

บรรณานุกรม



หนังสือ

- โกชัย สาริกบุตร และสมพร สาริกบุตร. แนวการวิเคราะห์และประเมินผลแบบเรียน. กรุงเทพมหานคร: แสงรุ่งการพิมพ์, ๒๕๒๑.
- เจลา ไชยรัตนะ. การศึกษาในสหรัฐอเมริกา. พระนคร: สมาคมสังคมนิยมแห่งประเทศไทย, ๒๕๑๖.
- จ่าง พรายแยมแซ. เทคนิคและวิธีการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช, ๒๕๑๖.
- บุญเสริม วิสกุล. สถิติ ตอน ๑ วิธีเก็บและประมวลข้อมูล. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช, ๒๕๑๗.
- ประคอง กรรณสุต. สถิติศาสตร์ประยุกต์สำหรับครู. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช, ๒๕๑๓.
- รัฐจวน อินทรกำแหง. การเลือกหนังสือและการซื้อวัสดุของสมุด. พระนคร: สมาคมห้องสมุดแห่งประเทศไทย, ๒๕๐๘.
- วรวิทย์ วสินรกร. การศึกษาของไทย. ฉบับปรับปรุง. กรุงเทพมหานคร: สารมวลชนจำกัด, ๒๕๑๘.
- วิเชียร แสงโสภณ. วิธีสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. ครูสภา, ๒๕๑๕.

บทความ

ก่อ สวัสดิพิพาณิชย์. "หนังสือของเค็ก" ศูนย์ศึกษา ๑๑ (มีนาคม ๒๕๑๗) : ๓๒.

ธีระชัย ปุณฺณโชติ. "การสอนวิทยาศาสตร์สมัยใหม่" วารสารวิทยาศาสตร์ ๒๘ (สิงหาคม ๒๕๑๗) : ๔๓.

นিকা สะเพียรชัย. "การพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์" วารสารวิทยาศาสตร์ ๒๘ (มกราคม ๒๕๑๘) : ๒๖.

เอกสารอื่น ๆ

คงศักดิ์ พร่อมเทพ. "การศึกษาเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นของครูในโรงเรียนรัฐบาล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา พ.ศ. ๒๕๑๑." ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาระสานมิตร, ๒๕๑๒.

จินตนา จิรสกุล. "การวิเคราะห์แบบเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๑ ตามความมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์." ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาระสานมิตร, ๒๕๑๗.

เจริญ บุญญวัฒน์. "การทำและการใช้หนังสืออ่านประกอบวิชาวิทยาศาสตร์เบื้องต้น." เอกสารการอบรมครูวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาตอนปลาย สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย.

ธาคาศักดิ์ วชิรปรีชาพงษ์. "การวิเคราะห์หนังสือแบบเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๓ ในแง่ของรูปแบบและวิธีการเสนอเนื้อหา." ปริญญาานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาระสานมิตร, ๒๕๑๘.

- นันทนา ศิริพละ. "การศึกษาเกี่ยวกับการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนเทศบาล จังหวัดพระนคร ปีการศึกษา ๒๕๑๑." วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร, ๒๕๑๒.
- เนาวรัตน์ วิยะมงคล. "การวิเคราะห์แบบเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษา ปีที่ ๕ ตามความมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์." วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร, ๒๕๑๗.
- นพิตร์ เอกะวิภาค. "การวิเคราะห์เนื้อหาแบบเรียนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๘.
- ปทุม พงษ์สุชาติ. "การวิเคราะห์หนังสืออ่านวิชาประวัติศาสตร์ยุค ประโยคมัธยมศึกษาตอนปลาย." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๒๐.
- ประทีป จรัสรุ่งรวิวรร. "การวิเคราะห์แบบเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ ในแง่รูปแบบและวิธีการ เสนอเนื้อหา." วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร, ๒๕๑๘.
- ประเสริฐ เฟื่องพัก. "การวิเคราะห์แบบเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๒ ตามความมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์." วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร, ๒๕๑๗.
- ปราณี สิทธิสะอาด. "ความคิดเห็นของครูและนักเรียนเกี่ยวกับหนังสือแบบเรียนหลักภาษาไทย ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นเล่มหนึ่ง." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๒๓.

- เมธี ลากทวี. "การสำรวจหนังสืออ่านประกอบวิทยาศาสตร์สำหรับเด็กในระดับมัธยมศึกษา
ตอนต้นที่พิมพ์ในประเทศไทย ถึง ปี พ.ศ. ๒๕๐๔." วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต
แผนกศึกษามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๐๔.
- วีระ ตั้งชาวล. "การวิเคราะห์แบบเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๓ ตามความ
มุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์." ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัย
วิชาการศึกษาประสานมิตร, ๒๕๑๗.
- ศิริพร ลิมวิไล. "การวิเคราะห์แบบเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ ๒ ตามความ
มุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์." ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัย
วิชาการศึกษาประสานมิตร, ๒๕๑๗.
- สะอาด งามมานะ. "การวิเคราะห์แบบเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๔ ตาม
ความมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์." ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต
วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร, ๒๕๑๗.
- สาขาวิชาครู และหน่วยทดสอบและประเมินผล ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,
สถาบัน. "รายงานการสร้างแบบสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์"
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ๒๕๑๘.
- สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. "การสอน
แบบสืบเสาะหาความรู้." หน่วยข่าวสารและประชาสัมพันธ์ สถาบันส่งเสริมการ
สอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. กรุงเทพมหานคร: การศาสนา, ๒๕๒๐.
- สาลี ตั้งคจิวงกูร. "การวิเคราะห์เนื้อหาแบบเรียนชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาปีที่ ๔ ของ
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ฉบับ พ.ศ. ๒๕๑๖."
ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร, ๒๕๑๗.

สิรินทร ชวงโชติ และอรสาภูมิ ปุกหุค. "แนวทางในการพิจารณาแบบเรียน" เอกสาร
 สัมมนาเพื่อส่งเสริมการขาย, หอสมุดฝ่ายวิชาการ. กรุงเทพมหานคร:
 ไทยวัฒนาพานิช, ๒๕๑๒.

สุกัญญา โชติกพานิช. "การวิเคราะห์แบบเรียนวรรณคดีไทยชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓."
 วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ๒๕๑๘.

สุภาจรี พัทธราปาล. "การวิเคราะห์แบบเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ ๗ ตาม
 ความมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์." ปรินฎยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต
 วิทยาลัยวิชาการศึกษาระสานมิตร, ๒๕๑๗.

สุภาพ พิพัฒน์พานิช. "การวิเคราะห์แบบเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ ตาม
 ความมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์." ปรินฎยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต
 วิทยาลัยวิชาการศึกษาระสานมิตร, ๒๕๑๗.

วรรณิ สระฉันทพงษ์. "การวิเคราะห์แบบเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๒ ตาม
 ความมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์." ปรินฎยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต
 วิทยาลัยวิชาการศึกษาระสานมิตร, ๒๕๑๗.

อัมพร สาทร. "การวิเคราะห์แบบเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ ตามความมุ่ง
 หมายของการสอนวิทยาศาสตร์." ปรินฎยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต วิทยาลัย
 วิชาการศึกษาระสานมิตร, ๒๕๑๗.

Bibliography

Books

The American Association for the Advancement of Science, Science A Process Approach, Commentary for Teacher. Washington, D.C.: AAAS, ๑๙๗๐.

Berelson, Bernard. Content Analysis in Communication Research. New York: Hafner Publishing, ๑๙๕๑.

Best, John W. Research In Education. New Jersey: Prentice-Hall, ๑๙๗๐.

Douglass, Harl R. The High School Curriculum. New York: The Ronald Press Company, ๑๙๕๖.

Englehart, Max D. Methods of Educational Research Content Analysis. Chicago: Rand McNally and Co., ๑๙๕๗.

Friedl, Alfred E. Teaching Science to Children. New York: Random House, ๑๙๕๗.

Garland, Nell, et al. Elementary Science Learning by Investigating. 2nd ed., New York: McGraw-Hill Book Co., ๑๙๗๓.

Inlow, Gail M. Maturity in High School Teaching. New Jersey: Prentice Hall, ๑๙๖๓.

Okey, James R. and Fiel, Ronald L. Basic Process Skill Program.

Bloomington: Indiana University, ၁၉၆၈.

Petty, Greene. Developing Language Skills in the Elementary Schools.

3rd ed. Boston: Allyn and Bacon, Inc., ၁၉၆၉.

Peterson E. Aspect of Readability in Social Studies. New York:

Bureau of Publication Teacher College, ၁၉၆၉.

Romey, William D. Inquiry Techniques for Teaching Science.

New Jersey: Prentice-Hall, Inc., ၁၉၆၇.

Shores, Louis. Instructional Materials and Introduction for

Teachers. New York: Ronald Press Company, ၁၉၆၀.

Sund, Robert B., and Trowbridge, Leslie W. Teaching Science by

Inquiry. Ohio: Charles E. Merrill Books, ၁၉၆၈.

Waples, Douglas and Berelson, Bernard. What the Voters Told: An

Essay in Content Analysis. Chicago: Graduate Library

School, University of Chicago, ၁၉၆၁.

Webster, Noah. Wester's New International Dictionary of English

Language. 3rd ed. Springfield: G and C Meriam Company,

Publishers, ၁၉၆၉.

Articles

Blanc, Sam S. "Topical Analysis of High School Biology Textbooks,"

Science Education XLI (April ၁၉၆၇) : ၂၀၆-၂၀၈.

Charters, W. W. Jr. "Pre-testing College Textbooks," Education Research Bulletin XXIX (April ๑๙๕๐) : ๔๕-๕๕.

Janke, D. L. "The Concept of K-๑๒ Science Textbooks," Research in Education ๑ (July ๑๙๕๑) : ๗๘.

Heiss, Elwood D. "The Development of Program of Science Education in Thailand," Science Education XLIII (April ๑๙๕๕) : ๒๑๕-๒๑๘.

Mallison, George Oxison. "The reading Difficulty of Textbooks in Elementary Science," Science Education XXXIX (December ๑๙๕๕) : ๕๖.

Pittz, Albert. "An Investigation of Teacher Recognized of Science in the Elementary School of Florida," Science Education XLII (December ๑๙๕๘) : ๕๕๐-๕๕๑.

Unesco. Curriculum, Method of Teaching, Evaluation and Textbook in Primary School in Asia. Bangkok: Unesco Regional Office for Education in Asia, ๑๙๖๐.

Yost, Michael. "Similarity of Science Textbook: A Content Analysis." Journal of Research in Science Teaching ๑๐ (๑๙๗๓) : ๓๑๗-๓๒๕.

Other Materials

Chines, Robert Jennings. "The Development of Physical Science Principle in Elementary School Science Textbooks," Dissertation Abstracts XXIII (February ๑๙๖๓) : ๒๓๕๐.

Elmer, B. "The Status of Science Education in Iowa High School," Dissertation Abstracts XIX (January ๑๙๕๗) : ๑๖๒๒-๑๖๒๓.

Harriman, Vernan Josph. "The Inclusion of Modern Chimestry in Current Secondary School Chimestry Textbook," Dissertation Abstracts XXI (December ๑๙๖๐) : ๑๕๒๓.

Howard, Cubic White, "A Comparative Analysis of the Objective and Content of Biology Instrumention in the Secondary Schools in Three Peroids as Revealed by Reppresentative Textbooks in The Fild Durling Those Peroid," Dissertation Abstracts X (๑๙๕๔) : ๑๙๕๔-๑๙๕๕.

Jones, Grace May-Ping "Analysis and Evaluation of High School Biology Textbooks," Dissertation Abstracts (January ๑๙๖๕) : ๑๖๕ A.

Kunkel, Adriana Lanting, "Influence of the High School Chemistry Textbook Use on Students' Success in College Chemistry," Dissertation Abstracts XXX (February ๑๙๖๖) : ๓๓๖ A.

Newport, John Frank. "An Evaluation of Selected Series of Elementary School Science Textbooks," Dissertation Abstracts XXVI (August ๑๙๖๕) : ๕๐๐-๕๐๑.

Rinaldi, Antony Thomas, "A Exploratory Content Analysis of Creative Thinking in Elementary School Science Textbooks for Grades One, Three and Five, Dissertation Abstracts ๓๓๑ (March ๑๙๖๓) : ๕๕๖๘ A - ๕๕๖๙ A.




ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

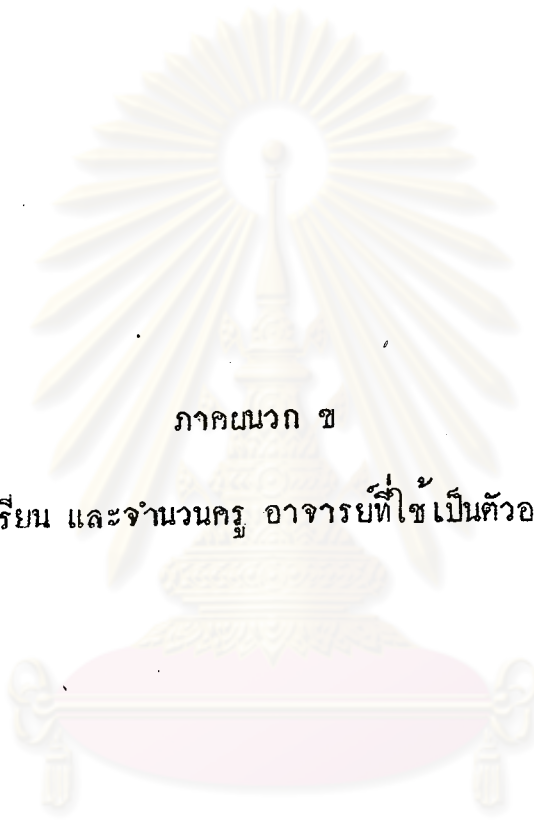
ตารางแสดงรายชื่อโรงเรียนและจำนวนครู อาจารย์ที่ใช้ทดลองแบบสอบถาม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๑๘ รายชื่อโรงเรียน และจำนวนครู อาจารย์ที่จัดทำแบบสอบถาม

รายชื่อโรงเรียน	จำนวนครู อาจารย์
๑. โรงเรียนเบญจมราชูทิศ	๑
๒. โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา	๑
๓. โรงเรียนวัดสุทธิวราราม	๑
๔. โรงเรียนสตรีวิทยา	๑
๕. โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม)	๑
๖. โรงเรียนมัธยมสาธิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	๑
๗. โรงเรียนมัธยมสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง	๑
๘. โรงเรียนครุฑพิทยา	๑
๙. โรงเรียนสตรีประทีปวิทย์	๑
๑๐. โรงเรียนปิ่นนันทวิทยา	๑
รวม	๑๐

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



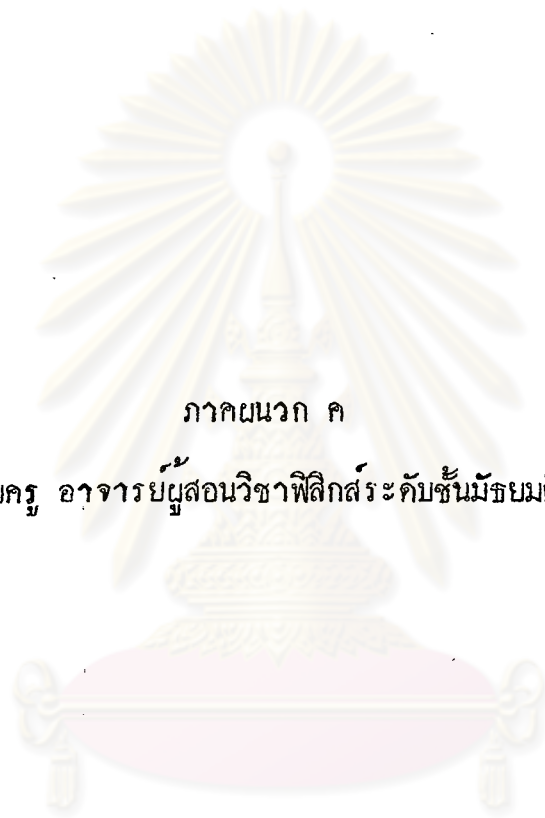
ภาคผนวก ข

รายชื่อโรงเรียน และจำนวนครู อาจารย์ที่ใช้เป็นตัวอย่างประชากร

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๑๔ รายชื่อโรงเรียนและจำนวนครู อาจารย์ที่ใช้เป็นตัวอย่างประชากร

รายชื่อโรงเรียน	จำนวนครู อาจารย์
๑. โรงเรียนวัดสระเกษ	๒
๒. โรงเรียนวัดกมกฤณย์ศรีย์	๒
๓. โรงเรียนมัธยมสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร	๒
๔. โรงเรียนสายน้ำผึ้ง	๒
๕. โรงเรียนปทุมคงคา	๒
๖. โรงเรียนวัดไทรมิตรวิฑาลัย	๒
๗. โรงเรียนสวนกุหลาบวิฑาลัย	๒
๘. โรงเรียนวัดสิงหราช วิฑายาคม	๒
๙. โรงเรียนสายปัญญา	๒
๑๐. โรงเรียนวัดเทพศิรินทร์	๒
๑๑. โรงเรียนวัดราชาธิวาส	๒
๑๒. โรงเรียนพระโขนงวิฑาลัย	๒
๑๓. โรงเรียนเซนต์คาร์เป็ล	๒
๑๔. โรงเรียนเซนต์จอห์น	๒
๑๕. โรงเรียนอานวยศิลป์ พระนคร	๒
รวม	๓๐



ภาคผนวก ค

แบบสอบถามสำหรับครู อาจารย์ผู้สอนวิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๑๕ มกราคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

เรียน อาจารย์ผู้สอนวิชาฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ข้าพเจ้า นายบรรพต วงศ์แสง นิสิตปริญญาโท สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชามัธยมศึกษา มีความประสงค์จะทำการวิจัย เรื่อง "การวิเคราะห์แบบเรียนวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่สี่ เล่มหนึ่ง" จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) โดยการออกแบบสอบถามให้อาจารย์ผู้สอนวิชาฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ลงน้ำหนักตามความมากน้อยตามความคิดเห็นของอาจารย์ ท่านเป็นส่วนหนึ่งของตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ กรุณาตอบแบบสอบถามทุกข้อตามข้อเท็จจริงที่สุด เพื่อให้ผลการวิจัยถูกต้อง

หวังว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน ขอขอบคุณมาในโอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถืออย่างสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(นาย บรรพต วงศ์แสง)

หมวดที่ ๑

ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับอาจารย์ที่สอนวิชาฟิสิกส์ โรงเรียน.....
 (โปรดเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงใน หน้าข้อความที่เป็นจริง)

๑. เพศ

ชาย

หญิง

๒. อายุของท่านอยู่ระหว่าง

๒๐-๓๐ ปี

๓๑-๔๐ ปี

๔๑-๕๐ ปี

๕๑-๖๐ ปี

๓. คุณวุฒิทางการศึกษา

ปริญญาโท

ปริญญาตรี

อนุปริญญา

ประกาศนียบัตรระดับต่ำกว่าปริญญา

วุฒิต่าง ๆ นอกเหนือจากที่กล่าวมาข้างต้น โปรดระบุ

๔. วิชาที่ท่านเลือกเรียนก่อนเข้าทำงานอาชีพครู
 วิชาเอก..... (โปรดระบุชื่อ)
 วิชาโท (โปรดระบุชื่อ)
๕. ท่านประกอบอาชีพครูมาแล้วเป็นเวลา ปี
๖. ท่านสอนวิชาวิทยาศาสตร์มาแล้วเป็นเวลา ปี
๗. ท่านสอนวิชาฟิสิกส์มาเดิรรวมถึงปีนี้เป็นเวลา ปี
๘. จำนวนชั่วโมงหรือคาบที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์นอกเหนือจากวิชาฟิสิกส์
 ชั่วโมงหรือคาบต่อสัปดาห์
๙. จำนวนชั่วโมงหรือคาบที่สอนวิชาฟิสิกส์ ชั่วโมงหรือคาบต่อสัปดาห์

หมวดที่ ๒

ข้อมูลเกี่ยวกับส่วนประกอบของหนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม ๑ ประโยค
 มัชฌมศึกษาตอนปลาย ของกรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ จัดทำโดยสถาบันส่งเสริม
 การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

ก. รูปแบบ (ผู้ตอบควรพิจารณาจากหนังสือที่พิมพ์ปี
 พ.ศ. ๒๕๑๕)

๑. การเย็บเล่มหนังสือมีความทนทานถาวร
๒. กระดาษที่ใช้พิมพ์มีคุณภาพได้มาตรฐาน
๓. สภาพกระดาษที่พับก เป็นกระดาษหนา
 ซากยาก

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ช. ความเหมาะสมกันระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์
เชิงพฤติกรรมในคู่มือครู

๓๒. บทเรียนแต่ละบทกำหนดวัตถุประสงค์เชิง-
พฤติกรรมไว้ในคู่มือครูอย่างชัดเจนดีแล้ว

๓๓. บทเรียนแต่ละบทมีวัตถุประสงค์เชิง
พฤติกรรมในคู่มือครูเป็นจำนวนเหมาะสมแล้ว

๓๔. บทเรียนแต่ละบทมีเนื้อหาครอบคลุมวัตถุประสงค์
เชิงพฤติกรรมอย่างเหมาะสม

๓๕. เนื้อหาในแต่ละบทสอดคล้องกับวัตถุประสงค์
เชิงพฤติกรรม

๓๖. จากหนังสือเรียนเล่มนี้ ท่านสามารถดำเนินการ
การสอนได้ครบตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
ที่กำหนดไว้ในคู่มือครู

เห็นควายอย่างยิ่ง	เห็นควาย	ไม่เห็นใจ	ไม่เห็นควาย	ไม่เห็นควายอย่างยิ่ง

ช. ความเหมาะสมกันระหว่างเนื้อหากับวัตถุประสงค์
เชิงพฤติกรรมในคู่มือครู

๑๘. บทเรียนแต่ละบทควรเพิ่มวัตถุประสงค์เชิง-
พฤติกรรมในคู่มือครูให้มากกว่านี้

๑๙. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมควรกำหนดไว้ใน
แบบเรียนให้ชัดเจน เพื่อนักเรียนจะได้
ศึกษาค้นคว้าเองอย่างถูกต้องและมั่นใจ

เห็นด้วยอย่างยิ่ง	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ง

ตัวอย่างการคำนวณ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการคำนวณ

๑. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับอาจารย์ที่สอนวิชาฟิสิกส์ โรงเรียน

๑.๑ คำนวณหาร้อยละ โดยใช้

$$\text{ร้อยละ} = \frac{\text{จำนวนผู้ตอบแต่ละช่อง} \times ๑๐๐}{\text{จำนวนผู้ตอบทั้งหมด}}$$

$$\text{จำนวนผู้ตอบแต่ละช่อง} = ๒๑$$

$$\text{จำนวนผู้ตอบทั้งหมด} = ๓๐$$

$$\text{ร้อยละ} = \frac{๒๑ \times ๑๐๐}{๓๐}$$

$$\therefore \text{ร้อยละ} = ๗๐$$

๒. ข้อมูลเกี่ยวกับส่วนประกอบหนังสือแบบเรียนวิชาฟิสิกส์ เล่ม ๑ ประโยชน์มัธยมศึกษาศูนย์ปลาย ของกรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ จัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

๒.๑ คำนวณหาค่ามัธยิมเลขคณิต (\bar{X}) ใช้สูตร

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

$$\sum fx = ๑๑๑$$

$$N = ๓๐$$

$$\bar{X} = \frac{๑๑๑}{๓๐}$$

$$\therefore \bar{X} = ๓.๗$$

๒.๒ คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ใช้สูตร

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum f (X - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

$$\sum f (X - \bar{X})^2 = 20.30$$

$$N = 30$$

$$S.D. = \sqrt{\frac{20.30}{29}}$$

$$\therefore S.D. = 0.837$$

๓. ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นเชิงเสนอแนะของครู ที่มีต่อหนังสือแบบเรียนวิชา
 ฟิลิปปินส์ เล่ม ๑ ประโยชน์มัธยมศึกษาตอนปลาย ของกรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ
 จัดทำโดย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

๓.๑ คำนวณหาค่ามัชฌิมเลขคณิต (\bar{X}) โดยใช้สูตร

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

$$\sum fx = 249$$

$$N = 30$$

$$\bar{X} = \frac{249}{30}$$

$$\therefore \bar{X} = 8.3$$

๓.๒ คำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยใช้สูตร

$$\begin{aligned}
 \text{S.D.} &= \sqrt{\frac{\sum f (X-\bar{X})^2}{N-1}} \\
 \sum f (X-\bar{X})^2 &= 20.6630 \\
 N &= 30 \\
 \text{S.D.} &= \sqrt{\frac{20.6630}{29}} \\
 \therefore \text{S.D.} &= 0.840
 \end{aligned}$$

๔. ข้อมูลเกี่ยวกับทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

๔.๑ คำนวณหาร้อยละ โดยใช้

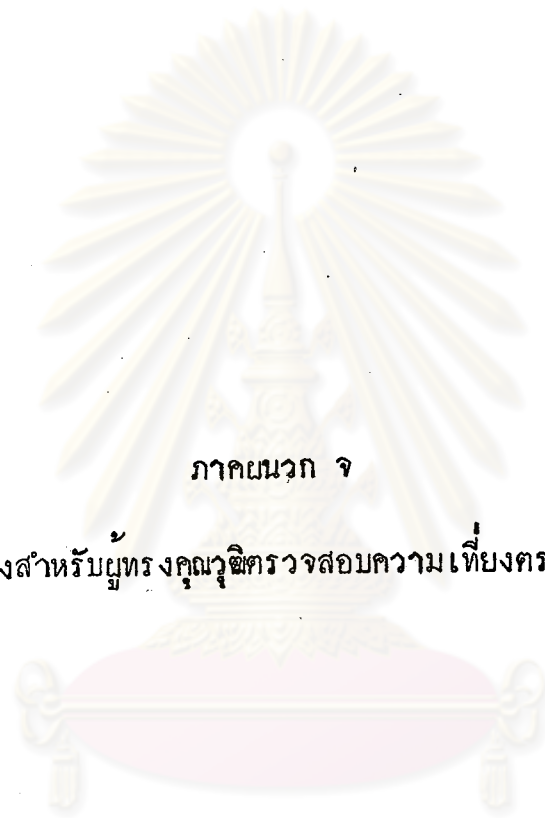
$$\text{ร้อยละ} = \frac{\text{จำนวนแต่ละทักษะในแต่ละบท} \times 100}{\text{จำนวนทักษะทั้งหมด}}$$

$$\text{จำนวนแต่ละทักษะในแต่ละบท} = b$$

$$\text{จำนวนทักษะทั้งหมด} = 26b$$

$$\text{ร้อยละ} = \frac{b \times 100}{26b}$$

$$\text{ร้อยละ} = 3.84$$



ภาคผนวก จ

ตารางสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความเที่ยงตรง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางสำหรับผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความเที่ยงตรงการวิเคราะห์ทฤษฎีกระบวนการวิทยาศาสตร์ในแบบเรียนและคู่มือครู
วิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เล่ม ๑ บทที่ ๒ (คำถาม)

ลำดับ คำถามที่	หน้าที่	ย่อ หน้าที่	บรรทัด ที่	ข้อความ	ทักษะกระบวนการ วิทยาศาสตร์	หมายเหตุ
๒.๑	๕๖	๔	๑๔	พลศาสตร์เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับ ก. หรือ ข. ก. วัตถุเคลื่อนที่อย่างไร (ลักษณะการเคลื่อนที่) ข. วัตถุทำไมจึงเคลื่อนที่อย่างนั้น	- การกำหนดนิยาม เชิงปฏิบัติการ	
๒.๒	๕๘	๒	๑๑	มวลเป็นคุณสมบัติอย่างไรของวัตถุ	- การกำหนดนิยาม เชิงปฏิบัติการ	
๒.๓	๕๘	๒	๑๐	มีแรงในทิศตะวันออกและทิศตะวันตก กระทำต่อวัตถุ แรงลัพธ์จะมีทิศตะวันออกเฉียงเหนือใดหรือไม่ เพราะ เหตุใด	- การพยากรณ์ - การตีความหมาย ข้อมูลและการลง ข้อสรุป	
๒.๔	๖๗	๒	๑๐	เมื่อวัตถุตกลงสู่พื้นโลกด้วยความเร่ง \vec{g} นั้นแสดงว่ามี แรงกระทำต่อวัตถุนั้นหรือไม่ ถ้ามีจะมีขนาดเท่าใด	- การตีความหมาย ข้อมูลและการลง ข้อสรุป	
๒.๕	๖๗	๓	๑๒	วัตถุก้อนหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง \vec{a} ผู้สังเกตซึ่งอยู่นิ่ง และผู้สังเกตซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ (\vec{v}) ไปทาง เดียวกับวัตถุนั้น จะบอกว่าแรงซึ่งกระทำต่อวัตถุนั้นเป็น อย่างเดียวกัน หรือต่างกันอย่างไร	- การคำนวณ - การตีความหมาย ข้อมูลและการลง ข้อสรุป	

การวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบเรียน และคู่มือครูวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ บทที่ ๒ (แบบฝึกหัด)

ลำดับข้อที่	หน้า	ข้อ	บรรทัด	ข้อความ	ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์	หมายเหตุ
๑	๗๕	๒	๑๘	อาศัยกฎข้อ ๑ ของนิวตัน จงอธิบายว่า ก. เมื่อรถหยุดอย่างกระทันหัน ทำไมคนในรถจึงพุ่งไปข้างหน้า ข. คนในรถเป็นอย่างไร เมื่อรถเลี้ยวขวาอย่างรวดเร็ว	- การตีความหมาย และลงข้อสรุป - การพยากรณ์	
๒	๗๕	๓	๑๗	เมื่อคนกลิ้งใบหนึ่งบนโต๊ะ กลิ้งไม่เคลื่อนที่เลยตอกกันด้วยแรง มากขึ้นกลิ้งนั้นจึงเคลื่อนที่ จงอธิบายว่าทำไมจึงเป็นเช่นนั้น	- การตีความหมาย และการลงข้อสรุป	
๓	๗๕	๔	๑๘	จงกล่าวและอธิบายความหมายของกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ทั้งสามข้อ	- การกำหนดนิยาม เชิงปฏิบัติการ	
๔	๗๕	๕	๒๐	"การที่ยานอวกาศจะลงบนดวงจันทร์อย่างนิ่มนวลจะต้องใช้จรวด ยิงความเร็ว" จงอธิบายว่าแรงที่จรวดยิงความเร็วควรเป็น อย่างไร	- การตั้งสมมุติฐาน - การตีความหมาย ข้อมูลและการลง ข้อสรุป	
๕	๗๕	๖	๒๒	กฎการเคลื่อนที่ของนิวตันในข้ออธิบายได้อย่างไรว่านักโคจรที่รม ชูชีพกางลงถึงพื้นได้โดยไม่เร็วเกินไป	- การตีความหมาย ข้อมูลและการลง สรุป	

ลำดับ คำถามที่	หน้า ที่	ย่อ หน้า ที่	บรรทัด ที่	ข้อความ	ทักษะกระบวนการ วิทยาศาสตร์	หมายเหตุ
๒.๖	๖๘	๑	๑	หน่วยที่ถูกต้องของน้ำหนัก (ในหน่วยเอสไอ) ควรเป็นอย่างไร	—	
๒.๗	๗๒	๒	๑๓	หนังสือที่วางอยู่บนโต๊ะมีแรงไคกระทำที่หนังสือบ้าง และแรงไค บ้างที่เป็นแรงคู่กันดังกล่าวในกฎข้อ ๓ ของนิวตัน	— การตีความหมาย และการลงข้อสรุป	
ก.๒.๑-๑	๗๕	๕	๒๐	มวลมีคุณสมบัติเกี่ยวกับความเฉื่อยอย่างไร	— การกำหนดนิยามเชิง ปฏิบัติการ	
ก.๒.๑-๒	๗๕	๕	๒๑	ในการทำให้วัตถุแกว่งนั้น วัตถุก่อนเคี้ยวกันถ้าแกว่งให้เป็น มุมกว้างไม่เท่ากันจะทำให้คาบของการแกว่งเปลี่ยนแปลง หรือไม่	— การพยากรณ์ — การตีความหมาย ข้อมูลและการลงข้อ สรุป	
ก.๒.๑-๓	๗๕	๑๐	๒๓	ถ้าเอาวัตถุก้อนหนึ่งแกว่งหาคาบของการแกว่งบนผิวโลกโดยใช้ เครื่องชั่งมวล แล้วเอาวัตถุก้อนเดิมนั้นไปแกว่งบนดวงจันทร์ นักเรียนคิดว่าคาบของการแกว่งจะเท่ากันหรือไม่ ท่านมีวิธี ทดลองเพื่อแสดงหรือหาคำตอบนี้ได้อย่างไร	— การพยากรณ์ — การตีความหมาย ข้อมูลและการลงข้อ สรุป	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลำดับ ข้อที่	หน้า หน้า	ย่อ หน้า	บรรทัด ที่	ข้อความ	ทักษะกระบวนการ วิทยาศาสตร์	หมายเหตุ
๖	๗๕	๗	๒๔	จะต้องใช้แรงขนาดเท่าใดกระทำต่อวัตถุซึ่งมีมวล ๐.๕ กิโลกรัม จึงจะทำให้วัตถุนั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง ๔ เมตร/วินาที ๒	- การคำนวณ	
๗	๗๕	๘	๒๖	ถ้าใช้แรง ๓ นิวตัน กระทำต่อวัตถุซึ่งมีมวล ๐.๖ กิโลกรัม วัตถุนั้นจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่าใด	- การคำนวณ	
๘	๗๖	๑	๑	แรงขนาดหนึ่ง เมื่อกระทำต่อวัตถุซึ่งมีมวล m_1 ทำให้วัตถุนั้นมีความเร่ง ๘ เมตร/วินาที ๒ เมื่อแรงขนาดเดียวกันนั้น กระทำต่อวัตถุซึ่งมีมวล m_2 ทำให้วัตถุมีความเร่ง ๒๔ เมตร/วินาที ๒ จงหาอัตราส่วนระหว่าง m_1 ต่อ m_2	- การคำนวณ	
๙	๗๖	๒	๔	แรง ๆ หนึ่งเมื่อกระทำต่อวัตถุนาน ๑.๒ วินาที ทำให้อัตราเร็วของวัตถุนั้นเปลี่ยนจาก ๑.๘ เมตร/วินาที เป็น ๔.๒ เมตร/วินาที ถ้าใช้แรงเดิมนี้กระทำนาน ๒ วินาที อัตราเร็ววัตถุจะเปลี่ยนจาก ๑.๘ เมตร/วินาที เป็นเท่าใด ในทั้งสองกรณีนี้ให้แรงกระทำในทิศทางเกี่ยวกับการเคลื่อนที่	- การคำนวณ	
๑๐	๗๖	๓	๘	วัตถุก้อนหนึ่งเคลื่อนที่ไปทางเหนือด้วยความเร็ว ๑๐ เมตร/วินาที ๕ วินาทีต่อมาพบว่าวัตถุนั้นกำลังเคลื่อนที่ไปทางตะวันออกเฉียงใต้ด้วยความเร็ว ๑๐ เมตร/วินาที		

ลำดับ ข้อที่	หน้าที่	ย่อ หน้าที่	บรรทัด ที่	ข้อความ	ทักษะกระบวนการ วิทยาศาสตร์	หมายเหตุ
				ก. วัตถุที่มีความเร็วเปลี่ยนไปในช่วง ๕ วินาทีนั้นเท่าไร	- การคำนวณ	
				ข. วัตถุที่มีความเร่งเฉลี่ยเท่าใด และทิศใด	- การคำนวณ, การตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป	
				ค. ทิศของแรงลัพธ์มีกระทำต่อวัตถุนั้นในทิศใด	- การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	
๑๑	๗๖	๘	๑๓	ถ้าระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่เป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับเวลาท่านจะสรุปเรื่องการเคลื่อนที่ของวัตถุนี้ และแรงเกี่ยวข้องได้อย่างไรบ้าง	- การตั้งสมมุติฐาน - การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	
๑๒	๗๖	๘	๑๕	เมื่อใช้แรง ๒ นิวตันกระทำต่อวัตถุมวล ๘ กิโลกรัมก้อนหนึ่งซึ่งเดิมอยู่นิ่งให้เคลื่อนที่ไปตามพื้นราบปรากฏว่าวัตถุเคลื่อนที่ไปได้ ๓ เมตร ในเวลา ๒ วินาที		
				ก. ความเร่งของวัตถุเป็นเท่าใด	- การคำนวณ	
				ข. อัตราส่วนระหว่างแรงที่ไซคอมวลของวัตถุเป็นเท่าไร	- การคำนวณ	
				ค. อธิบายได้อย่างไรว่าทำไม คำตอบในข้อ ก. และข. จึงไม่เท่ากัน	- การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป	

ลำดับข้อที่	หน้า	ย่อหน้า	บรรทัด		ทักษะกระบวนการ วิทยาศาสตร์	หมายเหตุ
๑๓	๗๖	๖	๒๐	แรงสองแรงขนาดเท่ากัน แรงละ ๓ นิวตันกระทำต่อวัตถุมวล ๖ กิโลกรัม จงหาขนาดและทิศทางของความเร็วของวัตถุนั้นเมื่อแรงทั้งสอง ก. ตั้งฉากกัน ข. กระทำในทิศเดียวกัน ค. กระทำในทิศตรงข้ามกัน	- การคำนวณ - การคำนวณ - การคำนวณ	
๑๔	๗๖	๗	๒๕	จงอธิบายข้อความที่ว่ามวลของวัตถุมีค่าคงที่ แต่นำหนักของวัตถุเปลี่ยนไปตามตำแหน่งของวัตถุนั้น	- การตีความหมาย ข้อมูลและการลง ข้อสรุป	
๑๕	๗๖	๘	๒๗	สมมุติว่ามีการจำลองมวลมาตรฐาน ๑ กิโลกรัม จากกรุงปารีสมาไว้ ณ กรุงเทพมหานคร จำลองนั้น ณ กรุงเทพมหานคร จะมีมวลเท่าใด น้ำหนักของมวลมาตรฐานจำลองนั้น ณ กรุงปารีส และกรุงเทพฯ จะเป็นอย่างไร (ถ้าค่า g ที่กรุงปารีสเป็น ๙.๘๑ เมตร/วินาที ^๒ และค่า g ณ กรุงเทพมหานคร เป็น ๙.๗๕ เมตร/วินาที ^๒)	- การคำนวณ - การตีความหมาย ข้อมูลและการลง ข้อสรุป	
๑๖	๗๗	๑	๓	เมื่อไขชางลากชุง ถูขอ ๓ ของนิวตันบอกเราว่าชุงจะทิ้งชางไว้เท่ากับแรงที่ชางดึงชุงไป จงอธิบายว่าทำไมทั้งชุงและชางจึงเคลื่อนที่ไปได้	- ตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป	

๑๗	๗๗	๒	๕	<p>ชายคนหนึ่งมีมวล ๕๐ กิโลกรัม ยืนอยู่ในลิฟท์จันทาแรงที่พื้นลิฟท์กระทำต่อชายคนนั้นเมื่อ</p> <p>ก. ลิฟท์เริ่มเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง ๑.๒ เมตร/วินาที</p> <p>ข. ลิฟท์เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร็วสม่ำเสมอคือ ๒ เมตร/วินาที</p> <p>ค. ลิฟท์กำลังเคลื่อนที่ขึ้น และความเร็วลดลงด้วยอัตรา ๑.๒ เมตร/วินาที ๒</p>	<p>– การคำนวณ</p> <p>– การคำนวณ</p> <p>– การคำนวณ</p>
๑๘	๗๗	๓	๑๐	<p>จงพิจารณาปัญหาต่อไปนี้ แล้วเลือกคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุด</p>	
๑)	๗๗	๔	๑๑	<p>วัตถุเล็ก ๆ ก้อนหนึ่งตกตามแนวตั้งใกล้ ๆ กับผิวโลกด้วยความเร่งคงที่สำหรับการเคลื่อนที่นี้ ข้อความใดที่ถูกต้อง</p> <p>๑. ความเร่งเป็นศูนย์</p> <p>๒. ต้องมีแรงกระทำต่อวัตถุในทิศขึ้นและทิศลง</p> <p>๓. การขจัดจะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น</p> <p>๔. แรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุนั้นคือน้ำหนักของวัตถุ</p>	<p>– การตีความหมาย ข้อมูลและการลง ข้อสรุป</p>
๒)	๗๗	๖	๒๒	<p>ข้อความใดต่อไปนี้ที่ไม่ถูกต้องตามลักษณะของแรงที่กล่าวถึงในกฎข้อที่ ๓ ของนิวตัน</p> <p>ก) ประกอบด้วยแรงสองแรง</p> <p>ข) มีขนาดเท่ากัน</p> <p>ค) มีทิศตรงข้าม</p> <p>ง) เป็นแรงที่ทำให้แรงลัพธ์บนวัตถุเป็นศูนย์</p> <p>จ) เป็นแรงที่กระทำบนวัตถุต่างชนิดกัน</p>	<p>– การกำหนดนิยาม เชิงปฏิบัติการ</p>

ลำดับ ข้อที่	หน้า หน้า	ข้อ หน้า	บรรทัด ที่	ข้อความ	ทักษะกระบวนการ วิทยาศาสตร์	หมายเหตุ
-----------------	--------------	-------------	---------------	---------	-------------------------------	----------

๓)	๗๕	๑	๑	<p>จากคำกล่าวต่อไปนี้</p> <p>๑) นาย ก. และแมวตัวหนึ่งอยู่บนรถยนต์ที่กำลังแล่นควยความ แรงจะได้รับแรงกระทำในแนวราบเท่ากัน</p> <p>๒) นาย ก. และแมวตัวนั้นอยู่ในรถยนต์ที่กำลังแล่นควยความ แรงจะมีความเร่งเท่ากัน</p> <p>จงพิจารณา เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด</p> <p>ก. คำกล่าว (๑) และ (๒) ถูก และ (๒) เป็นเหตุผลของ (๑)</p> <p>ข. คำกล่าว (๑) และ (๒) ถูก แต่ (๒) ไม่ใช่เหตุผลของ (๑)</p> <p>ค. คำกล่าว (๑) ถูก แต่ (๒) ผิด</p> <p>ง. คำกล่าว (๑) ผิด แต่ (๒) ถูก</p> <p>จ. คำกล่าวทั้งสองผิด</p>	- การตีความหมาย ข้อมูลและการลง ข้อสรุป	
----	----	---	---	--	--	--

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ แบบเรียนวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ บทที่ ๒
(การทดลองในแบบเรียน)

ลำดับการทดลองที่	หน้าที่	ย่อหน้าที่	บรรทัดที่	ข้อความ	ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์	หมายเหตุ
------------------	---------	------------	-----------	---------	---------------------------	----------

๒.๑

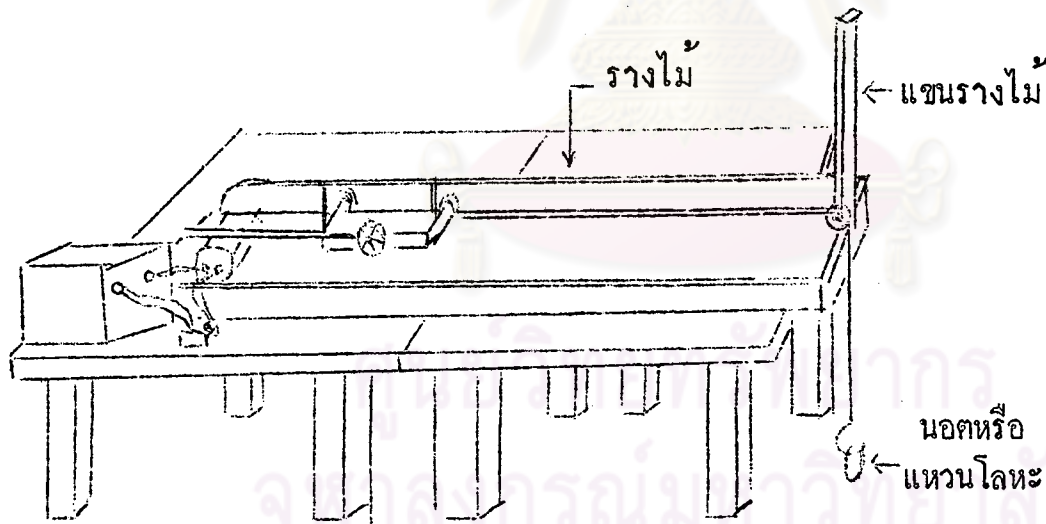
๖๔

๑

๑

การทดลอง ๒.๑ ความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวล และ ความเร่ง

วางรางไม้บนโต๊ะโดยมีแขนรางไม้ และรอกติดที่ปลายรางไม้ข้างหนึ่ง ให้ปลายที่มีรอกยื่นจากขอบโต๊ะเล็กน้อย วางรถทดลองและเครื่องเคาะสัญญาณเวลาบนรางแล้วตอวงจรเครื่องเคาะสัญญาณเวลา



รูป ๒.๑๐ การจับเครื่องมือเพื่อการทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวล และความเร่ง

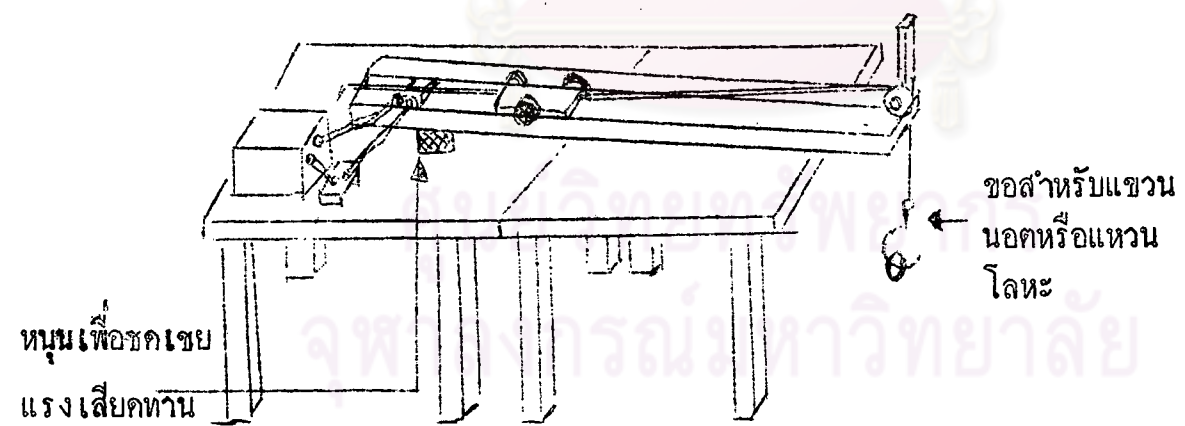
ผูกขอสำหรับแขวนนอตหรือแหวนโลหะกับปลายเชือกข้างหนึ่ง และอีกข้างหนึ่งผูกกับรถ เมื่อปล่อยให้เคลื่อนน้ำหนักของนอตจะลากรถให้วิ่งด้วยความเร็วคงรูป ๒.๑๐.

๒.๑ ๖๘ ๓ ๗

เนื่องจากรถที่ติดแถบกระดาษสำหรับวัดความเร็วมีแรงเสียดทานต้านทานการเคลื่อนที่อยู่บ้าง จึงจะต้องปรับรางไม้ให้เอียงเล็กน้อยเพื่อชดเชยแรงเสียดทานนั้น วิธีปรับคือ

ใช้แท่งไม้หรือหนังสือหนาวางไว้ ให้รถที่ติดแถบกระดาษยาน - การควบคุมตัวแปร เครื่องเคาะสัญญาณเวลาและมีขอสำหรับแขวนนอตผูกไว้พร้อมแล้วนั้น วิ่งด้วยความเร็วคงที่ (หลังจากผลักเบา ๆ ให้วิ่ง)

ผังรูป ๑๑



รูป ๒.๑๑ แสดงการจัดรางไม้ให้เอียงเล็กน้อยเพื่อชดเชยแรงเสียดทาน

เมื่อเตรียมอุปกรณ์ได้พร้อมแล้วเริ่มทำการทดลองดังนี้

๑. ใช้นอต ๑ ตัว (นอตขนาด ๑๒ มม. มวลประมาณตัวละ ๒๐ - การทดลอง
กรัม) คล้องที่ข้อใช้ลากรด (๑ คัน) โดยจับรถและจิกแถบกระดาษ ตอนที่ ๑
ให้เรียบร่อยก่อน เมื่อเปิดเครื่องเคาะสัญญาณเวลาแล้วจึงปล่อยมือ
ให้หน้าหนักของนอต ๑ ตัวนั้นถึงให้รถวิ่ง เขียนข้อมูลไว้บนแถบ
กระดาษ เช่น นอต ๑ ตัว รถ ๑ คัน
๒. ทำคั้งข้อ ๑ โดยใช้นอตเป็น ๒, ๓ และ ๔ ตัว ตามลำดับ
รวมจะได้แถบกระดาษทั้งหมด ๔ แถบ
๓. ใช้นอตขนาดเท่าเดิม ๔ ตัว ลากรดเพิ่มขึ้นเป็น ๒ คัน และ - การทดลอง
๓ คัน โดยใช้รถคันอื่นซ้อนคันเดิม (หรือใช้แท่งเหล็กที่มีมวลเท่ารถ ตอนที่ ๒
ซ้อนบนรถ ๑ และ ๒ อันตามลำดับ) จะได้แถบกระดาษเพิ่มขึ้นอีก
๒ แถบ ทุกแถบจะต้องจกไว้เพื่อไม่ให้สับสน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การวิเคราะห์ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ในคู่มือครูวิชาฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เล่ม ๑ บทที่ ๒ (การทดลองในคู่มือครู)

ลำดับการทดลองที่	หน้าที่	ย่อหน้าที่	บรรทัดที่	ข้อความ	ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์	หมายเหตุ
------------------	---------	------------	-----------	---------	---------------------------	----------

๒.๑

๑๐๕

๑

๑

การทดลอง ๒.๑ ความสัมพันธ์ระหว่างแรง มวล และความเร่ง
วัตถุประสงค

ตอนที่ ๑ เนื้อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร่ง (a) กับ (f) เมื่อมวล (m) คงที่

ตอนที่ ๒ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างความเร่ง (a) กับส่วนกลับของมวล ($\frac{1}{m}$) เมื่อกำหนดให้แรง (f) คงที่

อุปกรณ์

รายการอุปกรณ์	จำนวนชิ้นต่อหมู่
๑. รางไม้พร้อมแกนไม้ที่มีรอกติด	๑
๒. วัตถุ	๑
๓. นอต	๑
ฯลฯ	

การทดลอง

๑. จัดเครื่องมือทดลองดังรูป ๒.๑๐ ในแบบเรียน
๒. เอียงรางให้พอเหมาะเพื่อชดเชยความเสียด
๓. เริ่มทำการทดลองตามลำดับขั้นดังปรากฏในแบบเรียน

ลำดับการทดลองที่	หน้า	ย่อหน้า	บรรทัด	ข้อความ	ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์	หมายเหตุ
------------------	------	---------	--------	---------	---------------------------	----------

๒.๑ ๑๐๕ ๕ ๒๑ ตัวอย่าง
 ตอนที่ ๑ เมื่อให้มวลคงที่คือมวลของรถ ๑ คัน และเปลี่ยนแรงคือจำนวนนอตโดยกำหนดให้นอต ๑ ตัวเท่ากับแรง ๑ นำแถบกระดาษทั้ง ๔ มาเขียนกราฟระหว่างความเร็วกับเวลาเพื่อหาความเร่งของแถบกระดาษแต่ละแถบดังต่อไปนี้

- การทดลอง ตอนที่ ๑

เวลา $\times \frac{๑}{๕๐}$ (วินาที)	ความเร็วเป็น ซม.ต่อเวลา ๔ จุดช่วง			
	เมื่อไซแรง ๑	เมื่อไซแรง ๒	เมื่อไซแรง ๓	เมื่อไซแรง ๔
๒	๔.๐	๑.๐	๑.๘	๑.๓
b	๑.๐	๑.๘	๑.๘	๒.๐
๑๐	๑.๒	๑.๗	๒.๘	๒.๗
		เวลา		

- การจัดการทำข้อมูล

เขียนกราฟระหว่างความเร็วกับเวลาได้กราฟดังรูป ๒.๓ จากกราฟระหว่างความเร็วกับเวลา ก็สามารถหาความเร่งได้

๒ ๑๐๖ ๓ ๓ ข้อความทราบในการเขียนกราฟและหา slope จากกราฟ
 ๑) นำแถบกระดาษที่ได้จากการทดลองมาแบ่งเป็นช่วงเวลาที่เท่ากัน (๔ ช่วงจุด หรือ $\frac{๔}{๕๐}$ วินาที) ความยาวของแถบกระดาษในแต่ละ ช่วงจุด จะเป็นระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในเวลาที่แต่ละ $\frac{๔}{๕๐}$ วินาทีนั่นเอง

ลำดับการทดลองที่	หน้าที่	ข้อ หน้าที่	บรรทัด ที่	ข้อความ	ทักษะกระบวนการ วิทยาศาสตร์	หมายเหตุ
๒.๑	๑๐๖	๔	๑๔	๒) ในการเขียนกราฟระหว่างความเร็วกับเวลานั้น เมื่อได้กำหนดสเกลของแกนเวลา (แกนนอน) เรียบร้อยแล้ว ให้นำแถบกระดาษที่แบ่งเป็นช่อง ๆ เรียบร้อยแล้วมาทาบไปบนกราฟ โดยให้ความยาวของแถบกระดาษอยู่ในแนวแกนตั้ง (ความเร็ว) ของกราฟ และให้ผู้นตรงกึ่งกลางของแต่ละช่วงเวลาที่แบ่งไว้ โดยเริ่มจาก ๔ ช่วง จุดที่ ๑, ๒ ... ต่อไปเรื่อย ๆ (ดูตัวอย่างจากกราฟ รูป ๒.๑๓ และ ๒.๑๔) ทั้งนี้เพราะความเร็วเฉลี่ยของวัตถุในแต่ละ ๔ ช่วงจุดนั้นไม่ใช่ความเร็วตอนต้นหรือตอนท้ายของแต่ละช่วง แต่เป็นความเร็วขณะที่เวลาประมาณกึ่งกลางของช่วงเวลานั้น ๆ		
๒.๑	๑๐๗	๑	๑	๓) ตามปกติสเกลบนกราฟ ๑ ช่วงใหญ่จะยาวประมาณ ๑ ซม. ฉะนั้น ถ้าอ่านค่าความเร็วของแถบกระดาษ ตามสเกลบนกราฟ จะได้นหน่วยความเร็วออกมาเป็น ซม./๔ ช่วงจุด หรือ ซม./ $\frac{1}{50}$ วินาที ถ้าจะทำให้เป็น ซม./วินาที ก็ต้องเอาความยาวที่อ่านคูณกับ ๕๐ แล้วหารด้วย ๔		
๒.๑	๑๐๗	๒	๕	๔) การคำนวณความเร่งหรือหา slope ของกราฟระหว่างความเร็วกับเวลาจะต้องพิจารณาหน่วยใหญ่ถูกต้อง ตัวอย่างการหา slope ของกราฟในรูป ๒.๑๓ สำหรับแรง ๔ F จะได้ slope ดังนี้		

ลำดับการทดลองที่	หน้าที่	ข้อ	บรรทัดที่	ข้อความ	ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์	หมายเหตุ
------------------	---------	-----	-----------	---------	---------------------------	----------

$$= \frac{\text{ปริมาณบนแกนตั้ง}}{\text{ปริมาณบนแกนนอน}} = \frac{๗ \text{ หน่วย}}{๑๐ \text{ หน่วย}} = \frac{๗ \text{ ซม./๔ ช่วงจุก}}{๑๐ \times ๔ \text{ ช่วงจุก}}$$

- การคำนวณ

$$= \frac{๗ \times \frac{๕}{๕๐} \text{ cm/S}}{๑๐ \times \frac{๕}{๕๐} \text{ cm/S}} = ๗ \times \frac{๕๐}{๕} \times \frac{๕๐}{๑๐ \times ๔} = ๑๐๕.๓ \text{ cm/S}^๒$$

๒.๑ ๑๐๗ ๓ ๑๑

สำหรับ slope ของกราฟเส้นอื่นก็ทำได้โดยทำนองเดียวกันนี้
ไต่ค่าต่าง ๆ ดังตารางต่อไปนี้

แรง	๑ F	๒ F	๓ F	๔ F
ความเร่ง (cm/S ²)	๒๕	๕๕	๘๐	๑๐๕

- การจัดการทำ
ข้อมูลและการตี
ความหมาย

นำค่าแรง และความเร่งจากตารางนี้ไปเขียนกราฟไต่ดังรูป

๒.๑๘

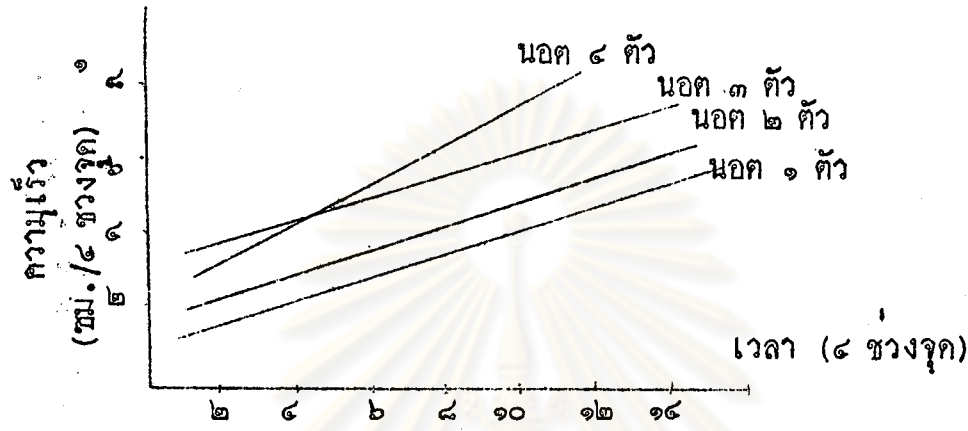
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๒.๑

๑๐๘

๑

๑



- การจัดการทำ
ข้อมูลและการตี
ความหมาย

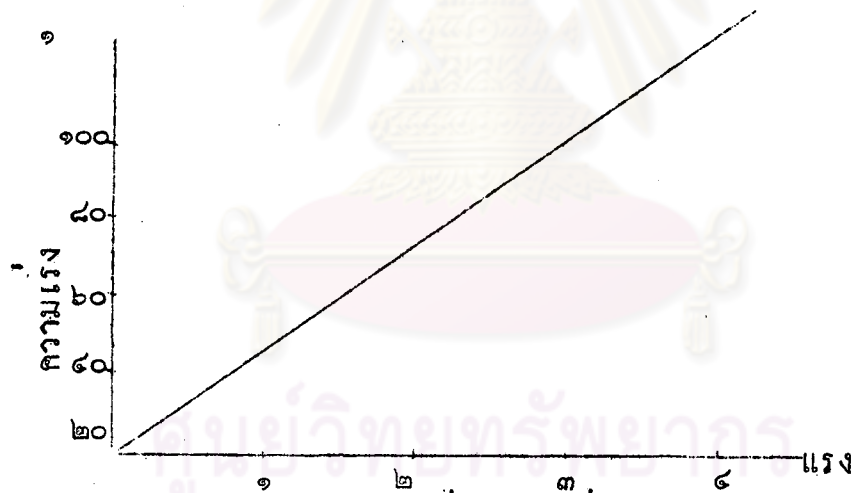
รูป ๒.๓ กราฟระหว่างความเร็วกับเวลา

๒.๑

๑๐๙

๑

๑



- การจัดการทำ
ข้อมูลและการตี
ความหมาย

รูป ๒.๔ กราฟระหว่างความเร็วกับแรง

๒.๑

๑๑๐

๑

๑

ตอนที่ ๓ เมื่อให้แรงคงที่เท่ากับนอศ ๕ ตัว แล้วเปลี่ยนมวลคือ จำนวนรถ ๔ คัน โดยใช้แท่งเหล็กมวล ๕๐๐ กรัม แทนรถ ๑ คัน นำแถบกระดาษทั้ง ๔ มาเขียนกราฟระหว่างความเร็วกับเวลา เพื่อหาความเร็วของแถบกระดาษแต่ละแถบดังต่อไปนี้

- การทดลอง
ตอนที่ ๒

เวลา $\times \frac{1}{50}$ (วินาที)	ความเร็วเป็น ซม. ต่อเวลา ๔ ช่วงจูก			
	มวลของรถ = ๑	มวลของรถ = ๒	มวลของรถ = ๓	มวลของรถ = ๔
๒	๑.๘	๑.๕	๑.๐	๐.๘
๖	๒.๖	๒.๐	๑.๓	๑.๐
๑๐	๓.๕	๒.๘	๑.๖	๑.๓

- การจัดการทำ
 ข้อมูลและการสื่อ
 ความหมาย

เขียนกราฟระหว่างความเร็วกับเวลาได้กราฟดังรูป ๒.๑๕
 ความเร่งของรถ (slope ของเส้นกราฟ) หรือของมวลค่า
 ต่าง ๆ คงหาได้ทั้งวิธีที่เคยทำมาแล้วในการทดลองตอนที่ ๑
 ได้ตารางค่าความเร่ง (a) และส่วนกลับของมวล ($\frac{1}{m}$) ดัง
 ต่อไปนี้ (กำหนดให้มวล ๑ มีค่า = ๑ หน่วย)

a (cm/s ²)	๓๕	๕๐	๗๕	๑๕๘
m	๔	๓	๒	๑
$\frac{1}{m}$	๐.๒๕	๐.๓๓	๐.๕	๑

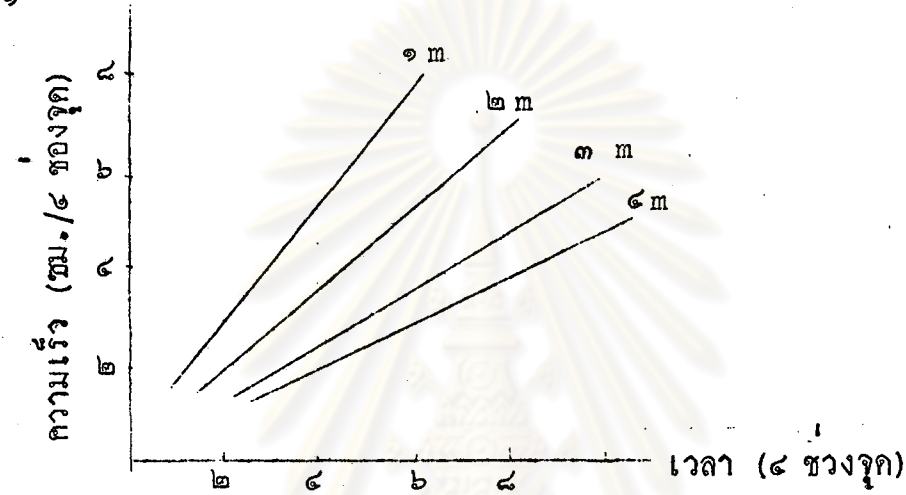
- การจัดการทำ
 ข้อมูลและการสื่อ
 ความหมาย

ต่อไปเขียนกราฟ a กับ $\frac{1}{m}$ ได้กราฟดังรูป ๒.๑๖

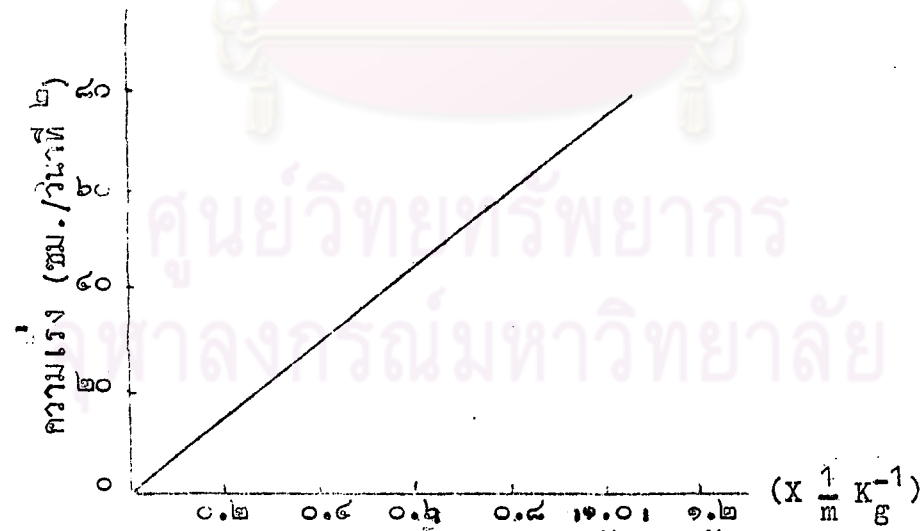
๒.๑

๑๑๑

๑



รูป ๒.๑๕ กราฟระหว่างความเร็วกับเวลา



รูป ๒.๑๖ กราฟระหว่างความเร่งกับส่วนกลับของมวล

๒.๑	๑๑๓	๑	๑	<p><u>วิเคราะห์ผลการทดลอง</u></p>	<p>- การตีความหมาย ข้อมูลและการลง ข้อสรุป</p>
				<p>ผลการทดลองตอนที่ ๑ ได้กราฟระหว่างความเร่ง a กับแรง F เป็นกราฟเส้นตรงผ่าน Origin มีความหมายว่า</p> <ol style="list-style-type: none"> ๑. ความเอียง (slope) ของกราฟมีค่าคงที่ ๒. ความเอียงของกราฟหาได้จากเอาปริมาณทางแกนขึ้น (คือ a) ใด ๆ หารด้วยปริมาณทางแกนนอน (F) ใด ๆ 	
				<p>นั่นคือ slope = $\frac{a}{F}$</p>	
๒.๑	๑๑๓	๒	๒	<p>และสรุปได้จากกราฟนี้ว่า $\frac{a}{F} =$ ค่าคงที่ หรือ a เป็นปริมาณโดยตรงกับ F หรือเขียนเป็นแบบ $a \propto F$</p>	
๒.๑	๑๑๓	๓	๑๑	<p>ในทำนองเดียวกันผลการทดลองในตอนที่ ๒ ได้กราฟเส้นตรงระหว่าง a กับ $\frac{1}{m}$ และผ่านจุด Origin จึงสรุปได้ว่า $a \propto F$</p>	<p>- การตีความหมาย ข้อมูลและการลง ข้อสรุป</p>
				<p>จากการทดลองทั้ง ๒ ตอน จึงสรุปได้ดังนี้</p>	
				<p>$a \propto F$ เมื่อมวลคงที่</p>	
				<p>และ $a \propto \frac{1}{m}$ เมื่อแรงคงที่</p>	
				<p>$\therefore a \propto \frac{F}{m}$</p>	

หรือ $F = ma$

ตามหลักคณิตศาสตร์จะได้ $F = Kma$ เมื่อ k เป็นค่าคงที่ของ
สัดส่วนคงกล่าว ซึ่งเราอาจจะทำให้ค่าของ k มีค่าเท่ากับ ๑ ได้
โดยใช้หน่วยของ F ที่เหมาะสมในระบบหน่วยเอสไอ ได้ตกลงกำหนด
หน่วยของแรงขึ้นดังนี้ ถ้าแรงขนาดหนึ่งทำให้มวล ๑ กิโลกรัม เคลื่อน
ที่ด้วยความเร่ง ๑ เมตร/วินาที^๒ แรงขนาดนั้นเรียกว่า ๑ นิวตัน
หรือ ๑ $\text{kg}\cdot\text{m}/\text{s}^2$ โดยการแทนแรงที่กำหนดแบบนี้ในสมการ

$F = Kma$ จะทำให้ค่าของ $k = ๑$ ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่าง
 F , m และ a จึงเหลือเพียง $F = ma$

๒.๑

๑๑๘

๑

๑

เนื่องจากแรงและความเร่งเป็นปริมาณเวกเตอร์และได้กล่าวมา
แล้วว่าทิศของความเร่งจะอยู่ในทิศเดียวกับแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ
สมการข้างบนจึงเขียนเป็นสมการเวกเตอร์ได้ว่า $F = ma$

๒.๑

๑๑๘

๒

๘

จากนี้ครูกล่าวถึงข้อความในกฎข้อที่ ๒ ของนิวตัน โดยครูย้าให้
นักเรียนไต่หราบถึงสิ่งสำคัญในกฎข้อที่ ๒ ของนิวตัน คือ
๑. แรงในกฎข้อ ๒ นี้เป็นแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุ
๒. กฎข้อที่ ๒ นี้กำหนดทิศของความเร่งไว้ควรวางอยู่ในทิศของ
แรงลัพธ์

– การกำหนด
นิยามเชิง
ปฏิบัติการ

ลำดับการทดลองที่	หน้า	ยูนิท	บรรทัด	ข้อความ	ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์	หมายเหตุ
------------------	------	-------	--------	---------	---------------------------	----------

๒.๑ ๑๑๘ ๓ ๘

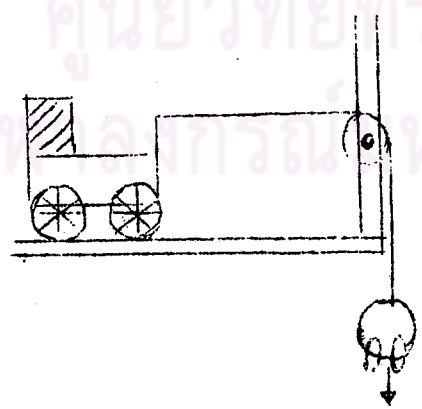
ครู นักเรียนช่วยกันสรุปเกี่ยวกับกฎการเคลื่อนที่ทั้ง ๒ ข้อที่ผ่านมาของนิวตันอีกครั้งหนึ่งว่าวัตถุที่อยู่นิ่งหรือเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสม่ำเสมอ นั้น ไม่มีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุ เมื่อใดก็ตามที่มีแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุ วัตถุนั้นจะเคลื่อนที่ด้วยความเร่งซึ่งจะมีความเกี่ยวข้องกับระหว่างแรง มวล และความเร่งที่เป็นไปตามกฎข้อที่ ๒ ของนิวตันเสมอ และชี้ให้เห็นว่าจากกฎข้อ ๒ นี้เองที่มวล และแรงในทางฟิสิกส์มีความหมายที่ชัดเจน และสามารถวัดปริมาณที่แน่นอนได้

-การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

๒.๑ ๑๑๘ ๘ ๑๓

หมายเหตุ
๑. ในการทดลองเราใช้น้ำหนักที่แขวนที่ห้วงแทนแรงดึงดูด แต่ความเป็นจริงแรงที่ดึงดูดคือแรงดึง (Tension) ในเส้นเชือกซึ่งไม่ใช่ mg ตามรูป ดังจะเห็นได้จากการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

-การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป



สมการแสดงการเคลื่อนที่ของน้ำหนักถ่วงมวลตามกฎข้อ ๒

ของนิวตัน คือ

$$mg - T = ma \quad (๑)$$

สมการแสดงการเคลื่อนที่ของรถมวล m ตามกฎข้อ ๒ ของนิวตันคือ $T = ma \quad (๒)$

$$(๑) + (๒) : m'g = (m' + m) a$$

$$a = \frac{m'g}{m'+m}$$

$$\text{แทนค่าใน (๒) } T = ma = \frac{mm'g}{m'+m}$$

$$= m'g \left(\frac{1}{1 + \frac{m}{m'}} \right)$$

๒.๑

๑๑๘

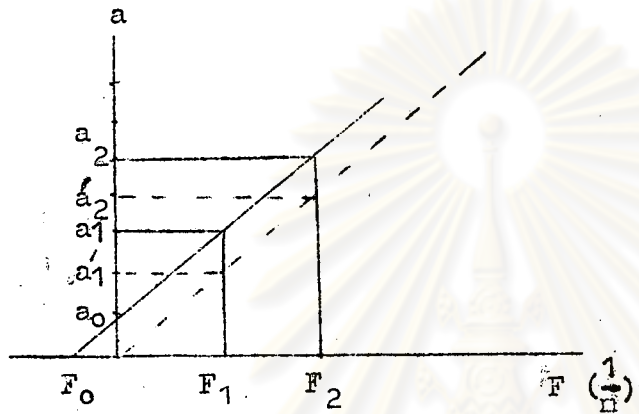
๘ ข้อสังเกต

๑.๑ T เป็นค่าคงที่เมื่อ m', m และ g คงที่

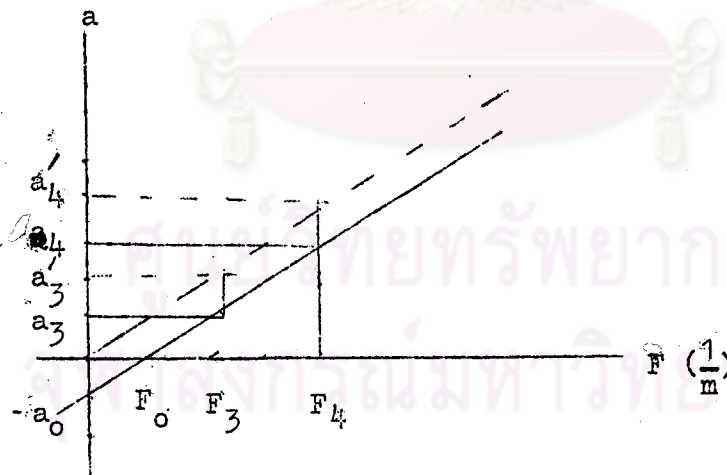
๑.๒ T → m'g ถ้า $\frac{m}{m'} \rightarrow 0$ หรือ $m' \ll m$

นั่นคือน้ำหนักที่ไร้อิทธิพลของน้ำหนักมาก ดังนั้นการใช้ค่าแรงที่กระทำกับรถในการทดลองนี้เป็น m'g จึงมีความผิดพลาดเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ถ้าใช้ m' ไม่มากนักสำหรับการวิเคราะห์ข้างต้นนี้ครูอาจจะให้นักเรียนช่วยกันทำบนกระดานโดยอาศัยกฎข้อ ๒ ของนิวตัน

๒. ในการเขียนกราฟระหว่าง a กับ T และ a กับ $\frac{1}{m}$ นักเรียนบางกลุ่มอาจจะได้กราฟที่ไม่ผ่าน Origin ก็ได้ ครูอาจให้นักเรียนช่วยกันวิเคราะห์ดูว่าเป็นเพราะอะไร ตัวอย่างเช่นถ้าเส้นกราฟตัดแกน y เป็นเส้นเอียงคด ดังรูป ๒.๑๘ ก หรือตัดได้แกนนอน ดังรูป ๒.๑๘ ข



รูป ๒.๑๘ ก เส้นกราฟตัดแกนตั้งที่ a_0



รูป ๒.๑๘ ข เส้นกราฟตัดแกนตั้งที่ $-a_0$

ในรูป ๒.๑๘ ก พิจารณาที่ $F = 0$ ความเร่งจะเป็น a
 หมายความว่าขณะที่ไม้ไผ่แรงดึงเลยรถเคลื่อนที่ด้วยความเร่ง
 ค่าหนึ่งอยู่แล้ว แสดงว่าจะต้องมีสาเหตุอื่นทำให้รถเคลื่อนที่อยู่ก่อน
 แล้ว ซึ่งในกรณีนี้จะเป็นการเอียงรางเพื่อชดเชยความถี่คนนั้นมาก
 เกินไป ดังนั้น ความเร่งที่วัดได้จึงมีค่าเกินกว่าที่สมควรจะได้จาก
 แรง F ที่ใช้จริง ๆ ถ้าพิจารณาที่จุด F_1 ตามรูป ๒.๑๘ ก
 ความเร่งที่วัดได้ คือ a_1 ซึ่งมากเกินไปความจริง ค่าที่ควรเป็น a_1'
 และในทำนองเดียวกันเมื่อใช้แรง F_2 ความเร่งที่ควรได้น่าจะเป็น
 เป็น a_2' ถ้าเป็นอย่างนี้เส้นกราฟก็จะผ่าน Origin เช่น
 เส้นกราฟเส้นประในรูปที่ ๒.๑๘ ก

-การตีความ
 หมายข้อมูลและ
 การลงข้อสรุป

ในทางที่กลับกันถ้าดูตามรูป ๒.๑๘ ข ขณะที่ความเร่งเป็นศูนย์
 ปรากฏว่ามีแรงจำนวนหนึ่ง F_0 กระทำต่อรถ จึงแปลความหมายได้
 ว่าค่าของแรง F ต่าง ๆ ที่เราใช้ไม้ไผ่เพื่อทำให้รถเคลื่อนที่ด้วย
 ความเร่งอย่างเดียวกัน จะต้องเสียแรงจำนวนหนึ่งไปเพื่อสาเหตุ
 ใช้อื่น ซึ่งน่าจะเป็นความถี่คดเคี้ยวการเคลื่อนที่ของรถ ฉะนั้น จะ
 ต้องตีความหมายได้ว่าการชดเชยความถี่คนน้อยไป ดังนั้น ค่า a ที่
 วัดได้สำหรับแรง F ค่าหนึ่ง ๆ จึงน้อยกว่าที่ควรจะเป็น เช่น ที่จุด
 แรง F_3 ความเร่งน่าจะเป็น a_3' ซึ่งมากกว่า a_3 และที่ขนาด
 แรง F_4 ความเร่งน่าจะเป็น a_4' ซึ่งมากกว่า a_4 ถ้าพิจารณา

-การตีความ
 หมายข้อมูลและ
 การลงข้อสรุป

จุดบนกราฟตามนี้ก็จะได้เป็นกราฟเส้นประ ซึ่งผ่าน Origin พอดี
ทำนองเดียวกันกับกราฟระหว่าง a กับ $\frac{1}{m}$ ถ้าเป็นตามรูป ก.
แสดงว่าแรงจริง ๆ ที่ทำไว้เกิดการเคลื่อนที่มากกว่าค่า F ที่
บันทึกได้จากน้ำหนักที่ชั่งแขวน ฉะนั้น จึงน่าจะมีสาเหตุอย่าง
เดียวกัน คือ เอียงรางเพื่อชดเชยความผิดมากเกินไป สำหรับรูป
ข. แรงจริง ๆ ที่ใช้น้อยกว่าแรง F ที่บันทึกจึงแปลความว่า
ชดเชยความผิดน้อยไป

๒.๑

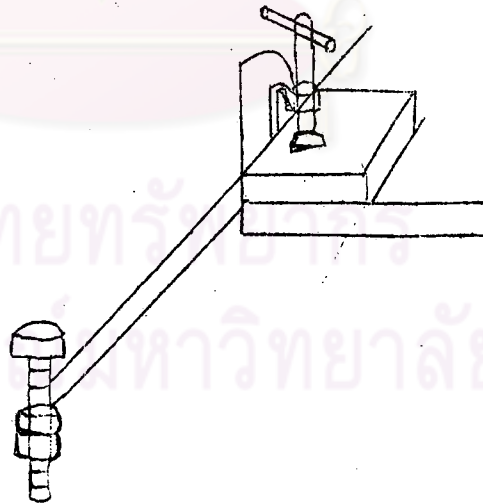
๗

๘

๑๓

กิจกรรม ๒.๑ เครื่องชั่งมวลจากความเฉื่อย

เพื่อความเข้าใจความหมายของมวล เราจะทำการทดลองชั่งมวล
ของวัตถุด้วยเครื่องชั่งจากสมบัติที่ต้านต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพการเคลื่อนที่



รูป ๒.๑ เครื่องชั่งมวลจากความเฉื่อย

วิธีทำ ยึดเครื่องซึ่งมวลงกับขอบโต๊ะ แล้วทำให้สกรูซึ่งติดอยู่บน
ปลายเหล็กสปริงแกว่ง สังเกตคาบของการแกว่ง (เวลาที่ใช้น
การแกว่งครบ ๑ รอบ) เอาคินน้ำมันมาติดเข้ากับสกรู แล้ว
ทำให้แกว่งอย่างไหนด แกว่งเร็วหรือช้ากว่ากัน ลองใช้คินน้ำมัน
ขนาดต่าง ๆ กันทดลองดูบ้าง

จากการทดลองคราว ๆ นี้ นักเรียนจะสรุปผลความหมายของ
มวลงได้โดยการ เปรียบเทียบจากคาบของการแกว่ง
และจากสมบัติของมวลงซึ่งเกี่ยวกับความเฉื่อยที่ได้ เราอาจใช้
เครื่องซึ่งมวลงจากความเฉื่อยที่ได้ เราอาจใช้เครื่องซึ่งมวลงจาก
ความเฉื่อย หามวลงของวัตถุที่ไม่ทราบค่าได้โดยการทดลอง
ดังต่อไปนี้

๒.๑

๗๕

๑

๑

๑. ใส่หลอดเข้าไปในสกรู ๓ ตัว (ถ้าใช้หลอด ๑ ตัว และ ๒ ตัว
จะแกว่งเร็วมากจนหาคาบของการแกว่งได้ไม่ถูกต้อง) ทำให้สกรู
สั้น วัดคาบของการแกว่งโดยการจับเวลาหลาย ๆ รอบ เช่น ๒๐
หรือ ๓๐ รอบ แล้วนำจำนวนรอบมาหารเวลาเพื่อหาคาบของการ
แกว่ง (๑ รอบ หมายถึง วัตถุนั้นเคลื่อนที่ไปแล้วกลับมาที่เดิมใน
ลักษณะเดิม) ถ้าไม่มีนาฬิกาจับเวลาอาจใช้เข็มวินาทีของนาฬิกา
ข้อมูล การนับจำนวนรอบเมื่อวัตถุนั้นแกว่งไปสักพักหนึ่งก่อนจน
กระทั่งเหล็กสปริงไม่บิดคือมีแต่การแกว่งอย่างเดียว

- การสังเกต

- การหาความ

สัมพันธ์ระหว่าง

มิติกับเวลา

- การตีความ

หมายและการ

ลงข้อสรุป

- การทดลอง

ตอนที่ ๑

- การหาความ

สัมพันธ์ระหว่าง

มิติกับเวลา

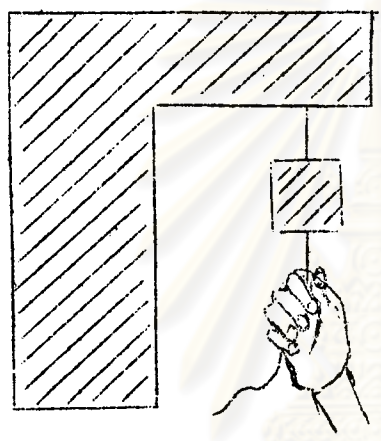
- การควบคุม

ตัวแปร

ลำดับการทดลองที่	หน้าที่	ย่อหน้าที่	บรรทัดที่	ข้อความ	ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์	หมายเหตุ
				๒. เพิ่มจำนวนนอกเป็น ๔, ๕, ๖ ตัว ทดลองหาคาบของการแกว่งตามลำดับ สังเกตว่าคาบช้าหรือเร็วขึ้นอย่างไร	- การสังเกต	
				๓. เขียนกราฟระหว่างจำนวนนอก (แกนนอน) และคาบของการแกว่ง (แกนยืน) ที่ได้จากการทดลองข้อ ๑ และข้อ ๒	- การจักรกระทำ ข้อมูลและการ สื่อความหมาย	
				๔. เพื่อหาหาค่ามวลที่ไม่ทราบค่า เอาวัตถุนั้นติดเข้ากับสกรูแล้วทำให้สกรูแกว่งหาคาบของการแกว่ง ถ้ามวลนั้นมีขนาดเล็กให้ได้นอกในสกรูเสียก่อนประมาณ ๔-๕ ตัว เพื่อจะได้จับเวลาของการแกว่งไค้สะดวก และถูกต้อง หาคาบของการแกว่ง	- การทดลองตอนที่ ๒ - การควบคุมตัวแปร - การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิต กับเวลา	
				๕. จากกราฟในข้อ ๓ หาค่ามวลของวัตถุที่ไม่ทราบค่าเทียบกับนอक्तี่ตัว เช่น เท้ากับมวลของนอก ๓.๐ ตัว หรือ ๓.๔ ตัว เป็นคน		
				๖. ชั่งมวลของนอก ๔ หรือ ๕ ตัวที่ใส่รวมกับมวลที่ไม่ทราบค่า โดยใช้ตาชั่งแล้วหาคว้ามวลของวัตถุที่ไม่ทราบค่านั้นติดเป็นมวลเท้าไค้ โดยเปรียบเทียบกับมวลของนอกที่ชั่งได้	- การวัด	
				๗. ชั่งมวลที่ไม่ทราบค่าโดยใช้เครื่องชั่ง แล้วเอาค่าที่ชั่งได้เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากข้อ ๖	- การวัด	

๒.๒ ๘๐ ๑ ๑

กิจกรรม ๒.๒ การดึงและการกระตุก



แขวนวัตถุหนัก ๆ เช่น คุ่มโลหะ
กับข้อข้างบนควย เชือกเส้นหนึ่ง - การทดลอง ๒
ใช้ เชือกเส้นที่สองซึ่งมีขนาดและ
ลักษณะเหมือนกับเส้นแรก ผูก
คานกลางของคุ่มโลหะ ถ้าวอก
แรงดึง เชือกเส้นกลาง ๆ - การสังเกต ๒
ปรากฏว่า เชือกเส้นบนจะขาด
แต่ถากระตุกเชือกเส้นกลาง

รูป ๒.๒
แรง ๆ เชือกเส้นกลางจะขาดเองทำไมจึงเป็นเช่นนั้น

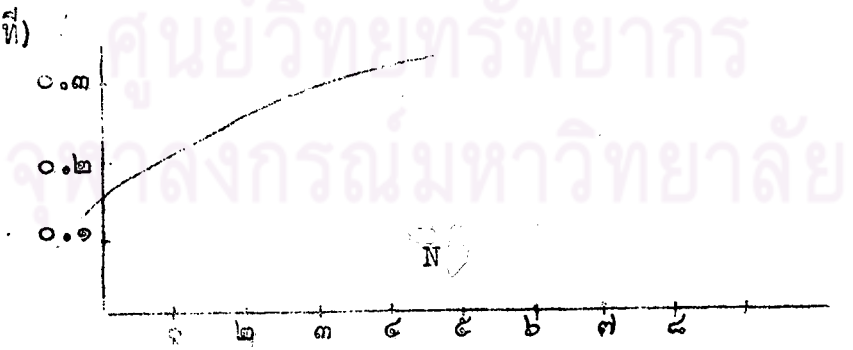
ลำดับกิจกรรมที่	หน้าที่	จุดหน้าที่	บรรทัดที่	ข้อความ	ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์	หมายเหตุ
-----------------	---------	------------	-----------	---------	---------------------------	----------

๒.๑ ๔๔ ๒ ๗ ครูแนะนำให้นักเรียนทำกิจกรรม ๒.๑ ในตอนท้ายของบทเรียน
กิจกรรมเป็นสิ่งซึ่งแนะนำให้นักเรียนทำด้วยตนเองนอกเวลาเรียน
ตัวอย่างของกิจกรรม ๒.๑ (เครื่องซึ่งมวลจากความเฉื่อย)

จำนวน นอตตัว (m)	ระยะเวลาที่ใช้ในการแกว่ง ๓๐ รอบ (วินาที)						(คาบ)(T) (วินาที)
	ครั้งที่๑	ครั้งที่๒	ครั้งที่๓	ครั้งที่๔	ครั้งที่๕	เฉลี่ย	
๒	๑๐.๒	๑๐.๒	๑๐.๒	๑๐.๒	๑๐.๑	๑๐.๒	๐.๓๔
๓	๑๓.๒	๑๓.๒	๑๓.๓	๑๓.๒	๑๓.๒	๑๓.๒	๐.๔๔
๔	๑๕.๐	๑๕.๐	๑๕.๑	๑๕.๐	๑๕.๐	๑๕.๐	๐.๕๐
๕	๑๖.๙	๑๖.๙	๑๗.๐	๑๗.๐	๑๖.๙	๑๖.๙	๐.๕๖
๖	๑๘.๓	๑๘.๙	๑๙.๐	๑๘.๘	๑๘.๘	๑๘.๘	๐.๖๓
๓+มวล	๑๗.๒	๑๗.๒	๑๗.๒	๑๗.๑	๑๗.๒	๑๗.๒	๐.๕๗

- การจัดการทำ
ข้อมูลและการสื่อ
ความหมาย

คาบ(วินาที)



- การจัดการทำ
ข้อมูลและการสื่อ
ความหมาย

รูป ๒.๕ กราฟแสดงความสัมพันธ์ของ T กับ m

ลำดับกิจกรรมที่	หน้าที่	ยูนิ หน้าที่	บรรทัด ที่	ข้อความ	ทักษะกระบวนการ วิทยาศาสตร์	หมายเหตุ
-----------------	---------	-----------------	---------------	---------	-------------------------------	----------

๒.๑	๔๕	๑	๑	<p><u>หมายเหตุ</u></p> <p>๑. จากกราฟจะเห็นว่าเส้นกราฟไม่ผ่าน Origin ถ้าต่อเส้นกราฟออก—การตีความหมาย ไปทั้งนี้เพราะมีการแกว่งของตัวสกรู มวลสกรูจึงมาเกี่ยวของควยทำให้ ข้อมูลและการลง เส้นกราฟตัดแกน x ทางด้านลบ ข้อสรุป</p> <p>๒. การหามวลที่ไม่ทราบค่าทำได้โดยการลากเส้นจากค่า x (ที่วัดได้) —การพยากรณ์ ให้ขนานกับแกน x ไปตัดเส้นกราฟ จากจุดที่ตัดกันจึงลากเส้นขนานกับ แกน y ไปตัดกับแกน x ที่จุด N อ่านค่าออกมาเป็นจำนวนนอศแล้ว ทำการคำนวณดังนี้</p>		
๒.๑	๔๕	๒	๔	<p>ในการคำนวณครั้งหนึ่งเมื่อใช้มวลที่ไม่ทราบค่านำไปแกว่งร่วมกับนอศ</p> <p>๓. ตัว จับเวลาใช้ค่า t เป็น ๐.๕๗ ซึ่งโยงไปตามเส้นประในรูปกราฟ ข้างบนได้มวลที่จุด N เท่ากับนอศ ๕.๐ ตัว</p> <p>มวลที่ไม่ทราบค่ามีมวลเทียบกับนอศ $๕.๐ - ๓.๐ + ๒.๐$ ตัว แต่ นอศ ๑ ตัว หนัก ๐.๒ นิวตัน</p> <p>มวลที่ไม่ทราบค่ามีน้ำหนัก $๒.๐ \times ๐.๒ = ๐.๔$ นิวตัน (จากการ —การคำนวณ ทดสอบควยเครื่องซึ่ง ปรากฏว่ามวลก่อนนี้หนัก ๐.๔๖ นิวตัน)</p>		

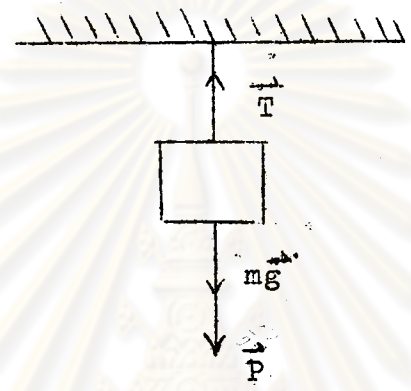
๒.๒

๑๑๗

๙

๒๐

อธิบายกิจกรรมที่ ๒.๒



รูป ๒.๑๕

ถ้าคอย ๆ ออกแรง \vec{P} ดึงที่ปลายของเชือกก็คิดเหมือนกับ
ว่ามวล m อยู่นิ่ง ฉะนั้นแรงลัพธ์ที่กระทำต่อมวล m จะเป็น
ศูนย์ ตามกฎข้อที่ ๑ ของนิวตัน

- การตีความหมาย
ข้อมูลและการลง
ข้อสรุป

$$\begin{aligned} P + mg - T &= 0 \\ P - T &= mg \end{aligned}$$

จะเห็นได้ว่า $P - T$ มีค่าเป็นลบ แสดงว่าขนาดของ P จะ
น้อยกว่า T หรือพูดอีกแบบหนึ่งได้ว่า เมื่อออกแรงดึง P
ความตึงของเชือกตอนล่างจะน้อยกว่าตอนบน แต่เนื่องจาก
เชือกทั้ง ๒ ตอนเป็นเชือกชนิดเดียวกัน ย่อมมีความทนต่อแรง

แรงดึงได้มากที่สุดเท่ากัน ดังนั้น เชือกตอนบนจะถึงจุดที่ท่าน
ไม่ไค่ก่อน เชือกตอนล่าง เชือกตอนบนจึงขาดก่อน

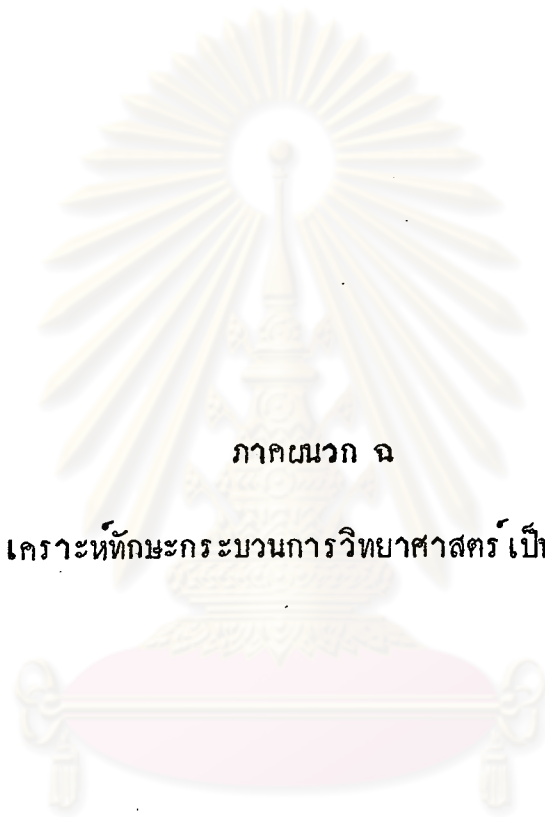
สำหรับการกระตุกอย่างแรง เป็นการพยายามที่จะให้มวล m
มีความเร่งสูง ฉะนั้นตามกฎข้อ ๒ ของนิวตัน จะมีแรงลัพธ์
ค่าหนึ่ง ซึ่งทำให้เกิดความเร่งสูง (a) ค่านี้

นั่นคือ $P + mg - T = ma$

$P - T = ma - mg = m(a - g)$

แต่ในกรณี $a > g$ ∴ $P - T$ จึงมีค่าเป็นบวกหรือ
ขนาดของ P มีค่ามากกว่า T เมื่อใช้แรงกระตุกที่มากกว่าที่
เชือกจะทานได้ เชือกตอนล่างจึงขาดก่อนตอนบน

- การตีความหมาย
ข้อมูลและการลง
ข้อสรุป



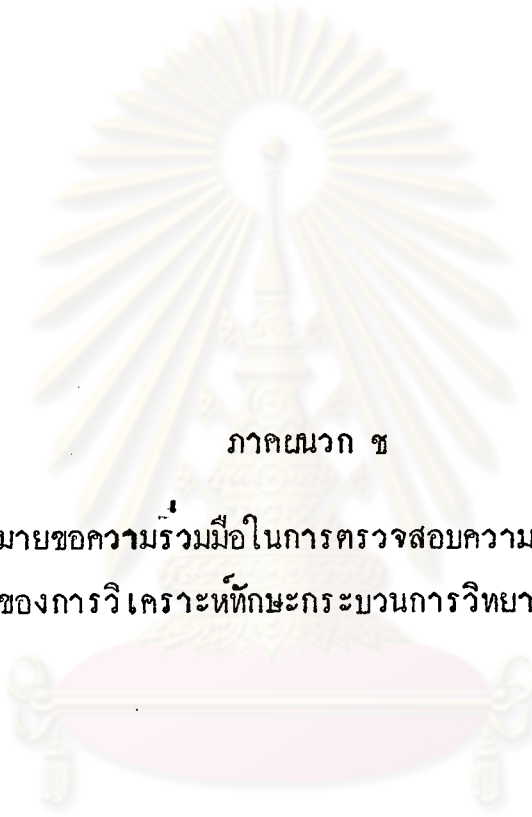
ภาคผนวก ฉ

ตารางวิเคราะห์ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ เป็นความถี่

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๒๑ การวิเคราะห์ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ในแบบเรียนและคู่มือครูวิชา
ฟิสิกส์เป็นความถี่

บทที่	ความถี่ของทักษะ				
	๑	๒	๓	๔	๕
ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์					
การสังเกต	๙	๖	๔	๑	๑
การวัด	๑๙	๑๑	๑๑	๑๑	๑๑
การจำแนกประเภท	๑	๑	๑	๑	๑
การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับเวลา	๑	๖	๑	๙	๑
การคำนวณ	๕๐	๑๙	๒๑	๑๒	๕๕
การจัดกระทำข้อมูลและการสื่อความหมาย	๑๙	๑๑	๑๑	๒๑	๑๑
การลงความคิดเห็นจากข้อมูล	๑	๒	๑	๑	๑
การพยากรณ์	๑	๑	๑	๑	๑
การตั้งสมมุติฐาน	๑	๑	๑	๑	๑
การกำหนดและควบคุมตัวแปร	๑	๒	๑	๑	๑
การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	๑	๑	๑	๒	๑
การทดลอง	๑	๑	๑	๑	๑
การตีความหมายและการลงข้อสรุป	๑๑	๒๑	๒๒	๑๒	๑๑



ภาคผนวก ช

จดหมายขอความร่วมมือในการตรวจสอบความเที่ยงตรง
ของการวิเคราะห์ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตราพระเกี้ยว

คณะครุศาสตร์

ที่ คม/

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชามัธยมศึกษา

๒๘ มกราคม ๒๕๖๓

เรื่อง ขอความกรุณาในการตรวจสอบความเที่ยงตรงในการวิเคราะห์ทักษะกระบวนการ
วิทยาศาสตร์

เรียน

คายนายบรรพต วงศ์แสง นิสิตปริญญาโท สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์
กำลังทำวิทยานิพนธ์เรื่องการวิเคราะห์แบบเรียนวิชาฟิสิกส์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่สี่ เล่มหนึ่ง
เพื่อเป็นวิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต และกำลังวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
๑๓ ทักษะ จากบทที่ ๒ ของแบบเรียน ซึ่งจัดทำโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี ซึ่งในการหาค่าความเที่ยงตรง (validity) ของการวิเคราะห์นี้
ภาควิชามัธยมศึกษาใครขอความกรุณาจากท่าน ซึ่งเป็นผู้ทรงคุณวุฒิในการให้ความอนุเคราะห์
ตรวจสอบผลการวิเคราะห์ดังกล่าว

ภาควิชามัธยมศึกษาหวังอย่างยิ่งในความร่วมมือจากท่าน และขอขอบคุณมาใน
โอกาสนี้ด้วย.

ขอแสดงความนับถืออย่างสูง

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระชัย ปุรณโชติ)

หัวหน้าภาควิชามัธยมศึกษา

ภาควิชามัธยมศึกษา

โทร. ๒๕๒๐๓๖๔



ภาคผนวก ข

จดหมายขอความร่วมมือในการวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตราพระเกี้ยว

ที่ ทม.๐๓๐๘/

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๘ มกราคม ๒๕๒๓

เรื่อง ขอความร่วมมือในการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียน

เนื่องด้วย นายบรรพต วงศ์แสง นิลิตปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา
กำลังดำเนินการวิจัย เรื่อง "การวิเคราะห์แบบเรียนวิชาฟิสิกส์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่สี่
เล่มหนึ่ง" ในการนี้ นิลิตจำเป็นต้องทำการสำรวจเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการแจกแบบสอบถาม
แก่ครูผู้สอนวิชาฟิสิกส์ จำนวน ๒ ท่าน ของโรงเรียน.....

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์จากท่านให้นิลิตได้ทำการ เก็บรวบรวมข้อมูล
ดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ทางวิชาการ

บัณฑิตวิทยาลัย หวังอย่างยิ่งในความกรุณาของท่าน และขอขอบคุณเป็นอย่างสูงมา
ณ โอกาสนี้ด้วย.

ขอแสดงความนับถืออย่างสูง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรชัย พิศาลบุตร)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ บัณฑิตวิทยาลัย

แผนกมาตรฐานการศึกษา

โทร. ๒๕๑๑๘๑ กอ ๒๕๕

ประวัติผู้วิจัย

นาย บรรพต วงศ์แสง เกิดเมื่อวันที่ ๗ ธันวาคม พ.ศ. ๒๔๘๓ บ้านเลขที่ ๑ ตำบลสำเภาลม อำเภอบึงสามพัน จังหวัดบึงสามพัน สำเร็จการศึกษา บัณฑิต จากวิทยาลัยวิชาการศึกษาประสานมิตร เมื่อปี พ.ศ. ๒๕๑๕ เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ (ฟิสิกส์) ภาควิชามัธยมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. ๒๕๒๑ ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยครุศรีนครินทร์.



ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย