในการใช้พลังงานอย่างประหยัดภายในกลุ่มย่อย
2. ตัวแทนแต่ละกลุ่มย่อย เสนอผลการอภิปรายของกลุ่ม
3. ครูร่วมสรุปผลการอภิปรายของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

สื่อการเรียนการสอน

แบบเสนอผลการอภิปราย

เอกสารหมายเลข 1.1

บทเรียนสำเร็จรูป

เรื่อง

งาน

คำชี้แจง

1. บทเรียนนี้เป็นบทเรียนสำเร็จรูป เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ทบทวนความรู้ที่ได้เรียนมาด้วยตนเอง
2. ลักษณะของบทเรียนจะเป็นทั้งคำอธิบาย และคำถามให้นักเรียนตอบ โดยแต่ละคำถามจะมีคำตอบอยู่ในกรอบถัดไป
3. การตอบคำถาม นักเรียนควรเชื่อสัจย์ต่อตนเอง โดยไม่ต้องตอบก่อน เมื่อตอบเสร็จแล้ว จึงค่อยตรวจสอบคำตอบที่ให้ได้เพื่อทำความเข้าใจ
4. ถ้านักเรียนมีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้สอน

บทเรียนสำเร็จรูป
เรื่อง
งาน

1. แรงมีผล (เสมอ/บางครั้ง) ต่อการเปลี่ยนตำแหน่งหรือสภาพการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ถูกแรงนั้นกระทำ

[บางครั้ง]

2. จากข้อ 1 แสดงว่าแรงมีผลและไม่มีผลต่อการเคลื่อนที่ ความแตกต่างของแรงเหล่านี้ ภูได้จาก งาน
ในวิชาฟิสิกส์กล่าวว่า แรงที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนตำแหน่งของวัตถุในทิศทางเดียวกับแรงนั้น จะทำให้เกิด _____

[งาน]

3. ถ้านักเรียนออกแรงผลักผนังห้อง แล้วผนังห้องไม่ขยับเขยื้อน นักเรียนคิดว่าได้ทำงานหรือไม่ เพราะอะไร

[ไม่ได้ทำงาน เพราะไม่ทำให้ผนังห้องเลื่อนตำแหน่ง]

4. แรงที่ใช้เคลื่อนวัตถุ และทำให้อัตราเร็วเพิ่มขึ้นในทิศเดียวกับแรง แรงนี้ (เป็น/ไม่เป็น) แรงที่ทำให้เกิดงาน อธิบายคำตอบของนักเรียน

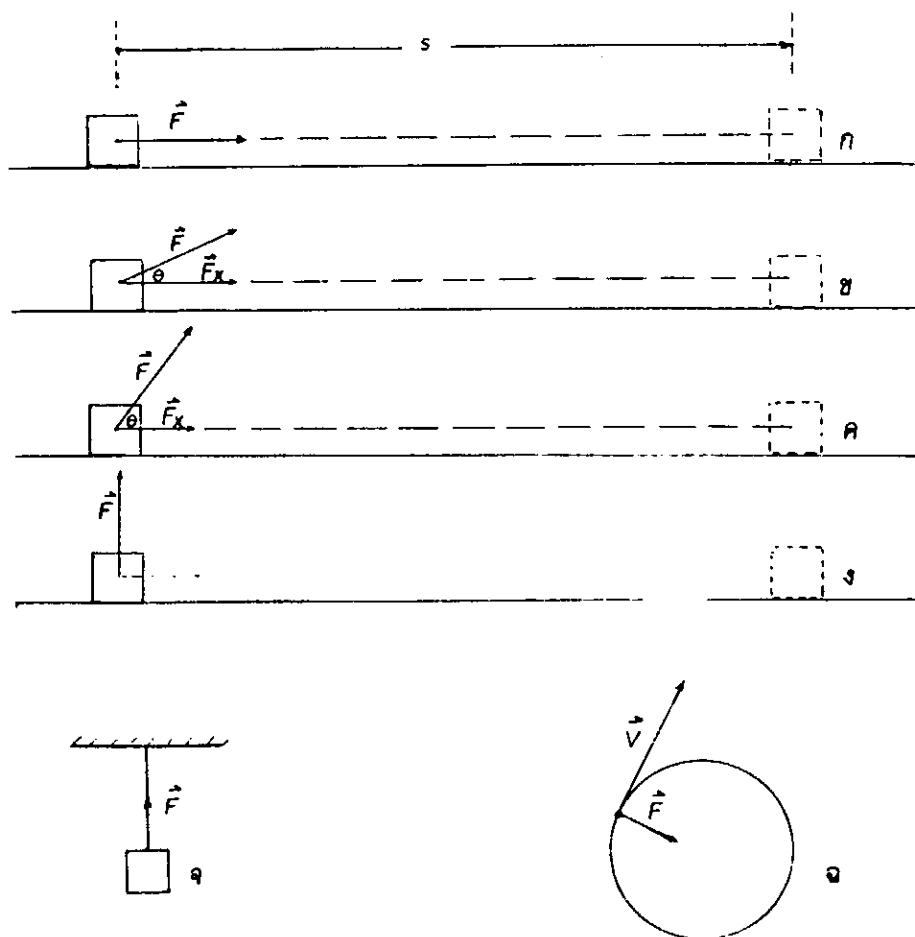
[เป็น เพราะทำให้วัตถุเปลี่ยนสภาพการเคลื่อนที่ คืออัตราเร็วเปลี่ยนในทิศที่แรงกระทำ]

5. ในตอนนี้เราได้แล้วว่า แรงที่ทำให้เกิดงานนั้นจะมีผลต่อการเปลี่ยน _____
หรือ _____ ของวัตถุ

[ตำแหน่ง ; อัตราเร็ว]

6. ความเสียดทานส่วนใหญ่จะทำให้วัตถุช้าลง แรงเสียดทานจะทำให้เกิดงานหรือไม่
อธิบายคำตอบของนักเรียนด้วย

[เกิด เพราะเป็นแรงที่ทำให้อัตราเร็วของวัตถุเปลี่ยนแปลง]



รูป 1

7. ความหมายของงานในวิชาฟิสิกส์ คือผลคูณระหว่างขนาดของแรงที่กระทำต่อวัตถุ กับระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ในแนวเดียวกับแรงนั้น

นั่นคือ จากรูป 1 ก ถ้าให้ W เป็นงาน จะได้ว่า

$$W = \underline{\hspace{2cm}}$$

[Fs]

8. พิจารณารูป 1 ข F และ s (มี/ไม่มี) ทิศเดียวกัน และ (ขนาน/ไม่ขนาน/ตรงข้าม) กัน

[ไม่มี ; ไม่ขนาน]

9. จากรูป 1 ข (ทั้งหมด/บางส่วน) ของแรง F มีผลต่อการเกิดระยะทาง s

[บางส่วน]

10. จากรูป 1 ข ส่วนของแรง F ซึ่งมีผลต่อการเกิดระยะทาง s คือ _____ ของมันตามแนวขนานกับ s แทนด้วยสัญลักษณ์ _____ ในภาพซึ่งมีขนาดเท่ากับ _____

[องค์ประกอบ ; F_x ; $F \cos \theta$]

11. จากรูป 1 ข สรุปได้ว่า เมื่อมีแรงทำให้วัตถุเคลื่อนได้ระยะทางในแนวที่ทำมุมต่อกัน งานจากแรงนั้นจะเท่ากับ _____ ของระยะทางที่ไต่กับ _____ ของแรงในแนว _____ กับระยะทาง

[ผลคูณ ; องค์ประกอบ ; ขนาน]

12. จากรูป 1 ข คำนวณของงานจะได้ว่า $W = F_x s$ โดย F_x เป็นองค์ประกอบของ F ที่มี _____ ขนานกับ _____

[ทิศ ; s]

13. จากรูป 1 ข ถ้า $F = 10$ นิวตัน, มุม $\theta = 30^\circ$ และระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้เท่ากับ 10 เมตร งานที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ _____

[$50\sqrt{3}$ นิวตัน-เมตร]

14. เราเรีอ์นนิวตันเมตรว่า จูล นั่นคือ หน่วยของงานจะเป็น จูล โดยที่งาน 1 จูล หมายถึงการออกแรง 1 นิวตัน กระทำต่อวัตถุแล้ววัตถุเคลื่อนที่ขนานกับแนวแรงไ้ระยะ 1 เมตร

จากข้อ 13 เขียนใหม่ไ้ได้ว่า จะเกิดงานเท่ากับ $50\sqrt{3}$ _____

[จูล]

15. พิจารณารูป 1 ข,ค,ง, เปรียบเทียบขนาดของแรง F_x ในแต่ละภาพ ขณะที่มุมระหว่าง s กับ F เพิ่มขึ้น ขนาดของ F_x จะ (เพิ่มขึ้น/ลดลง)

[ลดลง]

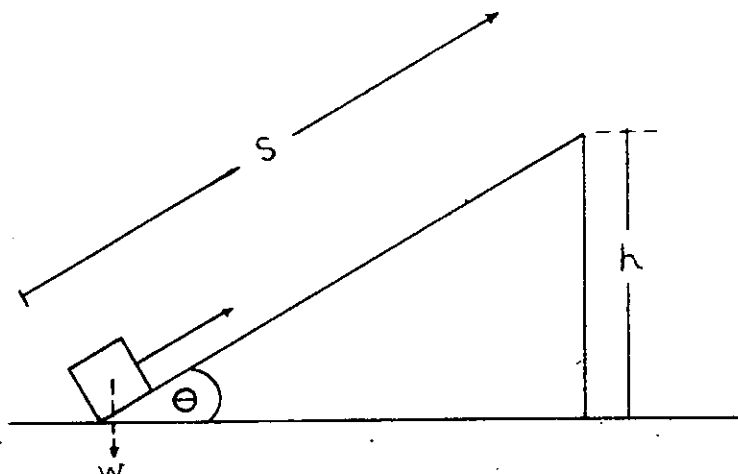
16. พิจารณารูป 1 ง เมื่อมุมระหว่าง s กับ F เพิ่มขึ้นจนถึงฉากกัน ขนาดของแรง $F_x =$ _____ แต่ $\cos 90^\circ =$ _____ ดังนั้น $F_x =$ _____ นั่นคือเมื่อ $\theta =$ _____ องศา จะไม่มีองค์ประกอบของแรง F ในแนวขนานกับ s

[$F \cos 90^\circ$; 0 ; 0 ; 90°]

17. จากรูป 1 ง จะไ้ได้ว่า $F_x = F \cos \theta =$ _____ เพราะ $\cos \theta =$ _____ เนื่องจาก $\theta =$ _____ นั่นคืองานจะเป็น _____ เพราะ _____

[0 ; 0 ; 90° ; ศูนย์ ; ไม่มีแรงกระทำในแนวการเคลื่อนที่, หรือ $F_x = 0$; ดังนั้น $F_x s = 0$]

18. จากรูป 1 ง สรุปได้ว่า เมื่อ F ตั้งฉากกับแนวการเคลื่อนที่แล้วจะ (เกิด/ไม่เกิด) งาน
[ไม่เกิด]
19. พิจารณารูป 1 จ ถ้าเส้นเชือกเบาและวัตถุที่ถูกแขวนอยู่ในสภาพนิ่งแรงดึงในเส้นเชือก T ทำงานหรือไม่ เพราะอะไร
[ไม่ เพราะแรง T ไม่ทำให้วัตถุเปลี่ยนตำแหน่ง ระยะทางเป็นศูนย์]
20. พิจารณารูป 1 ฉ F เป็นแรง _____ ซึ่ง (ทำ/ไม่ทำ) ให้เกิดงาน เพราะอะไร
[สู่ศูนย์กลาง ; ไม่ทำ ; เพราะแรงสู่ศูนย์กลางกระทำต่อวัตถุในทิศตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของวัตถุเสมอ]
21. ถ้านักเรียนถือหนังสือหนัก 2 นิวตัน และยืนอยู่กับที่นาน 1 ชั่วโมง นักเรียนทำงานใช้หรือไม่ เพราะอะไร
[ไม่ใช่ เพราะวัตถุไม่ได้เคลื่อนที่]
22. จากข้อ 21 ถ้านักเรียนเดินไปตามถนนราบได้ 2 กิโลเมตร นักเรียนทำงานใช้หรือไม่ เพราะอะไร
[ไม่ใช่ เพราะแรงที่ถือหนังสือตั้งฉากกับระยะการเคลื่อนที่]



รูป 2 (ใช้ประกอบคำตอบข้อ 23-28)

23. จากรูป 2 จะต้องออกแรง F เท่าไร จึงจะทำให้วัตถุหนัก w เคลื่อนที่ขึ้นตามพื้นเอียงตัวเคลื่อนที่เอียงทำมุม θ กับแนวระดับ ด้วยอัตราเร็วคงที่

$$[w \sin \theta]$$

24. ถ้าระยะตามพื้นเอียง = s งานเนื่องจากแรง $F =$ _____ ซึ่งเมื่อแทนค่า F ด้วย _____ จะได้งานตามพื้นเอียง = _____

$$[Fs ; w \sin \theta ; ws \sin \theta]$$

25. ถ้าพื้นเอียงสูง h จะเห็นว่า $\sin \theta = \frac{h}{s}$ หรือเขียนได้ว่า $h =$ _____

$$[s \sin \theta]$$

26. เมื่อพิจารณาจากแรง F ที่กระทำต่อวัตถุตามพื้นเอียงเป็นระยะ s ซึ่งเท่ากับ $ws \sin \theta$ แต่ $s \sin \theta =$ _____ ดังนั้นจะได้ว่างานตามแนวพื้นเอียง = _____

$$[h ; wh]$$

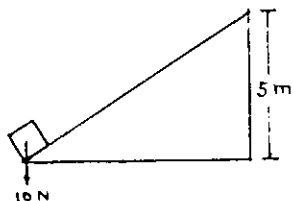
27. พิจารณางานเนื่องจากการยกวัตถุหนัก w ขึ้นไปตรง ๆ ตามแนวตั้งสูง h เท่ากับ _____

[wh]

28. จากข้อ 26 และข้อ 27 จะเห็นว่างานตามแนวพื้นเอียง (เท่า/ไม่เท่า) กับงานตามแนวตั้ง

[เท่า]

29.



จากรูป จงหางานที่เกิดขึ้นถ้าวัตถุหนัก 10 นิวตัน เคลื่อนที่ตามพื้นเอียงผิวเกลี้ยงด้วยอัตราเร็วคงที่ ไปที่ความสูงจากแนวระดับ 5 เมตร

$$[W = wh = (10 \text{ N})(5 \text{ m}) = 50 \text{ J}]$$

30. นิยาม งานที่มีค่าเป็นลบ หมายถึงงานที่ทำโดยแรงที่ต้านทานการเคลื่อนที่ของวัตถุ นั่นคือแรงที่กระทำต่อวัตถุมีทิศ (เดียวกัน/ตรงข้ามกัน) กับการเคลื่อนที่ของวัตถุ

[ตรงข้าม]

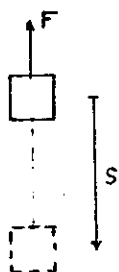
31. เมื่อนักเรียนยกวัตถุจากพื้นขึ้นตรง ๆ ในแนวตั้ง แรงที่นักเรียนทำต่อวัตถุกับทิศการเคลื่อนที่มีทิศ (เดียวกัน/ตรงข้ามกัน) งานที่ทำจะมีค่าเป็น (บวก/ลบ)

[เดียวกัน ; บวก]

32. ถ้านักเรียนออกแรงยกวัตถุขึ้นจากพื้น ซึ่งงานที่ทำเป็นบวก ในขณะที่มีแรงโน้มถ่วงกระทำต่อวัตถุ งานโดยแรงโน้มถ่วงจะเป็น (บวก/ลบ) เพราะแรงโน้มถ่วงกระทำต่อวัตถุในทิศ (เดียว/ตรงข้าม) กับทิศการเคลื่อนที่

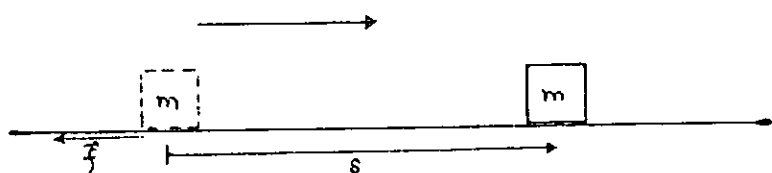
[ลบ ; ตรงข้าม]

33. ในทางกลับกัน ถ้านักเรียนค่อย ๆ หย่อนวัตถุลงจากที่สูง แรงที่นักเรียนออก กับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ มีทิศ (เดียวกัน/ตรงข้ามกัน) งานที่ทำจะเป็น (บวก/ลบ)



[ตรงข้ามกัน ; ลบ]

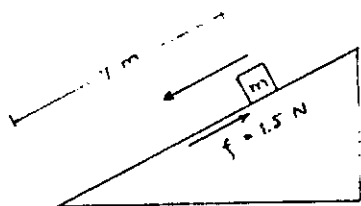
34.



จากรูป $\vec{F}$ เป็นแรงเสียดทาน งานโดยแรง $\vec{F}$ ที่ทำให้ m หยุดที่ระยะ s เป็น (บวก/ลบ)

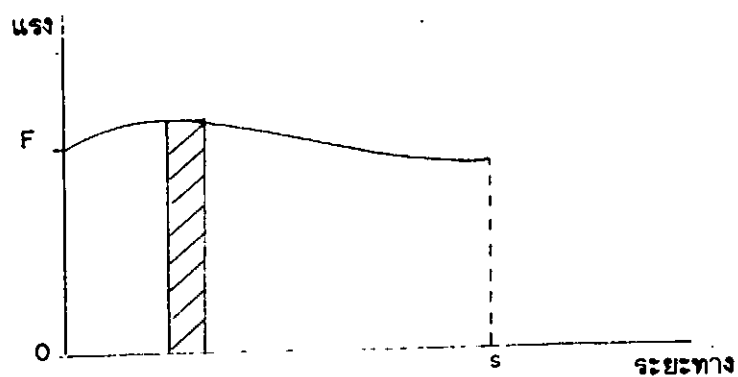
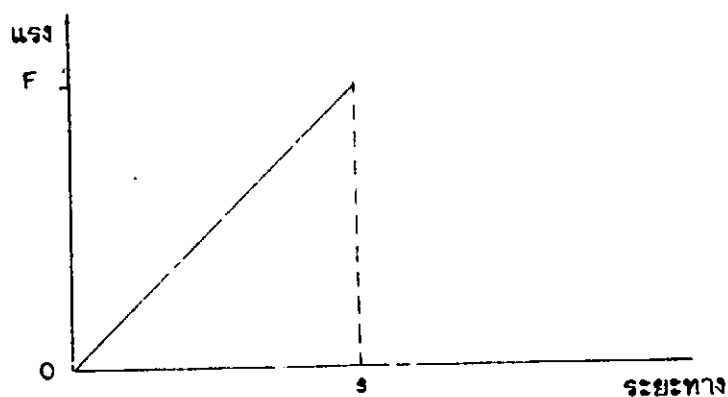
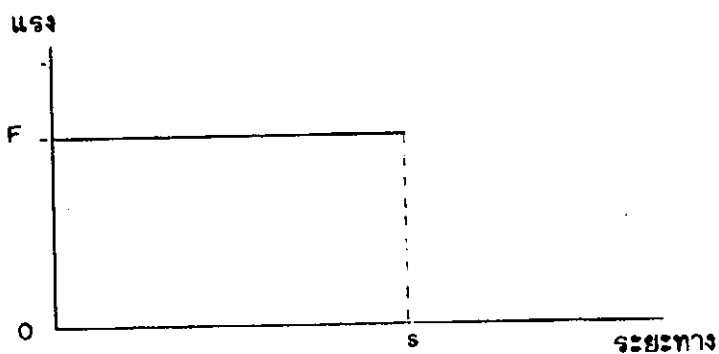
[ลบ]

35.



มวล m ไถลงพื้นเอียงเป็นระยะ 7 เมตร
อย่างช้า ๆ โดยมีแรงเสียดทานกระทำขนาด
1.5 นิวตัน จะเกิดงานเท่ากับ

$$[W = fs = (-1.5 \text{ N})(7\text{m}) = -10.5 \text{ J}]$$



รูป 3

36. พิจารณารูป 3 ก เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง F กับ s เป็นเส้น _____ ขนานกับแกน s ซึ่งหมายความว่า F มีค่า (คงที่/ไม่คงที่)	
[ตรง ; คงที่]	
37. จากรูป 3 ก จะได้ว่า $F = AD$, $s = AB$ จะได้ว่างาน = $Fs =$ _____ _____ ซึ่งเท่ากับพื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงกับระยะทาง	
[$(AD)(AB)$]	
38. จากรูป 3 ก จะเห็นว่า พื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงกับระยะทางคือ _____ ที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงคงที่ F กระทำต่อวัตถุให้เคลื่อนที่เป็นระยะทาง s	
[งาน]	
39. พิจารณารูป 3 ข เมื่อนักเรียนดึงสปริง ในตอนแรกนักเรียนออกแรงเป็น _____ แล้วแรงที่สปริงออกจะ (เพิ่มขึ้น/ลดลง) เมื่อดึงให้สปริงยืดออกมากขึ้น	
[ศูนย์ ; เพิ่มขึ้น]	
40. จากรูป 3 ข แรงมีค่า (คงที่/ไม่คงที่) และมีความสัมพันธ์กับระยะทางอย่างไร	
[ไม่คงที่ ; แปรผันโดยตรงกับ s]	
41. จากข้อ 40 แสดงว่าแรง F มีการเปลี่ยนแปลงอย่าง (สม่ำเสมอ/ไม่สม่ำเสมอ) ในกรณีเช่นนี้ จะหาแรงเฉลี่ย ได้จาก $\bar{F} = \frac{\text{แรงเริ่มต้น} + \text{แรงสุดท้าย}}{2}$	
[สม่ำเสมอ . ; $\frac{\text{แรงเริ่มต้น} + \text{แรงสุดท้าย}}{2}$]	

42. งานที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงเฉลี่ยจากข้อ 41 หาได้จาก

$$W = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$[\bar{F}s]$$

43. จากรูป 3 ข ค่าแรงเริ่มต้น = $\underline{\hspace{1cm}}$ และแรงสุดท้าย = $\underline{\hspace{1cm}}$ ดังนั้น จะได้แรงเฉลี่ย $\bar{F} = \underline{\hspace{1cm}} = \underline{\hspace{1cm}}$
นั่นคือ งานที่เกิดขึ้นมีค่า = $\bar{F} s = \underline{\hspace{1cm}}$

$$[0 ; F ; \frac{0 + F}{2} = \frac{F}{2} ; \frac{1Fs}{2}]$$

44. พื้นที่ใต้กราฟในรูป 3 ข มีค่าเท่ากับ $\underline{\hspace{2cm}}$ ซึ่งเท่ากับ $\underline{\hspace{2cm}}$
 $\underline{\hspace{2cm}}$. (เติมประโยคให้สมบูรณ์และถูกต้อง)

$$[\frac{1}{2} \times F \times s = \frac{1Fs}{2}; \text{งานที่ทำโดยแรงเพิ่มขึ้นอย่างสม่ำเสมอจาก 0 จนถึง } F \text{ ในระยะ } s]$$

45. พิจารณา รูป 3 ค แรงมีขนาด (คงที่/ไม่คงที่)

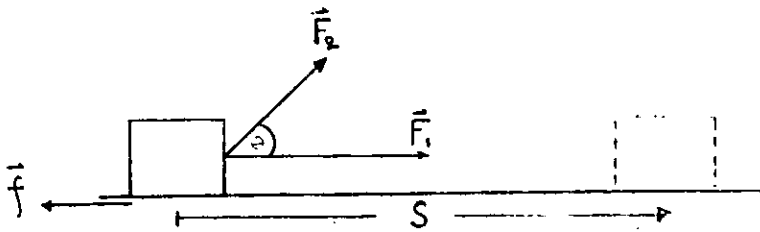
$$[\text{ไม่คงที่}]$$

46. จากข้อ 45 แรงเปลี่ยนแปลง (สม่ำเสมอ/ไม่สม่ำเสมอ)

$$[\text{ไม่สม่ำเสมอ}]$$

47. จากรูป 3 ค งานโดยแรง F นั้นยากต่อการคำนวณหา แต่เราสามารถประมาณได้โดยการแบ่งพื้นที่ใต้กราฟเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าเล็กๆที่มี s เป็นความกว้าง และ F เป็นส่วนสูง F ของแต่ละสี่เหลี่ยมผืนผ้าถึงจะเป็นค่าประมาณแต่ก็ใกล้เคียงความจริงมาก ถ้าเราแบ่งระยะ s ได้แคบมาก ๆ งานทั้งหมด คือ พื้นที่ใต้กราฟทั้งหมด ซึ่งจะหาได้จากการนำพื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้าเล็กๆทั้งหมดมา _____

[รวมกัน]



รูป 4 (ใ้ประกอบค่าตามข้อ 48 - 50)

48. จากรูป 4 $\vec{F}_1$ ทำมุม _____ กับแนวการเคลื่อนที่

$\vec{F}_2$ ทำมุม _____ กับแนวการเคลื่อนที่

$\vec{f}$ ทำมุม _____ กับแนวการเคลื่อนที่

โดยสมการ $W = Fs \cos \theta$

จะได้ว่า งานเนื่องจากแรง $F_1 = W_1 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$

งานเนื่องจากแรง $F_2 = W_2 = \underline{\hspace{2cm}}$

งานเนื่องจากแรง $f = W_3 = \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$

นั่นคือ งานที่เกิดขึ้นทั้งหมด $= W_1 + W_2 + W_3$

$= \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}}$

$$\left[0 ; 0 ; 180^\circ ; F_1 s \cos 0^\circ = F_1 s ; F_2 s \cos \theta ; \right.$$

$$\left. f s \cos 180^\circ = -fs ; F_1 s + F_2 s \cos \theta - fs = (F_1 + F_2 \cos \theta + f)s \right]$$

49 จากรูป 4 แรงลัพธ์ มีค่าเท่ากับ _____ ดังนั้น งานเนื่อง
จากแรงลัพธ์ = _____ ค่าที่ได้ (เท่า/ไม่เท่า) กับงานทั้งหมด

$$\left[F_1 + F_2 \cos \theta - f ; (F_1 + F_2 \cos \theta - f) s ; \text{เท่า} \right]$$

50. จากข้อ 48 และ 49 จะเห็นได้ว่า ถ้ามีแรงหลายแรงกระทำต่อวัตถุ งานที่
เกิดขึ้นทั้งหมดสามารถหาได้จาก _____ หรือ
หาโดยการ _____ (เพิ่มประ
โยชน์ให้สมบูรณ์และถูกต้อง)

$\left[\text{งานของแต่ละแรงแล้วนำมารวมกัน ; หาแรงลัพธ์ของแรงทั้งหมด} \right]$
แล้วหางานทั้งหมดจากแรงลัพธ์

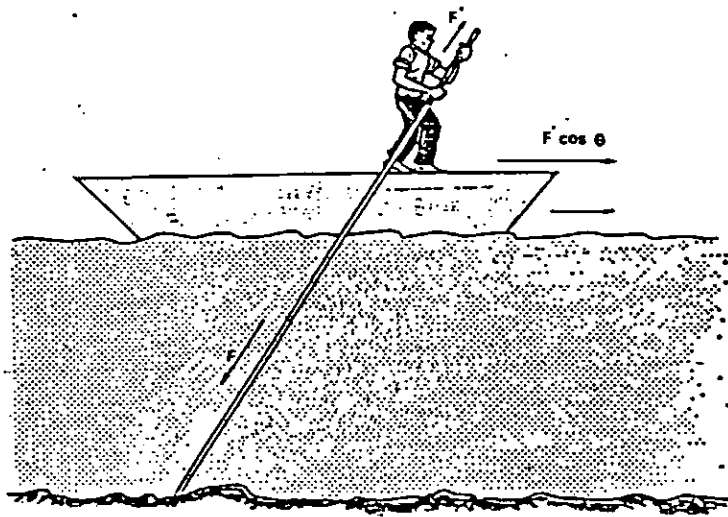
เอกสารหมายเลข 1.2

เอกสารเสริม

“งาน”

งานในวิชาฟิสิกส์

1. ตัวอย่างการทำงานที่เกิดจากแรงกระทำโดยที่แนวแรง ไม่ได้อยู่ในแนวเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ ได้แก่ การใช้เชือกลากของไปบนพื้นราบ การเล่นกระดานลื่นข้างลาดสูง คนเข็นรถ คนถ่อเรือ ฯลฯ เฉพาะกรณีคนถ่อเรือ ลักษณะการกระทำของแรงต่างๆ ที่ทำให้เรือแล่นเป็นดังรูป



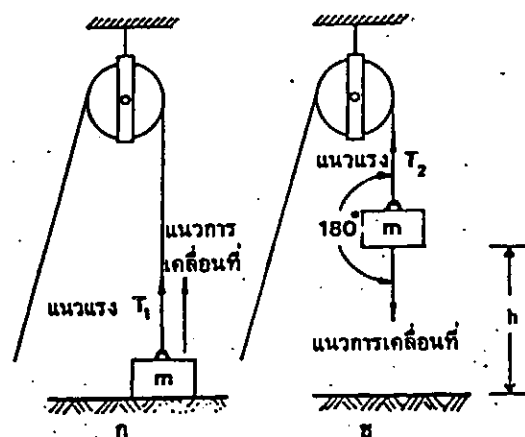
F = แรงที่กระทำกับถ่อ

F' = แรงปฏิกิริยาของถ่อต่อคน

$F' \cos \theta$ = แรงที่ทำให้เรือแล่นไปบนผิวน้ำ

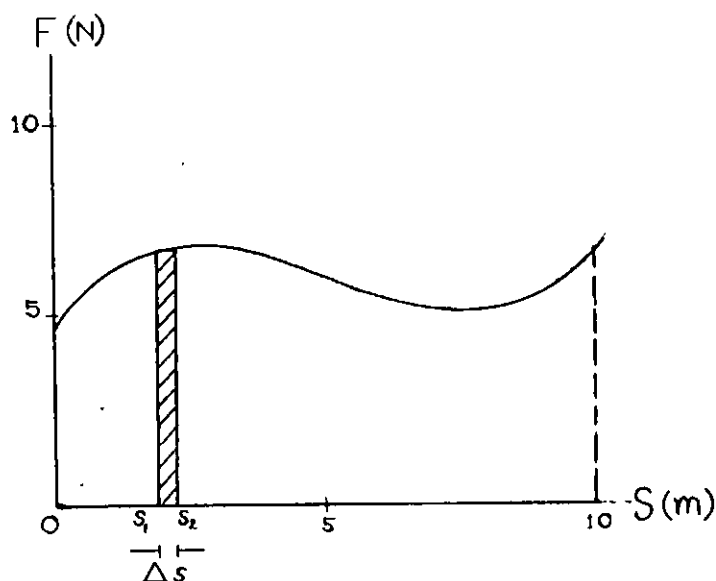
จากรูปถ้าเรือแล่นไปได้ระยะทาง s งานที่เกิดขึ้นในครั้งนี้จะมีความเท่ากับ $F' \cos \theta$

2. งานที่มีค่าเป็นลบ เกิดขึ้นได้ในกรณีที่แรงที่มากระทำมีทิศตรงข้ามกับทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ โดยเครื่องหมายลบจะหมายถึงงานที่กระทำเพื่อกำหนดทิศการเคลื่อนที่ของวัตถุ ตัวอย่างของงานที่มีค่าเป็นลบ เช่น งานของแรงเสียดทาน งานเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

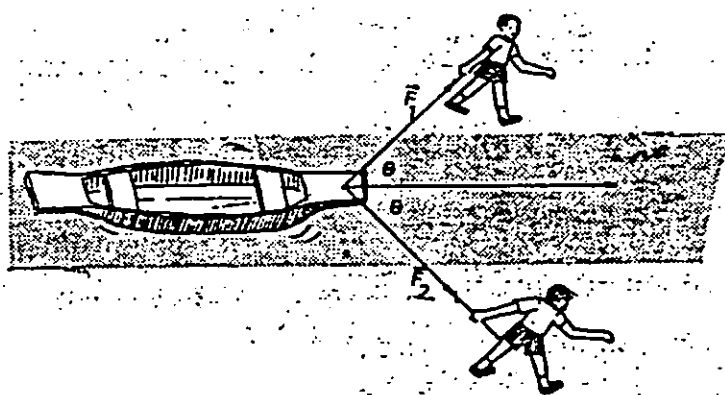


จากรูป ถ้าออกแรงดึง T_1 ยกมวล m ให้สูงขึ้นจากพื้นดินเป็นระยะ h ในกรณีนี้แนวการเคลื่อนที่ของวัตถุและแนวแรงดึง T_1 ในเส้นเชือกมีทิศเดียวกัน งานเนื่องจากแรง T_1 จึงมีค่าเท่ากับ $T_1 h$ จูลในทางตรงข้าม ถ้าค่อยๆ หย่อนวัตถุที่อยู่สูง h เมตร ลงสู่พื้นดิน ขณะที่หย่อนวัตถุลงมานั้นยังคงต้องออกแรงดึง เชือกนั้นอยู่ ถ้าให้เป็นแรง T_2 จะเห็นว่าทิศตั้งขึ้น แต่วัตถุเคลื่อนที่ในแนวตั้งลงข้างล่าง มุมที่แนวแรงกระทำกับแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุจึงเป็น 180° องศา ซึ่งจะได้ว่างาน $(W) = T_2 h \cos 180^\circ = T_2 h(-1) = -T_2 h$ จูลมีค่าเป็นลบ หมายความว่า เป็นงานที่ใช้ต้านไม่ให้วัตถุตกลงมาอย่างอิสระ

3. การหางานที่เกิดจากแรงกระทำที่มีขนาด ไม่คงที่และมีการ เปลี่ยนแปลง ไม่สม่ำเสมอ แสดงด้วยกราฟครึ่งรูป ใช้วิธีหาจากพื้นที่ใต้กราฟได้โดยการแบ่งพื้นที่ใต้กราฟออกเป็นแถบเล็กๆ ให้มีความกว้างเท่าๆ กัน และเท่ากับระยะทางสั้นๆ Δs โดยมีแรงกระทำในแต่ละช่วงเฉลี่ยเป็น $F_1, F_2, \dots, F_n$ ตามลำดับ พื้นที่ของแถบเล็กๆ จะเป็น $F_1 \Delta s, F_2 \Delta s, \dots, F_n \Delta s$ ตามลำดับ ผลรวมของพื้นที่เหล่านี้จะเป็นพื้นที่ใต้กราฟทั้งหมดในช่วงระยะทาง s ครึ่งรูป และเนื่องจากกราฟเป็นเส้นโค้งถ้าเราแบ่ง s ให้มีค่าน้อยเท่าใด คือ แบ่งเป็นแถบย่อยได้เล็กมากว่า แล้วงานที่หาได้จากกราฟโดยวิธีนี้จะถูกต้องยิ่งขึ้น



4. ถ้ามีแรงหลายแรงกระทำบนวัตถุ เราอาจจะแยกหางานที่เกิดจากแรงแต่ละแรง ที่กระทำบนวัตถุเป็นแรงๆ ไป แล้วรวมงานที่ได้ทีหลังด้วยการบวกแบบปริมาตร สเกลาร์ธรรมดา ตัวอย่างเช่น ไข่เชือก 2 เส้น ผูกหัวเรือให้คน 2 คนดึงเรือ ไข่ให้แล่นไปตามท้องร่องเล็กๆ ที่มีน้ำเต็มฝั่ง ถ้าทั้งสองคนเดินด้วยอัตราเร็วเท่ากัน บนฝั่งและเชือกยาวเท่ากันพอดี แรง F_1 และ F_2 จะเท่ากัน



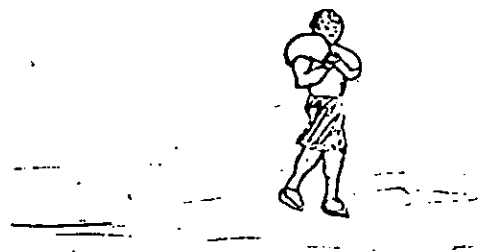
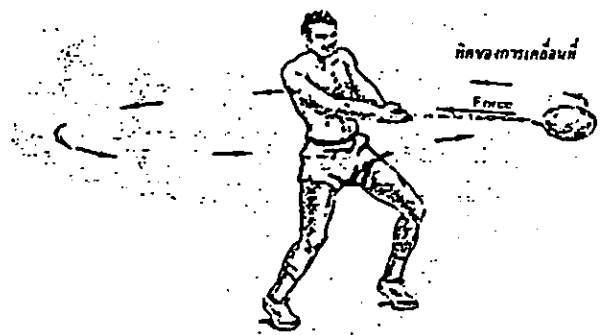
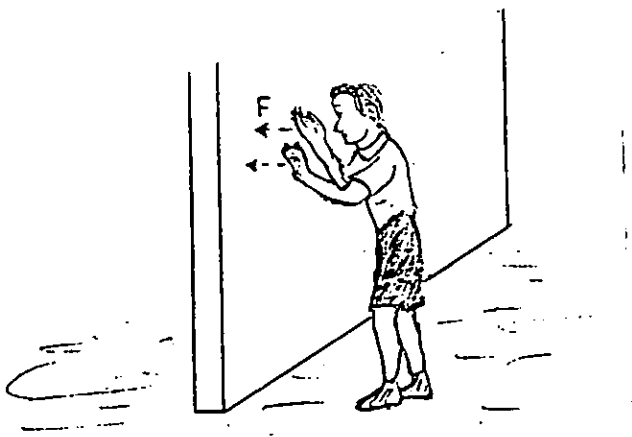
$$\begin{aligned} \text{งานที่คนที่ 1 ทำจะได้} &= F_1 \cos \theta s \\ \text{และ งานที่คนที่ 2 ทำจะได้} &= F_2 \cos \theta s \end{aligned}$$

ดังนั้นงานที่แรง F_1 และ F_2 ทำให้เรือแล่นไปเป็นระยะทาง s จะเท่ากับ $F_1 \cos \theta s + F_2 \cos \theta s$

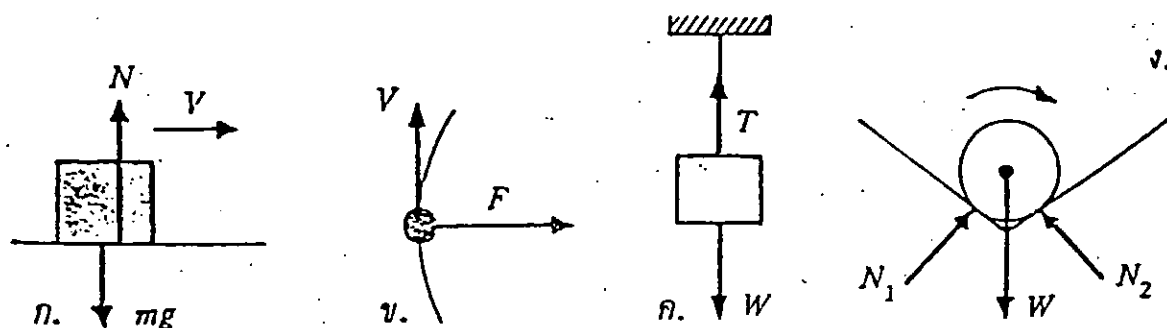
หรืออาจจะแตกแรงต่างๆ ที่กระทำบนวัตถุ ให้อยู่ในแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุและแนวการตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ของวัตถุอีกส่วนหนึ่ง แล้วรวมแรงในแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุเสียก่อน จึงนำเอาแรงลัพธ์ในแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุมาคำนวณหางานทั้งหมดก็ได้

5. ข้อสังเกตเรื่องงาน

- 5.1 ถ้าออกแรงโดยวัตถุไม่เคลื่อนที่ งานย่อมเป็นศูนย์ เช่น ออกแรงผลักกำแพง แล้วกำแพง ไม่เคลื่อนที่
- 5.2 ถ้าแรงที่กระทำตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ งานย่อมเป็นศูนย์ เพราะเมื่อออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้ว วัตถุไม่เคลื่อนที่ตามแนวแรงเลย ตัวอย่างแรงลักษณะเช่นนี้ได้แก่แรงสู่ศูนย์กลาง จากรูปคนเหวี่ยงโซ่ จะเห็นว่าวัตถุเคลื่อนที่ในทิศตั้งฉากกับแรงสู่ศูนย์กลางเสมอ หรือออกแรงในแนวตั้งยกของแล้วเดินไป



5.3 พิจารณารูปต่อไปนี้



รูป ก. วัตถุเคลื่อนที่ไปบนพื้นลื่นไม่เกิดงานจากแรง N เพราะแรง N ตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่

รูป ข. แรงสู่ศูนย์กลาง (F) ไม่ทำให้เกิดงาน เพราะแรง F ตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่

รูป ค. วัตถุอยู่นิ่งจึงไม่ได้งานจากแรง T (เพราะระยะทางเป็นศูนย์)

รูป ง. แม้ว่าทรงกระบอกกลมจะหมุนอยู่ตลอดเวลา แต่ไม่เกิดงาน เพราะระยะทางเป็นศูนย์

เอกสารหมายเลข 1.3

เอกสารอ่านประกอบ

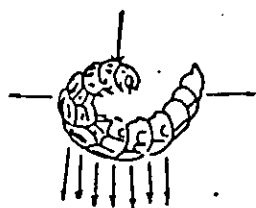
เรื่อง

“การทำงานของมด”

การทำนายของครีลอฟ

บทสอนใจของ ครีลอฟ จากนิทานของเขาที่ว่า "เมื่อต่างคนต่างทำงานโดยไม่ประสานงานกัน ผลลัพธ์ที่ได้คือจะไม่ได้งานอะไรออกมาเลย" แต่ในกรณีเช่นนี้จะไม่เป็นไปตามวิชากลศาสตร์ คือแรงต่าง ๆ ไม่อาจกระทำในทิศทางเดียวกัน แต่อย่างไรก็ตามจะให้ผลรวมของแรงบางประการ น้อยคนนักที่จะรู้ว่าสัตว์ที่ขยันหมั่นเพียร เช่นมด ซึ่งครีลอฟ ชมเชยว่าเป็นตัวอย่างที่ดีของผู้ใช้แรงงาน มีการทำงานโดยใช้วิธีเดียวกันกับที่ ครีลอฟ ได้เปรียบเปรยไว้ว่า จะไม่ได้งานอะไร แต่มดสามารถทำให้ของต่าง ๆ เคลื่อนที่ไปได้ และนี่ก็เช่นเดียวกัน คือ ใช้ผลของการรวมแรงต่าง ๆ ถ้าท่านสังเกตการทำงานของมด ท่านจะเห็นว่าการทำงานอย่างขยันขันแข็งของมด เป็นเพียงเรื่องเล่าเท่านั้น เพราะตามความเป็นจริงแล้ว มดแต่ละตัวจะทำงานของมันโดยไม่สนใจว่าตัวอื่นจะทำอย่างไร

ต่อไปนี้เป็นข้อความของ เอลาชีช (Elachich) นักสัตววิทยา ซึ่งอธิบายการทำงานของมดในหนังสือ "สัญชาตเวก" (Instinct)



รูป 1 มดกำลังลากตัวคักแค้

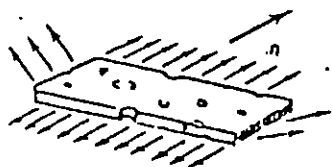
"เมื่อมีมดหลายสิบตัวกำลังลากวัตถุที่มีขนาดใหญ่ผ่านพื้นดินที่เรียบ มดทุกตัวจะทำงานลักษณะเดียวกันและเมื่อท่านสังเกตการทำงานของมด ท่านจะรู้สึกว่ามีมดมีการประสานงานที่ดี อย่างไรก็ตาม สมมติว่าสิ่งที่มีมดกำลังแบกอยู่ ตัวอย่างเช่น ตัวคักแค้ ถูกขวางทางโดยใบหญ้า หรือกรวดก้อนหนึ่ง มดจะต้องพยายามเอาชนะสิ่งกีดขวางนี้ ดังนั้น มดไม่สามารถลากตัวคักแค้ไปข้างหน้าได้อีกต่อไป ที่นี่ท่านจะเห็นได้ชัดว่า มดแต่ละตัวพยายามกระเสือกกระสนออกจากสิ่งกีดขวางได้อย่างไร มดแต่ละตัวจะผลักออกจากสิ่งกีดขวางด้วยตัวมันเอง โดยไม่ได้คิดที่จะร่วมประสานงานกับเพื่อนของมัน (รูป 1 และ 2) มดตัวหนึ่งจึงมาทางขวา อีกตัวหนึ่งจึงไปทางซ้าย ตัวที่สามจึงไปข้างหน้า และตัวที่สี่จึงไปข้างหลัง มดจะเบี่ยงที่กันโดยจับตัวคักแค้ในอีกแห่งหนึ่ง แต่ละตัวจะผลักหรือดึงโดยตัวมันเอง ในที่สุดจะพบว่าแรงต่าง ๆ ที่กระทำโดยมดจะเป็นดังนี้



รูป 2 วิธีการทำงานของมด เครื่องหมายลูกศรแสดงทิศทางของก้ามพายของมดแต่ละตัว

มีมดสี่ตัวแยกตัวคักคักในทิศทางหนึ่ง และอีกหกตัวอยู่ในอีกทิศทางหนึ่ง และสิ่งที่เป็นไปได้คือ มดจะเคลื่อนที่ไปในทิศที่มดทั้งหกตัวคักไป แม้ว่าจะถูกต้านโดยมดอีกสี่ตัว"

ข้าพเจ้าขอให้ตัวอย่างนี้ให้ความรู้เกี่ยวกับตัวอย่างหนึ่ง โดยวิธีกราฟ ซึ่งแสดงการสร้างหาเป็นการร่วมประสานงานกันของมด (รูป 3) แสดงมดยี่สิบห้าตัวกำลังลากเนยแข็งผ่านสี่เหลี่ยมมุมฉากอยู่ แผ่นเนยแข็งจะค่อยๆ เคลื่อนไปในทิศทางที่ชี้โดยลูกศร ก.



รูป 3 วิธีการลากแผ่นเนยแข็งไปยังรังมดซึ่งอยู่ในทิศทางของลูกศร ก.

ท่านอาจจะคิดว่าในขณะที่มดแถวหน้าดึง เนยแข็ง ไปข้างหน้า มดแถวหลังก็กำลังผลัก ไปข้างหน้า และมดที่อยู่ข้างๆ ก็ช่วยเพื่อนๆ ของมันผลัก ไปข้างหน้าเหมือนกัน แต่ความจริงไม่ได้เป็นเช่นนั้น นามิดเล่มนึงมาคัก เนยแข็ง โดยแยกมดแถวหลังออกในทันใดนั้น แผ่นเนยแข็งแต่ละชิ้นจะเริ่มเคลื่อนไปเร็วขึ้น อันนี้แสดงว่า มดสิบเอ็ดตัวที่อยู่แถวหลังกำลังดึง เนยแข็ง ไปข้างหลัง โดยไม่ผลัก ไปทางข้างหน้า นั่นคือมดที่อยู่แถวหลังแต่ละตัวพยายามที่จะส่งแผ่นเนยแข็ง ไปยังรังมดโดยพยายามดึงไปข้างหลัง ซึ่งแสดงให้เห็นได้ชัดว่าแทนที่จะช่วยมดที่อยู่แถวหน้า มดที่อยู่แถวหลังจะกีดขวางการทำงานของมดที่อยู่แถวหน้า แต่ด้วยความพยายามของมดแถวหน้าที่มีมากกว่ามดแถวหลังเพียงสี่ตัว จึงสามารถดึง เนยแข็ง ให้เคลื่อนที่ไปทางข้างหน้า เนื่องจากว่ามดเหล่านี้ไม่ได้ช่วยกันทำงานเลย จึงจำเป็นต้องใช้มดยี่สิบห้าตัวในการผลัก เนยแข็ง ให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้า

มาร์ค ทเวน ได้สังเกตการทำงานในลักษณะนี้ของมคโคขบั้งเอิญ เมื่อเขาอธิบายการทำงานของมคสองตัว ที่กำลังแบกขาคี๊กแตน เขาเขียนว่า

“มคทั้งสองตัวแบกขาคี๊กแตนที่ปลายตรงกันข้าม และเริ่มวิ่งอย่างสุดแรงในทิศทางที่ตรงกันข้าม... มคทั้งสองเข้าใจว่าคงจะมีอะไรขัดข้องเป็นแน่ แต่ก็ไม่สามารถแก้ข้อขัดข้องนี้ได้... ดังนั้นจึงเกิดการขัดแย้งซึ่งกันและกัน... มคทั้งสองตัวต่างก็เกิดโทสะและเมื่อสิ้นสุดการโต้แย้งกันก็เริ่มต่อสู้กัน... เมื่อหยุดการต่อสู้ก็เริ่มทำงานใหม่ โดยหาตัวอื่นเค็มอีก แต่มคที่พิการทั้งสองก็ไม่สามารถลากขาคี๊กแตนให้เคลื่อนที่ไปได้ ตัวที่หนึ่งจึงเต็มแรงแต่อีกตัวหนึ่งจึงไปอีกข้างหนึ่ง แทนที่มันจะยอมแพ้ มันกับพยายามหาเช่นนั้นต่อไป...” แม้ว่า ทเวน จะเขียนเหยียดลกว่า แต่เขาก็ถูกต้องเมื่อเขาเขียนว่า “มคไม่ได้ทำงานเว้นแต่เมื่อมีคนจ้องดูมันและผู้สังเกตผู้นั้นมองมันอย่างเรื่อขเบสื้อยก็จะดูเหมือนว่ามันกำลังทำงานอยู่”

แบบประเมินผลตนเอง

เรื่อง

งานและกำลัง

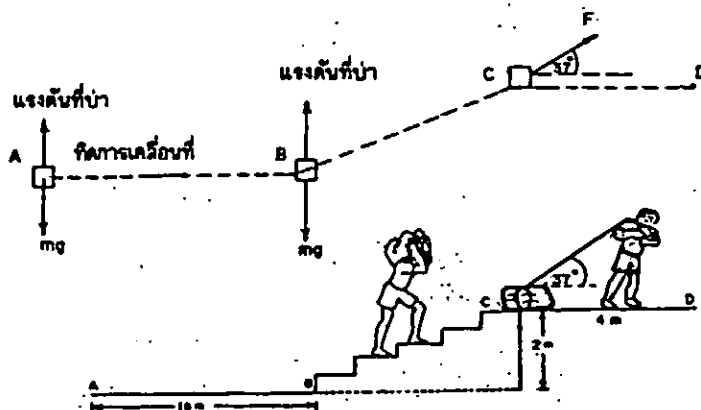
คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนทำแบบประเมินผลด้วยตนเองภายในเวลา 30 นาที
2. เมื่อทำเสร็จแล้ว ให้ขอรับบัตรเฉลยเพื่อตรวจสอบ
3. ถ้ามีข้อสงสัยให้ซักถามผู้สอนได้

**แบบประเมินผล
เรื่อง
งานและกำลัง**

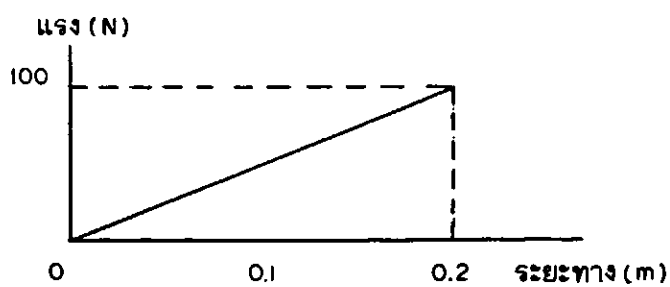
คำสั่ง จงเติมคำตอบในช่องว่าง หรือแสดงวิธีหา

1. ในวิชาฟิสิกส์ จะถือว่าการทำงานต่อเมื่อ
2. งานมีค่าเป็นบวก เมื่อแรงที่กระทำต่อวัตถุมีทิศ กับทิศการเคลื่อนที่
ของวัตถุและงานจะมีค่าเป็นลบเมื่อ
3. กำลังหมายถึง
4. ชายผู้หนึ่งแบกกระสอบข้าวสารมวล 100 กิโลกรัม เดินตรงไปตามพื้นดินที่ราบ
เป็นระยะ 10 เมตร ถึงบันไดบ้านที่สูงจากพื้น 2 เมตร เขาเดินขึ้นบันไดด้วย
อัตราเร็วคงที่ เมื่อสุดบันไดแล้ว เขาก็กวักกระสอบข้าวสารบนพื้นบ้าน แล้วออก
แรงลากขนาด 500 นิวตัน ในทิศทางมุม 37° เทียบกับพื้นบ้านไปยังห้องครัวเป็น
ระยะ 4 เมตร ถ้าระหว่างพื้นบ้าน กับกระสอบข้าวสารมีแรงเสียดทาน 10 นิวตัน
จงหางานทั้งหมดที่เกิดขึ้นจากการที่ชายผู้นี้นำข้าวสารดังกล่าวไปเก็บไว้ที่ห้องครัว
(กำหนดให้ $g = 10 \text{ m/s}^2$ และ $\cos 37^\circ = \frac{4}{5}$)



วิธีทำ

5. ค่อยๆ ออกแรงดึงสปริงให้ยืดออก เมื่อสปริงยืดออกจากสภาพเดิม เป็นระยะ 0.2 เมตร ปรากฏว่าแรงที่ออกเป็น 100 นิวตัน จงหางานที่ทำ



วิธีทำ

6. เด็กคนหนึ่ง ใต้เขาซึ่งสูงจากพื้นราบ 60 เมตร ใช้เวลา 20 วินาที เขามีกำลังเท่าไร ถ้าเขามีน้ำหนัก 80 นิวตัน

วิธีทำ

บัตร เฉลย
เรื่อง
งานและกำลัง

1. มีการออกแรงกระทำต่อวัตถุแล้วทำให้วัตถุ เคลื่อนที่ไปตามแนวของแรงนั้น
2. เทียบ ; แรงที่กระทำต่อวัตถุมีทิศทางตรงข้ามกับทิศการ เคลื่อนที่ของวัตถุ
3. ปริมาณงานที่ทำได้ในหนึ่งหน่วยเวลา

4. ตั้งแต่ A ไป B ถึง C ทุกขณะน้ำหนัก ข้าวสารจะกดบ่าชายผู้นั่งลงในแนวดิ่ง ขนาด $100 \times 10 = 1000$ นิวตัน ดังนั้น เขาจะต้องออกแรงดันกระสอบข้าวสาร ขึ้นในแนวดิ่งขนาดเท่ากับน้ำหนักข้าวสาร คือ 1000 นิวตัน

เนื่องจากระยะจาก A ไป B เป็นระยะในแนวราบ แต่ออกแรงกระทำในแนวดิ่ง

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{งานจาก A ไป B} &= \text{แรงในแนวราบ} \times \text{ระยะทางเคลื่อนที่ในแนวราบ} \\ &= (0 \text{ N}) \times (10 \text{ m}) \\ &= 0 \text{ J} \end{aligned}$$

จาก B ไป C เป็นการขึ้นบันไดซึ่งสูง 2 เมตร ด้วยอัตราเร็วคงที่งานในช่วงนี้มีค่าเท่ากับ งานในการยกกระสอบข้าวสารขึ้นในแนวดิ่งด้วยอัตราเร็วคงที่ จนถึงระดับความสูง 2 เมตร

ดังนั้น

$$\begin{aligned} \text{งานที่ทำในช่วง B ไป C} &= \text{แรงในแนวดิ่ง} \times \text{ระยะทางในแนวดิ่ง} \\ &= (1000 \text{ N}) \times (2 \text{ m}) \\ &= 2000 \text{ J} \end{aligned}$$

จาก C ไป D ออกแรงลากขนาด 500 นิวตัน ในทิศทางมุม 37° กับพื้นบ้าน โดยมีแรงเสียดทาน 10 นิวตัน

$$\begin{aligned} \text{เพราะว่างานจากแรงลาก} &= F_s \cos \theta \\ &= (500 \text{ N})(4 \text{ m})(\cos 37^\circ) \\ &= (500 \text{ N})(4 \text{ m})\left(\frac{4}{5}\right) \\ &= 1600 \text{ J} \end{aligned}$$

และงานเนื่องจากแรงเสียดทาน

$$\begin{aligned} &= -(f_s) \\ &= -(10 \text{ N})(4 \text{ m}) \\ &= -40 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{นั่นคือจาก C ไป D} &= (1600 \text{ J}) + (-40 \text{ J}) \\ &= 1560 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ดังนั้น งานทั้งหมดจาก A ไป B ไป C และไป D} \\
 &= (0 \text{ J}) + (2000 \text{ J}) + (1560 \text{ J}) \\
 &= 3560 \text{ J}
 \end{aligned}$$

นั่นคือ งานที่เกิดขึ้นทั้งหมดเท่ากับ 3560 จูล ตอบ

5. หางานจากพื้นที่ใต้กราฟรูปสามเหลี่ยมได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{งาน} &= \text{พท. } \triangle \\
 &= \frac{1}{2} \times (0.2 \text{ m}) \times (100 \text{ N}) \\
 &= 10 \text{ J}
 \end{aligned}$$

นั่นคือ งานที่ทำเท่ากับ 10 จูล ตอบ

6. จาก

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

$$\text{เพราะว่า } W = Fs = mgh = (80 \text{ N})(60 \text{ m}) = 4800 \text{ J}$$

$$\text{และ } t = 20 \text{ s}$$

$$\text{ดังนั้น } P = \frac{4800}{20}$$

$$= 240 \text{ W}$$

นั่นคือ เด็กคนนี้มีกำลัง 240 วัตต์ ตอบ

บทเรียนสำเร็จรูป

เรื่อง

พลังงานจลน์

คำชี้แจง

1. บทเรียนนี้เป็นบทเรียนสำเร็จรูป เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ทบทวนความรู้ที่ได้เรียนมาด้วยตนเอง
2. ลักษณะของบทเรียนจะเป็นทั้งคำอธิบาย และคำถามให้นักเรียนตอบ โดยแต่ละคำถามจะมีคำตอบอยู่ในกรอบถัดไป
3. การตอบคำถาม นักเรียนควรข้อสัต์ยตอบตนเอง โดยไม่ต้องคำตอบก่อน เมื่อตอบเสร็จแล้ว จึงค่อยตรวจดูคำตอบที่ให้ไว้เพื่อทำความเข้าใจ
4. ถ้านักเรียนมีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้สอน

บทเรียนสำเร็จรูป

เรื่อง

พลังงานจลน์

1. งานเนื่องจากแรง F ที่ทำให้มวล m เคลื่อนตามแนวแรงได้ระยะทาง s คือ

$$W = \dots\dots\dots$$

$$[Fs]$$

2. จาก $W = Fs$

F เป็นแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์ นั่นคือจะทำให้มวล m มีความเร่ง a จากกฎการเคลื่อนที่ข้อ 2 ของนิวตัน จะได้ว่า

$$F = \dots\dots\dots$$

$$[ma]$$

3. (1) $W = Fs$

(2) $F = ma$

(3) แทน F จาก (2) ใน (1) จะได้

$$W = \dots\dots\dots$$

$$[mas]$$

4. (1) $W = Fs$

(2) $F = ma$

(3) $W = mas$

(4) ถ้า u เป็นอัตราเร็วของ มวล m ก่อนมีแรง F กระทำ และ v เป็นอัตราเร็วหลังมีแรง F กระทำ ซึ่งเปลี่ยนแปลงในเวลา t จะได้

$$a = \dots\dots\dots$$

$$\left[\frac{v - u}{t} \right]$$

5. (1) $W = Fs$

(2) $F = ma$

(3) $W = mas$

(4) $a = \frac{v - u}{t}$

(5) โดยการแทน a ใน (3) จะได้

$$W = \dots\dots\dots$$

$$\left[m \frac{(v - u)}{t} s \right]$$

6. ถ้า s แทนระยะการเคลื่อนที่ของมวล m ในเวลา t และให้ v เป็นอัตราเร็วเฉลี่ยของมวล m ในระหว่างเวลานี้ จะได้ว่า

$$s = \dots\dots\dots$$

$$[v \cdot t]$$

7. การที่ความเร่งมีค่าคงที่ แสดงว่าอัตราเร็วเปลี่ยนแปลงอย่าง (สม่ำเสมอ/ ไม่สม่ำเสมอ) และจะหาอัตราเร็วเฉลี่ยได้จาก

$$v = \dots\dots\dots$$

$$\left[\text{สม่ำเสมอ} ; \frac{v + u}{2} \right]$$

8. จากข้อ 6 และ 7 เมื่อแทนค่าอัตราเร็วเฉลี่ย v จะได้

$$s = \dots\dots\dots$$

$$\left[\frac{(v + u) \cdot t}{2} \right]$$

9. (1) $W = Fs$

(2) $F = ma$

(3) $W = mas$

(4) $a = \frac{v - u}{t}$

(5) $W = m \frac{(v - u)}{t} s$

(6) $s = \frac{(v + u) \cdot t}{2}$

- (7) แทน s ใน (5) จะได้

$$W = \dots\dots\dots$$

$$\left[m \frac{(v - u)}{t} \frac{(v + u) \cdot t}{2} \right]$$

$$10. W = m \frac{(v - u)(v + u)}{2} \cdot t$$

$$= \frac{m}{2} (\dots\dots\dots)$$

$$[v^2 - u^2]$$

11. งานโดยแรงลัพธ์ F ที่ทำให้วัตถุเร็วของมวล m เปลี่ยนจาก u เป็น v หาได้จาก สมการ

$$W = \frac{m}{2} (\dots\dots\dots)$$

โดยการกระจายจะได้

$$W = \frac{m}{2} v^2 - \frac{m}{2} u^2$$

หรือ

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

$$[v^2 - u^2]$$

12. นิยาม ครึ่งหนึ่งของผลคูณของมวลของวัตถุกับกำลังสองของอัตราเร็ว คือ
พลังงานจลน์ของวัตถุ ใช้สัญลักษณ์ E_k
พลังงานจลน์ของมวล m ที่กำลังเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว v แทนได้ด้วย

$$[\frac{1}{2} m v^2]$$

13. จากสมการ

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

อธิบายได้ว่างานที่เกิดจากการออกแรง F ทำให้วัตถุเปลี่ยนอัตราเร็วจาก u เป็น v เท่ากับ ที่เปลี่ยนไป

[พลังงานจลน์]

14. เนื่องจากว่า พลังงานมีความหมายทั่วไปว่า คือความสามารถในการทำ พลังงานจึงมีหน่วยเกี่ยวกับ คือ

[งาน ; งาน ; จูล]

15. มวล 10 กิโลกรัม ถูกแรงว หนึ่งกระทำให้มีความเร่งจากหยุดนิ่ง จนมีอัตราเร็ว 12 เมตรต่อวินาที

ในกรณีนี้ $u = \dots\dots\dots$ m/s

$v = \dots\dots\dots$ m/s

งาน $W = \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$ J

$$[0 ; 12 ; W = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mu^2$$

$$= \frac{1}{2} (10 \text{ kg})(12 \text{ m/s})^2 - \frac{1}{2} (10 \text{ kg})(0)^2$$

$$= 120 \text{ J }]$$

16. ความเสียหายทำให้มวล 6 กิโลกรัม หยุดจากการเริ่มต้น ด้วยอัตราเร็ว 10 เมตรต่อวินาที

ในกรณีนี้ $u = \dots\dots\dots \text{ m/s}$

$v = \dots\dots\dots \text{ m/s}$

งานโดยแรงเสียหาย

$W = \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots$

$= \dots\dots\dots \text{ J}$

$$\begin{aligned} [10 ; 0 ; W &= \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mu^2 \\ &= \frac{1}{2} (6 \text{ kg})(0)^2 - \frac{1}{2} (6 \text{ kg})(10 \text{ m/s})^2 \\ &= - 300 \text{ J}] \end{aligned}$$

17. มวลหยุดนิ่ง (มี/ไม่มี) พลังงานจลน์

มวลที่เคลื่อนที่มีพลังงานจลน์เป็นสัดส่วน (โดยตรง/ผกผัน) กับของมัน และ ของมัน

[ไม่มี ; โดยตรง ; มวล ; กำลังสองของอัตราเร็ว]

18. พลังงานจลน์ของมวล m คือความสามารถของมันที่จะทำงานในขณะที่ (เคลื่อนที่/หยุดนิ่ง)

[เคลื่อนที่]

19. พลังงาน.....ของมวลหนึ่งที่กำลังเคลื่อนที่ คือ ขนาดของ.....ที่มันทำก่อนที่จะหยุด

[จลน์ ; งาน]

20. ถ้าแรงลัพธ์กระทำต่อมวลในทิศเดียวกับการเคลื่อนที่ของมวลนั้น จะทำให้
พลังงานจลน์ของมวล (เพิ่มขึ้น/ลดลง) เพราะอะไร

[เพิ่มขึ้น เพราะว่า อัตราเร็วจะเพิ่มขึ้น ซึ่งหมายความว่าพลังงานจลน์
จะเพิ่มขึ้น]

21. ถ้าแรงลัพธ์กระทำต่อมวลในทิศตั้งฉากกับเส้นทางที่มวลเคลื่อนที่ไป พลังงาน
จลน์ของมวลจะ (เปลี่ยนแปลง/ไม่เปลี่ยนแปลง) เพราะอะไร

[ไม่เปลี่ยนแปลง เพราะ ไม่มีการทำงานบนมวล]

22. ถ้าแรงลัพธ์กระทำต่อมวลในทิศตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของมวล พลังงานจลน์
ของมวลจะ (เพิ่มขึ้น/ลดลง) เพราะอะไร

[ลดลง เพราะ แรงที่ตรงข้ามการเคลื่อนที่ จะทำให้งานเป็นลบ คือ พลังงาน
จลน์ลดลง]

23. ถ้ามีแรงลัพธ์ F กระทำในทิศเดียวกับการเคลื่อนที่ของวัตถุมวล m ทำให้มีการ
เปลี่ยนอัตราเร็วจาก u เป็น v ในระยะ s จงเขียนสมการ แสดงความ
สัมพันธ์ระหว่าง F , s , m , u และ v

$$\left[\text{จาก } W = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mu^2 \right.$$

$$\text{เพราะว่า } W = Fs$$

$$\text{จะได้ } Fs = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mu^2 \quad]$$

เอกสารหมายเลข 2.2

บทเรียนสำเร็จรูป

เรื่อง

พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานศักย์ยืดหยุ่น

คำชี้แจง

1. บทเรียนนี้เป็นบทเรียนสำเร็จรูป เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ทบทวนความรู้ที่ได้เรียนมาด้วยตนเอง
2. ลักษณะของบทเรียนจะเป็นทั้งคำอธิบาย และคำถามให้นักเรียนตอบ โดยแต่ละคำถามจะมีคำตอบอยู่ในกรอบถัดไป
3. การตอบคำถาม นักเรียนควรข้อสัต์ต่อตนเอง โดยไม่ต้องคำตอบก่อน เมื่อตอบเสร็จแล้ว จึงค่อยตรวจดูคำตอบที่ให้ไว้เพื่อทำความเข้าใจ
4. ถ้านักเรียนมีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้สอน

บทเรียนสำเร็จรูป
เรื่อง
พลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานศักย์ยืดหยุ่น

1. เรามยกมวล m อย่างช้าๆ จากผิวโลกขึ้นไปสูง h ด้วยแรงที่ใช้คือ F งานที่ทำในกรณีนี้คือ $W = \dots\dots\dots$
[Fh]
2. การยกมวล m อย่างน้อยที่สุดต้องออกแรงเท่ากับ $\dots\dots\dots$ ของมวล
[น้ำหนัก]
3. น้ำหนักของมวล m บนพื้นผิวใกล้ๆ โลก ในเทอมของสนามความโน้มถ่วง หรือ ความเร่ง เนื่องจากแรงโน้มถ่วง (g) แสดงได้ด้วยสมการ W (น้ำหนัก) = $\dots\dots\dots$
[mg]
4. เรามยกมวล m ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ จากผิวโลกขึ้นไปยังที่สูง h ขนาดของแรงที่ต้องออกจะเท่ากับ $\dots\dots\dots$ นั่นคือในเทอมของ m , g และ h งานในการทำครั้งนี้คือ $W = \dots\dots\dots$
[mg ; mgh]

5. จาก $W = mgh$

สมการนี้ทำให้เราสามารถหางานในขณะที่มีมวล m กำลังเคลื่อนที่ด้วย
อัตราเร็ว (คงที่/เปลี่ยนแปลง) นั่นคือ งานนี้มีค่าขึ้นกับ และ

[คงที่ ; มวล ; ระยะความสูงจากผิวโลก]

6. เมื่อเราทำงานต่อมวล ทำให้มวลมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้น งานที่ทำงานนี้จะเปลี่ยนไปเป็น
พลังงาน ของมวลนั้น

[จลน์]

7. ในขณะที่กำลังยกมวล m ขึ้นไปยังที่สูง h ด้วยอัตราเร็วคงที่ งานที่ทำเท่ากับ
.....งานนี้ทำให้พลังงานจลน์ของมวล m เปลี่ยนไปหรือไม่ อธิบาย

[mgh ; ไม่ เพราะว่าอัตราเร็วไม่เปลี่ยน]

8. บางครั้งงานจากการยกมวล m ขึ้นไปยังที่สูง h มีการเปลี่ยนไปเป็นพลังงาน
รูปอื่น เราสามารถแสดงได้ว่า มวล m มีบางรูปขณะที่อยู่ที่สูง h
ซึ่งมันพร้อมที่จะ

[พลังงาน ; ทางาน]

9. มวล m ที่อยู่ที่ความสูง h ถ้าปล่อยให้ตกลงมามันจะมี เพิ่มขึ้น
นั่นคือขณะที่ตกลงมามวล m จะมีพลังงาน เพิ่มขึ้น

[อัตราเร็ว ; จลน์]

10. ถ้าขณะที่มวลตกกระทบพื้น มีอัตราเร็วเป็น v พลังงานจลน์ของมวล m จะหาได้จากสมการ $E_k = \dots\dots\dots$

$$\left[\frac{1}{2} mv^2 \right]$$

11. เราได้เคยศึกษามาแล้วว่าในการเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ a ของมวลหนึ่งๆ จากหยุดนิ่ง จนมีอัตราเร็วเป็น v ที่ระยะ s จะได้ว่า

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

$$\text{แต่เนื่องจาก } u = 0$$

$$\text{ดังนั้น } v^2 = \dots\dots\dots$$

$$[2 as]$$

12. สำหรับการตกอย่างอิสระจากที่สูง h ขณะกระทบพื้นจะได้ว่า $s = \dots\dots\dots$;
 $a = \dots\dots\dots$; และนั่นคือ $v^2 = \dots\dots\dots$

$$[h ; g ; 2 gh]$$

13. เมื่อมวล m ตกจากที่สูง h ด้วยความเร่งคงที่ g จะทำให้มีอัตราเร็วเป็น v ขณะกระทบพื้น ซึ่งจะมีพลังงานจลน์ $= \dots\dots\dots$

$$\left[\frac{1}{2} mv^2 \right]$$

14. โดยการแทนค่า v^2 จากข้อ 12 ลงในข้อ 13 จะได้พลังงานจลน์

$$E_k = \frac{1}{2} m \dots\dots\dots$$

$$= \dots\dots\dots$$

[$2 gh$; mgh]

15. งานในการยกมวล m ขึ้นไปที่สูง h และพลังงานจลน์ที่ได้จากการที่มวล m ตกลงมาตลอดความสูง h มีค่า (เท่ากัน/ไม่เท่ากัน)

[เท่ากัน]

16. กล่าวได้ว่า มวล m ที่อยู่ที่ความสูง h เหนือพื้นดิน มีพลังงานศักย์สะสมอยู่ โดยสามารถหาค่าได้ในรูปของ $\dots\dots\dots$, ถ้ามันตกลงมา พลังงานศักย์นี้มีค่าเท่ากับ $\dots\dots\dots$ (เขียนในเทอมของมวล, ความสูง และสนามความโน้มถ่วง)

[พลังงานจลน์ ; mgh]

17. ให้ E_p แทนพลังงานศักย์ จะได้ว่า $E_p = \dots\dots\dots$

ถ้าเรายก มวล 2 kg ขึ้นสูง 0.5 m .

พลังงานศักย์ที่สะสมในมวล คือ $\dots\dots\dots \text{ J}$

[mgh ; $E_p = (2 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2)(0.5 \text{ m}) = 10 \text{ J}$]

18. จาก $E_p = mgh$

เนื่องจากมวลของวัตถุ และความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงบริเวณใกล้ผิวโลก
มีค่าคงที่ ดังนั้น พลังงานศักย์ของมวลนี้จึงมีค่าขึ้นกับ

เราเรียกพลังงานศักย์ที่มีสมบัติดังกล่าวว่า พลังงานศักย์โน้มถ่วง

[ความสูงเหนือพื้นดินของวัตถุ]

19. อย่างไรก็ตามความสูงเราเทียบกับตำแหน่งหนึ่งๆ ถ้านักเรียนถือหนังสือ 1 m

เหนือพื้นโต๊ะ และพื้นโต๊ะอยู่สูงจากพื้นห้อง 1.5 m ความสูงของหนังสือเทียบกับ
พื้นห้องเป็น m.

[2.5]

20. จากข้อ 19. พลังงานศักย์โน้มถ่วงของหนังสือเทียบกับพื้นโต๊ะ (เท่า/ไม่เท่า)
กันเมื่อเทียบกับพื้นห้อง

[ไม่เท่า]

21. จากข้อ 20. กล่าวได้ว่า พลังงานศักย์โน้มถ่วงของมวลหนึ่งๆ มีค่าขึ้นอยู่กับ
ความสูงจากระดับที่อ้างอิง

ที่เป็นเช่นนี้ เพราะว่า พลังงานศักย์โน้มถ่วงมีค่าขึ้นกับ
ใน mgh ซึ่งเป็นความสูงเมื่อวัดเทียบกับ บางระดับ

[h ; อ้างอิง]

22. มวล 10 kg หย่อนอยู่บนหิ้งวางของ ซึ่งสูง 2.5 m จากพื้นห้อง ซึ่งสูงเป็น 10 m เหนือพื้นภายนอก จงคำนวณหาพลังงานศักย์โน้มถ่วงของมวลนี้เทียบกับ (ก) หิ้งวางของ (ข) พื้นห้อง (ค) พื้นภายนอก

$$\begin{aligned} \text{[(ก) } E_p &= mgh_1 = (10 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2)(0 \text{ m}) &= 0 \\ \text{(ข) } E_p &= mgh_2 = (10 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2)(2.5 \text{ m}) &= 250 \text{ J} \\ \text{(ค) } E_p &= mgh_3 = (10 \text{ kg})(10 \text{ m/s}^2)(12.5 \text{ m}) &= 1250 \text{ J } \end{aligned}$$

23. สปริงที่มีค่าคงที่ k ต้องการให้ยืดออกจากสภาพเดิมเป็นระยะ s จะต้องออกแรงดึงเฉลี่ยเท่าใด

$$\left[F = \frac{0 + ks}{2} = \frac{1}{2} ks \right]$$

24. จากข้อ 23. งานที่เกิดขึ้นมีค่าเท่ากับ

$$\left[W = F \cdot s = \frac{1}{2} ks \cdot s = \frac{1}{2} ks^2 \right]$$

25. สปริงที่ถูกดึง (หรืออัด) เป็นสภาพที่สามารถทำงาน โดยความจริงที่ว่า ที่เกิดขึ้นจากการดึง (หรืออัด) สปริงจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานที่สะสมอยู่ในสปริง ซึ่งพร้อมจะทำงานด้วยปริมาณที่เท่ากับถ้าหย่อนออกแรงดึง (หรืออัด) นั้น
พลังงานดังกล่าวเรียกว่า พลังงานศักย์ยืดหยุ่น ใช้สัญลักษณ์ E_p เช่นเดียวกัน จากข้อ 23 และ 24 สปริงจะมีพลังงานศักย์ยืดหยุ่น =

$$\left[\text{งาน} ; \frac{1}{2} ks^2 \right]$$

26. ในการคำนวณหาพลังงานศักย์ เราใช้สมการ : $E_p = mgh$.
 แต่ถ้าเป็นพลังงานศักย์ เราจะใช้สมการ : $E_p = \frac{1}{2} ks^2$

[ไม้เมตร ; ยึดหยุ่น]

27. สปริงมีค่าคงที่ 10 N/m เมื่อถูกแรงอัดให้หดเข้าจากตำแหน่งสมดุลเป็นระยะ 0.4 m จะมีพลังงานศักย์ยึดหยุ่นเท่าไร

$$\begin{aligned}
 [E_p &= \frac{1}{2} ks^2 \\
 &= \frac{1}{2} (10 \text{ N/m})(0.4 \text{ m})^2 \\
 &= 0.8 \text{ J}]
 \end{aligned}$$

เอกสารหมายเลข 2.3

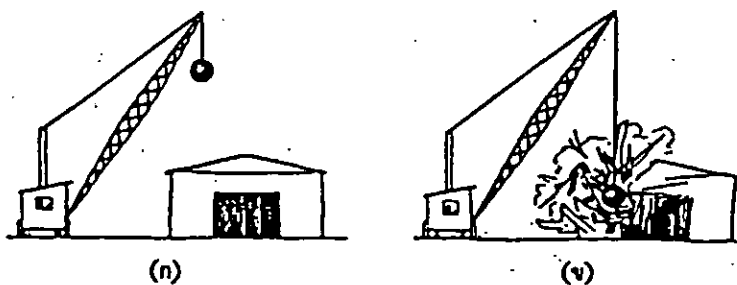
เอกสารเสริม

.. พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ ..

พลังงาน

พลังงานสามารถนิยามในความหมายทั่วไปได้ว่า เป็นความสามารถที่จะทำงานได้ในทางฟิสิกส์ได้แบ่งพลังงานออกเป็น 2 แบบ ตามกฎเกณฑ์พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ คือพลังงานจลน์และพลังงานศักย์

1. พลังงานจลน์ คือ พลังงานที่เนื่องมาจากการเคลื่อนที่
2. พลังงานศักย์ คือ พลังงานของสิ่งบางสิ่ง ที่เป็นผลมาจากตำแหน่งหรือสภาวะของวัตถุ



รูป 1 (ก) ลูกเหล็กมีพลังงานศักย์มากเมื่อแขวนไว้ในอากาศ
(ข) ลูกเหล็กมีพลังงานจลน์มากเมื่อตกลงมาใกล้ฐาน

จากรูป 1 ก. ลูกเหล็กที่แขวนไว้กับรถปั้นจั่นมีพลังงานศักย์สะสมอยู่ เพราะลูกเหล็กอยู่สูงในอากาศ ในรูป เมื่อปล่อยลูกเหล็กที่แขวนไว้นี้ให้ตกลงมาลูกเหล็กจะมีพลังงานจลน์ (รูป 1 ข.) พลังงานที่หน่วยเป็นจูล เช่นเดียวกับงาน แต่ในวิชานิวเคลียร์ฟิสิกส์ จูลเป็นหน่วยพลังงานที่ใหญ่มาก หน่วยที่นิยมใช้กันมากกว่า คือ อิเล็กตรอนโวลต์ (eV) โคยที่

$$1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$$

พลังงานจลน์ (E_k)

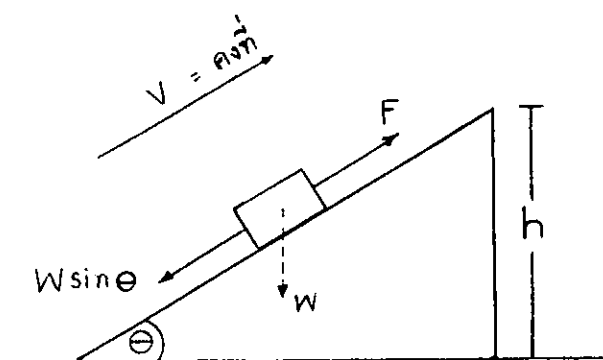
พลังงานจลน์ เป็นพลังงานที่มีอยู่ในตัววัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ มีขนาดขึ้นกับมวลและความเร็วของวัตถุนั้น โดยมีความสัมพันธ์ว่า

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 \quad \dots \dots \dots (1)$$

สมการ (1) นี้ เป็นสมการที่บอกนิยามของพลังงานจลน์ ของวัตถุใด ๆ ที่มีมวล m กำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v โดยถือว่ามวลมีค่าคงที่ ซึ่งในทางปฏิบัติทั่วไป มวลของวัตถุถือว่าคงที่ในขณะที่เคลื่อนที่ แต่ในเงื่อนไขไม่ปกติบางประการ มวลจะไม่คงที่ ดังปรากฏในทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ และจะได้สูตรพลังงานจลน์ใหม่ที่ใช้ได้ทุกกรณี

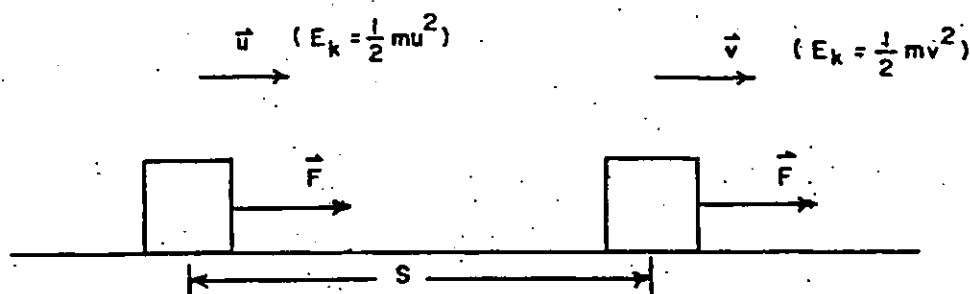
ความสัมพันธ์ระหว่างงานกับพลังงานจลน์

ในการหางานของแรงที่กระทำต่อวัตถุ เรามีกรณีที่สามารถแยกขนาดของแรงที่ทำให้เกิดงานได้ 2 กรณี กรณีแรกคือ แรงที่กระทำต่อวัตถุแล้วไม่ก่อให้เกิดความเร่ง ซึ่งในกรณีนี้ แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุจะเป็นศูนย์ ดังเช่น แรงที่ปรากฏในรูป 2 แรงที่ทำให้เกิดงาน คือ แรง F ซึ่งมีขนาดเท่ากับ $W \sin \theta$ จะเห็นว่าเมื่อพื้นเอียงผิวเกลี้ยง และวัตถุเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วคงที่ แรงลัพธ์จะเป็นศูนย์ ซึ่งวัตถุจะอยู่ในสภาพที่สมดุลต่อการเลื่อนตำแหน่ง



รูป 2

กรณีที่สอง คือกรณีที่แรงลัพธ์ที่มากกระทำต่อวัตถุไม่เป็นศูนย์ ซึ่งจะทำให้วัตถุมีความเร่งเกิดขึ้น หรือ มีอัตราเร็วเปลี่ยนแปลง ดังรูป 3



รูป 3

สำหรับกรณีที่แรงลัพธ์ไม่เป็นศูนย์ การหางานจะหาได้จากความสัมพันธ์

$$W = Fs = \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mu^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

หรือ $W = \Delta Ek \quad \dots\dots\dots (3)$

ความสัมพันธ์นี้คือทฤษฎีของงานและพลังงาน ซึ่งมีใจความว่า งานของแรงลัพธ์เท่ากับการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ของวัตถุ ซึ่งเป็นความจริงเสมอทั้งในกรณีที่แรงลัพธ์มีขนาดคงที่ และ ไม่คงที่

ถ้าพลังงานจลน์ของวัตถุลดลง งานของแรงลัพธ์จะมีค่าเป็นลบ โดยการพิจารณาสมการ (2) และ (3) จะอธิบายได้ว่า พลังงานจลน์ของวัตถุที่ลดลง จะเท่ากับงานที่วัตถุทำ กล่าวคือ วัตถุมีพลังงานสะสมอยู่ เนื่องจากการเคลื่อนที่ของมัน เมื่อมันทำงานมันจะเคลื่อนช้าลง และสูญเสียพลังงานบางส่วนไป ดังนั้น พลังงานจลน์ของวัตถุที่เคลื่อนที่ จะเท่ากับงานที่วัตถุทำได้ จนกระทั่งมันหยุดนิ่ง

- ตัวอย่าง 1 มีลูกปืนมวล 200 กรัม ด้วยความเร็ว 10 เมตรต่อวินาที เข้าไปใน
 ถุงทรายบรรจุว่าลูกปืนหยุดในเวลา 0.05 วินาที ถ้าคิดว่าลูกปืนลด
 ความเร็วลงด้วยอัตราสม่ำเสมอ จงหา
- ความลึกที่ลูกปืนฝังเข้าไปในถุงทราย
 - พลังงานจลน์ของลูกปืนก่อนกระทบถุงทราย
 - แรงต้านของทราย



วิธีหา

- ก. หาความลึกที่ลูกปืนฝังในถุงทราย

$$\text{หาความเร็ว จาก } v = u + at$$

$$a = \frac{v - u}{t}$$

$$= \frac{0 - 10}{0.05} = -200 \text{ m/s}^2$$

หาความลึก

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

$$0 = (10)^2 + 2(-200)s$$

ได้

$$s = 0.25 \text{ m}$$

นั่นคือ ความลึกที่ลูกปืนฝังอยู่ในถุงทรายเท่ากับ 0.25 เมตร

ตอบ

ข. หาพลังงานจลน์ของลูกปืนก่อนกระทบถุงทราย

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{1}{2} m u^2 \\ &= \frac{1}{2} \times (0.2) \times (10)^2 \\ &= 10 \text{ J} \end{aligned}$$

นั่นคือ ลูกปืนมีพลังงานจลน์ก่อนกระทบถุงทรายเท่ากับ 10 จูล

ตอบ

ค. หาแรงต้านของทราย F

$$\begin{aligned} \text{จากทฤษฎีของงานและพลังงาน} \quad W &= \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m u^2 \\ (-F)s &= 0 - \frac{1}{2} m u^2 \\ (F)(0.25) &= -10 \\ F &= -40 \text{ N} \end{aligned}$$

นั่นคือ ทรายจะมีขนาดแรงต้าน เท่ากับ 40 นิวตัน

ตอบ

หมายเหตุ เนื่องจาก F เป็นแรงต้านการเคลื่อนที่ ใช้เครื่องหมายลบ เพื่อแสดงว่างานมีค่าเป็นลบ

ตัวอย่าง 2 สมมุติว่าบริเวณผิวโลก แรงโน้มถ่วงมีค่าคงที่ ถ้าปล่อยวัตถุจากที่สูง h เหนือพื้นดิน จงหาพลังงานจลน์ของวัตถุขณะที่จะกระทบพื้น

วิธีทำ พลังงานจลน์ที่เพิ่มขึ้นจะเท่ากับงานของแรงลัพธ์ ในที่นี้คือ แรงโน้มถ่วงซึ่งมีค่าคงที่ และมีทิศตามแนวการเคลื่อนที่ ดังนั้นงานที่ทำโดยแรงโน้มถ่วงคือ

$$W = F s = mgh \quad \dots\dots\dots(1)$$

ตอนถูกปล่อย วัตถุมีความเร็ว $u = 0$ และตอนจะกระทบพื้นมีความเร็ว v
 พลังงานของวัตถุที่เพิ่มขึ้นคือ

$$\frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mu^2 = \frac{1}{2} mv^2 - 0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

เนื่องจากสมการ (1) และสมการ (2) เท่ากัน จะได้ว่า

$$E_k = \frac{1}{2} mv^2 = mgh \quad \dots\dots\dots(3)$$

เป็นพลังงานจลน์ของวัตถุขณะจะกระทบพื้น

ตอบ

หมายเหตุ จากสมการ (3) จะได้ว่า

$$\text{ความเร็วของวัตถุมีค่า } v = \sqrt{2gh}$$

และถ้าวัตถุตกลงที่สูง h_1 ลงมาที่สูง h_2 พลังงานจลน์ของมันจะเพิ่มจาก

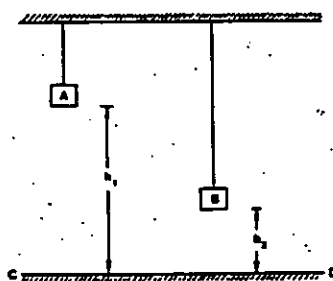
$$\frac{1}{2} mv_1^2 \text{ เป็น } \frac{1}{2} mv_2^2 \text{ ซึ่งจะได้ } \frac{1}{2} mv_2^2 - \frac{1}{2} mv_1^2 = mg(h_1 - h_2)$$

พลังงานศักย์ (E_p)

พลังงานศักย์ เป็นพลังงานที่มีอยู่ในตัววัตถุที่อยู่ในตำแหน่งต่างๆ ที่ซึ่งมีความพร้อมที่จะทำงาน เช่น ลูกธนูขณะที่อยู่ในสภาพที่จะถูกปล่อยจากคันธนูที่ถูกง้างวัตถุที่กาส่งจะถูกปล่อยจากที่สูงๆ

พลังงานศักย์โน้มถ่วง

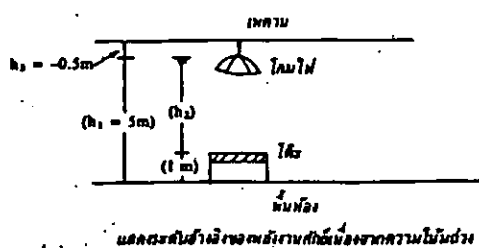
วัตถุที่อยู่ในสนามความโน้มถ่วง จะได้รับแรงกระทำที่เรียกว่า แรงโน้มถ่วง เมื่อวัตถุอยู่ ณ ที่สูงต่างๆ กันในสนามความโน้มถ่วง จะมีพลังงานศักย์ เนื่องจากความโน้มถ่วงต่างกัน



รูป 4

จากรูป ถ้าวัตถุ A และวัตถุ B มีมวลเท่ากันให้เป็น m จะได้ว่าพลังงานศักย์โน้มถ่วง ของวัตถุ A เท่ากับ mgh_1 ของวัตถุ B เท่ากับ mgh_2 ซึ่งจะเห็นว่าวัตถุ A มีพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากกว่าวัตถุ B เพราะ h_1 มากกว่า h_2 นั่นคือ วัตถุที่อยู่ที่สูงกว่า จะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงมากกว่าเมื่อเทียบกับระดับอ้างอิงเดียวกัน

พลังงานศักย์โน้มถ่วง เมื่อเทียบกับระดับอ้างอิงต่างๆ จะมีค่าต่างๆ กันนี้



รูป 5

จากรูป ถ้าโคมไฟมีมวล 1 kg และใช้ค่า $g = 10 \text{ m/s}^2$ จะได้พลังงานศักย์ของโคมไฟเทียบกับระดับต่างๆ เป็นดังนี้

$$\begin{aligned} E_p \text{ (เทียบกับพื้นห้อง)} &= mgh_1 \\ &= 1 \times 10 \times 5 \\ &= 50 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{และ } E_p \text{ (เทียบกับพื้นโต๊ะ)} &= mgh_2 \\ &= 1 \times 10 \times (5-1) \\ &= 40 \text{ J} \end{aligned}$$

ถ้าหากเทียบกับระดับเพดานจะเห็นว่าระยะ h_3 อยู่ต่ำกว่าระดับเพดานซึ่งเป็นระดับอ้างอิง จึงให้ h_3 มีค่าเป็นลบ

นั่นคือ พลังงานศักย์ของโคมไฟจะเป็น

$$\begin{aligned} E_p \text{ (เทียบกับระดับเพดาน)} &= mg(-h_3) \\ &= 1 \times 10 \times (-0.5) \\ &= -5 \text{ J} \end{aligned}$$

พลังงานศักย์มีค่าเป็นลบ แสดงว่า ถ้าต้องการให้โคมไฟเลื่อนจากระดับเพดานต่ำลงมาเป็นระยะ 0.5 เมตร จะต้องทำงาน -5 จูลนั่นเอง

$$\text{จากสมการ} \quad E_p = mgh \quad \dots\dots\dots *$$

เมื่อพิจารณาดังวัตถุหนึ่งๆ ที่มีมวล m ค่าพลังงานศักย์โน้มถ่วงของวัตถุนั้นจะมีค่าขึ้นอยู่กับความสูงจากระดับอ้างอิง h ดังนั้นวัตถุใดๆ ที่อยู่ในระดับเดียวกันจะมีพลังงานศักย์เท่ากันถึงแม้ว่าจะไม่ได้อยู่ตำแหน่งเดียวกัน เช่น รถยนต์ที่วิ่งบนพื้นราบจะมีพลังงานศักย์คงที่ ถ้ารถยนต์นี้มีการเปลี่ยนแปลงความเร็วก็จะมี การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ โดยที่พลังงานศักย์ยังคงมีค่าคงที่



รูป 6

ถ้าหากวัตถุเคลื่อนที่โดยเปลี่ยนความเร็ว และเปลี่ยนความสูงด้วย เช่น คนเดินขึ้นเนินเขา จะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งพลังงานจลน์และพลังงานศักย์พร้อมๆ กัน

จากสมการ * ถ้ามีวัตถุขนาดไม่เท่ากันหลายๆ ก้อนอยู่ที่ความสูง h จากระดับอ้างอิงเท่ากัน พลังงานศักย์โน้มถ่วง จะมีค่าขึ้นอยู่กับมวลของวัตถุแต่ละก้อน

พลังงานศักย์ยืดหยุ่น

พลังงานศักย์ยืดหยุ่น เป็นพลังงานศักย์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากสมบัติในการยืดหยุ่น เช่น สปริงที่ถูกยืดออกหรือถูกอัดให้หดเข้า ลานนาฬิกาที่ไขจนตึง คันธนูที่ใส่ลูกธนูและวางสายธนูเตรียมยิง

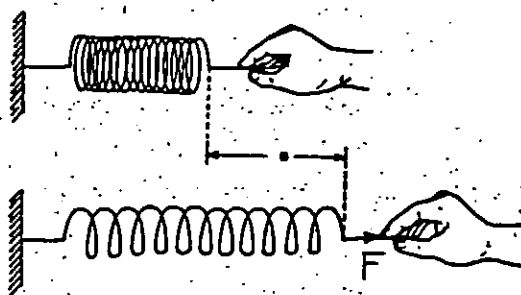
งานในการยืด หรืออัดสปริงจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานศักย์ยืดหยุ่น สะสมอยู่ในสปริงซึ่งพร้อมที่จะทำงานได้ทันทีเมื่อปล่อยมือที่ยืดหรืออัดเข้า งานจากการวางสายธนูก็จะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานศักย์ยืดหยุ่น ซึ่งพร้อมที่จะทำให้ลูกธนูเคลื่อนที่เมื่อปล่อยมือที่วาง



รูป 7

ถ้าเราดึงสปริงให้ยืดออก จะเกิดแรงต่อต้านการดึง ถ้าเราปล่อยสปริงที่ยืดออกมันจะหดกลับและมีความยาวเท่าเดิม เรียกว่าสปริงมีพฤติกรรมยืดหยุ่น

ในขณะที่ดึงสปริง ยิ่งยืดสปริงให้ยาวมากก็จะต้องออกแรงมากขึ้นเป็นสัดส่วนกัน (ดูรูป 8) ทวนองเดียวกัน ถ้ากดสปริงให้หดลงมากเท่าไรก็ต้องออกแรงมากขึ้นเป็นสัดส่วนกันเช่นกัน



รูป 8

สปริงและวัตถุยืดหยุ่นได้อื่นๆ ถือว่าเป็นไปตามกฎของฮุก (Hooke's Law) คือถ้า F เป็นแรงที่ต้องการในการอัด หรือยืดสปริงออกเป็นระยะทาง s ค่าของขนาดของแรง F จะแปรผันโดยตรงกับ s

$$F \propto s$$

หรือ
$$F = ks$$

เมื่อ k เป็นค่าคงที่ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุ ในกรณีของสปริงเรียกว่าค่าสปริง มีหน่วยเป็นนิวตันต่อเมตร

ถ้าเราออกแรงดึงสปริง ให้ยืดออกมาเป็นระยะ s แรงเฉลี่ยที่เราใช้จะเท่ากับ

$$\begin{aligned} F &= \frac{F \text{ เริ่มต้น} + F \text{ สุดท้าย}}{2} \\ &= \frac{0 + ks}{2} \\ &= \frac{1}{2} ks \end{aligned}$$

และงานที่ทำได้จากการยืดสปริงด้วยแรง $F = \frac{1}{2} ks$ เป็นระยะ s คือ

$$\begin{aligned} W &= F \cdot s \\ &= \frac{1}{2} ks \cdot s \\ &= \frac{1}{2} ks^2 \end{aligned}$$

ซึ่งปริมาณงานนี้จะ เปลี่ยน ไปเป็นพลังงานศักย์ยืดหยุ่นสะสมอยู่ในสปริงขณะที่ยืดออกเป็นระยะ s

นั่นคือพลังงานที่สปริงมีอยู่ในขณะนี้ คือ

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

ในกรณีที่เป็นการอัดสปริงให้หดเข้า พลังงานศักย์ของสปริงที่มีค่าสปริง k และถูกอัดให้หดเข้าเป็นระยะ s ก็จะมีพลังงานศักย์เท่ากับ $\frac{1}{2} ks^2$ เช่นกัน

พลังงานศักย์รูปอื่น ๆ

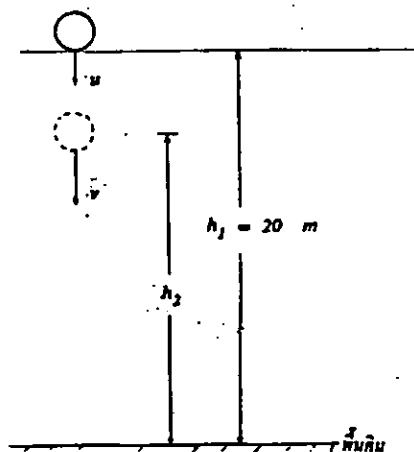
นอกจากพลังงานศักย์โน้มถ่วงและพลังงานศักย์ยืดหยุ่นแล้ว ยังมีพลังงานศักย์แบบอื่น ๆ อีก เช่น พลังงานศักย์ทางไฟฟ้า พลังงานศักย์เนื่องจากแรงแม่เหล็ก พลังงานศักย์ของอะตอม เป็นต้น



ตะปูใกล้แม่เหล็กมีพลังงานศักย์

รูป 9

ตัวอย่าง 3 ก้อนหินมวล 2 กิโลกรัม ตกจากที่สูง 20 เมตร เหนือพื้นดิน จงหาพลังงานศักย์ของก้อนหิน ก. ขณะที่ก้อนหินเริ่มตก
ข. เมื่อเวลาผ่านไป 1 วินาที



วิธีทำ ก. ขณะที่ก้อนหินเริ่มตกก้อนหินยังอยู่ที่
ความสูง 20 เมตร เหนือพื้นดิน
ดังนั้น $E_p = mgh_1$
 $= 2 \times 10 \times 20$
 $= 400 \text{ J}$

นั่นคือขณะที่เริ่มตกก้อนหินมีพลังงานศักย์
400 จูล ตอบ

ข. เมื่อเวลาผ่านไป 1 วินาที ก้อนดิน

$$\begin{aligned} \text{ตกลงมาได้} \quad s &= ut + \frac{1}{2} gt^2 \\ &= 0 + \frac{1}{2} \times 10 \times (1)^2 \\ &= 5 \text{ m} \end{aligned}$$

ดังนั้นก้อนดินอยู่สูงจากพื้นดินเป็นระยะ $= 20 - 5 = 15 \text{ m}$

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad E_p &= mgh_2 \\ &= 2 \times 10 \times 15 \\ &= 300 \text{ J} \end{aligned}$$

นั่นคือเมื่อเวลาผ่านไป 1 วินาที ก้อนดินมีพลังงานศักย์ 300 จูล ตอบ

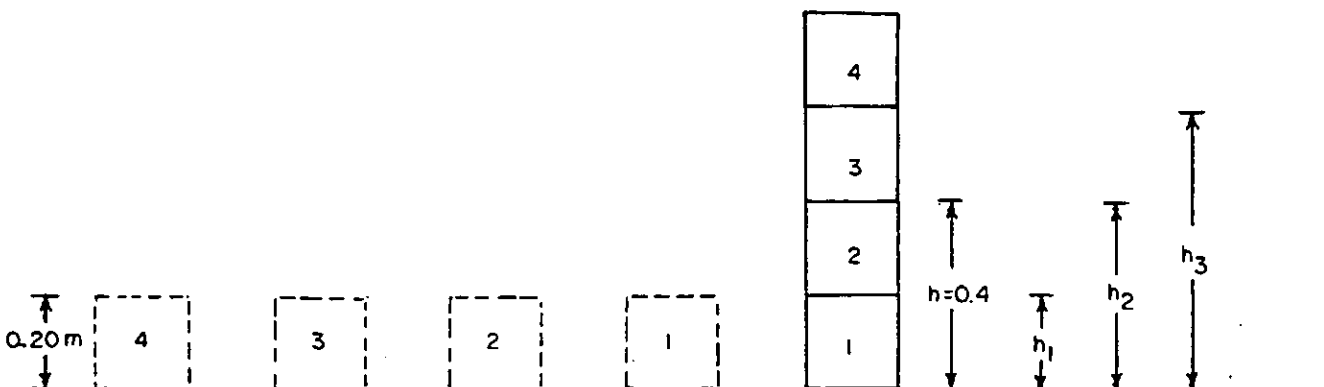
ตัวอย่าง 4 เด็กคนหนึ่งยกกล่องที่มีขนาดเท่ากัน 4 ใบมาซ้อนกัน ถ้ากล่องแต่ละใบมีมวล 2 กิโลกรัม และสูง 0.20 เมตร จงหา

ก. พลังงานศักย์ของกล่องใบที่หนึ่ง

ข. งานที่ชายคนนี้ทำในการนำกล่องใบที่สองซ้อนบนกล่องใบที่หนึ่ง แล้วนำกล่องใบที่สามซ้อนบนกล่องใบที่สอง กล่องใบที่สี่ซ้อนบนกล่องใบที่สาม

ค. พลังงานศักย์ของกล่องที่ต้งซ้อนกัน

วิธีทำ



ก. หาพลังงานศักย์ของกล่องใบที่หนึ่ง

$$\text{จาก} \quad E_p = mgh$$

เมื่อ $m = 2 \text{ kg}$ และ $h = 0.10 \text{ m}$ (คิดจากจุดศูนย์กลางมวล)

$$\begin{aligned} \text{จะได้} \quad E_p &= 2 \times 10 \times 0.1 \\ &= 2 \text{ J} \end{aligned}$$

นั่นคือ พลังงานศักย์ของกล่องใบที่หนึ่งเท่ากับ 2 จูล

ตอบ

ข. หาแรงที่หาในการยกกล่อง

$$\text{ในการยกกล่องแต่ละใบต้องใช้แรง} = mg = 2 \times 10 = 20 \text{ N}$$

ดังนั้นงานที่หาในการยกกล่องใบที่ 2 ถึงใบที่ 4 จะเท่ากับ

$$\begin{aligned} W &= mgh_1 + mgh_2 + mgh_3 \\ &= mg (h_1 + h_2 + h_3) \\ &= 20 (0.2 + 0.4 + 0.6) \\ &= 24 \text{ J} \end{aligned}$$

นั่นคือ งานที่หาในการยกกล่องซ้อนกันเท่ากับ 24 จูล

ตอบ

ค. หาพลังงานศักย์ของกล่องทั้งหมดที่กึ่งซ้อนกัน

$$\text{จาก} \quad E_p = mgh$$

$$\text{เมื่อ} \quad m = 4 \times 2 = 8 \text{ kg}$$

$$h \text{ ที่จุดศูนย์กลางมวล} = 0.4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{ดังนั้น} \quad E_p &= 8 \times 10 \times 0.4 \\ &= 32 \text{ J} \end{aligned}$$

นั่นคือ พลังงานศักย์ของกล่องที่ซ้อนกันเท่ากับ 32 จูล

ตอบ

ข้อสังเกต ผลที่ได้ในข้อ ข. และ ค. แตกต่างกัน เพราะการทำงานในข้อ ข. เป็นการเพิ่มพลังงานศักย์ของวัตถุ กล่าวคือ ขณะวัตถุอยู่ที่พื้นจะมีพลังงานศักย์รวมกันเท่ากับ $4 \times 2 = 8$ จูล เมื่อยกขึ้นซ้อนกันจะมีพลังงานศักย์เท่ากับ 32 จูล นั่นคือพลังงานศักย์ของกล่องเพิ่มขึ้น 24 จูล ซึ่งจะเท่ากับงานที่หาต่อวัตถุในข้อ ข.

ตัวอย่าง 5 สปริงอันหนึ่งเมื่อออกแรงถึง 20 นิวตัน จะทำให้ยืคออก 10 เซนติเมตร
จงหาพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริงเมื่อสปริงยืคออกมา 8 เซนติเมตร

วิธีทำ จาก
$$E_p = \frac{1}{2} k s^2$$

หาค่าคงสปริง k จาก
$$k = \frac{F}{s}$$

$$= \frac{20}{10 \times 10^{-2}}$$

$$= 200 \text{ N/m}$$

เมื่อ $s = 8 \times 10^{-2} \text{ m}$ จะได้

$$E_p = \frac{1}{2} \times 200 \times (8 \times 10^{-2})^2$$

$$= 0.64 \text{ J}$$

นั่นคือ พลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริงเท่ากับ 0.64 จูล

ตอบ

ตัวอย่าง 6 สปริงอันหนึ่งเมื่อได้รับแรง 10 นิวตัน จะยืคออก 5 เซนติเมตร ถ้าออก
แรงกดสปริง 20 นิวตัน จากตำแหน่งสมดุล สปริงจะหดลงกี่เซนติเมตร
และขณะนั้นมีพลังงานศักย์เท่าใด

วิธีทำ จาก
$$F = k s$$

จะได้
$$k = \frac{F}{s}$$

ถ้า $F = 10 \text{ N}$ จะได้ $s = 5 \times 10^{-2} \text{ m}$

ดังนั้น
$$k = \frac{10}{5 \times 10^{-2}}$$

$$= 2 \times 10^2 \text{ N/m}$$

เมื่อออกแรง 20 นิวตัน จะได้ว่าสปริงจะหดลง

$$\begin{aligned} s &= \frac{F}{k} \\ &= \frac{20}{2 \times 10^2} \\ &= 0.10 \quad \text{m} \\ &= 10 \quad \text{cm} \end{aligned}$$

หาพลังงานศักย์ยืดหยุ่นที่ระยะยืด 10 เซนติเมตร

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad E_p &= \frac{1}{2} k s^2 \\ &= \frac{1}{2} \times 2 \times 10^2 \times (10 \times 10^{-2})^2 \\ &= 1 \quad \text{J} \end{aligned}$$

นั่นคือในขณะที่ยืดสปริงหดลงเป็นระยะ 10 เซนติเมตรจะมีพลังงานศักย์

เท่ากับ 1 จูล

ตอบ

เอกสารหมายเลข 2.4

แบบประเมินผลตนเอง

เรื่อง

พลังงานจลน์และพลังงานศักย์

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนทำแบบประเมินผลนั้ด้วยตนเองภายในเวลา 50 นาที
2. เมื่อทำเสร็จแล้ว ให้ขอรับบัตรเฉลยเพื่อตรวจสอบ
3. ถ้ามีข้อสงสัยให้ซักถามผู้สอนได้

แบบประเมินผล
เรื่อง
พลังงานจลน์และพลังงานศักย์

คำสั่ง จงเติมคำตอบลงในช่องว่าง หรือแสดงวิธีทำ

1. พลังงานของวัตถุใดๆ หมายถึง
.....
2. วัตถุหนึ่งกำลังเคลื่อนที่ในแนวระดับ วัตถุนั้นมีพลังงาน
3. พลังงานของวัตถุที่มีค่าขึ้นอยู่กับมวลและอัตราเร็วของวัตถุเอง คือพลังงาน ...
.....
4. พลังงานจลน์ของวัตถุจะเปลี่ยนไปเมื่อ
โดยมีค่าเท่ากับ
5. พลังงานศักย์เป็นพลังงานที่ขึ้นอยู่กับ
6. พลังงานศักย์ของวัตถุ ที่อยู่สูงจากผิวโลกระยะหนึ่งๆ ถือว่าอยู่ภายใต้สนามความโน้มถ่วงของโลก เรียกพลังงานศักย์นั้นว่า
7. พลังงานศักย์ในข้อ 6. ของวัตถุหนึ่งมีค่าขึ้นอยู่กับ
โดยวัตถุพลังงานศักย์นี้ได้จาก
8. พลังงานศักย์ที่มีอยู่ในสปริงที่ยืดหรือหดยู่คือ
9. ค่าคงที่ของสปริง (k) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า
ซึ่งหมายถึง มีหน่วยเป็น

10. รถจักรยานยนต์คันหนึ่งมีมวล 80 กิโลกรัม ถูกเร่งให้มีอัตราเร็วเพิ่มขึ้นจาก 36 กิโลเมตร/ชั่วโมง เป็น 54 กิโลเมตร/ชั่วโมง ในช่วงระยะเคลื่อนที่ 1 กิโลเมตร จงหาแรงที่ทำให้เกิดความเร่งนี้ และพลังงานจลน์ของจักรยานยนต์ มีการเปลี่ยนอย่างไรเท่าไร

วิธีทำ

11. นักกายกรรมมีน้ำหนัก 500 นิวตัน ไล่เชือกที่แขวนอยู่ในแนวตั้ง ขึ้นสูง 20 เมตร จากพื้นดิน ด้วยอัตราเร็วเฉลี่ย 1 เมตรต่อวินาที จงหา
- พลังงานจลน์เฉลี่ยของเขาขณะที่เขากำลังเคลื่อนที่
 - เมื่อเขาขึ้นถึงจุดสูงสุด 20 เมตร เขามีพลังงานศักย์โน้มถ่วงเท่าไร (กำหนด $g = 10 \text{ m/s}^2$)

วิธีทำ

12. เครื่องชั่งสปริงแบ่งสเกลไว้จาก 0 - 20 นิวตัน บนสเกลที่ยาว 0.1 เมตร
จงหา

- ก. ค่านิจของสปริงของเครื่องชั่ง
- ข. พลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง ขณะชั่งของหนัก 12 นิวตัน
- ค. พลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง ขณะชั่งของหนัก 20 นิวตัน

วิธีทำ

บัตร เฉลย
เรื่อง
พลังงานจลน์และพลังงานศักย์

1. ความสามารถที่จะทำงานของวัตถุนั้น
2. จลน์
3. จลน์
4. มีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากกระทำต่อวัตถุ ทำให้อัตราเร็วของวัตถุเปลี่ยนไป ; โดยมีความเท่ากับงานเนื่องจากแรงลัพธ์นั้น
5. ตำแหน่งของวัตถุ
6. พลังงานศักย์โน้มถ่วง
7. ตำแหน่งเหนือระดับอ้างอิง ; งานที่ทำในการยกวัตถุให้สูงขึ้น ไปยังตำแหน่ง เหนือระดับอ้างอิงนั้น
8. พลังงานศักย์ยืดหยุ่น
9. ค่านิสบริง ; ค่าของแรงที่ทำให้สปริงยืดหรือหดต่อความยาวหนึ่งหน่วย ; นิวตันต่อ เมตร

10. จาก
$$F \cdot s = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{1}{2} m u^2$$

เนื่องจาก
$$s = 1 \text{ km} = 1000 \text{ m}$$

$$m = 80 \text{ kg}$$

$$v = 54 \text{ km/hr} = \frac{54 \times 1000}{3600} = 15 \text{ m/s}$$

$$u = 36 \text{ km/hr} = \frac{36 \times 1000}{3600} = 10 \text{ m/s}$$

ดังนั้น
$$F(1000) = \frac{1}{2}(80)(15)^2 - \frac{1}{2}(80)(10)^2$$

$$1000 F = 9000 - 4000 = 5000 \text{ J} = \Delta E_k$$

$$F = \frac{5000}{1000}$$

$$= 5 \text{ N}$$

นั่นคือ แรงที่ทำให้รถจักรยานยนต์มีความเร่งนี้เท่ากับ 5 นิวตัน และ
ทำให้พลังงานจลน์ของรถเพิ่มขึ้น 5000 จูล ตอบ

11.

ก. หาพลังงานจลน์เฉลี่ย

จาก
$$\bar{E}_k = \frac{1}{2} m \bar{v}^2$$

เมื่อ
$$m = \frac{500}{10} = 50 \text{ kg}$$

อัตราเร็วเฉลี่ย
$$\bar{v} = 1 \text{ m/s}$$

ดังนั้น
$$\bar{E}_k = \frac{1}{2} (50)(1)^2$$

$$= 25 \text{ J}$$

นั่นคือ นักกายกรรมมีพลังงานจลน์เฉลี่ย 25 จูล

ตอบ

ข. หาพลังงานศักย์โน้มถ่วงที่จุดสูง 20 เมตร

$$\begin{aligned}\text{จาก} \quad E_p &= mgh \\ &= (50)(10)(20) \\ &= 10,000 \text{ J}\end{aligned}$$

นั่นคือ เมื่อนักกายกรรมอยู่ที่จุดสูงสุดของเชือก เขามีพลังงานศักย์

โน้มถ่วง 10 กิโลจูล

ตอบ

12. ก. เนื่องจากเครื่องชั่งสปริงมีสเกลยาว 0.10 เมตร โดยมีค่าแรง 0-20 นิวตัน แสดงว่า เมื่อถึงสปริงจะยืดออกเป็นระยะ 0.10 เมตร จะต้องออกแรง 20 นิวตัน ซึ่งจะสามารถหาค่านิยสปริงได้จาก

$$\begin{aligned}F &= ks \\ (20 \text{ N}) &= k(0.10 \text{ m}) \\ \text{ดังนั้น} \quad k &= \frac{20 \text{ N}}{0.10 \text{ m}} \\ &= 200 \text{ N/m}\end{aligned}$$

นั่นคือ สปริงจากเครื่องชั่งนี้มีค่านิยสปริง 200 นิวตันต่อเมตร

ตอบ

ข. ขณะชั่งของหนัก 12 นิวตัน สปริงจะยืดออกเป็นระยะ s โดยที่

$$\begin{aligned}ks &= F \\ (200 \text{ N/m})(s) &= (12 \text{ N}) \\ s &= \frac{12 \text{ N}}{200 \text{ N/m}} \\ &= 0.06 \text{ m}\end{aligned}$$

หาพลังงานศักย์ยืดหยุ่นได้จาก

$$\begin{aligned} E_p &= \frac{1}{2} k s^2 \\ &= \frac{1}{2} (200 \text{ N/m})(0.06 \text{ m})^2 \\ &= 0.30 \text{ J} \end{aligned}$$

นั่นคือ เมื่อช้างของหนัก 12 นิวตัน สปริงจะมีพลังงานศักย์ยืดหยุ่นเท่ากับ 0.36 จูล

ตอบ

ค. ขณะช้างของหนัก 20 นิวตัน จะอ่านค่าแรงได้ 20 นิวตัน คือ สปริงยืดออกเต็มสเกล นั่นคือ $s = 0.10$ เมตร

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad E_p &= \frac{1}{2} k s^2 \\ &= \frac{1}{2} (200 \text{ N/m})(0.10 \text{ m})^2 \\ &= 1 \text{ J} \end{aligned}$$

นั่นคือ เมื่อช้างของหนัก 20 นิวตัน สปริงจะมีพลังงานศักย์ยืดหยุ่นเท่ากับ 1 จูล

ตอบ

เอกสารหมายเลข 3.1

บทเรียนสำเร็จรูป

เรื่อง

กฎทรงพลังงาน

คำชี้แจง

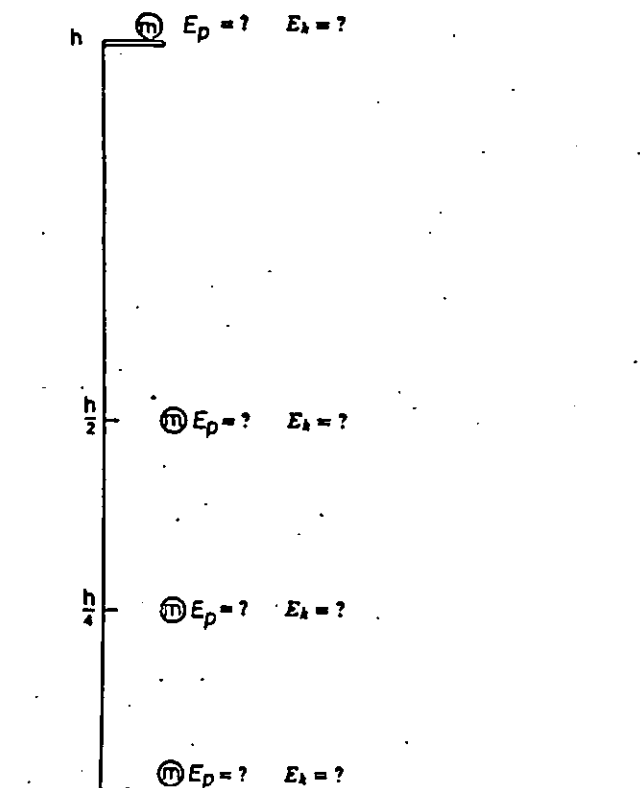
1. บทเรียนนี้เป็นบทเรียนสำเร็จรูป เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ทบทวนความรู้ที่ได้เรียนมาด้วยตนเอง
2. ลักษณะของบทเรียนจะเป็นทั้งคำอธิบาย และคำถามให้นักเรียนตอบ โดยแต่ละคำถามจะมีคำตอบอยู่ในกรอบถัดไป
3. การตอบคำถาม นักเรียนควรข้อสัคยตอบตนเอง โดยไม่ต้องคำตอบก่อน เมื่อตอบเสร็จแล้ว จึงค่อยตรวจดูคำตอบที่ให้ไว้เพื่อทำความเข้าใจ
4. ถ้านักเรียนมีข้อสงสัยให้ปรึกษาผู้สอน

บทเรียนสำเร็จรูป
เรื่อง
กฎทรงพลังงาน

1. นิยาม พลังงานกล (E) ของระบบหนึ่งๆ คือ ผลรวมของ พลังงานศักย์ (E_p) และพลังงานจลน์ (E_k)

นั่นคือ $E = \dots\dots\dots$

[$E_p + E_k$]



2. จากรูป ขณะที่ m หยดหนึ่งที่ h พลังงานจลน์ของมันคือ
[ศูนย์]
3. จากข้อ 2 พลังงานศักย์ของมวล m เมื่อเทียบกับพื้นดินคือ
[mgh]
4. ที่ความสูง h มวล m มีพลังงานกลรวมทั้งหมด $E =$
[$0 + mgh = mgh$]
5. ถ้ามวล m ตกลงอย่างอิสระถึงครึ่งทาง คืออยู่ที่ความสูง เทียบพื้นดิน จะมีพลังงานศักย์ =
[$\frac{h}{2}$; mgh]
6. ถ้าที่ความสูง h มวล m มีอัตราเร็ว v พลังงานจลน์ของ m ขณะนี้ จะมีค่า เท่ากับ
[$\frac{1}{2} mv^2$]

7. ถ้า v เป็นอัตราเร็วของมวล m หลังจากที่ยื่นตกลงมาที่ระยะ $h - \frac{h}{2} = \dots\dots\dots$

ในกรณีทั่วไป วัตถุที่ตกอย่างอิสระจากหยุดนิ่ง จะได้ว่า $v^2 = 2gs$

ในกรณีนี้ $v^2 = \dots\dots\dots$ เมื่อ $s = h - \frac{h}{2} = \frac{h}{2}$

[$\frac{h}{2}$; $2g(\frac{h}{2})$ หรือ gh]

8. ที่ตำแหน่ง $\frac{h}{2}$ ได้ว่า $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ เมื่อแทนค่า v^2 จะได้

$E_k = \dots\dots\dots$

และเนื่องจาก $E_p = \dots\dots\dots$

ดังนั้น $E = \dots\dots\dots$

[$E_k = \frac{1}{2}m(gh)$ เนื่องจาก $v^2 = gh$

$E_p = mg \frac{h}{2}$

$E = mg \frac{h}{2} + \frac{1}{2}mgh = mgh$]

9. ที่ตำแหน่งสูง $\frac{h}{2}$ พลังงานศักย์ และพลังงานจลน์ของมวล m มีค่า (เท่า/ไม่เท่า)

กับขณะที่มันอยู่ที่ตำแหน่งสูง h แต่พลังงานกลมีค่า (เท่าเดิม/น้อยลง/มากขึ้น)
คือเท่ากับ $\dots\dots\dots$

[ไม่เท่า ; เท่าเดิม ; mgh]

10. ที่ตำแหน่งสูง $\frac{h}{4}$ มวล m มีพลังงานศักย์เป็น

$$\left[mg \frac{h}{4} \right]$$

11. จาก $v^2 = 2 g s$ จงหาว่าที่ตำแหน่งสูง $\frac{h}{4}$ ค่า s เท่ากับเท่าไร และ v^2 เท่ากับ

$$\left[s = h - \frac{h}{4} = \frac{3h}{4} ; v^2 = 2 g \left(\frac{3h}{4} \right) = \frac{3}{2} gh \right]$$

12. ที่ตำแหน่งสูง $\frac{h}{4}$

$$E_p = \dots\dots\dots$$

$$E_k = \dots\dots\dots$$

$$E = \dots\dots\dots$$

$$\left[E_p = mg \frac{h}{4} ; \right.$$

$$E_k = \frac{1}{2} m \left(\frac{3}{2} gh \right) = \frac{3}{4} mgh$$

$$E = mg \frac{h}{4} + \frac{3}{4} mgh = mgh \left. \right]$$

13. พลังงานกลของมวล m ที่ความสูง $\frac{h}{4}$ (เหมือน/ไม่เหมือน) ขณะที่ยังอยู่ที่ h

$$\left[\text{เหมือน} \right]$$

14. เมื่อมวล m ถึงพื้น พลังงานศักย์เป็น เพราะ พลังงานจลน์ = $\frac{1}{2} mv^2$ โดยที่ $v^2 = 2 gh$ ซึ่ง $s =$ ดังนั้นพลังงานจลน์ =
[ศูนย์ ; $h = 0$; h ; $\frac{1}{2} m(2 gh)$ หรือ mgh]
15. พลังงานกลรวมของมวล m ขณะถึงพื้น =
[$0 + mgh = mgh$]
16. ที่ระดับพื้นดิน (บางส่วน/ทั้งหมด) ของพลังงานศักย์ที่ h เปลี่ยนไปเป็น พลังงานจลน์
[ทั้งหมด]
17. จะเห็นได้ว่าไม่ว่าที่ตำแหน่งใด เหนือพื้นดินพลังงานกลรวม จะมีค่า (เท่ากัน/ไม่เท่ากัน) คือ เท่ากับ
[เท่ากับ ; mgh]
18. ถ้าระบบนี้ไม่มีแรงภายนอกกระทำ และ ไม่มีการสูญเสียพลังงาน ไปเป็นอย่างอื่น แล้ว พลังงานกลรวมของระบบจะมีค่า (คงที่/ไม่คงที่)
[คงที่]

19. การที่พลังงานกลรวมของระบบมีค่าคงที่เสมอ จะสอดคล้องกับกฎทรงพลังงาน ที่กล่าวว่า พลังงานจะ ไม่มีการสูญหาย ไปไหน หรือสร้างขึ้นใหม่ได้ แต่อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงจากรูปหนึ่ง ไปเป็นอีกรูปหนึ่งได้

เมื่อมวล m ตกลงมาจากที่สูง h มีการเปลี่ยนแปลงพลังงาน คือพลังงาน ศักย์จะ (ลดลง/เพิ่มขึ้น) และพลังงานจลน์จะ (ลดลง/เพิ่มขึ้น)

[ลดลง ; เพิ่มขึ้น]

20. จากรูปดำไว้ h_1 และ v_1 เป็นความสูงและอัตราเร็วของมวล m ที่เวลาใด และ h_2 และ v_2 เป็นความสูงและอัตราเร็วที่เวลาอื่นขณะที่ m กำลังเคลื่อนที่

$$E_{p1} = \dots\dots\dots$$

$$E_{k1} = \dots\dots\dots$$

$$E_{p2} = \dots\dots\dots$$

$$E_{k2} = \dots\dots\dots$$

$$[E_{p1} = mgh_1$$

$$E_{p2} = mgh_2$$

$$E_{k1} = \frac{1}{2} mv_1^2$$

$$E_{k2} = \frac{1}{2} mv_2^2]$$

21. จากข้อ 20. โดยกฎทรงพลังงาน จะได้ว่า

$$E_{p1} + E_{k1} = \dots\dots\dots$$

$$[E_{p2} + E_{k2}]$$

22. จากข้อ 21. จะเขียนได้ว่า

$$mgh_1 + \frac{1}{2} mv_1^2 = \dots\dots\dots$$

$$[mgh_2 + \frac{1}{2} mv_2^2]$$

23. จาก $Ep_1 + Ek_1 = Ep_2 + Ek_2$ โดยการสลับที่จะได้ว่า

$$Ep_1 - Ep_2 = \dots\dots\dots$$

$$[Ek_2 - Ek_1]$$

24. จาก $Ep_1 - Ep_2 = Ek_2 - Ek_1$

$Ep_1 - Ep_2$ แทน เมื่อ Ep_1 มากกว่า Ep_2

$Ek_2 - Ek_1$ แทน เมื่อ Ek_1 น้อยกว่า Ek_2

[พลังงานศักย์ที่ลดลง ; พลังงานจลน์ที่เพิ่มขึ้น]

25. จากข้อ 24. จะสรุปได้ว่า พลังงานศักย์ของวัตถุที่ลดลงเท่ากับ

[พลังงานจลน์ของวัตถุที่เพิ่มขึ้น]

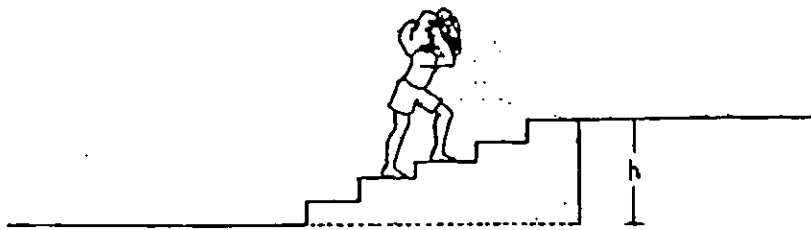
เอกสารหมายเลข 3.2

เอกสารเสริม

.. กฎทรงพลังงาน ..

กฎทรงพลังงาน

ลองพิจารณากรณีที่เกิดจากการออกแรงต้านความโน้มถ่วง (Gravity) จากตำแหน่งหนึ่ง ไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง ดังเช่นในรูปที่ 1 ในการออกแรงแบกของขึ้นที่สูงจากเดิม h จะต้องทำงาน W โดยที่ $W = mgh$



รูปที่ 1. คนแบกของ
ขึ้นบันได

ไม่ว่าจะเดินทางใดก็ตาม เพื่อให้ขึ้นไปถึง h จะต้องทำงานเท่ากับ mgh เสมอกล่าวได้ว่างานที่ทำนี้ไม่ขึ้นกับเส้นทาง

แรงชนิดเดียวกับแรงโน้มถ่วงซึ่งทำให้เกิดงาน โดยงานที่เกิดไม่ขึ้นกับเส้นทางแต่ขึ้นกับตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้ายเท่านั้น เรียกว่า แรงอนุรักษ์ (Conservative Force)

ส่วนแรงที่เมื่อกระทำต่อวัตถุแล้วงานที่เกิดขึ้นกับเส้นทางด้วยเรียกว่า แรงไม่อนุรักษ์ (Nonconservative Force) ตัวอย่างเช่น แรงเสียดทาน แรงที่เกิดจากแรงเสียดทานจะขึ้นกับเส้นทางว่าตรง โค้ง หรือหักไปหักมา ซึ่งจะไถ่กันไม่เท่ากัน

เมื่อแยกแรงเช่นนี้จะมีข้อเท็จจริงที่สำคัญว่า เราจะพิจารณาพลังงานศักย์ได้เฉพาะกรณีที่เกี่ยวข้องกับแรงอนุรักษ์เท่านั้น เราจะ ไม่พิจารณาพลังงานศักย์กับแรงไม่อนุรักษ์ เช่นแรงเสียดทาน (คือไม่มีพลังงานศักย์เนื่องจากความเสียดทาน)

ได้พิจารณากันมาแล้วว่าพลังงานศักย์ก็คืพลังงานจลน์ก็มีความสัมพันธ์กับงาน กล่าวคือ งานที่เกิดขึ้นจะเท่ากับการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์ และการเปลี่ยนแปลงของพลังงานศักย์เช่นกัน

ดังนั้นสำหรับระบบที่มีเฉพาะพลังงานกล (Mechanical Energy) ซึ่งก็คือพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ตามทีกล่าวถึงกันมา จะมีความสัมพันธ์กับงานที่เกิดขึ้น เรียกว่า ทฤษฎีงาน-พลังงาน (Work-Energy Theorem) กล่าวว่

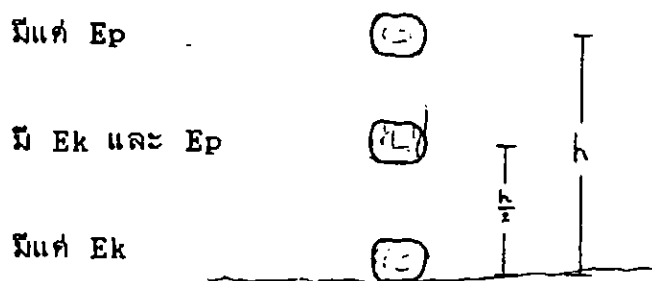
$$\begin{aligned} \text{งานที่เกิด} &= \text{การเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์} + \text{การเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์} \\ \text{หรือ} \quad W &= E_p + E_k \end{aligned}$$

.....(1)

นอกจากพลังงานสามารถเปลี่ยนไปมาทำงานได้ตามสมการ (1) แล้ว พลังงานด้วยกันเองสามารถเปลี่ยนไปเป็นรูปอื่นได้ด้วย

ในการเปลี่ยนรูปของพลังงาน เช่นจากพลังงานศักย์เป็นพลังงานจลน์นั้น จะต้องไม่มีพลังงานเกิดขึ้นใหม่หรือสูญหายไป เรียกว่า กฎทรงพลังงาน (Law of Conservation of Energy)

ดังเช่นก้อนหินในรูปที่ 2 ถูกปล่อยให้ตกพื้น



รูปที่ 2 แสดงการเปลี่ยนแปลงของพลังงานศักย์เป็นพลังงานจลน์ของวัตถุตก

ก่อนที่ก้อนหินจะตกจะมีพลังงานศักย์ (E_p) มีค่าเท่ากับ mgh เมื่อเทียบกับพื้นห้อง

ขณะที่ก้อนหินตกลงมา พลังงานศักย์จะลดลง และพลังงานจลน์จะเพิ่มขึ้นคือ ก้อนหินจะลดต่ำลงแต่เร็วขึ้น

ตรงความสูงครึ่งหนึ่ง ($h/2$) จะมีพลังงานศักย์ และพลังงานจลน์อย่างละครึ่งหนึ่งคือเท่ากับ $(mgh/2)$

เมื่อตกถึงพื้นพลังงานศักย์จะเป็นศูนย์ ส่วนพลังงานจลน์จะเท่ากับ mgh

คือ $E_k \text{ ที่พื้น} = mgh \quad \dots\dots\dots(2)$

สามารถพิสูจน์สมการ (2) โดยใช้ความรู้เรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ตกอย่างอิสระที่ได้เคยเรียนกันมาแล้ว ดังนี้

ที่จุดเริ่มต้น (ความสูง h) วัตถุมีความเร็วต้น $u = 0$, เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง g ได้ระยะทาง h ความเร็วที่พื้น $= v$

จะได้จาก

$$\begin{aligned} v^2 &= u^2 + 2 \, g s \\ v^2 &= 0 + 2 \, g h \\ v^2 &= 2 \, g h \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(3)$$

จากค่าจำกัดความของพลังงานจลน์ของวัตถุจะบอกได้ว่าที่พื้นจะมี
พลังงานจลน์ (E_k) โดย

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2$$

แทนค่า v^2 จากสมการ (3) จะได้

$$E_k = \frac{1}{2} m (2 \, g h) = m g h \quad \dots\dots\dots(4)$$

จะเห็นได้ว่าพลังงานจลน์ที่พื้นตามสมการ (4) ที่ได้เท่ากับสมการ (2) พอดี
จากการพิจารณาข้างต้นเช่นกัน จะได้ข้อสรุปเกี่ยวกับพลังงานอีกว่า เมื่อเริ่ม
ต้นมีพลังงานกลเท่าใดเมื่อเคลื่อนที่ไปแล้วพลังงานกลรวมจะคงที่ คือ

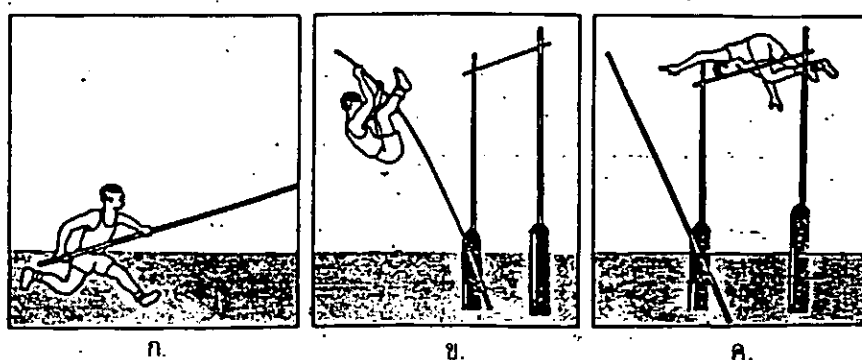
$$E_k + E_p = \text{ค่าคงที่} \quad \dots\dots\dots(5)$$

จากตัวอย่างที่กล่าวถึงในรูปที่ 2 ค่าคงที่นี้ก็คือ $m g h$ นั่นเอง และขอเตือน
ถ้าคิดพลังงานจลน์มารวมกับพลังงานศักย์จะเท่ากับ $m g h$ ตลอดไป นั่นคือ ผลรวมของ
พลังงานกลมีค่าคงที่ ซึ่งสอดคล้องกับ กฎทรงพลังงาน

ความคิดที่ว่าพลังงานไม่สามารถจะสร้างขึ้น หรือทำลายได้นั้น นักฟิสิกส์
ได้ศึกษาทดลองกันนับตั้งแต่ก่อนคริสต์ศตวรรษที่ 19 โดยมีผลงานที่สำคัญ คือ เจมส์ จูล
(James Joule) เจ้าของชื่อซึ่งเรานำมาใช้เป็นหน่วยของงาน และพลังงาน ซึ่งได้
แสดงให้เห็นว่าพลังงานกลได้เปลี่ยนเป็นความร้อนได้ โดยมีค่าเท่ากัน ถ้าไม่มีการ
สูญเสียให้กับสิ่งแวดล้อม ต่อมาได้สรุปเป็นกฎทรงพลังงานว่า ปริมาณของพลังงานกล,
พลังงานความร้อน, พลังงานเคมี, และพลังงานรูปอื่นๆ มีค่าคงที่

สำหรับระบบที่มีแต่พลังงานกล เช่น ในการเคลื่อนที่ก็จะได้ว่า “พลังงานกล
คือพลังงานศักย์และพลังงานจลน์รวมกันแล้วมีค่าคงที่เท่ากับพลังงานเริ่มต้นนั่นเอง”

ในการกระโดดค้ำถ่อ ดังรูป 3 การเคลื่อนที่ของนักกีฬา จากตำแหน่งหนึ่ง ไปอีกตำแหน่งจะมีการเปลี่ยนรูปของพลังงาน รูป 3 ก. นักกีฬามีพลังงานจลน์อย่าง เดียว รูป 3 ข. นักกีฬามีพลังงานจลน์ลดลงกว่าเดิม เพราะเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงาน ศักย์โน้มถ่วง และพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของถ่อ รูป 3 ค. นักกีฬาจะมีพลังงานศักย์ โน้มถ่วงมากที่สุดและมีค่าเท่ากับพลังงานจลน์เดิม



รูปที่ 3. การกระโดดค้ำถ่อ

อย่างไรก็ตาม พลังงานที่เราศึกษาในบทนี้มีเพียง 2 รูปเท่านั้น คือ พลังงานจลน์และพลังงานศักย์และได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนรูประหว่างพลังงานทั้งสองเท่านั้น แต่ในธรรมชาติยังมีพลังงานอีกหลายรูป เช่น พลังงานเคมี พลังงานไฟฟ้า พลังงาน ความร้อน ฯลฯ พลังงานรูปต่างๆ เหล่านี้ สามารถเปลี่ยนจากรูปหนึ่ง ไปเป็นอีกรูปหนึ่ง ได้เช่นกัน

พลังงานเคมี เป็นพลังงานที่เกี่ยวข้องกับพลังงานที่ยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม พลังงานนี้เรียกว่า พลังงานพันธะ เช่น พลังงานที่มีอยู่ในอาหาร คินปิ่น น้ำมัน เชื้อเพลิง พลังงานที่สะสมอยู่ในเซลล์ไฟฟ้า หรือแบตเตอรี่ เป็นต้น เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงพันธะ เคมีจะมีการปลดปล่อยพลังงานปริมาณหนึ่งออกมาในรูปพลังงานความร้อน หรือพลังงาน ไฟฟ้า ซึ่งสามารถนำมาใช้ให้เป็นประโยชน์ได้

น้ำที่ค้างอยู่หลัง เชือกกักเก็บน้ำ จะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วง ซึ่งเมื่อปล่อยน้ำให้ ไหลเข้าสู่กังหันของ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานไฟฟ้าได้ พลังงาน ไฟฟ้านี้อาจเปลี่ยนไปเป็นพลังงานแสง พลังงานกล หรือพลังงานความร้อนได้ เช่น แสงจากหลอดไฟ การหมุนของพัดลม หรือความร้อนของเตาอบไฟฟ้า เป็นต้น

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าวัตถุที่เคลื่อนที่ภายใต้แรงโน้มถ่วง หรือแรงยึดหยุ่น โดยไม่มีแรงภายนอกมาเกี่ยวข้อง พลังงานกลรวมของวัตถุจะคงที่ แต่ถึงแม้จะมีแรงภายนอก เช่น แรงเสียดทานมาเกี่ยวข้อง หรือมีการเปลี่ยนรูปของพลังงาน พลังงานรวมของระบบก็ยังมีค่าคงเดิมเสมอ ซึ่งเป็นไปตามกฎทรงพลังงาน

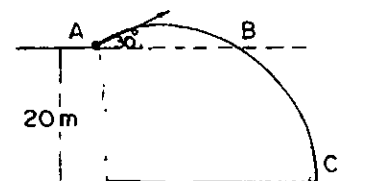
ปัญหาการเคลื่อนที่ในทางจลนศาสตร์มักจะแก้ได้ โดยการใช้หลักของพลังงานเข้ามาช่วย โดยที่ในบางครั้งอาจจะทำให้แก้ปัญหาได้ง่าย และสะดวกขึ้นกว่าการใช้สมการ การเคลื่อนที่หรือกฎการเคลื่อนที่ 3 ข้อของนิวตัน

เหตุที่หลักพลังงานช่วยแก้ปัญหาการเคลื่อนที่ได้ ก็เพราะหลักของพลังงานมีพื้นฐานมาจากกฎของนิวตันนั่นเอง ซึ่งนักเรียนจะสังเกตได้จากการศึกษาที่ผ่านมาแล้ว และในตัวอย่างที่จะได้เห็นต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 1 ก้อนหินมวล 4 กิโลกรัม ถูกขว้างด้วยความเร็ว 5 เมตรต่อวินาที ในทิศทางมุมกับแนวระดับ 30 องศาจากหน้าผา โดยสูงจากพื้นดิน 20 เมตร จงหาอัตราเร็วขณะตกถึงพื้น

วิธีทำ การตอบคำถามนี้ อาจทำได้โดยคิดการเคลื่อนที่แบบโปรเจกไทล์ ซึ่งต้องหาความเร็วในแนวระดับ และแนวตั้งที่ตำแหน่ง C ก่อน แล้วค่อยรวมแบบเวกเตอร์เพื่อหาอัตราเร็วถ้าใช้กฎทรงพลังงานจะได้ดังนี้
ให้ v เป็นอัตราเร็วที่ C

$$\begin{aligned}
 E_k(A) + E_p(A) &= E_k(C) + E_p(C) \\
 \frac{1}{2} (4)(5)^2 + (4)(10)(20) &= \frac{1}{2} (4)(v^2) + 0 \\
 50 \text{ J} + 800 \text{ J} &= 2 v^2 \\
 850 &= 2 v^2 \\
 v^2 &= \frac{850}{2} = 425 \\
 v &= 20.62 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$



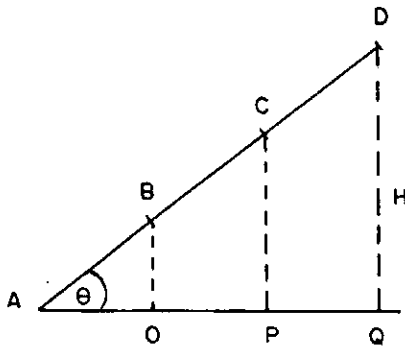
ก้อนหินมีอัตราเร็วเมื่อตกถึงพื้น 20.62 เมตรต่อวินาที

ตอบ

หมายเหตุ จากหลักทรงพลังงาน จะเห็นได้ว่าค่ามุมในการขว้าง คือ 30 องศา จะไม่มีผลต่อขนาดของความเร็ว แต่มุมในการขว้างจะมีผลต่อระยะสูงสุด และความไกลของการตก

มวลของก้อนหินก็เช่นกันถ้าเป็น 1, 2, 3 กิโลกรัม หรือค่าใด ๆ ก็จะไม่มีผลต่อขนาดของความเร็วขณะตก เพราะในสมการจากกฎทรงพลังงาน มวลจะตัดกันไปหมดเอง

ตัวอย่างที่ 2 วัตถุเคลื่อนที่จาก A ไปยัง D ความเร็วโดยพื้นสั่นมาก เมื่อถึงตำแหน่ง D วัตถุจะหยุดนิ่งพอดี ขณะที่วัตถุอยู่ที่ C มีพลังงานศักย์เป็นกี่เท่าของพลังงานจลน์ ($AB = BC = CD$)



วิธีทำ

ที่ A มี E_k สูงสุด E_p เป็น 0

ที่ D มี E_k เป็น 0 E_p สูงสุด

ให้ $AB = BC = CD = 1$

จากหลักทรงพลังงานจะได้

$$\begin{aligned} E_k(A) &= \frac{1}{2} mv^2 \\ &= E_p(D) = mgh \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(1)$$

ณ ตำแหน่ง C เมื่อเทียบกับ A จะได้

$$E_k(C) + E_p(C) = E_k(A) = mgh \quad \dots\dots\dots(2)$$

แต่

$$\begin{aligned} E_p(C) &= mg(CP) \\ &= mg(AC \sin \theta) \end{aligned}$$

ได้

$$E_p(C) = mg2 \cdot 1 \sin \theta \quad \dots\dots\dots(3)$$

จากสามเหลี่ยม ADQ จะได้

$$\begin{aligned} DQ &= H = AD \sin \theta = 3 l \sin \theta \\ \text{ดังนั้น} \quad 1 &= \frac{H}{3 \sin \theta} \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

แทนค่า 1 ในสมการ (3) ได้

$$\begin{aligned} E_p(C) &= \frac{mg2 (H) \sin \theta}{3 \sin \theta} \\ E_p(C) &= \frac{2}{3} mgH \dots\dots\dots(5) \end{aligned}$$

แทนค่า $E_p(C)$ จากสมการ (5) ลงใน (2) จะได้

$$\begin{aligned} E_k(C) + \frac{2}{3} mgH &= mgH \\ E_k(C) &= \frac{1}{3} mgH \dots\dots\dots(6) \end{aligned}$$

สมการ (5) ทารด้วย (6) จะได้

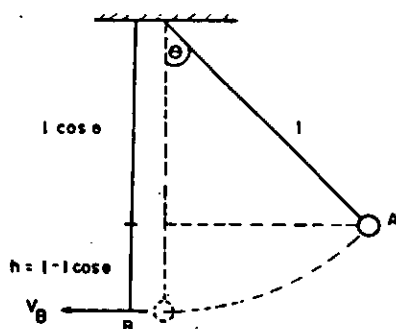
$$\frac{E_p(C)}{E_k(C)} = \frac{2 \times mgH \times 3}{3 mgH} = 2$$

ได้พลังงานศักย์ที่ $C = 2$ เท่าของพลังงานจลน์ที่ C

ตอบ

ตัวอย่างที่ 3 นักกีฬาผู้หนึ่งหนัก P นิวตัน กำลังโยนเส้นเชือกยาว 1 เมตร ซึ่งปลายข้างหนึ่งผูกติดกับเพดาน ถ้าเขาแกว่งตัวไปมา โดยในการแกว่งแต่ละครั้ง เชือกจะทำมุม θ กับแนวตั้ง จงหาอัตราเร็วขณะที่ตัวเขาแกว่งผ่านจุดต่ำสุด

วิธีทำ



จากหลักการทรงพลังงานกล จะได้ว่า

พลังงานกลรวมที่ A = พลังงานกลรวมที่ B

$$mgh + 0 = 0 + \frac{1}{2} mv_B^2$$

จะได้ $v^2 = 2gh$

เนื่องจาก $h = l - l \cos \theta$

ดังนั้น $v_B^2 = 2g(l - l \cos \theta)$

$$v_B = \sqrt{2g(l - l \cos \theta)}$$

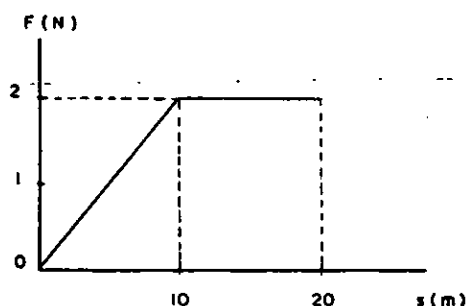
$$= \sqrt{2gl(1 - \cos \theta)}$$

นั่นคือ ขณะที่ตัวเขาแกว่ง ผ่านจุดต่ำสุด จะมีอัตราเร็ว $\sqrt{2gl(1 - \cos \theta)}$

เมตรต่อวินาที

ตอบ

ตัวอย่างที่ 4 วัตถุมวล 0.2 กิโลกรัม ตกจากที่สูง 20 เมตร วัตถุนั้นจะถึงพื้นด้วยอัตราเร็วเท่าใด ถ้าแรงต้านทานการเคลื่อนที่ของอากาศเป็นคงรูปกราฟที่กำหนดให้ โดย s คือระยะทางของการเคลื่อนที่



วิธีทำ เนื่องจากพื้นที่ใต้กราฟ F กับ s คืองานของแรงต้านการเคลื่อนที่ของอากาศ ซึ่งงานนี้จะเท่ากับพลังงานที่เปลี่ยนไป

จากรูปขวามือแสดงลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุจะเห็นว่า พลังงานที่เปลี่ยนไปคือ

$$\Delta E_p + \Delta E_k \text{ โดยที่ } \Delta E_p = E_{pB} - E_{pA} \text{ และ } \Delta E_k = E_{kB} - E_{kA}$$

ดังนั้นจะได้ว่า

$$\text{พื้นที่ใต้กราฟ } F \text{ กับ } s = (E_{pB} - E_{pA}) + (E_{kB} - E_{kA})$$

$$-\left[\frac{1}{2} \times (10 \times 20) \times 2\right] = (0 - mgh) + \left(\frac{1}{2} mv^2 - 0\right)$$

(เป็นลบเพราะเป็นงานต้านการเคลื่อนที่)

$$-30 = (-0.2 \times 10 \times 20) + \left(\frac{1}{2} \times 0.2 \times v^2\right)$$

$$-30 = -40 + 0.1 v^2$$

$$0.1 v^2 = 10$$

$$v^2 = \frac{10}{0.1}$$

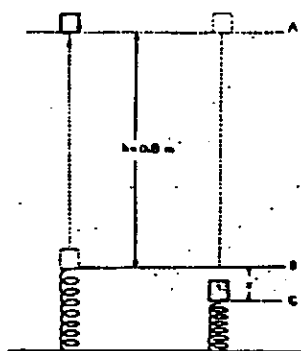
$$v^2 = 100$$

$$v = 10 \text{ m/s}$$

นั่นคือ วัตถุจะมีอัตราเร็ว 10 เมตรต่อวินาที

ตอบ

ตัวอย่างที่ 5 วัตถุตกจากที่สูง 0.8 เมตรเหนือสปริงที่มีค่าคงสปริง 400 นิวตันต่อเมตร ดังรูป ถ้าวัตถุมีมวล 8 กิโลกรัม จงหาว่าเมื่อวัตถุตกลงบนสปริง สปริงจะถูกกดลงมากที่สุดเท่าไร



วิธีทำ ขณะวัตถุอยู่ที่ระดับ A จะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงเท่ากับ

$$E_p = mgh + mgx$$

เมื่อวัตถุอยู่ที่ระดับ C จะมีพลังงานศักย์เท่ากับพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริงคือ

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

จากกฎทรงพลังงานจะได้ว่า

$$mgh + mgx = \frac{1}{2} kx^2$$

$$(8 \times 10 \times 0.8) + 80x = \frac{1}{2} \times 400 \times x^2$$

$$64 + 80x = 200x^2$$

$$25x^2 - 10x - 8 = 0$$

$$x = \frac{+10 \pm \sqrt{100 + 800}}{2 \times 25}$$

$$= \frac{+10 \pm \sqrt{900}}{50}$$

$$= \frac{40}{50}$$

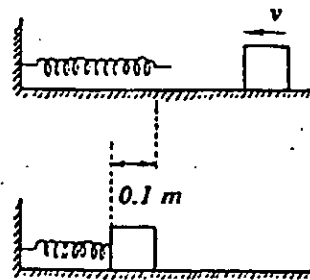
$$= 0.8 \text{ m}$$

นั่นคือ สปริงจะถูกกดลง 0.8 เมตร

ตอบ

ตัวอย่างที่ 6 วัตถุมวล 4 กิโลกรัม เคลื่อนที่บนพื้นราบเกลี้ยงด้วยอัตราเร็ว 6 เมตรต่อวินาที เข้าชนปลายหนึ่งของสปริงที่อยู่ในแนวราบ และปลายอีกข้างหนึ่งถูกยึดไว้ ทำให้สปริงหดเข้าไปจากตำแหน่งเดิม 0.1 เมตรจึงหยุด จงหาพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริงและแรงที่สปริงกระทำต่อวัตถุขณะนั้น

วิธีทำ



ตำแหน่งที่สปริงหดเข้าไป จากตำแหน่งเดิมจนวัตถุหยุด จะได้ว่าขนาดพลังงานจลน์ของวัตถุที่เปลี่ยนไป = พลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริง นั่นคือ

$$\begin{aligned} E_p \text{ ของสปริง} &= \frac{1}{2} mv^2 - \frac{1}{2} mu^2 \\ &= \frac{1}{2} (4)(6)^2 - \frac{1}{2} (4)(0)^2 \\ &= 72 \text{ J} \end{aligned}$$

ซึ่ง $\frac{1}{2} ks^2 = 72$

โดยที่ $F = ks = \frac{72 \times 2}{s}$

$$= \frac{144}{0.1}$$

$$= 1,440 \text{ นิวตัน}$$

นั่นคือ พลังงานศักย์ยืดหยุ่นเท่ากับ 72 จูล และแรงที่สปริงกระทำต่อวัตถุ

คือ 1,440 นิวตัน

ตอบ

เอกสารหมายเลข 3.3

แบบประเมินผลตนเอง

เรื่อง

กฎทรงพลังงาน

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนทำแบบประเมินผลนั้ด้วยตนเองภายในเวลา 30 นาที
2. เมื่อทำเสร็จแล้ว ให้ขอรับบัตรเฉลยเพื่อตรวจสอบ
3. ถ้ามีข้อสงสัยให้ซักถามผู้สอนได้

แบบประเมินผล

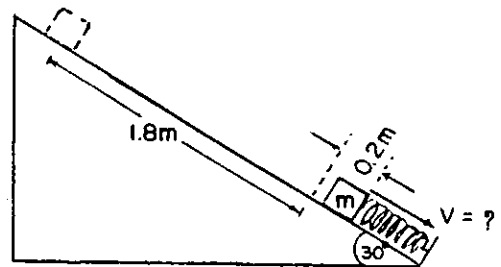
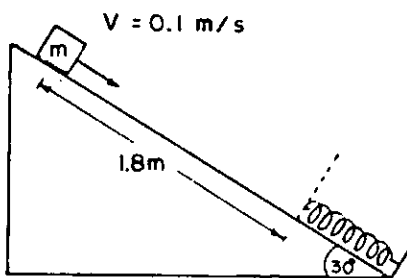
เรื่อง

กฎทรงพลังงาน

คำสั่ง จงเติมคำตอบลงในช่องว่าง หรือตอบคำถามหรือแสดงวิธีทำ

1. กฎทรงพลังงาน กล่าวว่า
.....
2. เมื่อวัตถุตกอย่างอิสระจากที่สูงสู่พื้นดิน จะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานอย่างไร
.....
.....
3. ถ้าขว้างวัตถุขึ้นไปจากพื้น จะมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานอย่างไร
.....
.....
4. ถ้าพลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริงลดลงเป็น 0 แรงที่กระทำต่อสปริงจะมีค่าเป็น
.....

5. วัตถุมวล 20 กิโลกรัม เคลื่อนลงตามพื้นเอียงผิวเกลี้ยง ซึ่งเอียงทำมุม 30° กับแนวนอน ถ้าวัตถุเริ่มเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว 0.1 เมตรต่อวินาที และที่ส่วนล่างสุดของพื้นเอียงมีสปริงรองรับอยู่ ซึ่งมีค่าคงสปริงเท่ากับ 2000 นิวตันต่อเมตร จงหาอัตราเร็วของวัตถุ ณ ตำแหน่งที่สปริงถูกกดและหดเข้าจากเดิม 0.2 เมตร เมื่อระยะที่เริ่มต้นของวัตถุกับสปริงตามพื้นเอียงเป็น 1.8 เมตร
(กำหนด $g = 10 \text{ m/s}^2$)



วิธีทำ

บัตร เฉลย
เรื่อง
กฎทรงพลังงาน

1. พลังงานรวมของวัตถุจะ ไม่สูญหาย ไปไหน แต่อาจ เปลี่ยนจากรูปหนึ่ง ไปเป็นอีกรูปหนึ่ง
2. พลังงานศักย์ลดลงและพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น โดยปริมาณพลังงานศักย์ที่ลดลง เท่ากับพลังงานจลน์ที่เพิ่มขึ้น
3. พลังงานศักย์โน้มถ่วง เพิ่มขึ้น โดยค่าที่เพิ่มขึ้นทุกขณะ เปลี่ยนมาจากพลังงานจลน์ที่ลดลง
4. 0

5. จากกฎทรงพลังงาน

พลังงานกลที่ตำแหน่งเริ่มต้น = พลังงานกลที่ตำแหน่งที่สปริงหดลง 0.2 เมตร

$$Ek_1 + Ep_{\text{โน้มถ่วง}} = Ek_2 + Ep_{\text{สปริง}}$$

$$\frac{1}{2}mv^2 + mg(1.8+0.2)\sin 30 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}ks^2$$

$$\frac{1}{2}(20)(0.1)^2 + (20)(10)(2.0)(\frac{1}{2}) = \frac{1}{2}(20)(v^2) + \frac{1}{2}(2000)(0.2)^2$$

$$v^2 = 16$$

$$v = 4$$

นั่นคือ ณ ตำแหน่งที่สปริงหดลง 0.2 เมตร วัตถุจะมีอัตราเร็ว 4 เมตรต่อวินาที

ตอบ

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาศิลปะ

เรื่อง งานและผลงาน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาศิลปะ

เรื่อง งานและผลงาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้มี 40 ข้อ เป็นแบบเลือกตอบชนิด 5 ตัวเลือก
2. ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 100 นาที
3. คำถามแต่ละข้อจะมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวเท่านั้น เมื่อนักเรียนเลือก
ได้คำตอบใดแล้ว ให้ขีดเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในช่องที่ตรงกับตัวเลือก
ข้อที่เลือกในกระดาษคำตอบ ดังตัวอย่างการเลือกตอบ ข้อ ข.

ก. ข. ค. ง. จ.

ข้อ (0)

X

ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบ ให้ขีดฆ่าคำตอบเดิมแล้วจึงขีดคำตอบ
ใหม่ดังตัวอย่างการเปลี่ยนคำตอบจากข้อ ข. เป็น จ. ดังนี้

ก. ข. ค. ง. จ.

ข้อ (0)

X

X

4. ห้าม ขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ในแบบทดสอบฉบับนี้
5. เมื่อมีข้อสงสัยให้สอบถามผู้คุมห้องสอบเท่านั้น

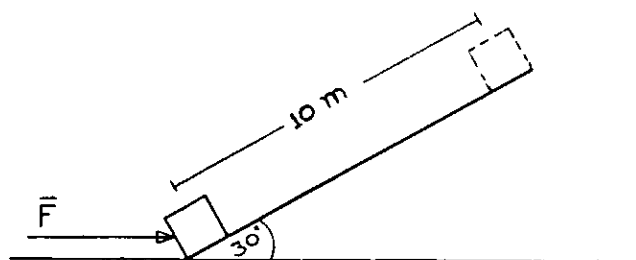
1. กรณีใดต่อไปนี้ ในทางฟิสิกส์ถือว่า ไม่ เกิดงาน
 - ก. ว่างคันธนู
 - ข. ลากของขึ้นบันได
 - ค. คันรถเข็นไปตามแนวระดับ
 - ง. ยกของจากพื้นขึ้นไปไว้บนโต๊ะ
 - จ. ควงจันทร์โคจรรอบโลกด้วยอัตราเร็วคงที่

2. นักเรียนคนหนึ่งออกแรง 100 นิวตัน ในแนวนอนกับพื้น ผลักวัตถุมวล 18 กิโลกรัมให้เคลื่อนที่ไปได้ระยะทาง 12 เมตร นักเรียนคนนี้ทำงานได้เท่าไร
 - ก. 1.0 กิโลจูล
 - ข. 1.2 กิโลจูล
 - ค. 1.8 กิโลจูล
 - ง. 2.0 กิโลจูล
 - จ. 2.4 กิโลจูล

3. ชายคนหนึ่งถือของมวล 5 กิโลกรัม ยืนอยู่บนรถที่กำลังแล่นไปตามถนนราบตรง ด้วยอัตราเร็วคงที่ในระยะ 500 เมตร ชายคนนี้ทำงานได้เท่าไร
 - ก. 2.5 กิโลจูล
 - ข. 25 กิโลจูล
 - ค. 30 กิโลจูล
 - ง. 35 กิโลจูล
 - จ. ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง

4. ออกแรงลากวัตถุที่มีน้ำหนัก 80 นิวตัน ให้เคลื่อนที่ขึ้นไปตามพื้นเอียงผิวเกลี้ยง ซึ่งเอียงทำมุม 30° กับแนวระดับ เมื่อวัตถุขึ้นไปได้สูง 3 เมตร จากระดับเดิม งานเนื่องจากแรงที่ใช้ลากวัตถุนี้จะเป็นเท่าไร
- 120 จูล
 - 170 จูล
 - 200 จูล
 - 240 จูล
 - 310 จูล
5. สมชายออกแรงในแนวตั้งยกวัตถุจากพื้นขึ้นไปไว้บนที่สูง 4 เมตร ถ้างานที่เขาทำได้มีค่า 310 จูล วัตถุที่เขายกนั้นมีมวลเท่าไร
- 5.15 กิโลกรัม
 - 7.75 กิโลกรัม
 - 10.25 กิโลกรัม
 - 13.05 กิโลกรัม
 - 15.50 กิโลกรัม
6. ออกแรง 65 นิวตัน ลากวัตถุหนัก 250 นิวตัน ในทิศทำมุม 60° กับแนวระดับ จงหาว่างานที่ทำมีค่าเท่าไร ถ้าวัตถุถูกลากไปได้ ระยะทาง 13 เมตร
- 422.5 จูล
 - 470.5 จูล
 - 514.5 จูล
 - 576.5 จูล
 - 608.5 จูล

7. ออกแรงในแนวระดับ 100 นิวตัน ผลักวัตถุมวล 6 กิโลกรัม ขึ้นไปตามพื้นเอียงที่เอียงทำมุม 30° กับแนวระดับ งานที่ทำได้เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ไปได้ระยะตามพื้นเอียง 10 เมตร เป็นเท่าไร



- ก. 544 จูล
 ข. 866 จูล
 ค. 1228 จูล
 ง. 1712 จูล
 จ. 2022 จูล
8. ชายคนหนึ่งแบกของมวล 30 กิโลกรัม ไต่บันไดแล้วเดินตรงไปตามถนนราบเป็นระยะทาง 40 เมตร จึงขึ้นบันไดที่มี 8 ขั้น สูงขั้นละ 0.2 เมตร ชายคนนี้ทำงานได้ทั้งหมดเท่าไร
- ก. 12480 จูล
 ข. 1680 จูล
 ค. 600 จูล
 ง. 520 จูล
 จ. 480 จูล

9. ถ้าออกแรง $\vec{F}$ ยกวัตถุมวล m ขึ้นที่สูง h ด้วยอัตราเร็วคงที่

ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง

(1) มีแรงกระทำต่อวัตถุสองแรง คือ แรง $\vec{F}$ และแรงโน้มถ่วงของโลก

(2) งานเนื่องจากแรง $\vec{F}$ มีค่าเท่ากับ mgh

(3) งานเนื่องจากแรงโน้มถ่วงมีค่าเท่ากับ mgh

(4) งานของแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุเป็นศูนย์

คำตอบคือ

ก. ข้อ (1) และ (2)

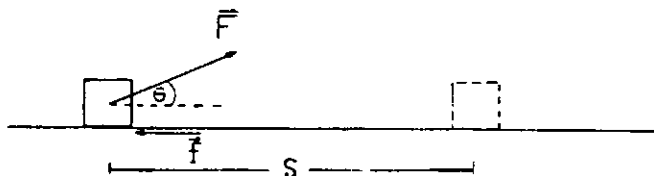
ข. ข้อ (2) และ (3) และ (4)

ค. ข้อ (1), (2) และ (4)

ง. ข้อ (1), (3) และ (4)

จ. ถูกทุกข้อ

10. วัตถุมวล m ที่วางอยู่บนพื้นหยาบด้วยแรงคงที่ F ในทิศทางมุม θ กับพื้น ถ้าวัตถุเคลื่อนที่ไปได้ระยะ s และพื้นมีแรงเสียดทาน f งานที่เกิดขึ้นทั้งหมดมีค่าเท่าไร



ก. $-fs$

ข. $Fs \cos \theta$

ค. $Fs \cos \theta + fs$

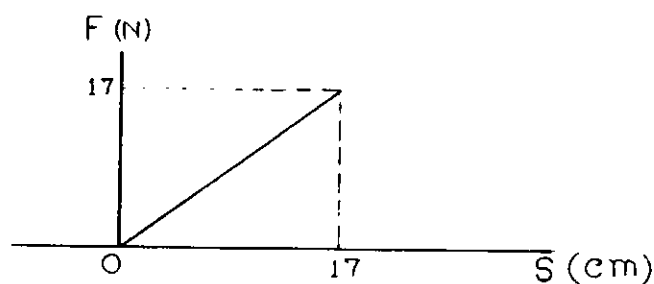
ง. $Fs \cos \theta - fs$

จ. $-Fs \cos \theta - fs$

11. นักกายกรรมไต่เชือกขึ้นในแนวตั้งด้วยอัตราเร่ง 2 เมตรต่อวินาที² เป็นระยะ 20 เมตร ถ้าเขามีมวล 48 กิโลกรัม เขาทำงานได้เท่าไร

ก. 2.0 กิโลจูล
 ข. 3.12 กิโลจูล
 ค. 7.26 กิโลจูล
 ง. 10.0 กิโลจูล
 จ. 11.52 กิโลจูล

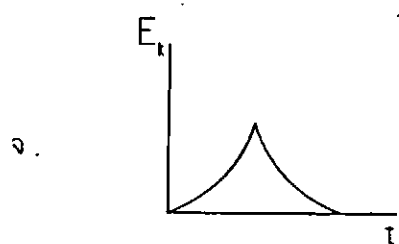
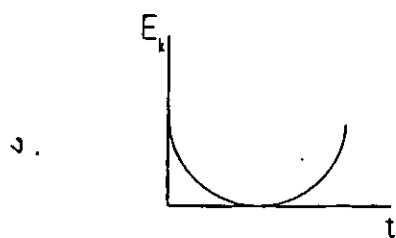
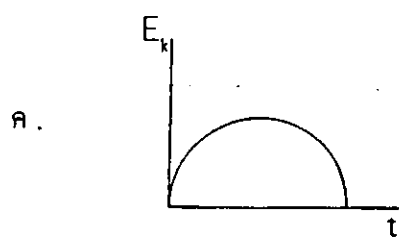
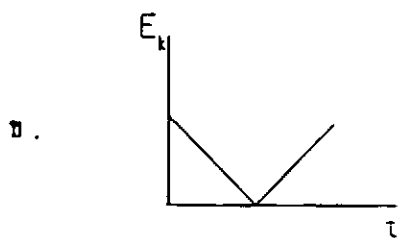
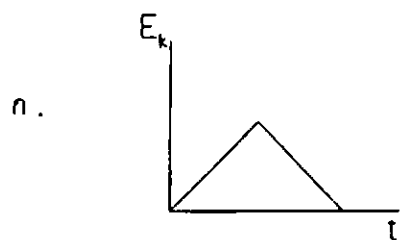
12. ออกแรงดึงสปริงให้ยืดออกโดยมีความสัมพันธ์ดังกราฟ งานที่ทำได้มีค่าเท่าไร เมื่อออกแรง 17 นิวตัน



- ก. 1.445 จูล
 ข. 7.445 จูล
 ค. 9.255 จูล
 ง. 22.55 จูล
 จ. 144.5 จูล
13. ลิฟต์มีมวล 2.5×10^3 กิโลกรัม ถูกยกขึ้นสูง 42 เมตร ในเวลา 1 นาที กำลังที่ใช้ในการยกนี้มีค่าเท่าไร
- ก. 17.5 กิโลวัตต์
 ข. 18.4 กิโลวัตต์
 ค. 19.7 กิโลวัตต์
 ง. 20.2 กิโลวัตต์
 จ. 21.8 กิโลวัตต์

14. เรือยนต์ลาหนึ่ง ถ้าจะให้แล่นด้วยอัตราเร็ว 420 เมตรต่อนาที เครื่องยนต์ต้อง
ออกแรง 1154 นิวตัน เครื่องยนต์นี้มีกำลังเท่าไร
- ก. 7016 วัตต์
 - ข. 7024 วัตต์
 - ค. 8042 วัตต์
 - ง. 8078 วัตต์
 - จ. ไม่มีคำตอบใดถูก
15. บันไคเลื่อนสามารถนำคนที่มียาวลเท่ากัน 10 คน ขึ้นไปได้สูง 4 เมตร ภายใน
เวลา 20 วินาที ถ้ากำลังของเครื่องยนต์ที่ทำให้บันไคเลื่อนเลื่อนขึ้นนี้ เท่ากับ
1040 วัตต์จงหาว่ามวลของคนหนึ่งๆ จะเท่ากับเท่าไร
- ก. 44 กิโลกรัม
 - ข. 48 กิโลกรัม
 - ค. 52 กิโลกรัม
 - ง. 56 กิโลกรัม
 - จ. 60 กิโลกรัม

16. บดปล่อยลูกบอลลูกหนึ่งให้ตกลงบนพื้นแข็ง ลูกบอลกระดอนขึ้นสูงถึงตำแหน่งที่ปล่อย กราฟรูปใดที่แสดงค่าพลังงานจลน์ของลูกบอลได้ดีที่สุด

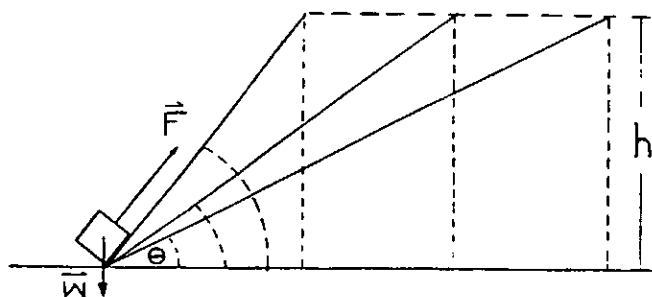


17. อนุภาคนิวตรอนมวล 1.7×10^{-27} กิโลกรัม เคลื่อนที่ผ่านจุดสองจุดที่ห่างกัน 6.0 เมตร ใช้เวลา 1.8×10^{-4} วินาที ถ้าคิดว่าอัตราเร็วของนิวตรอนมีค่าคงที่นิวตรอนนี้มีพลังงานจลน์เท่าไร
- 1.7×10^{-17} จูล
 - 3.2×10^{-17} จูล
 - 4.4×10^{-18} จูล
 - 6.5×10^{-18} จูล
 - 9.4×10^{-18} จูล
18. รถบรรทุกขนาดกลางคันหนึ่งมีมวล 3200 กิโลกรัม กำลังแล่นบนถนนราบด้วยอัตราเร็วคงที่ ถ้าวัดพลังงานจลน์ของรถคันนี้ได้ 1440 กิโลจูล จงหาว่าภายในเวลา 3 วินาที จะแล่นได้ระยะทางเท่าไร
- 90 เมตร
 - 95 เมตร
 - 100 เมตร
 - 110 เมตร
 - 120 เมตร
19. วัตถุหนึ่งเมื่ออยู่สูงจากพื้น 16 เมตร จะมีพลังงานศักย์เท่ากับพื้น 2.2 กิโลจูล วัตถุนี้มีมวลเท่าไร
- 11.25 กิโลกรัม
 - 12.5 กิโลกรัม
 - 13.75 กิโลกรัม
 - 14.25 กิโลกรัม
 - 15.0 กิโลกรัม

20. ก้อนหินมวล 8 กิโลกรัม ตกจากที่สูง 150 เมตร เหนือพื้นดิน เมื่อเวลาผ่านไป 1 วินาที ก้อนหินจะมีพลังงานศักย์เทียบกับพื้นดินเท่าไร

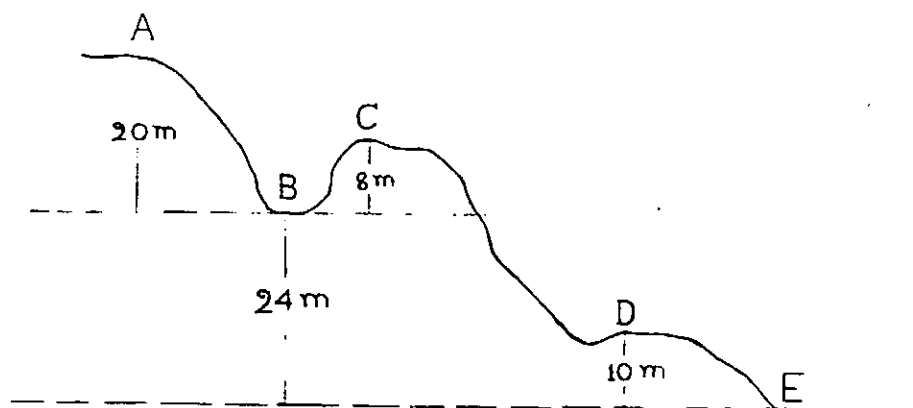
- ก. 1.02×10^3 จูล
- ข. 1.16×10^4 จูล
- ค. 1.23×10^5 จูล
- ง. 1.54×10^5 จูล
- จ. 1.78×10^5 จูล

21. ในการทดลองออกแรง $\vec{F}$ ดึงวัตถุหนัก w ให้ขึ้นไปตามพื้นเอียงที่เอียงทำมุมกับพื้นต่าง ๆ กัน แต่มีความสูง h เท่ากัน ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอในแต่ละพื้นเอียง เมื่อวัตถุขึ้นไปถึงระดับความสูง h จะเกิดงานเท่าไร และตัววัตถุจะมีพลังงานศักย์โน้มถ่วงเท่าไร



- ก. $F \sin \theta h$; wh
- ข. Fh ; $w \cos \theta h$
- ค. $w \sin \theta h$; wh
- ง. $w \cos \theta h$; $F \sin \theta h$
- จ. wh ; wh

22.



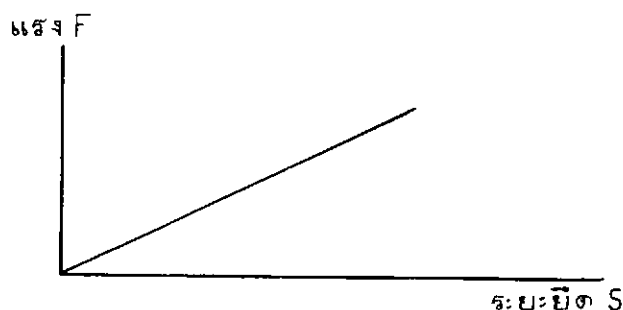
รถยนต์มวล 1400 กิโลกรัม แล่นจากจุด A ไป E โดยเส้นทางต้องผ่าน B, C และ D ดังรูป พลังงานศักย์ของรถจะเปลี่ยนแปลงเท่าไรเมื่อแล่นจาก A ไป ถึง D

- ก. 1.40×10^5 จูล
- ข. 1.96×10^5 จูล
- ค. 2.80×10^5 จูล
- ง. 4.76×10^5 จูล
- จ. 6.72×10^5 จูล

23. ในการใช้วัตถุมีการเปลี่ยนแปลงพลังงานศักย์โน้มถ่วง จะเลือกระดับอ้างอิงอย่างไรจึงจะทำให้ผลการคำนวณมีโอกาสผิดพลาดน้อยที่สุด

- ก. ใช้ระดับของวัตถุตอนเริ่มต้น
- ข. ใช้ระดับของวัตถุตอนสุดท้าย
- ค. ใช้ระดับที่ต่ำกว่าหรือเท่ากับระดับต่ำสุดของวัตถุ
- ง. ใช้ระดับที่สูงกว่าหรือเท่ากับระดับสูงสุดของวัตถุ
- จ. ใช้ระดับใดก็ได้

24. ในการทดลองดึงสปริงให้ยืดออกเป็นระยะทางต่าง ๆ จะต้องออกแรง โดยมีความสัมพันธ์ดังกราฟ



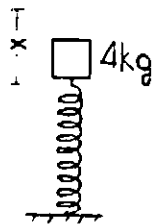
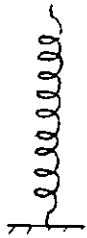
ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้อง

- (1) แรงที่ใช้ดึงสปริงเข้ายิ่งมาก จะทำให้สปริงยืดออกมาก
- (2) ค่าความชันของ เส้นกราฟมีค่าคงที่
- (3) งานที่ใช้ในการดึงสปริงนี้หาได้จากผลคูณของระยะทางยกกำลังสอง กับ เครื่องหนึ่งของค่าความชันของกราฟ

คำตอบคือ

- ก. ข้อ (1) เท่านั้น
 - ข. ข้อ (1) และ (2)
 - ค. ข้อ (2) และ (3)
 - ง. ข้อ (1), (2) และ (3)
 - จ. ไม่มีข้อใดถูก
25. จากข้อ 24 ถ้าสปริงถูกดึงจนยืดออกไปเป็นระยะ s จะมีพลังงานศักย์ยืดหยุ่นเท่าไร
- ก. Fs
 - ข. $1/2 Fs$
 - ค. Fs^2
 - ง. $1/2 Fs^2$
 - จ. ข้อมูลไม่เพียงพอที่จะทราบได้

26.

 4kg


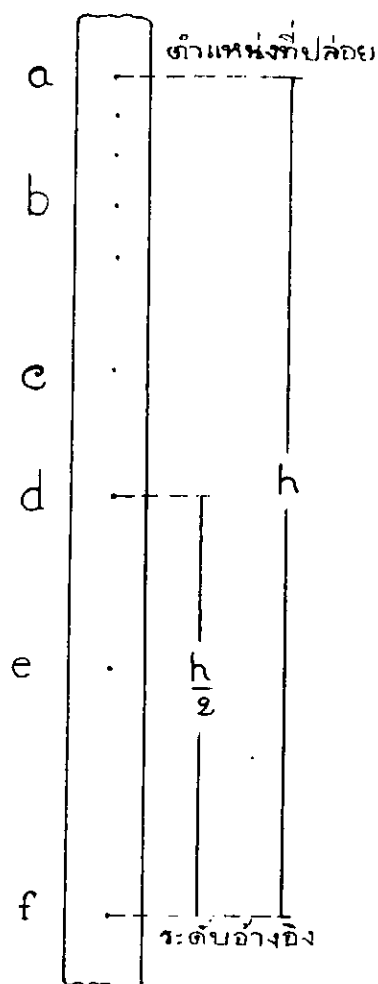
ลวดสปริงตั้งอยู่บนพื้นตั้งรูป มีสมบัติว่า
จะยืดออก หรือหดเข้า 1 เมตร ต่อ
แรงกระทำ 1000 นิวตัน ถ้านาวัดฤ
มวล 4 กิโลกรัม ค่อยๆ วางบนลวด
สปริงนี้ จะทำให้ลวดสปริงหดลงเป็น
ระยะเท่าไร

- ก. 1 เซนติเมตร
- ข. 2 เซนติเมตร
- ค. 3 เซนติเมตร
- ง. 4 เซนติเมตร
- จ. 5 เซนติเมตร

27. เครื่องชั่งสปริงแบ่งสเกลไว้ตั้งแต่ 0 - 10 นิวตัน บนสเกลที่ยาว 0.10 เมตร
พลังงานศักย์ยืดหยุ่นของสปริงขณะที่เครื่องชั่งอ่านค่าแรงได้ 8 นิวตัน เป็นเท่าไร

- ก. 0.32 จูล
- ข. 0.40 จูล
- ค. 0.54 จูล
- ง. 0.65 จูล
- จ. 0.75 จูล

28.



ในการทดลองวัดค่าพลังงานจลน์ และพลังงานศักย์ของตุ้มทรายที่ปล่อยให้ตกอย่างอิสระ โดยวัดอัตราเร็ว และระดับความสูงของตุ้มทรายจากระดับอ้างอิงจากจุดบนแถบกระดาษ ดังรูป แล้วหาพลังงานจลน์และพลังงานศักย์

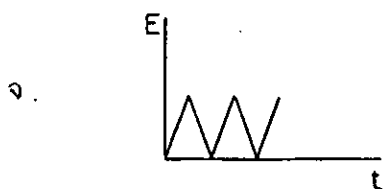
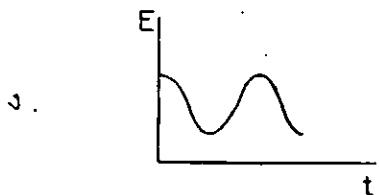
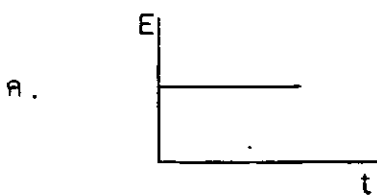
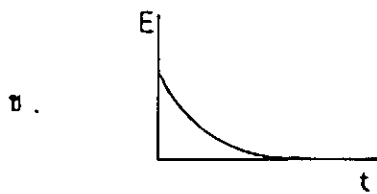
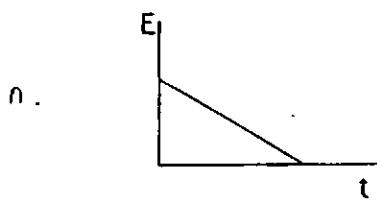
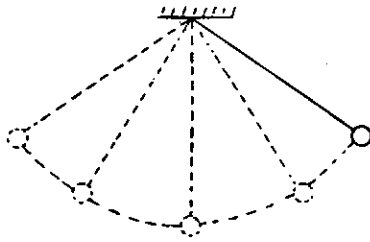
พิจารณาข้อความต่อไปนี้

- (1) พลังงานจลน์ที่ a เป็นศูนย์ และพลังงานศักย์มีค่าสูงสุด
- (2) พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ที่ f เป็นศูนย์
- (3) พลังงานจลน์ที่ b น้อยกว่า c แต่พลังงานศักย์มากกว่า
- (4) ที่ตำแหน่ง d พลังงานจลน์มีค่าเท่ากับพลังงานศักย์
- (5) ผลรวมของพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ที่ตำแหน่ง a, b, c, d, e และ f มีค่าลดลงตามลำดับ

ข้อที่กล่าวถูกต้องคือ

- ก. (1), (3) และ (4)
- ข. (2), (3) และ (5)
- ค. (1), (2), (4) และ (5)
- ง. (1), (3), (4) และ (5)
- จ. (5) เท่านั้น

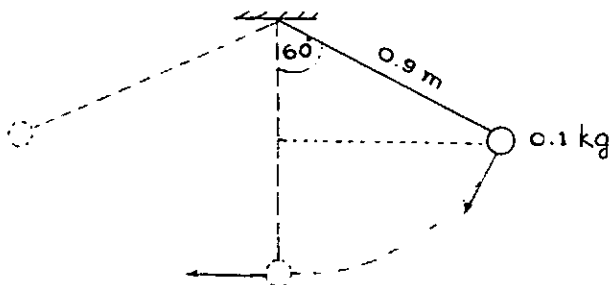
29. ในการปล่อยลูกตุ้มให้แกว่งจากจุดหนึ่ง ณ เวลา $t = 0$ ถ้าไม่คิดความต้านทานของอากาศเมื่อเวลาผ่านไปเรื่อย ๆ พลังงานทั้งหมดของลูกตุ้มจะมีลักษณะดังกราฟรูปใด



30. กระสุนปืนมวล 0.03 กิโลกรัม ถูกยิงขึ้นไปในแนวตั้งด้วยอัตราเร็ว 50 เมตรต่อวินาที เมื่อลูกกระสุนขึ้นไปถึงจุดสูงสุด จะมีพลังงานศักย์เท่าไร
- ก. 37.5 จูล
 - ข. 39.5 จูล
 - ค. 43.5 จูล
 - ง. 45.5 จูล
 - จ. 49.5 จูล
31. ลูกบอลมวล 0.8 กิโลกรัม ถูกโยนขึ้นไปในแนวตั้ง จงหาอัตราเร็วเริ่มต้นของลูกบอล ถ้าลูกบอลลอยขึ้นไปได้สูงสุด 20 เมตร
- ก. 10 เมตรต่อวินาที
 - ข. 12 เมตรต่อวินาที
 - ค. 18 เมตรต่อวินาที
 - ง. 20 เมตรต่อวินาที
 - จ. 24 เมตรต่อวินาที
32. ก้อนหินมีมวล 90 กิโลกรัม ตกจากหน้าผาหนึ่งขณะที่ตกลงมาได้ครึ่งทางมีพลังงานจลน์ 5.4×10^4 จูล หน้าผานั้นสูงเท่าไร
- ก. 60 เมตร
 - ข. 90 เมตร
 - ค. 120 เมตร
 - ง. 150 เมตร
 - จ. 180 เมตร

33. วัตถุมวล 2 กิโลกรัม ตกลงมาจากที่สูง เมื่อถึงระดับหนึ่งพบว่า มีพลังงานศักย์โน้มถ่วง 500 จูล และมีความเร็ว 20 เมตรต่อวินาที ต่อมาวัตถุก็ตกลงมาอยู่ที่อีกระดับหนึ่ง ซึ่งพลังงานศักย์โน้มถ่วงลดลงเหลือ 275 จูล จงหาว่าที่ระดับใหม่นี้วัตถุมีความเร็วเท่าไร
- 21 เมตรต่อวินาที
 - 22 เมตรต่อวินาที
 - 23 เมตรต่อวินาที
 - 24 เมตรต่อวินาที
 - 25 เมตรต่อวินาที

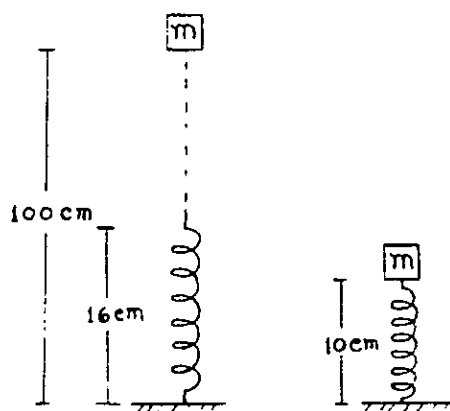
34. ดึงลูกตุ้มมวล 0.1 กิโลกรัม ให้เชือกทำมุม 60° กับแนวตั้ง แล้วปล่อยให้เคลื่อนที่ลงมา ถ้าเชือกยาว 0.8 เมตร อัตราเร็วที่มากที่สุดของลูกตุ้มขณะเคลื่อนที่เป็นเท่าไร



- 0.1 เมตรต่อวินาที
- 3.0 เมตรต่อวินาที
- 4.2 เมตรต่อวินาที
- 7.0 เมตรต่อวินาที
- 8.6 เมตรต่อวินาที

35. รถทดลองมวล 2.0 กิโลกรัม วิ่งเข้าชนสปริงที่มีค่าคงสปริง 3200 นิวตันต่อเมตรด้วยอัตราเร็ว 10 เมตรต่อวินาที สปริงจะหดสั้นจากเดิมมากที่สุดเท่าไร
- ก. 0.15 เมตร
 - ข. 0.25 เมตร
 - ค. 0.35 เมตร
 - ง. 0.45 เมตร
 - จ. 0.50 เมตร
36. ยิงลูกหินมวล 20 กรัม ด้วยหนังสติ๊กโดยการยัดหนังสติ๊กออกจากเดิม 20 เซนติเมตร ทำให้ลูกหินขึ้นไปในแนวตั้งได้สูง 22 เมตร จงหาว่าแรงที่ออกยัดหนังสติ๊กนี้เป็นเท่าไร
- ก. 32 นิวตัน
 - ข. 44 นิวตัน
 - ค. 50 นิวตัน
 - ง. 54 นิวตัน
 - จ. 60 นิวตัน

37. วัตถุตกจากที่สูง 100 เซนติเมตร ลงบนสปริงที่ติดตั้งในแนวตั้งทำให้สปริงหดลงเหลือความสูงจากพื้น 16 เซนติเมตร ถ้าปกติสปริงอยู่สูงจากพื้น 16 เซนติเมตร และมีค่าคงสปริง 2000 นิวตันต่อเมตร วัตถุตั้งกล่าวมีมวลเท่าไร



- ก. 200 กรัม
 ข. 300 กรัม
 ค. 400 กรัม
 ง. 500 กรัม
 จ. 600 กรัม
38. ลูกปืนมวล 0.02 กิโลกรัม ออกจากปากกล้องปืนด้วยอัตราเร็ว 200 เมตรต่อวินาทีพุ่งเข้าไปในแผ่นไม้ที่หนา 10 เซนติเมตรและทะลุออกมาด้วยอัตราเร็ว 40 เมตรต่อวินาที แรงที่ลูกปืนกระทำต่อเนื้อไม้มีค่าเฉลี่ยเท่าไร
- ก. 2150 นิวตัน
 ข. 3840 นิวตัน
 ค. 4260 นิวตัน
 ง. 5780 นิวตัน
 จ. 6530 นิวตัน

39. วัตถุมวล 28 กิโลกรัมถูกผลักให้ไถลไปบนพื้นที่มีแรงเสียดทาน 50 นิวตัน
ปรากฏว่าวัตถุไถลได้ไกล 7 เมตร แล้วหยุด จงหาว่าวัตถุถูกผลักให้เคลื่อนที่
ด้วยอัตราเร็วต้นเท่าไร
- ก. 1 เมตรต่อวินาที
 - ข. 2 เมตรต่อวินาที
 - ค. 3 เมตรต่อวินาที
 - ง. 4 เมตรต่อวินาที
 - จ. 5 เมตรต่อวินาที
40. วัตถุมวล 10 กิโลกรัมไถลลงจากเนินเขาซึ่งสูง 30 เมตร จากหยุดนิ่งจนมี
อัตราเร็ว 15 เมตรต่อวินาที เมื่อถึงตีนราบหลังงานที่สูญเสียไปเนื่องจาก
ความเสียดทานมีค่าเท่าไร
- ก. 1625 จูล
 - ข. 1750 จูล
 - ค. 1875 จูล
 - ง. 1925 จูล
 - จ. 2025 จูล