

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กมลรัตน์ หล้าสุวรรณ. (2528). *จิตวิทยาการศึกษา*. กรุงเทพฯ: บำรุงสาสน์.
- กระทรวงศึกษาธิการ. *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ :
โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. 2551.
- กฤษณา ศักดิ์ศรี. (2528). *จิตวิทยาการศึกษา*. กรุงเทพฯ: เดชา.
- กองการวิจัยการศึกษา กรมวิชาการ. (2543). *การรับรู้ความสำเร็จในการเรียนของนักเรียนที่มี
ผลสัมฤทธิ์ต่างกัน*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา.
- กัญญา ทองมัน. (2534). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะทาง
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ท่า
การทดลองแบบไม่กำหนดแนวทิศทางและกำหนดแนวทางผลการ*. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม.
(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่าย
เอกสาร.
- จิรัชญา พาณิชย์. (2550). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบ
เสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับการแสดงกลวิทยาศาสตร์ (Science Show) โรงเรียนเทศบาล 1
เทศบาลเมืองเลย*.
- จินตนา ช่วยด้วง. (2547). *การใช้เทคนิคการสอนแบบ 4MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติ
ต่อวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม.
(การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่าย
เอกสาร.
- ชวาล แพร์ตกุล. (2528). *เทคนิคการวัดผล*. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.
- ชัยเดช สีลาเดช. (2540). *การพัฒนาเพิ่มสะสมงานในการประเมินผลการเรียนวิชาภาษาอังกฤษ
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ด. (การทดสอบและวัดผลการศึกษา).
กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร
- ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2544). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย*. กรุงเทพฯ: เทพนิมิตการพิมพ์.
- ฉัฐพงษ์ เจริญพิทษ์. (2542). *การศึกษาประสิทธิภาพของการสอนวิทยาศาสตร์ตามรูปแบบสมองครบ
ส่วน (สคส.)*. กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- ดารุณี เชื้อเจ็ดตน . (2540). *ความสามารถในการสื่อความหมายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นยุทธวิธีวงจรการเรียนรู้*. วิทยานิพนธ์ ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.
- เดชา เดชะวัฒน์ ไพศาล. (2543, ตุลาคม-ธันวาคม). Competency-Based Human Resources Management. *การบริหารคน*. 21 (4) : 11-18.
- นงนุช สหัสดี. (2545). *การศึกษาคือความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์*. กรุงเทพฯ: ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- นพวรรณ ศรีเกตุ. (2550). *การแสดงผลฐานความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ*. กรุงเทพฯ: ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 7 . กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- บุญเจ็ด ภิญญอนันตพงษ์. (2544). *การวัดผลและประเมินผลการศึกษา : ทฤษฎีและการประยุกต์*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ประพาเพ็ญ สุวรรณ. (2526). *ทัศนคติการวัดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอนามัย* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ปิยะชัย จันทรวงศ์ไพศาล. (2548, กุมภาพันธ์). การวิเคราะห์ Training Need บนพื้นฐานของ Competency. *For Quality*. 11(88):69 – 72.
- ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2534). *จิตวิทยาการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สหมิตรออฟเซต.
- พิสิฐพจน์ ไชยานุกุล. (2544). *การศึกษาคือความสัมพันธ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดสำนักงานการศึกษาเทศบาลเขตการศึกษา 11 : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*
- พรรณณี ช. เจนจิต. (2528). *จิตวิทยาการเรียนการสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 2) กรุงเทพฯ: อมรินทร์การพิมพ์.
- ไพรัตน์ วงษ์นาม. (2544). *หลักการวิจัยทางการศึกษา*. ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- ไพศาล หวังวานิช. (2526). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2529). *การสร้างและการพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- พัชรี เกตุแก่นจันทร์. (2540). *การใช้ชุดพัฒนาส่งเสริมสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ในการพัฒนาความสามารถในการแก้ไขปัญหาทางวิทยาศาสตร์และบุคลิกภาพนักวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ไพศาล หวังพานิช. (2533). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- มนัส สุดลิ้น . (2543). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ วิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบการเขียนแผนผังมโนคติ*. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช. (2545). *ประมวลสาระชุดวิชา หน่วยที่ 8 – 15 การพัฒนาเครื่องมือสำหรับการประเมินการศึกษา*. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช.
- ดวงเดือน พันธุมนาวิน; และเพ็ญแข ประจันปัจจนิก. (2530). *การวัดและการวิจัยเจตคติที่เหมาะสมตามหลักวิชาการ (ฉบับปรับปรุงแก้ไข)*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. (2528). *หลักการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา (ฝ่ายวัดผลและวิจัย). คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. (2536). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 3)*. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- ล้วน สายยศ; และอังคณา สายยศ. (2539). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ; และจิต นวนแก้ว. (2533). *กิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2540). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการ*. กรุงเทพฯ : ภาควิชาการศึกษา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วารี ธีระจิตร. (2534). *การพัฒนาการสอนสังคมศึกษาระดับประเทศ*. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- วิษุตา งามอักษร. (2541). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการสอนแบบ เอส เอส ซี เอส กับการสอนตามคู่มือครู. ปรินญา นิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วิเชียร เกตุสิงห์. (2530). หลักการสร้างและวิเคราะห์เครื่องมือในการวิจัย. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. เอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการเผยแพร่ ขยายผล และอบรม รูปแบบการจัดการกระบวนการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน เพื่อพัฒนากระบวนการคิดระดับสูง. 2549. (เอกสารอัดสำเนา)
- สมจิต สวธนไพบูลย์. (2526). สมรรถภาพการสอนของครู. การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาหลักสูตร และการสอน คณะศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สุกัญญา รัศมีธรรมโชติ. (2547, พฤศจิกายน- ธันวาคม). *Competency : เครื่องมือการบริหารที่ปฏิเสธไม่ได้*. *Productivity World*. 9 (53) : 49-50.
- สุบรรณ เอี่ยมวิจารณ์. (2548, กุมภาพันธ์-เมษายน). การจัดการชี้ความสามารถ (*Competency*) ของบุคลากร : หัวใจสำคัญของการพัฒนาอุดมศึกษาไทย. มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. 2(6):53-55.
- สุนีย์ เหมาะประสิทธิ์. (2533). การพัฒนาชุดการสอนเพื่อแก้ไขปัญหาข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุนีย์ คล้ายนิลและคณะ. (2546). ชุดกิจกรรมสำหรับครูเพื่อพัฒนาศักยภาพการเรียนรู้สาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- เสาวนีย์ เกรียร์. (2540). คู่มือการอบรมการใช้แฟ้มสะสมผลงานนักเรียน. กรุงเทพฯ: เนติกุลการพิมพ์.
- หทัยรัตน์ เขียวเอี่ยม . (2543). ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามทฤษฎีสรคินิยมเพื่อพัฒนาสมรรถนะด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนช่อนันทรีเขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อภิรักษ์ วรรณสาธพ. (2545, พฤศจิกายน-ธันวาคม). *Competency ความท้าทายขององค์กรยุคใหม่* *Productivity World*. 7(14):17-27.

- อุกฤษณ์ กาญจนเกตุ. (2543, ตุลาคม-ธันวาคม). Competency-Based Human Resources Management. *การบริหารคน*. 21 (4) : 19-22.
- Abraham M.R. and J.W. Renner. (1986). *The Sequence of Learning Cycle Activities in High School chemistry*. Journal of Research in Science Teaching.
- Anderson, C.R. (1978 , August). The Effective of Assimilation learning Game in Teaching Consumer Credit to Senior Approach, *Dissertation Abstract Instruction*. 4 (2) : 33-51.
- Bloom, Benjamin S., ed. (1976). *Taxonomy of Education objective, Handbook The Cognitive Domain*. New York: Mckay.
- Borg, Walter R. (1987). *Applying educational reseach ; A practical guide for teacher*. 2nded. New York. Longman.
- Boyatzis, Richard. (1982). *The Competency Management*. New York : Wiley.
- Cronbach and Other. (1972). *The Dependability of Behavior Measurement : Theory of Generalizability for Score and Profiles*. New York : John Wiley & Son, Inc.
- Courtney, E.W. (1996). *Alternative Assessment Techniques at the Elementary and Secondary Levis*, เอกสารอบรมเชิงปฏิบัติการ. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Gronlund, Norman E. (1995). *Measurement and Evaluation in Teaching*. New York : Macmillan.
- , (1977). *Constructing Achievement Test*. 2nd ed. Prentice- Hall, Inc.
- Hopkins, C.D., and Antes, R. .L (1990). *Classroom Measurement and Evaluation*. 3rd ed. Itasca, IL : F.E. Peacock.
- Hornby, Derek; & Thomas, Reymond. (1989, January). *Toward a Better Standard of Competency in Vocational Education and Training*. Journal of Further and Higher Education. 16(2) :30-39.
- Klopfer, Leopard E. (1971). *Evaluation of Learning in Science, Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York : McGraw- Hill, Co.
- Krogh Suzanne Lowell. (1994). *Education Young Children Infancy to Grade Three*. New York : Mc Graw – Hill.
- Ladd, George T., and Hans O. Anderson. (1970). *Question and Earth Science Teaching: Using in fluence Effectively* . Journal of Geological Education. 1.

- Lucia, Anntoinette D; & Lepsinger Richard. (1999). *The Art and Science of Competency Model: Pinpointing Critical Factors in Organizations*. San Francisco: Jossey-Bass Pferiffer.
- Peterson, Kenneth D. (1978 , March). *Science Inquire Training for High School Student*. Journal of Research in Science Teaching.15 (3) : 153.
- Stenmark, J.K . (1991). *Mathematics Assessment: myths, models, good question, and practical suggestion*. University of California : The Nation Council of Teachers of Mathematics, INC.
- Traindis, H.C. (1971). *Attitude and attitude change*. New York: Wiley & Sons.
- Ward, Annie W. (1999). *Assessment in Classroom*. Wadsworth Publishing Company.
- Wiggins, Grant and Jay McTighe. *Understanding by Design Expanded 2nd Edition*. New Jersey: Pearson Education, Inc. 2006.
- Woodruffe, Charles. (1992). *What is meant by competency ?* . New York: McGraw- Hill.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินความสอดคล้องของแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา
ฟิสิกส์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติที่มีต่อแผนการสอนพื้นฐาน
คณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ และแผนการจัดการเรียนรู้พื้นฐานคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1. อาจารย์เยาวภา รักการงาน | โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร
สังกัดคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร |
| 2. อาจารย์ปราณี ศิลปศาสตร์ | โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร
สังกัดคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร |
| 3. อาจารย์ปราการ อินทรพานิชย์ | โรงเรียนพังโคนวิทยาคม
สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากลนครเขต 2 |
| 4. อาจารย์โกเมน ศรีวงศ์ษา | โรงเรียนบ้านหนองบัว
สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากลนคร เขต 2 |
| 5. อาจารย์สนอง ศรีวงศ์ษา | โรงเรียนบ้านหนองบัว
สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากลนคร เขต 2 |

ภาคผนวก ข

คำดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา
ฟิสิกส์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบสอบถามเจตคติที่มีต่อวิชาฟิสิกส์
และพื้นฐานคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ และแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พื้นฐาน
คณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์

ตาราง 25 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

ข้อที่	IOC	ข้อที่	IOC	ข้อที่	IOC
1	1	29	1	57	0.80
2	0.80	30	1	58	0.60
3	0.60	31	0.80	59	0.80
4	0.80	32	1	60	1
5	0.80	33	1		
6	1	34	1		
7	0.80	35	1		
8	0.60	36	1		
9	0.80	37	1		
10	0.60	38	1		
11	0.60	39	1		
12	0.80	40	0.80		
13	0.80	41	0.80		
14	0.80	42	0.60		
15	0.80	43	1		
16	0.60	44	1		
17	0.80	45	1		
18	0.60	46	1		
19	0.80	47	0.80		
20	0.60	48	0.60		
21	0.80	49	1		
22	0.60	50	0.80		
23	0.80	51	0.80		
24	0.80	52	1		
25	0.80	53	0.60		
26	1	54	1		
27	1	55	0.80		
28	0.80	56	1		

ตาราง 26 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	IOC	ข้อที่	IOC
1	1	16	1
2	1	17	1
3	0.80	18	0.80
4	0.80	19	0.80
5	0.80	20	0.80
6	0.80	21	0.80
7	1	22	1
8	1	23	0.80
9	0.80	24	1
10	0.80	25	0.80
11	1	26	0.80
12	1	27	0.80
13	1	28	0.80
14	1	29	1
15	0.80	30	1

ตาราง 27 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบสอบถามเจตคติที่มีต่อวิชาฟิสิกส์และพื้นฐานคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์

ข้อที่	IOC	ข้อที่	IOC
1	1	21	0.60
2	1	22	0.60
3	1	23	0.80
4	0.80	24	0.80
5	1	25	1
6	1	26	1
7	1	27	0.80
8	1	28	0.60
9	1	29	0.60
10	1	30	1
11	1	31	1
12	0.80	32	1
13	1	33	1
14	0.60	34	1
15	1	35	0.80
16	1	36	1
17	0.80	37	0.80
18	0.80	38	0.80
19	0.80	39	0.80
20	0.80	40	1

ตาราง 28 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พื้นฐานคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์

แผนที่	IOC
1	1
2	0.67

ภาคผนวก ค

ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{tt})
ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์

ตาราง 29 คะแนนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 6 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศิลปากร จำนวน 39 คน

ข้อ เลขที่																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0
2	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1
3	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0
4	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1
5	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
7	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0
8	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
9	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
10	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
11	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
12	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
13	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1
14	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
15	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1
17	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
18	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1
19	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
20	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0
21	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0
22	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1
23	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1
24	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
25	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0
26	1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1

ตาราง 29 (ต่อ)

ชื่อ เลขที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	27	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1
28	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
29	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0
30	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0
31	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
32	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
33	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0
34	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
35	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
36	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
37	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1
38	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
39	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1
รวม	21	25	12	13	24	14	26	25	11	11	18	23	21	26	8	16	16	20	28	16

ตาราง 29 (ต่อ)

ชื่อ เลขที่	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
2	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
3	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
4	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1
5	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1
7	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0
9	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
11	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1
12	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
13	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1
14	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1
15	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0
16	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
17	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1
18	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1
19	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1
20	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1
21	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1
22	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
23	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0
24	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
25	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
26	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0

ตาราง 29 (ต่อ)

ชื่อ เลขที่	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	27	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
28	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
29	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
30	0	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0
31	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1
32	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
33	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0
34	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
35	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
36	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
37	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1
38	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0
39	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0
รวม	20	19	21	23	19	22	18	15	15	7	21	8	7	25	10	25	11	23	23	19

ตาราง 29 (ต่อ)

ชื่อ เลขที่	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
4	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1
5	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
6	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1
7	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0
9	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
11	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0
12	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
13	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1
14	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1
15	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0
16	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0
17	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1
18	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1
19	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1
20	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1
21	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1
22	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
23	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	1	0
24	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
25	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
26	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0

ตาราง 29 (ต่อ)

ชื่อ เลขที่	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
	27	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1
28	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
29	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0
30	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0
31	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
32	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
33	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0
34	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
35	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
36	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
37	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0
38	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
39	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
รวม	21	21	22	23	19	24	17	14	17	11	22	12	11	25	8	22	15	18	25	15

ตาราง 30 คะแนนของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 60 ข้อ

เลขที่	คะแนน X	X ²	เลขที่	คะแนน X	X ²
1	18	324	21	36	1296
2	18	324	22	23	529
3	23	529	23	37	1369
4	42	1764	24	18	324
5	17	289	25	19	361
6	15	255	26	23	529
7	29	841	27	26	676
8	44	1936	28	19	361
9	27	729	29	30	900
10	14	196	30	36	1296
11	42	1764	31	40	1600
12	28	784	32	18	324
13	40	1600	33	30	900
14	32	1024	34	21	441
15	32	1024	35	21	441
16	17	289	36	18	324
17	34	1156	37	35	1225
18	39	1521	38	24	576
19	28	784	39	33	1089
20	40	1600			
รวม				1086	33294

$$S_t^2 = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}$$

$$S_t^2 = \frac{(39 \times 33294) - (1179396)}{1482}$$

$$S_t^2 = 80.344$$

ค่าความแปรปรวน (S) ทั้งฉบับเท่ากับ 8.963

ตาราง 31 ค่าความยากง่าย (p) และค่าความเชื่อมั่น (r_{pq}) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา
ฟิสิกส์ จำนวน 60 ข้อ

ข้อที่	R	p	q	pq	ข้อที่	R	p	q	pq
1	20	0.513	0.487	0.250	21	20	0.513	0.487	0.250
2	25	0.641	0.360	0.231	22	19	0.487	0.513	0.250
3	12	0.308	0.692	0.213	23	21	0.538	0.462	0.249
4	13	0.333	0.667	0.222	24	23	0.590	0.410	0.242
5	24	0.615	0.385	0.237	25	19	0.487	0.513	0.250
6	14	0.359	0.641	0.230	26	22	0.564	0.436	0.246
7	26	0.667	0.333	0.222	27	18	0.462	0.538	0.249
8	25	0.640	0.360	0.230	28	15	0.385	0.615	0.237
9	11	0.282	0.718	0.202	29	15	0.385	0.615	0.237
10	11	0.282	0.718	0.202	30	7	0.179	0.821	0.147
11	18	0.462	0.538	0.249	31	21	0.538	0.462	0.249
12	23	0.590	0.410	0.242	32	8	0.205	0.795	0.163
13	21	0.538	0.462	0.249	33	7	0.179	0.821	0.147
14	26	0.667	0.333	0.222	34	25	0.641	0.360	0.231
15	8	0.205	0.795	0.163	35	10	0.256	0.744	0.190
16	16	0.410	0.590	0.242	36	25	0.641	0.360	0.231
17	16	0.410	0.590	0.242	37	11	0.282	0.718	0.202
18	20	0.513	0.487	0.250	38	23	0.590	0.410	0.242
19	28	0.718	0.282	0.202	39	23	0.590	0.410	0.242
20	16	0.410	0.590	0.242	40	19	0.487	0.513	0.250

$$\sum_{1}^{40} pq = 9.046$$

ตาราง 31 (ต่อ)

ข้อที่	R	p	q	Pq	ข้อที่	R	p	q	Pq
41	21	0.538	0.462	0.249	51	22	0.564	0.436	0.246
42	21	0.538	0.462	0.249	52	12	0.308	0.692	0.213
43	22	0.564	0.436	0.246	53	11	0.282	0.718	0.202
44	23	0.590	0.410	0.242	54	25	0.641	0.360	0.231
45	19	0.487	0.513	0.250	55	8	0.205	0.795	0.163
46	24	0.615	0.385	0.237	56	22	0.564	0.436	0.246
47	17	0.436	0.564	0.246	57	15	0.385	0.615	0.237
48	14	0.359	0.641	0.230	58	18	0.462	0.538	0.249
49	17	0.436	0.564	0.246	59	25	0.641	0.360	0.231
50	11	0.282	0.718	0.202	60	15	0.385	0.615	0.237

$$\sum_{i=1}^{60} pq = 4.652$$

$$r_u = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right)$$

$$r_u = \frac{39}{39-1} \left(1 - \frac{13.698}{80.344} \right)$$

$$r_u = 0.852$$

ค่าความเชื่อมั่น (r_u) ของข้อสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.852

ตาราง 32 ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 60 ข้อ

ข้อที่	p	R _U	R _L	r	ข้อที่	p	R _U	R _L	r
*1	0.513	9	3	0.600	*21	0.513	7	1	0.600
*2	0.641	9	2	0.700	*22	0.487	8	1	0.700
3	0.308	3	5	-0.200	*23	0.538	8	1	0.700
4	0.333	4	6	-0.200	*24	0.590	9	3	0.600
*5	0.615	9	3	0.600	*25	0.487	9	2	0.700
*6	0.359	7	1	0.600	26	0.564	7	5	0.200
*7	0.667	9	4	0.500	*27	0.462	9	5	0.400
8	0.640	8	6	0.200	28	0.385	1	5	-0.400
9	0.282	3	2	0.100	29	0.385	5	2	0.300
10	0.282	5	2	0.300	30	0.179	3	0	0.300
11	0.462	6	5	0.100	*31	0.538	9	2	0.700
*12	0.590	9	3	0.600	32	0.205	4	3	0.100
*13	0.538	9	3	0.600	33	0.179	2	1	0.100
14	0.667	8	5	0.300	*34	0.641	10	1	0.900
15	0.205	3	1	0.200	35	0.256	1	3	-0.200
16	0.410	7	3	0.400	36	0.641	10	7	0.300
17	0.410	6	5	0.100	37	0.282	2	4	-0.200
*18	0.513	6	2	0.500	38	0.590	8	5	0.300
19	0.718	9	3	0.600	*39	0.590	9	1	0.800
*20	0.410	7	3	0.500	*40	0.487	7	2	0.500

ตาราง 32 (ต่อ)

ข้อที่	p	R _U	R _L	r	ข้อที่	p	R _U	R _L	r
*41	0.538	7	3	0.400	*51	0.564	8	2	0.600
*42	0.538	9	2	0.700	52	0.308	6	4	0.200
*43	0.564	7	3	0.400	53	0.282	3	1	0.200
*44	0.590	8	3	0.500	*54	0.641	10	3	0.700
*45	0.487	9	2	0.600	55	0.205	1	1	0.000
46	0.615	8	5	0.300	56	0.564	10	7	0.300
47	0.436	8	4	0.400	57	0.385	4	4	0.000
48	0.359	3	3	0.000	58	0.462	7	4	0.300
49	0.436	5	2	0.300	*59	0.641	10	2	0.800
*50	0.282	5	1	0.400	*60	0.385	6	2	0.400

*ข้อที่เลือกเพื่อนำไปเก็บข้อมูล จำนวน 30 ข้อ

แบ่งกลุ่มคะแนนสูงและต่ำ 25% ได้กลุ่มที่มีคะแนนสูง มี 10 คน และกลุ่มที่มีคะแนนต่ำ มี 10 คน

ภาคผนวก ง

ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (r_{XY})
ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ตาราง 33 คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2555 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัย จำนวน 39 คน

ข้อ เลขที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0
2	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1
3	0	1	0	2	0	1	1	0	0	0	1	0	1	2	0	1	1	0	1	0
4	1	2	1	0	1	1	1	1	2	1	0	2	1	2	1	1	1	0	1	1
5	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1
6	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1
7	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	2	0	1	1	0	1	0
8	2	1	1	1	0	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	2	1	2
9	0	1	0	2	0	1	1	0	1	0	1	0	1	2	0	1	1	0	1	0
10	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1
11	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1	2	2	2	1
12	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	2	0	1	1	0	1	0
13	2	1	2	1	1	2	0	2	1	2	1	0	2	2	1	1	2	0	2	2
14	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	2	0	1	1	0	1	1
15	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	2	0	1	1	0	1	0
16	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1
17	2	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	2	0	1	1	0	1	1
18	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	2	0	1	1	0	1	0
19	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	2	1	1	1	0	1	1
20	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	2	0	1	1	0	1	0
21	2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	2
22	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	2	0	1	1	1	1	0
23	1	2	2	1	2	0	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1
24	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
25	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	2	0	1	1	0	1	1
26	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1

ตาราง 33 (ต่อ)

ข้อ เลขที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	27	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	2	0	1	1	0	1
28	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	0	0	1	0	0	0	2	1
29	1	1	0	1	0	1	2	1	0	1	1	1	1	2	0	1	1	0	1	1
30	2	1	1	1	2	1	1	1	0	1	2	1	2	1	1	2	1	1	2	1
31	1	1	2	1	2	1	1	0	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	2
32	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	1
33	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	2	1	1	2	0	1	1	0	1	1
34	2	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	2	0	1	1	0	1	1
35	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	2	0	1	1	0	2	1
36	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1
37	1	1	2	1	2	1	1	0	1	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	2
38	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	2	1	1	1	0	1	1
39	2	1	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	0	1	1	0	2	1
รวม	39	33	19	28	16	33	36	21	19	27	34	29	37	51	19	35	39	15	38	36

ตาราง 33 (ต่อ)

ข้อ เลขที่	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	รวม
	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1
2	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	11
3	1	0	0	1	0	1	1	1	0	1	18
4	1	1	2	2	0	1	2	1	1	2	34
5	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	14
6	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	11
7	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	19
8	2	1	2	1	1	2	1	1	1	2	39
9	1	0	0	1	2	1	0	1	0	1	20
10	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	11
11	2	1	2	1	1	2	1	2	1	2	42
12	2	0	1	1	0	1	0	2	1	1	21
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	38
14	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	18
15	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	21
16	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	12
17	2	1	0	1	0	0	0	2	1	1	23
18	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	21
19	1	0	2	1	0	1	0	1	0	1	20
20	1	0	1	2	0	1	1	1	0	1	22
21	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	31
22	1	0	1	2	0	1	1	1	0	1	23
23	2	1	2	1	1	2	1	1	1	2	40
24	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	10
25	0	1	1	2	0	2	1	1	0	1	25
26	2	0	0	1	0	1	1	1	0	1	24

ตาราง 33 (ต่อ)

ข้อ เลขที่	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	รวม
	27	2	1	0	2	1	1	1	1	1	2
28	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	13
29	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	23
30	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	36
31	1	1	2	1	1	2	1	2	1	2	41
32	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	12
33	2	1	0	1	0	0	1	1	0	1	24
34	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	23
35	1	1	2	1	0	1	0	0	1	1	25
36	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	9
37	1	1	2	1	1	2	1	0	1	1	38
38	1	1	2	1	0	1	0	0	1	0	22
39	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	35
รวม	45	20	29	42	15	38	27	31	19	41	

ตาราง 34 คะแนนของนักเรียนที่ทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ

เลขที่	คะแนน X	เลขที่	คะแนน X	เลขที่	คะแนน X
1	14	16	12	31	41
2	11	17	23	32	12
3	18	18	21	33	24
4	34	19	20	34	23
5	14	20	22	35	25
6	11	21	31	36	9
7	19	22	23	37	38
8	39	23	40	38	22
9	20	24	10	39	35
10	11	25	25		
11	42	26	24		
12	21	27	28		
13	38	28	13		
14	18	29	23		
15	21	30	36		

แบ่งกลุ่มคะแนนสูงและต่ำ 25% ได้กลุ่มที่มีคะแนนสูง มี 10 คน และกลุ่มที่มีคะแนนต่ำ มี 10 คน

ตาราง 35 คะแนนของกลุ่มนักเรียนที่ได้คะแนนสูง ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ จำนวน 10 คน

เลขที่	4	8	11	13	21	23	30	31	37	39
ชื่อที่										
1	1	2	2	2	2	1	2	1	1	2
2	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1
3	1	1	1	2	1	2	1	2	2	1
4	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2
5	1	0	1	1	1	2	2	2	2	1
6	1	1	1	2	1	0	1	1	1	1
7	1	2	2	0	1	1	1	1	1	2
8	1	1	1	2	0	1	1	0	0	1
9	2	1	1	1	1	1	0	1	1	2
10	1	2	1	2	1	2	1	2	2	1
11	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1
12	2	1	2	0	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2
14	2	1	1	2	0	1	1	1	1	1
15	1	1	2	1	1	1	1	2	2	0
16	1	1	1	1	1	2	2	2	2	1
17	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
18	0	2	2	0	0	2	1	2	2	0
19	1	1	2	2	1	1	2	1	1	2
20	1	2	1	2	2	1	1	2	2	1
21	1	2	2	1	2	2	1	1	1	1
22	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	2	2	2	1	1	2	2	2	2	1
24	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	1	2	2	1	2	2	1	1	2	2

ตาราง 35 (ต่อ)

เลขที่	4	8	11	13	21	23	30	31	37	39
ข้อที่										
27	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28	1	1	2	1	1	1	1	1	0	1
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
30	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1

ตาราง 36 คะแนนของกลุ่มนักเรียนที่ได้คะแนนต่ำ ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 10 คน

เลขที่	1	2	5	6	10	16	24	28	32	36
ข้อที่										
1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1
2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0
7	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1
8	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
9	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0
10	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
11	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0
12	0	1	0	1	0	1	1	2	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
14	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
15	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0
16	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
17	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
18	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1

ตาราง 36 (ต่อ)

เลขที่	1	2	5	6	10	16	24	28	32	36
ข้อที่										
19	0	0	0	0	0	1	0	2	1	0
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1
22	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
26	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0
27	0	1	0	1	1	0	1	0	0	1
28	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
29	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
30	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1

$$t = \frac{\bar{X}_H - \bar{X}_L}{\sqrt{\frac{S_H^2}{N_H} + \frac{S_L^2}{N_L}}}$$

$$S^2 = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}$$

ตาราง 37 ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	\bar{X}_H	\bar{X}_L	S_H^2	S_L^2	r	ข้อที่	\bar{X}_H	\bar{X}_L	S_H^2	S_L^2	r
1	1.6	0.7	0.266	0.233	4.036	*16	1.4	0.2	0.266	0.178	5.687
*2	1.2	0.2	0.178	0.178	5.291	*17	1.3	0.7	0.233	0.233	2.778
*3	1.4	0.1	0.266	0.010	7.831	18	1.1	0.3	0.188	0.233	2.292
4	1.0	0.1	0.222	0.010	5.921	*19	1.4	0.4	0.266	0.489	3.636
*5	1.3	0.2	0.456	0.178	4.365	20	1.5	1.0	0.278	0.000	2.994
6	1.0	0.4	0.222	0.266	2.715	21	1.4	0.8	0.266	0.178	2.844
*7	1.2	0.5	0.399	0.278	2.692	*22	1.0	0.1	0.000	0.010	28.125
8	0.8	0.4	0.399	0.266	1.550	*23	1.7	0.0	0.233	0.000	11.111
9	1.1	0.4	0.323	0.266	2.881	24	1.1	0.8	0.010	0.178	2.190
*10	1.5	0.2	0.278	0.178	6.075	*25	0.9	0.1	0.010	0.010	17.778
*11	1.0	0.4	0.222	0.266	2.715	26	1.6	0.5	0.266	0.278	4.721
12	1.1	0.6	0.323	0.489	1.754	*27	1.1	0.5	0.101	0.278	3.529
*13	1.6	0.2	0.266	0.178	6.635	*28	1.0	0.3	0.222	0.233	3.286
14	1.1	0.4	0.323	0.266	2.881	*29	1.0	0.1	0.000	0.010	28.125
15	1.2	0.4	0.399	0.266	3.101	30	1.4	0.7	0.266	0.233	3.139

*ข้อที่เลือกเพื่อนำไปเก็บข้อมูล จำนวน 15 ข้อ โดยเลือกจากข้อใดข้อหนึ่งใน 2 ข้อ

ตาราง 38 คะแนนของนักเรียนที่ทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 15 ข้อ 30 คะแนน จากการตรวจข้อสอบของผู้เชี่ยวชาญ 2 ท่าน และค่าความเชื่อมั่น (r_{XY}) ในการตรวจทั้งฉบับ

เลขที่	คะแนน ผู้เชี่ยวชาญ 1 X	คะแนน ผู้เชี่ยวชาญ 2 Y	X ²	Y ²	XY
1	8	7	64	49	56
2	4	6	16	36	24
3	15	13	225	169	195
4	22	20	484	400	440
5	6	5	36	25	30
6	5	7	25	49	35
7	15	16	225	256	240
8	19	20	361	400	380
9	10	12	100	144	120
10	4	6	16	36	24
11	20	18	400	324	360
12	13	15	169	225	195
13	21	20	441	400	420
14	13	14	169	196	182
15	14	17	196	289	238
16	5	6	25	36	30
17	17	19	289	361	323
18	15	15	225	225	225
19	12	14	144	196	168
20	15	17	225	289	255
21	18	21	324	441	378
22	11	13	121	169	143
23	21	21	441	441	441
24	8	7	64	49	56
25	12	14	144	196	168

ตาราง 38 (ต่อ)

เลขที่	คะแนน ผู้เชี่ยวชาญ 1 X	คะแนน ผู้เชี่ยวชาญ 2 Y	X ²	Y ²	XY
26	15	13	225	169	195
27	12	11	144	121	132
28	7	10	49	100	70
29	15	17	225	289	255
30	19	22	361	484	418
31	20	18	400	324	360
32	11	9	121	81	99
33	13	15	169	225	195
34	14	17	196	289	238
35	12	15	144	225	180
36	6	5	36	25	30
37	17	21	289	441	357
38	17	19	289	361	323
39	19	20	361	400	380
รวม	520	555	7938	8935	8358

$$r_{XY} = \frac{N\sum XY - \sum X\sum Y}{\sqrt{[N\sum X^2 - (\sum X)^2][N\sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

$$r_{XY} = \frac{(39 \times 8358) - 288600}{\sqrt{[(39 \times 7938) - 270400][(39 \times 8935) - 308025]}}$$

$$r_{XY} = 0.939$$

ค่าความเชื่อมั่น (r_{xy}) ทั้งฉบับเท่ากับ 0.939

ภาคผนวก จ

ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (α) ของแบบสอบถามเจตคติ
ที่มีต่อวิชาฟิสิกส์และพื้นฐานคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์

ตาราง 39 คะแนนเจตคติที่มีต่อวิชาฟิสิกส์และต่อการสอนพื้นฐานคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 39 คน

ข้อ คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	1	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2
2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2
3	2	2	3	2	2	3	3	2	3	2	2	2	2	3	2	3	2	3	2	3
4	3	2	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	2	3	3	2	3
5	3	2	3	2	2	2	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	2	3
6	3	2	3	2	2	2	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	2	3
7	2	2	3	2	2	3	3	2	3	2	2	2	2	3	2	3	2	3	2	3
8	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3
9	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	3	2	3	3	2
10	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	3	2	3	2	2	3	2	3
11	3	2	3	3	2	2	2	3	3	3	2	3	3	1	3	3	2	2	2	3
12	3	2	2	3	3	1	2	3	3	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2
13	2	3	3	2	3	2	2	2	3	3	3	2	3	2	3	2	3	3	3	3
14	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	2	3
15	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	2	2	3	3	2	2	3	2
16	3	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	3	2	3	3	3	2	3	3	3
17	2	2	3	2	3	2	2	2	3	3	2	2	3	2	2	2	3	3	3	3
18	2	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3	3	2	3	2	2	3	3	3	3
19	3	2	3	2	3	2	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3	3	3	2	3
20	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
21	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	2	2	3	3	2	2	2	2
22	3	2	3	2	2	2	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	2	3
23	2	2	3	2	2	3	3	2	3	2	3	2	3	3	2	3	2	3	2	3
24	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3
25	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2
26	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	3

ตาราง 39 (ต่อ)

ข้อ คนที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	27	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3
28	3	2	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	3
29	3	2	2	3	3	1	2	3	3	2	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3
30	3	2	3	3	2	2	2	3	3	1	3	3	3	3	3	2	2	2	3	3
31	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3
32	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	1	2	3	3	2
33	3	2	2	2	2	3	2	3	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	2	3
34	3	2	3	3	2	2	2	3	3	3	2	3	3	1	3	3	2	2	2	3
35	3	2	2	3	3	1	2	3	3	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2
36	2	3	3	3	3	2	2	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	3	3	3
37	3	2	3	3	2	3	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	2	3
38	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	2	2	3	3	2	2	2	2
39	2	2	2	1	1	1	2	1	2	1	2	2	1	1	1	2	3	1	2	2
รวม	106	95	108	101	91	93	98	99	108	97	96	98	97	99	108	94	93	101	93	107

ตาราง 39 (ต่อ)

ชื่อ คนที่	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	1	3	2	3	2	2	3	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	2
2	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	2	2	3	3	2	2	2	2
3	3	2	3	2	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3
4	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3
5	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	2
6	2	2	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	2	2	3	2	3
7	3	2	3	2	2	2	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	2	3
8	2	2	3	3	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	2	3	2	2	3	2
9	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3
10	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	2	2	2	3
11	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3
12	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2
13	3	2	3	2	2	3	2	3	3	3	2	2	3	2	3	3	3	3	2	3
14	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	2	2	3
15	3	2	3	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2	2	3	2	2
16	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	3	1	2	3	3	2
17	3	2	2	2	2	3	2	3	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	2	3
18	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3
19	2	3	2	3	2	2	2	2	3	2	3	2	2	2	3	2	2	3	2	3
20	3	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2
21	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3
22	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3
23	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3
24	3	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2
25	2	2	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	2	3
26	3	2	3	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2	3	2	3

ตาราง 39 (ต่อ)

ชื่อ คนที่	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	
	27	3	2	2	2	2	3	2	3	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	2	3
28	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3
29	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2	2	
30	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	3	2	2	3	
31	2	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	3	2	3	3	3	2	3	3	3	
32	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	
33	3	3	3	3	2	2	3	3	2	3	2	3	2	3	3	2	3	3	3	3	
34	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	3	
35	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	2	3	
36	2	2	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	3	2	3	
37	3	2	3	2	2	2	3	2	2	3	2	3	2	3	2	2	2	3	2	3	
38	3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	
39	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	
รวม	104	97	106	101	94	90	101	101	102	103	95	105	98	102	107	90	93	100	88	107	

ตาราง 40 คะแนนของนักเรียนที่ทำแบบสำรวจเจตคติที่มีต่อวิชาฟิสิกส์และพื้นฐานคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ จำนวน 40 ข้อ 120 คะแนน

คนที่	คะแนน X	คนที่	คะแนน X	คนที่	คะแนน X
1	94	16	104	31	104
2	93	17	99	32	108
3	103	18	108	33	104
4	96	19	100	34	108
5	96	20	104	35	95
6	103	21	106	36	105
7	100	22	106	37	100
8	101	23	108	38	97
9	111	24	98	39	87
10	101	25	107		
11	104	26	102		
12	104	27	107		
13	104	28	108		
14	108	29	93		
15	98	30	96		

แบ่งกลุ่มคะแนนสูงและต่ำ 25% ได้กลุ่มที่มีคะแนนสูง มี 11 คน และกลุ่มที่มีคะแนนต่ำ มี 11 คน

ตาราง 41 ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบสอบถามเจตคติที่มีต่อวิชาฟิสิกส์และพื้นฐานคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์

ข้อที่	\bar{X}_H	\bar{X}_L	S_H^2	S_L^2	r	ข้อที่	\bar{X}_H	\bar{X}_L	S_H^2	S_L^2	r
1	2.818	2.727	0.164	0.218	0.489	21	2.727	2.546	0.218	0.272	0.858
2	2.546	2.364	0.272	0.255	0.831	*22	2.818	2.364	0.164	0.255	2.328
*3	2.909	2.455	0.091	0.272	2.495	23	2.818	2.636	0.164	0.255	0.933
*4	2.818	2.455	0.164	0.473	1.506	*24	2.818	2.364	0.164	0.255	2.328
*5	2.455	2.091	0.272	0.291	1.611	*25	2.818	2.182	0.164	0.164	3.676
*6	2.818	2.000	0.164	0.601	3.098	26	2.455	2.182	0.272	0.164	1.372
7	2.546	2.455	0.272	0.272	0.410	*27	2.818	2.455	0.164	0.272	1.824
8	2.636	2.546	0.255	0.473	0.350	*28	2.909	2.273	0.091	0.218	3.786
*9	2.909	2.636	0.091	0.255	1.542	*29	2.909	2.273	0.091	0.218	3.786
*10	2.727	2.000	0.218	0.399	3.068	*30	3.00	2.182	0.000	0.164	6.705
*11	2.727	2.273	0.218	0.218	2.281	31	2.729	2.455	0.218	0.272	1.289
12	2.455	2.727	0.272	0.218	-1.289	*32	2.909	2.564	0.091	0.272	1.995
13	2.364	2.364	0.255	0.454	0.000	*33	2.818	2.273	0.164	0.218	2.930
14	2.727	2.364	0.419	0.454	1.287	*34	2.909	2.273	0.091	0.218	3.786
15	2.818	2.636	0.164	0.454	0.768	*35	3.00	2.455	0.000	0.272	3.471
16	2.455	2.182	0.473	0.164	1.133	36	2.273	2.273	0.218	0.218	0.000
17	2.273	2.364	0.218	0.255	-0.440	37	2.546	2.182	0.272	0.164	0.820
*18	2.636	2.273	0.255	0.454	1.429	38	2.546	2.273	0.272	0.218	1.294
19	2.455	2.364	0.272	0.255	0.416	39	2.182	2.091	0.164	0.091	0.599
20	2.636	2.546	0.255	0.272	0.411	*40	3.00	2.455	0.000	0.272	3.471

*ข้อที่เลือกเพื่อนำไปเก็บข้อมูล จำนวน 20 ข้อ

$$t = \frac{\bar{X}_H - \bar{X}_L}{\sqrt{\frac{S_H^2}{N_H} + \frac{S_L^2}{N_L}}}$$

$$S^2 = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N(N-1)}$$

ตาราง 42 ค่าความเชื่อมั่น (α) ของแบบสอบถามเจตคติที่มีต่อวิชาฟิสิกส์และพื้นฐานคณิตศาสตร์ สำหรับฟิสิกส์ จากข้อที่เลือกเพื่อนำไปเก็บข้อมูล จำนวน 20 ข้อ

ข้อที่	$\sum X_i$	S_i^2	S_i^2
1	108	0.182	
2	101	0.301	
3	91	0.281	
4	93	0.453	
5	108	0.182	
6	97	0.361	
7	96	0.255	
8	101	0.301	
9	97	0.256	
10	101	0.248	
11	94	0.248	
12	101	0.248	
13	101	0.248	
14	102	0.243	
15	103	0.236	
16	105	0.219	
17	98	0.256	
18	102	0.243	
19	107	0.195	
20	107	0.195	
รวม		5.151	17.901

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_i^2} \right]$$

$$\alpha = \frac{20}{19} \left[1 - \frac{5.151}{17.901} \right]$$

$$\alpha = 0.749$$

ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ เท่ากับ 0.749

ภาคผนวก จ

**คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
และเจตคติที่มีต่อวิชาฟิสิกส์และการสอนพื้นฐานคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ปีการศึกษา 2556**

ตาราง 43 ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ (30 คะแนน)

เลขที่	ช่วงระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พื้นฐาน คณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์		D	D ²
	ก่อน	หลัง		
1	12	22	10	100
2	11	24	13	169
3	17	20	3	9
4	13	23	10	100
5	15	25	10	100
6	14	19	5	25
7	15	27	12	144
8	10	18	8	64
9	11	21	10	100
10	13	21	8	64
11	13	19	6	36
12	18	27	9	81
13	10	20	10	100
14	14	26	12	144
15	16	28	12	144
16	17	27	10	100
17	15	28	13	169
18	9	24	15	225
19	15	25	10	100
20	8	20	12	144

ตาราง 43 (ต่อ)

เลขที่	ช่วงระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พื้นฐาน คณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์		D	D ²
	ก่อน	หลัง		
21	9	20	11	121
22	18	27	9	81
23	8	18	10	100
24	14	20	6	36
25	13	21	8	64
26	14	27	13	169
27	18	30	12	144
28	19	28	9	81
29	14	28	14	196
30	15	29	14	196
31	16	27	11	121
32	18	27	9	81
33	8	20	12	144
34	16	25	9	81
35	19	30	11	121
36	14	20	6	36
37	20	30	10	100
รวม	519	891	372	3990

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{N \sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}} = \frac{372}{\sqrt{\frac{37(3990) - 138384}{36}}} = 23.212$$

$$E.I. = \frac{P_2 - P_1}{Total - P_1} = \frac{891 - 519}{(37 \times 30) - 519} = 0.629$$

ตาราง 44 ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ทักษะละ 6 คะแนน)

เลขที่	ช่วงระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พื้นฐานคณิตศาสตร์ สำหรับฟิสิกส์										D				
	ก่อน					หลัง									
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0	2	4	1	1	5	5	5	4	5	5	3	1	3	4
2	2	2	4	2	3	5	4	4	5	5	3	2	0	3	2
3	3	4	3	3	4	6	5	5	5	5	3	1	2	2	1
4	1	4	4	3	2	3	4	4	3	4	2	0	0	0	2
5	2	4	3	4	3	4	5	5	4	4	2	1	2	0	1
6	1	3	4	4	3	3	3	3	4	3	2	0	-1	0	0
7	0	4	3	3	4	4	5	4	4	4	4	1	1	1	0
8	0	3	2	3	3	4	4	4	4	5	4	1	2	1	2
9	1	1	2	2	2	4	4	3	3	3	3	3	1	1	1
10	2	2	3	2	1	5	5	4	4	4	3	3	1	2	3
11	0	3	4	3	1	5	5	4	5	5	5	2	0	2	4
12	0	1	2	3	1	6	5	5	6	6	6	4	3	3	5
13	1	3	3	2	2	3	4	4	3	3	2	1	1	1	1
14	1	2	3	3	1	5	4	4	4	5	4	2	1	1	4
15	0	3	3	3	3	6	6	5	6	5	6	3	2	3	2
16	1	3	3	2	2	5	5	6	5	5	4	2	3	3	3
17	0	1	1	0	1	5	5	4	4	5	5	4	3	4	4
18	2	4	4	4	3	5	4	4	5	4	3	0	0	1	1
19	1	2	3	2	2	4	4	5	4	4	3	2	2	2	2
20	1	3	3	1	1	3	3	3	3	4	2	0	0	2	3
21	2	3	3	2	2	3	3	3	3	3	1	0	0	1	1
22	0	2	2	1	2	5	6	6	6	6	5	4	4	5	4
23	2	3	3	2	3	3	3	3	3	3	1	0	0	1	0
24	2	3	3	3	3	4	4	4	5	4	2	1	1	2	1

ตาราง 44 (ต่อ)

เลขที่	ช่วงระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พื้นฐานคณิตศาสตร์ สำหรับฟิสิกส์										D				
	ก่อน					หลัง									
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
25	2	3	2	2	3	5	4	4	5	4	3	1	2	3	1
26	3	4	4	3	3	4	4	5	5	4	1	0	1	2	1
27	0	2	3	2	3	6	5	6	6	6	6	3	3	4	3
28	1	2	3	3	1	6	6	6	5	6	5	4	3	2	5
29	2	3	3	3	3	5	4	4	5	5	3	1	1	2	2
30	1	3	3	2	3	4	3	4	3	3	3	0	1	1	0
31	2	2	3	3	3	4	5	4	5	4	2	3	1	2	1
32	1	2	3	2	3	5	4	5	5	4	4	2	2	3	1
33	0	0	2	1	1	3	3	3	3	3	3	3	1	2	2
34	2	3	4	4	3	5	6	6	6	5	3	3	2	2	2
35	2	3	4	2	3	6	6	5	6	6	4	3	1	4	3
36	3	4	4	3	2	4	5	5	4	4	1	1	1	1	2
37	3	4	4	3	3	6	6	6	6	5	2	2	2	3	2
รวม	47	100	114	91	87	168	166	164	166	163	121	66	50	75	76

หมายเหตุ :

1 แทน ทักษะการคำนวณ

2 แทน ทักษะการตั้งสมมติฐาน

3 แทน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

4 แทน ทักษะการทดลอง

5 แทน ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

$$t_1 = 13.945$$

$$E.I._1 = 0.691$$

$$t_2 = 8.121$$

$$E.I._2 = 0.541$$

$$t_3 = 7.571$$

$$E.I._3 = 0.463$$

$$t_4 = 10.362$$

$$E.I._4 = 0.573$$

$$t_5 = 9.386$$

$$E.I._5 = 0.563$$

ตาราง 45 ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เจตคติที่มีต่อวิชาฟิสิกส์และคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์

(111 คะแนน)

ข้อ ที่	ข้อความ	ช่วงระยะเวลาในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้พื้นฐาน คณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์		D
		ก่อน	หลัง	
1	ข้าพเจ้ามีความสุขเมื่อได้ทำการทดลองทางฟิสิกส์	91	108	17
2	ข้าพเจ้าอยากเรียนวิชาอื่นแทนวิชาฟิสิกส์	97	105	8
3	วิชาฟิสิกส์ทำให้คนเรามีเหตุผล	89	104	15
4	วิชาฟิสิกส์ไม่ได้ช่วยให้เรียนวิชาอื่นๆ ได้ดีขึ้น	82	100	18
5	วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่น่าสนใจ	74	109	35
6	วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่เรียนแล้วสิ้นเปลืองอุปกรณ์	89	101	12
7	วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่มนุษย์นำไปพัฒนา ประเทศชาติให้เจริญก้าวหน้าได้	93	99	6
8	วิชาฟิสิกส์จะทำให้เกิดความเครียดเพราะต้องขบ คิดตลอดเวลา	91	97	6
9	วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ควรให้เวลามากกว่านี้	97	102	5
10	ข้าพเจ้ารู้สึกกังวลมากเมื่อเรียนวิชาฟิสิกส์	75	107	32
11	ข้าพเจ้าชอบแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์	82	108	26
12	ในช่วงโม่งฟิสิกส์แต่ละครั้งข้าพเจ้าต้องการให้หมด ไปเร็วๆ	89	107	18
13	เมื่อครูให้ทดลองฟิสิกส์นักเรียนต้องฝืนใจทำงาน สำเร็จ	92	109	17
14	วิชาฟิสิกส์ไม่สามารถนำไปพัฒนาตนเองได้	90	100	10
15	คณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในรายวิชาฟิสิกส์ เป็น คณิตศาสตร์ที่ยากมาก	84	106	22
16	การที่นักเรียนไม่เข้าใจวิชาฟิสิกส์ส่วนหนึ่งมาจาก นักเรียนไม่เข้าใจวิชาคณิตศาสตร์	94	107	13

ตาราง 45 (ต่อ)

ข้อ ที่	ข้อความ	ช่วงระยะเวลาในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้พื้นฐาน คณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์		D
		ก่อน	หลัง	
17	คณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อวิชาฟิสิกส์ ในการแก้ โจทย์ปัญหา	100	105	5
18	การเรียนคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ทำให้นักเรียน เสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์	94	103	9
19	การเรียนคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์จะทำให้ นักเรียนเข้าใจวิชาฟิสิกส์มากขึ้น	97	101	4
20	เมื่อเจอโจทย์ฟิสิกส์ที่ต้องใช้คณิตศาสตร์ยากๆ ใน การหาคำตอบ ข้าพเจ้ามักจะไม่สนใจข้อนั้น	89	105	16
รวม		1789	2083	294

$$t = \frac{294}{\sqrt{\frac{37(5812) - 86436}{36}}}$$

$$t = 4.919$$

ตาราง 46 การหาประสิทธิภาพแผนการสอนพื้นฐานคณิตศาสตร์สำหรับพีลิกส์

คะแนนสอบระหว่างเรียน			รวม	คะแนนผลสัมฤทธิ์
คนที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		
1	10	10	20	22
2	9	9	18	24
3	9	8	17	20
4	10	10	20	23
5	10	10	20	25
6	8	9	17	19
7	9	8	17	27
8	10	9	19	18
9	8	8	16	21
10	7	9	16	21
11	7	7	14	19
12	9	10	19	27
13	8	7	15	20
14	9	9	18	26
15	8	9	17	28
16	9	9	18	27
17	9	10	19	28
18	9	7	16	24
19	7	9	16	25
20	9	9	18	20
21	8	8	16	20
22	9	10	19	27
23	7	7	14	18
24	9	9	18	20
25	7	8	15	21
26	9	9	18	27

ตาราง 46 (ต่อ)

คะแนนสอบระหว่างเรียน			รวม	คะแนนผลสัมฤทธิ์
คนที่	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		
27	10	10	20	30
28	9	9	18	28
29	9	7	16	28
30	8	9	17	29
31	9	10	19	27
32	9	9	18	27
33	7	8	15	20
34	9	9	18	25
35	10	10	20	30
36	8	9	17	20
37	9	10	19	30
รวม			647	891

$$E_1 = \left(\frac{\sum X}{N} \right) \times 100 = \left(\frac{647}{37} \right) \times 100 = 87.432$$

$$E_2 = \left(\frac{\sum F}{N} \right) \times 100 = \left(\frac{755}{30} \right) \times 100 = 80.270$$

$$E_1 / E_2 = 87.432 / 80.270$$

ภาคผนวก จ.

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต และ ไฟฟ้าและแม่เหล็ก 1
- แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- แบบประเมินเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์และพื้นฐานคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์
- แผนการสอนพื้นฐานคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์

คำชี้แจงวิธีทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาฟิสิกส์ เรื่อง ไฟฟ้าสถิต และไฟฟ้าและแม่เหล็ก 1

1. ข้อสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 30 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 90 นาที
2. แบบทดสอบนี้เป็นแบบทดสอบเลือกตอบแบบธรรมชาติของวิชาฟิสิกส์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งตัวเลือกในแต่ละข้อนั้น มีตัวเลือกถูกเพียงตัวเลือกเดียว ดังนั้น นักเรียนจะต้องพิจารณาหาตัวเลือกที่ถูกที่สุด แล้วไปตอบในกระดาษคำตอบโดยทำเครื่องหมาย (X) ลงในช่องที่ตรงกับตัวเลือกที่เห็นว่าถูก ดังตัวอย่าง

(0) สิ่งมีชีวิตชนิดใดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ?

- ก. สารพิษในผักชีหนอน
- ข. สีสันทรีย์ในขนมหวาน
- ค. สารไนไตรต์ในปลาเค็ม
- ง. สารปรอทในอาหารทะเล

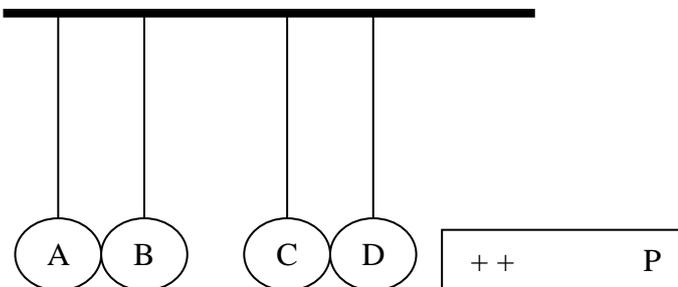
ในตัวอย่าง (0) จะเห็นว่าตัวเลือก ก. เป็นตัวเลือกที่ถูก จึงไปตอบในกระดาษคำตอบดังนี้

ก	ข	ค	ง
X			

3. อย่าเสียเวลาในการทำแบบทดสอบข้อใดข้อหนึ่งนานเกินไปเพราะจะทำให้เสียเวลา ถ้าคิดไม่ออกให้เว้นไว้แล้วข้ามไปทำข้ออื่นก่อน เพราะอาจจะมีข้อง่ายอยู่ด้านหลัง แล้วค่อยกลับมาทำข้อที่เว้นไว้ทีหลัง
4. กรุณาอย่าทำเครื่องหมายใดๆ ลงในข้อสอบ ถ้ามีข้อสงสัยให้ถามผู้ดำเนินการสอบ

1. เพราะเหตุใดเราจึงอธิบายการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าด้วยอิเล็กตรอนหรือประจุไฟฟ้าลบ
 - ก. มวลของอิเล็กตรอนมากกว่าโปรตอนถึงประมาณ 1,800 เท่า
 - ข. มวลของอิเล็กตรอนน้อยกว่าโปรตอนถึงประมาณ 1,800 เท่า
 - ค. จำนวนประจุของอิเล็กตรอนมีค่า $-1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$
 - ง. จำนวนประจุของอิเล็กตรอนน้อยกว่าโปรตอน $-1.6 \times 10^{-19} \text{ เท่า}$

2. แขนงทรงกลมตัวนำ 4 ลูกด้วยเส้นด้าย โดย A และกับ B และ C และกับ D แต่ B กับ C ห่างกันเล็กน้อย เมื่อนำแท่ง P ซึ่งมีประจุไฟฟ้าบวกเข้ามาใกล้ D ดังรูป หลังจากนั้นใช้นิ้วแตะ A ชั่วขณะหนึ่ง ถ้านำแท่ง P ออกไป ประจุบนทรงกลมตัวนำแต่ละลูกจะเป็นอย่างไร



	A	B	C	D
ก.	+	-	+	-
ข.	เป็นกลาง	-	+	-
ค.	-	-	+	-
ง.	-	-	เป็นกลาง	เป็นกลาง

3. ตัวนำทรงกลมซึ่งมีขนาดและมวลเท่ากัน 2 ลูก ทรงกลมทั้งสองต่างก็มีประจุและแขนงด้วยเส้นด้ายที่เป็นฉนวน ในตอนแรกเมื่อนำทรงกลมทั้งสองเข้าใกล้กันปรากฏว่าเกิดการดูดกัน แต่เมื่อให้ทรงกลมทั้งสองสัมผัสกันแล้วแยกออกจากกัน หลังจากนั้นเมื่อนำทรงกลมทั้งสองมาใกล้กันปรากฏว่าเกิดแรงผลักต่อกัน ข้อใดเป็นข้อสรุปที่ถูกต้องสำหรับทรงกลมทั้งสองก่อนที่จะนำมาสัมผัสกัน

- ก. ทรงกลมทั้งสองมีประจุขนาดเท่ากันแต่เป็นชนิดตรงข้ามกัน
- ข. ทรงกลมทั้งสองมีประจุขนาดไม่เท่ากันและเป็นชนิดตรงข้ามกัน
- ค. ทรงกลมทั้งสองมีประจุขนาดไม่เท่ากันและเป็นชนิดเดียวกัน
- ง. ทรงกลมทั้งสองมีประจุบวก

4. ถ้าต้องการทราบชนิดของประจุไฟฟ้าของแผ่นพลาสติกแผ่นหนึ่งโดยนำไปตรวจสอบกับอิเล็กโตรสโคปที่มีประจุไฟฟ้าลบ ปรากฏว่าเมื่อนำแผ่นพลาสติกมาเข้าใกล้อิเล็กโตรสโคป แผ่นโลหะคู่ของอิเล็กโตรสโคปที่กางอยู่กับกางมากยิ่งขึ้นกว่าเดิม แสดงว่าแผ่นพลาสติกมีประจุไฟฟ้าชนิดใด

- ก. ประจุไฟฟ้าบวก
- ข. ประจุไฟฟ้าลบ
- ค. เป็นกลางทางไฟฟ้า
- ง. มีประจุไฟฟ้าบวกมากกว่าประจุไฟฟ้าลบบนอิเล็กโตรสโคป

5. นำแผ่นพีวีซีที่มีประจุเข้าใกล้ลูกพิทสองลูกที่แขวนอยู่ โดยผิวของลูกพิททั้งสองสัมผัสกัน ต่อมาแยกลูกพิททั้งสองออกห่างกัน 10.0 เซนติเมตร แล้วจึงดึงแผ่นพีวีซีออก ปรากฏว่าลูกพิททั้งสองดูดกันด้วยแรงขนาด 9×10^{-1} N จงหาว่ามีจำนวนอิเล็กตรอนเท่าไรที่เคลื่อนที่จากลูกพิทลูกหนึ่งไปยังลูกพิทอีกลูกหนึ่ง

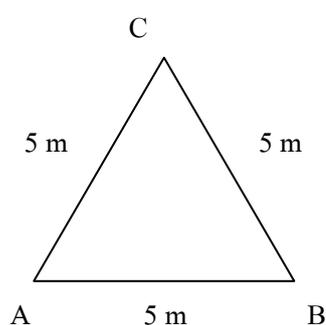
ก. 10^{-6} ตัว

ข. 10^6 ตัว

ค. 6.25×10^{12} ตัว

ง. 6.25×10^{18} ตัว

6. ประจุไฟฟ้าขนาด -1 C อยู่ที่จุด A และจุด B ซึ่งอยู่ห่างกัน 5 เมตร ที่จุด C ซึ่งอยู่ห่างจากทั้งจุด A และจุด B เป็นระยะทาง 5 เมตร จะมรขนาดสนามไฟฟ้าเท่าไร



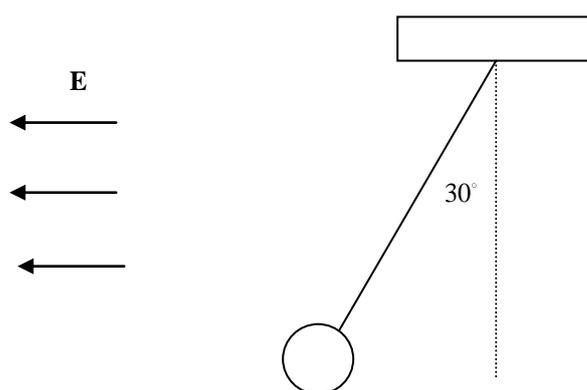
ก. 36.0×10^7 N/C

ข. 54.2×10^7 N/C

ค. 62.4×10^7 N/C

ง. 72.0×10^7 N/C

7. ทรงกลมตัวนำลูกหนึ่งมีมวล m แขวนด้วยเชือกภายใต้สนามไฟฟ้าสม่ำเสมอ 4×10^4 N/C ดังรูป หากทรงกลมมีประจุ 2×10^{-6} C ทำให้เชือกแขวนทำมุม 30 องศา กับแนวตั้ง มวลของทรงกลมมีค่าเท่าไร



ก. 2.31×10^{-3} kg

ข. 4.26×10^{-3} kg

ค. 6.93×10^{-3} kg

ง. 13.86×10^{-3} kg

12. ในกรณีที่มันเป็นเส้นลวดยาว ค่าความต้านทานของเส้นลวดจะแปรตามปริมาณใดต่อไปนี้

ก. พื้นที่หน้าตัด

ข. รัศมี

ค. ความยาว

ง. ความต่างศักย์ไฟฟ้า

13. ลวดสองเส้น ลวดเส้นแรกมีความยาวเป็นสองเท่า มีพื้นที่หน้าตัดเป็น 4 เท่า และมีค่าสภาพความต้านทานเป็นสามเท่าของลวดเส้นที่สอง ถ้าเส้นแรกมีความต้านทาน 3 โอห์ม ลวดเส้นที่สองจะมีค่าความต้านทานเท่าใด

ก. 1 โอห์ม

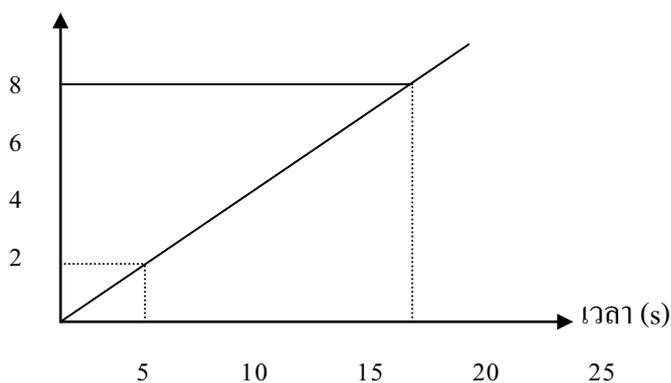
ข. 2 โอห์ม

ค. 3 โอห์ม

ง. 4 โอห์ม

14. กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเส้นลวดเส้นหนึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ดังแสดงในกราฟ ในระหว่างวินาทีที่ 10 ถึง 20 จะมีอิเล็กตรอนไหลผ่านเส้นลวดนี้กี่อนุภาค

กระแสไฟฟ้า (A)



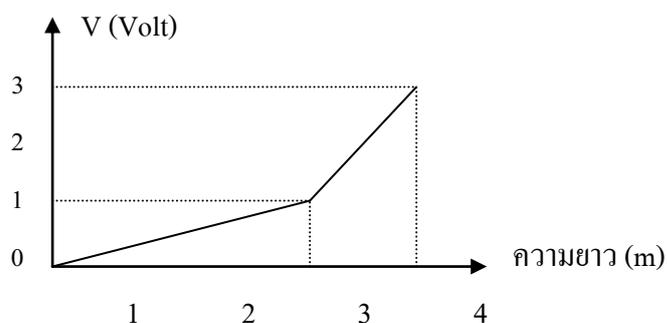
ก. 1.25×10^{20} อนุภาค

ข. 2.50×10^{20} อนุภาค

ค. 3.75×10^{20} อนุภาค

ง. 5.00×10^{20} อนุภาค

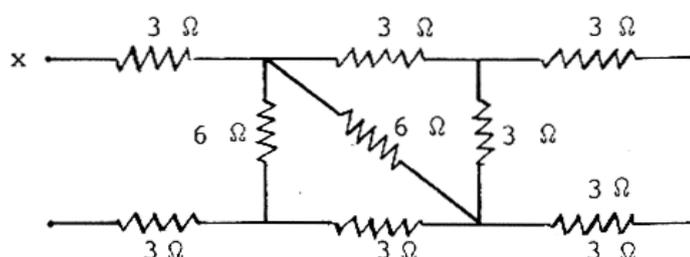
15. ในการวัดศักย์ไฟฟ้าที่ตำแหน่งต่างๆ ตามความยาวของลวดซึ่งประกอบด้วยลวด 2 ชนิดต่อกัน ขณะที่มีการเสไฟฟ้า I ไหลผ่านพื้นที่ภาคตัดขวางของเส้นลวดทั้งสองเท่ากัน และผลการวัดกระแสได้ ดังกราฟ จงหาว่าอัตราส่วนสภาพต้านทานของลวดท่อน 1 ต่อสภาพต้านทานของลวดท่อน 2 เป็นเท่าไร



- ก. $\frac{1}{6}$ ข. $\frac{1}{3}$ ค. $\frac{2}{3}$ ง. $\frac{4}{3}$
16. ขดลวดเส้นหนึ่งมีประจุไฟฟ้าไหลผ่านเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ดังนี้ $Q = 3t^2 + 4t + 2$ จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเส้นลวดนี้ในเวลา 2 วินาที

- ก. 16 A ข. 18 A ค. 20 A ง. 22 A

17. จากรูปจงหาความต้านทานรวมในหน่วยโอห์ม



- ก. 3 ข. 6 ค. 9 ง. 27

18. คนขับรถยนต์คันหนึ่งดับเครื่องยนต์แล้วลืมเปิดไฟหน้ารถ 2 ดวง เป็นเวลานาน 10 นาที แบตเตอรี่ของรถยนต์มีแรงเคลื่อน 12 โวลต์ จะต้องจ่ายไฟเท่าใด ถ้าไฟารถใช้กระแสไฟฟ้าดวงละ 5 แอมแปร์

- ก. 120 J ข. 1200 J ค. 36000 J ง. 72000 J

19. เต้าไฟฟ้าอันหนึ่งเป็นเตาขนาด 800 วัตต์ 220 โวลต์ ถ้าใช้พร้อมกัน 3 เต้า สำหรับในบ้านที่ได้รับกระแสไฟฟ้าสูงสุด 5 แอมแปร์ จะสามารถใช้เต้าไฟฟ้าพร้อมกันได้หรือไม่ อย่างไร

- ก. ได้ เพราะกระแสไฟฟ้าจะแยกไหล
- ข. ได้ เพราะกระแสไฟฟ้าตามบ้านต่อแบบอนุกรม
- ค. ไม่ได้ เพราะเตาจะไม่ร้อน
- ง. ไม่ได้ เพราะต้องการกระแสไฟฟ้ามากเกินไป

20. ถ้าอัตราค่าไฟฟ้ามีลำดับ ดังนี้ 0 – 10 หน่วย หน่วยละ 0.2 บาท 11 – 50 หน่วย หน่วยละ 1.50 บาท 51 – 200 หน่วย หน่วยละ 2 ตั้งแต่ 201 หน่วยขึ้นไป หน่วยละ 2.50 บาท บ้านหลังหนึ่งใช้เต้าไฟฟ้าขนาด 1000 วัตต์ เดือนละ 4 วัน วันละ 3 ชั่วโมง หลอดไฟขนาด 100 วัตต์ 5 หลอด เดือนละ 30 วัน วันละ 5 ชั่วโมง และทีวีขนาด 250 วัตต์ ด้วยเวลาเท่าหลอดไฟเขาจะเสียค่าไฟเดือนละกี่บาท

- ก. 30 บาท
- ข. 60 บาท
- ค. 155 บาท
- ง. 229 บาท

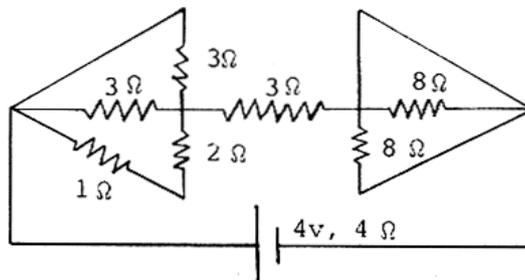
21. แรงแเคลื่อนไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับข้อใด

- ก. แรงแดันไฟฟ้าจากบวกไปลบในเซลล์ไฟฟ้า
- ข. งานที่ผลัดดันประจุไฟฟ้า
- ค. งานที่เซลล์ไฟฟ้าทำได้ต่อประจุไฟฟ้า
- ง. งานต่อกระแสไฟฟ้าในเวลาทั้งหมด

22. เซลล์ไฟฟ้าขนาด 1.5 โวลต์ มีความต้านทานภายใน 2 โอห์ม จำนวน 4 เซลล์ ต่ออนุกรมกันกับความต้านทานขนาด 4 โอห์ม จะมีกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ขั้วตามความต้านทานเท่าใด

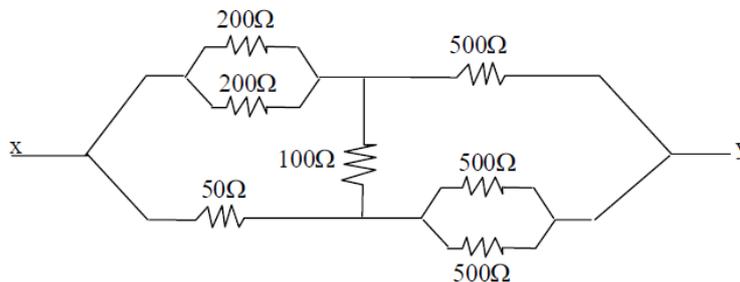
- ก. 0.5 แอมแปร์ 2 โวลต์
- ข. 2 แอมแปร์ 8 โวลต์
- ค. 0.5 แอมแปร์ 4 โวลต์
- ง. 1.5 แอมแปร์ 2 โวลต์

23. ตามวงจรในรูปข้างล่างนี้ จงหาค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าคล่อมตัวต้านทาน 2 โอห์ม



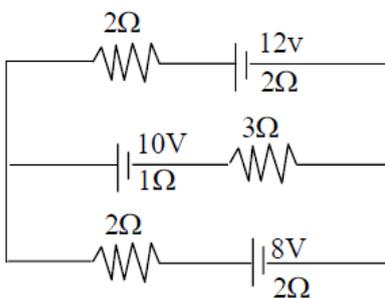
- ก. $\frac{1}{2}$ โวลต์
- ข. $\frac{1}{3}$ โวลต์
- ค. $\frac{1}{4}$ โวลต์
- ง. $\frac{1}{6}$ โวลต์

24. จากรูปจงหาความต้านทานรวมระหว่างจุด x กับ y



- ก. 100 โอห์ม
- ข. 200 โอห์ม
- ค. 300 โอห์ม
- ง. 400 โอห์ม

25. จากวงจรดังรูป จงหากระแสไฟฟ้าที่ผ่านเซลล์ 8 โวลต์



- ก. 0.5 แอมแปร์
- ข. 1 แอมแปร์
- ค. 1.5 แอมแปร์
- ง. 2 แอมแปร์

26. ความต้านทานตัวหนึ่งต่อกับแบตเตอรี่ ทำให้มีกระแสไฟฟ้า 0.6 แอมแปร์ ไหลผ่านเมื่อนำความต้านทาน 4 โอห์ม มาต่ออนุกรมกับความต้านทานตัวแรก จะทำให้กระแสไฟฟ้าลดลงไปจากเดิม 0.1 แอมแปร์ จงหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าของแบตเตอรี่

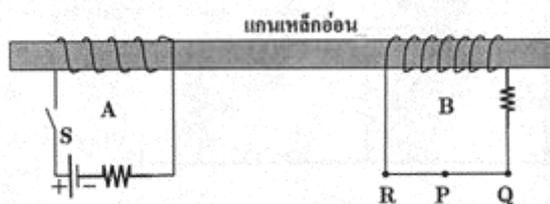
- ก. 5 โวลต์
- ข. 6 โวลต์
- ค. 12 โวลต์
- ง. 0.48 โวลต์

27. จากรูป ⊙ แทนภาคตัดขวางของเส้นลวดที่มีกระแสไฟฟ้าผ่านในทิศพุ่งออกและตั้งฉากกับกระดาษและเส้นลวดนี้อยู่ในสนามแม่เหล็ก แรงที่กระทำต่อเส้นลวดมีทิศใด



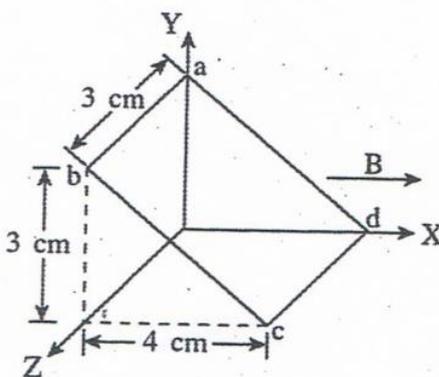
- ก. ขึ้น
- ข. ลง
- ค. ไปทางซ้ายเข้าหา N
- ง. ไปทางขวาเข้าหา S

28. เมื่อสับสวิทช์ S ให้ครบวงจร จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร B ในทิศใด



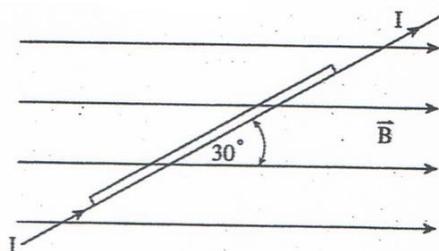
- ก. ไม่มีกระแสไหล
 ข. กระแสไหลในทิศ R-->P-->Q
 ค. กระแสไหลในทิศ Q-->P-->R
 ง. กระแสไหลในทิศ R-->P-->Q แล้วกลับมาเป็นทิศ Q-->P-->R

29. จงหาค่าฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดสี่เหลี่ยมผืนผ้า abcd ถ้ามีสนามแม่เหล็ก B ขนาดสม่ำเสมอ 3 เทสลา ในทิศที่ขนานแกน X ดังรูป



- ก. 1.8×10^{-3} Weber
 ข. 2.4×10^{-3} Weber
 ค. 2.8×10^{-3} Weber
 ง. 3.6×10^{-3} Weber

30. ลวดเส้นหนึ่งยาว 5.0 เซนติเมตร มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 4 แอมแปร์ วางอยู่ในสนามแม่เหล็กสม่ำเสมอ 10^{-3} เทสลา โยลวดเอียงทำมุม 30 องศา กับสนามแม่เหล็ก ดังรูป จงหาขนาดของแรงแม่เหล็กที่กระทำต่อลวดเส้นนี้



- ก. 0.8×10^{-4} นิวตัน
 ข. 1.0×10^{-4} นิวตัน
 ค. 1.7×10^{-4} นิวตัน
 ง. 2.0×10^{-4} นิวตัน

แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1. แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ฉบับนี้มีคำถามทั้งหมด 15 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบประเมิน 90 นาที
2. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ประกอบด้วย 5 ทักษะ กระบวนการย่อยจำนวน 5 ทักษะ คือ ทักษะการคำนวณจำนวน 3 ข้อ ทักษะการตั้งสมมติฐานจำนวน 3 ข้อ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรจำนวน 3 ข้อ ทักษะการทดลองจำนวน 3 ข้อ และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปจำนวน 3 ข้อ
3. แบบทดสอบทุกข้อเป็นแบบอัตนัย โดยที่แต่ละข้อกำหนดสถานการณ์ให้นักเรียนศึกษาก่อนแล้วจึงเขียนตอบลงในที่ว่างที่เว้นไว้ในแต่ละข้อโดยเขียนคำตอบอย่างละเอียด แสดงวิธีทำและการคำนวณอย่างละเอียดอย่างละเอียดครบถ้วนและถูกต้อง
4. อย่าเปิดแบบทดสอบจนกว่าจะได้รับสัญญาณให้ลงมือทำ

ตัวอย่างการตอบ

0. กระแสไฟฟ้าไหลผ่านหม้อหุงข้าวไฟฟ้า 2.5 แอมแปร์ เมื่อต่อเข้ากับความต่างศักย์ไฟฟ้า 220 โวลต์ หม้อหุงข้าวไฟฟ้าใช้พลังงานไฟฟ้าเท่าไร

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	แนวทางในการตอบ
2	1. เขียนสูตรในการคำนวณได้ถูกต้อง 2. แสดงวิธีการคำนวณเป็นขั้นตอนอย่างละเอียดครบถ้วนและถูกต้อง	สูตร $P = IV$ กระแสไฟฟ้า 2.5 แอมแปร์ ความต่างศักย์ไฟฟ้า 220 โวลต์ แทนค่าลงในสูตร $P = 2.5 \times 220 = 550$ วัตต์ ดังนั้นหม้อหุงข้าวไฟฟ้าใช้กำลังไฟฟ้าเท่ากับ 550 วัตต์
1	1. เขียนสูตรในการคำนวณได้ถูกต้อง 2. ไม่แสดงวิธีการคำนวณเป็นขั้นตอนอย่างละเอียดแต่ได้คำตอบที่ถูกต้อง	สูตร $P = IV$ แทนค่าลงในสูตร $P = 2.5 \times 220 = 550$ วัตต์
0	1. ไม่เขียนสูตรการคำนวณหรือเขียนแต่ไม่ถูกต้อง 2. ไม่แสดงวิธีการคำนวณหรือแสดงแต่ไม่ถูกต้อง 3. ไม่ตอบคำถาม	ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูก

ข้อที่ 1 ทักษะการคำนวณ

1.1 ประจุเล็กๆ 2 ประจุ ขนาด + 4 และ - 2 ไมโครคูลอมบ์ วางห่างกัน 1.6 เมตร จงหาค่าสนามไฟฟ้าที่ห่างจากประจุบวก 2 เมตร และประจุลบ 1.2 เมตร

.....

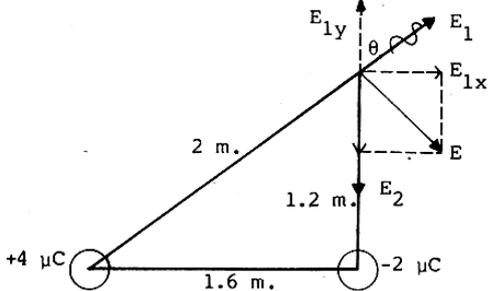
.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	แนวทางในการตอบ
2	1. เขียนสูตรในการคำนวณได้ถูกต้อง 2. แสดงวิธีทำการคำนวณเป็นขั้นตอนอย่างละเอียดครบถ้วนและถูกต้อง	<p>สนามไฟฟ้า คือ แรงไฟฟ้าต่อประจุ หาได้โดยนำประจุ + 1 คูლობ์ ไปวาง ณ ที่ต้องการหาสนามไฟฟ้าแล้วคิดตามเวกเตอร์ของแรง จากโจทย์ว่ารูปแสดงทิศทางของเวกเตอร์สนามไฟฟ้าได้ ดังนี้</p>  <p>เขียนสูตร $E = \frac{KQ}{ r ^2}$</p> <p>หาสนามไฟฟ้าที่ + 4 ไมโครคูლობ์</p> $E_1 = \frac{KQ}{ r_1 ^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{4} = 9 \times 10^3 \text{ NC}^{-1}$ <p>หาสนามไฟฟ้าที่ - 2 ไมโครคูლობ์</p> $E_2 = \frac{KQ}{ r_2 ^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6}}{(1.2)^2} = 12.5 \times 10^3 \text{ NC}^{-1}$ <p>หาสนามไฟฟ้าย่อยที่แกน x จะได้</p> $\sum E_x = E_1 \sin \theta = 9 \times 10^3 \times \frac{1.6}{2} = 7.2 \times 10^3 \text{ NC}^{-1}$ <p>หาสนามไฟฟ้าย่อยที่แกน y จะได้</p> $\sum E_y = E_2 - E_1 \cos \theta = 7.1 \times 10^3 \text{ NC}^{-1}$ <p>หาสนามไฟฟ้าลัพธ์ จะได้</p> $E = \sqrt{(\sum E_x)^2 + (\sum E_y)^2}$ $E = 10.1 \times 10^3 \text{ NC}^{-1}$ <p>หามุม (หรือหาทิศทาง) ได้ ดังนี้</p> $\theta = \tan^{-1} \frac{E_y}{E_x} = 44.6^\circ \text{ กับแกน x}$ <p>ดังนั้น สนามไฟฟ้าที่ห่างจากประจุบวก 2 เมตร และประจุลบ 1.2 เมตร เท่ากับ $10.1 \times 10^3 \text{ NC}^{-1}$ ทำมุม 44.6° กับแกน x</p>

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	แนวทางในการตอบ
1	1. เขียนสูตรในการคำนวณ ได้ถูกต้อง 2. ไม่แสดงวิธีการคำนวณเป็นขั้นตอนอย่างละเอียดแต่ได้คำตอบที่ถูกต้อง	<p>เขียนสูตร $E = \frac{KQ}{ r ^2}$</p> $E_1 = \frac{KQ}{ r_1 ^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 4 \times 10^{-6}}{4} = 9 \times 10^3 \text{ NC}^{-1}$ $E_2 = \frac{KQ}{ r_2 ^2} = \frac{9 \times 10^9 \times 2 \times 10^{-6}}{(1.2)^2} = 12.5 \times 10^3 \text{ NC}^{-1}$ $\sum E_x = E_1 \sin \theta = 9 \times 10^3 \times \frac{1.6}{2} = 7.2 \times 10^3 \text{ NC}^{-1}$ $\sum E_y = E_2 - E_1 \cos \theta = 7.1 \times 10^3 \text{ NC}^{-1}$ $E = \sqrt{(\sum E_x)^2 + (\sum E_y)^2}$ $E = 10.1 \times 10^3 \text{ NC}^{-1}$ <p>หามุม (หรือหาทิศทาง) ได้ ดังนี้</p> $\theta = \tan^{-1} \frac{E_y}{E_x} = 44.6^\circ \text{ กับแกน } x$
0	1. ไม่เขียนสูตรการคำนวณหรือเขียนแต่ไม่ถูกต้อง 2. ไม่แสดงวิธีการคำนวณหรือแสดงแต่ไม่ถูกต้อง 3. ไม่ตอบคำถาม	ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูก

1.2 กระแสในสายไฟแปรตามเวลาด้วยความสัมพันธ์

$$i(t) = 4t \text{ สำหรับ } t \geq 0$$

เมื่อ i เป็นแอมแปร์ และ t เป็นวินาที จงหา

- ประจุที่ไหลผ่านสายไฟในช่วงเวลาระหว่าง $t = 0$ กับ $t = 10$ วินาที
- กระแสคงตัวที่พาเอาประจุจำนวนนี้ไปในช่วงเวลาเดียวกัน

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	แนวทางในการตอบ
2	1. เขียนสูตรในการคำนวณได้ถูกต้อง 2. แสดงวิธีการคำนวณเป็นขั้นตอนอย่างละเอียดครบถ้วนและถูกต้อง	ใช้สูตร $i = \frac{dq}{dt} = 4t$ ดังนั้น $dq = 4t dt$ จากนั้นนำไปอินทิเกรต จะได้ $\int dq = \int_0^{10} 4t dt$ $q = [2t^2]_0^{10} = 2(10^2 - 0) = 200 \text{ coulomb}$ กระแสไฟฟ้าที่ต้องการคือกระแสเฉลี่ย ดังนั้น $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{(200-0)}{(10-0)s} = 20 \frac{C}{s} = 20 A$ ดังนั้น ประจุที่ไหลผ่านสายไฟในช่วงเวลาระหว่าง $t = 0$ กับ $t = 10$ วินาที เท่ากับ 200 coulomb กระแสคงตัวที่พาเอาประจุจำนวนนี้ไปในช่วงเวลาเดียวกัน เท่ากับ 20 แอมแปร์
1	1. เขียนสูตรในการคำนวณได้ถูกต้อง 2. ไม่แสดงวิธีการคำนวณเป็นขั้นตอนอย่างละเอียดแต่ได้คำตอบที่ถูกต้อง	ใช้สูตร $i = \frac{dq}{dt} = 4t$ ดังนั้น $\int dq = \int_0^{10} 4t dt$ $q = [2t^2]_0^{10} = 2(10^2 - 0) = 200 \text{ coulomb}$ $I = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{(200-0)}{(10-0)s} = 20 \frac{C}{s} = 20 A$
0	1. ไม่เขียนสูตรการคำนวณหรือเขียนแต่ไม่ถูกต้อง 2. ไม่แสดงวิธีการคำนวณหรือแสดงแต่ไม่ถูกต้อง 3. ไม่ตอบคำถาม	ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูก

1.3 เครื่องต้มน้ำไฟฟ้าใช้กับความต่างศักย์ 220 โวลต์ เมื่อเราเปิดน้ำอุ่นให้ไหลในอัตราคงตัว จะต้มน้ำ 15 องศาเซลเซียส ให้ร้อนขึ้นเป็น 65 องศาเซลเซียส ถ้าความต่างศักย์ไฟฟ้าลดลงเหลือ 200 โวลต์ อุณหภูมิของน้ำอุ่นที่ไหลออกจากเครื่องต้มน้ำในขณะนั้นเป็นกี่องศาเซลเซียส

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	แนวทางในการตอบ
2	1. เขียนสูตรในการคำนวณได้ถูกต้อง 2. แสดงวิธีทำการคำนวณเป็นขั้นตอนอย่างละเอียดครบถ้วน และถูกต้อง	<p>เครื่องต้มน้ำพลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนทั้งหมด จะได้</p> $\Delta H = W \quad \text{ดังนั้น} \quad mc\Delta t = \frac{V^2}{R} t$ <p>เมื่อความต่างศักย์ 220 โวลต์</p> $mc\Delta t_1 = \frac{(220)^2}{R} t$ $\left(\frac{m}{t}\right)c\Delta t_1 = \frac{(220)^2}{R}$ <p>เมื่อความต่างศักย์เป็น 200 โวลต์</p> $\left(\frac{m}{t}\right)c\Delta t_2 = \frac{(200)^2}{R}$ <p>ในอัตราการไหลของน้ำคงตัว $\left(\frac{m}{t}\right)$ คงตัว</p> $\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \left(\frac{220}{200}\right)^2$ $\frac{(65-15)}{(x-15)} = \left(\frac{11}{10}\right)^2$ <p>โดย x เป็นอุณหภูมิครั้งหลังที่ 200 โวลต์</p> <p>x = 56.3 องศาเซลเซียส</p> <p>ดังนั้น อุณหภูมิของน้ำอุ่นที่ไหลออกจากเครื่องต้มน้ำ ในขณะที่ไฟฟ้าลดลงเหลือ 200 โวลต์ เท่ากับ 56.3 องศาเซลเซียส</p>

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	แนวทางในการตอบ
1	1. เขียนสูตรในการคำนวณได้ถูกต้อง 2. ไม่แสดงวิธีการคำนวณเป็นขั้นตอนอย่างละเอียดแต่ได้คำตอบที่ถูกต้อง	พลังงานความร้อนทั้งหมด จะได้ $\Delta H = W \text{ ดังนั้น } mc\Delta t = \frac{V^2}{R}t$ $\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \left(\frac{220}{200}\right)^2$ $\frac{(65-15)}{(x-15)} = \left(\frac{11}{10}\right)^2$ $x = 56.3 \text{ องศาเซลเซียส}$
0	1. ไม่เขียนสูตรการคำนวณหรือเขียนแต่ไม่ถูกต้อง 2. ไม่แสดงวิธีการคำนวณหรือแสดงแต่ไม่ถูกต้อง 3. ไม่ตอบคำถาม	ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูก

ข้อที่ 2 ทักษะการตั้งสมมติฐาน

2.1 ชุมพรทำการทดลองโดยนำอิเล็กโทรสโคปสองชุดมาวางใกล้กัน แล้วทำให้ชุดหนึ่งมีประจุไฟฟ้า โดยการเหนี่ยวนำและอีกชุดหนึ่งมีสภาพเป็นกลางทางไฟฟ้า แล้วนำโลหะวางพาดบนจานโลหะทั้งสอง เขาพบว่าแผ่นทองคำเปลวของอิเล็กโทรสโคปที่เป็นกลางทางออกเล็กน้อย ส่วนแผ่นทองคำเปลวของอิเล็กโทรสโคปที่มีประจุไฟฟ้าหุบลงเล็กน้อย จากการทดลองนี้นักเรียนจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	แนวทางในการตอบ
2	เขียนสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหาชัดเจน ถูกต้องครบถ้วน และสมบูรณ์	<ul style="list-style-type: none"> - ถ้าประจุไฟฟ้าในสองด้านของลวดโลหะไม่เท่ากันจะเกิดการถ่ายโอนประจุไฟฟ้าขึ้น หรือ - ประจุไฟฟ้าสูงจะเคลื่อนที่ไปยังประจุไฟฟ้าต่ำ หรือ - เมื่ออิเล็กโทรสโคปทั้งสองมีศักย์ไฟฟ้าต่างกัน หรือความต่างศักย์ไฟฟ้าจะเกิดการถ่ายโอนประจุไฟฟ้าขึ้นในเส้นลวดตัวนำ
1	เขียนสมมติฐานสอดคล้องกับปัญหา แต่ไม่ครบถ้วน	<ul style="list-style-type: none"> - เมื่อมีประจุไฟฟ้าต่างกันจะเกิดการไหลของประจุไฟฟ้า หรือ - อิเล็กโทรสโคปทั้งสองมีความต่างศักย์ไฟฟ้า
0	ไม่ตอบคำถาม หรือตอบไม่ถูก	ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูก

2.2 จริยญาทำการทดลอง โดยต่อปลายลวดนิโครม ซึ่งเป็นลวดโลหะผสมระหว่างนิกเกิลและโครเมียมกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า แล้ววัดเปรียบเทียบค่าระหว่างกระแสไฟฟ้ากับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ตกตลอดระหว่างลวดนิโครม เขาพบว่าเมื่อเพิ่มเซลล์ไฟฟ้าเป็น 1, 2, 3 และ 4 เซลล์ ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจะเพิ่มมากขึ้นและกระแสไฟฟ้าก็เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย จากผลการทดลองนี้นักเรียนจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	แนวทางในการตอบ
2	เขียนสมมติฐานได้สอดคล้องกับปัญหาชัดเจน ถูกต้องครบถ้วน และสมบูรณ์	- กระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดนิโครมจะแปรผันตรงกับความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายของลวดนิโครม หรือ - ถ้าอุณหภูมิคงตัว กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวนำจะแปรผันตรงกับความต่างศักย์ระหว่างปลายของตัวนำนั้น
1	เขียนสมมติฐานสอดคล้องกับปัญหา แต่ไม่ครบถ้วน	- เมื่อกระแสไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นความต่างศักย์ไฟฟ้าก็เพิ่มขึ้น - กระแสไฟฟ้าแปรผันตรงกับความต่างศักย์ไฟฟ้า
0	ไม่ตอบคำถาม หรือตอบไม่ถูก	ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูก

2.3 กิตติศักดิ์ทำการทดลอง โดยต่อตัวต้านทาน $R_1 = 100$ โอห์ม กับ $R_2 = 200$ โอห์ม แบบอนุกรมและแบบขนาน แล้ววัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของแต่ละจุด เขาได้ผลการทดลอง ดังตาราง

ลักษณะการต่อความต้านทาน	V_1 (Volt)	V_2 (Volt)	$V_{รวม}$ (Volt)
แบบอนุกรม	1.6	3.2	4.8
แบบขนาน	4.5	4.5	4.5

จากผลการทดลองนี้นักเรียนจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	แนวทางในการตอบ
2	เขียนออกแบบการทดลองได้เป็นขั้นตอนได้ถูกต้อง และสมบูรณ์	<ol style="list-style-type: none"> 1. ต่อเซลล์ไฟฟ้า 4 เซลล์ เข้ากับแอมมิเตอร์ 2. นำลวดนิโครมเบอร์ 26 ยาว 30 ซม. ต่อเข้ากับวงจร อ่านค่ากระแสไฟฟ้าจากแอมมิเตอร์ บันทึกผล 3. ทำการทดลองเช่นเดียวกับ ข้อ 2 แต่เปลี่ยนลวดตัวนำเป็นลวดนิโครม เบอร์ 26 ยาว 60 ซม. ลวดเหล็ก เบอร์ 26 ยาว 30 ซม. และลวดเหล็ก เบอร์ 26 ยาว 60 ซม. ตามลำดับ บันทึกผล 4. นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร
1	เขียนออกแบบการทดลองได้แต่ไม่สมบูรณ์	<p>ตอบถูกบางส่วนของคำตอบ เช่น</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ต่อเซลล์ไฟฟ้า 4 เซลล์ เข้ากับแอมมิเตอร์ 2. นำลวดนิโครมเบอร์ 26 ยาว 30 ซม. ต่อเข้ากับวงจร อ่านค่ากระแสไฟฟ้าจากแอมมิเตอร์ บันทึกผล 3. ทำการทดลองเช่นเดียวกับ ข้อ 2 แต่เปลี่ยนลวดตัวนำเป็นลวดนิโครม เบอร์ 26 ยาว 60 ซม.
0	เขียนออกแบบการทดลองไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม	ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูก

3.2 จงออกแบบการทดลองเพื่อแสดงว่า อุณหภูมิมีผลต่อความต้านทานของโลหะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	แนวทางในการตอบ
2	เขียนออกแบบการทดลองได้เป็นขั้นตอนได้ถูกต้อง และสมบูรณ์	<ol style="list-style-type: none"> 1. ต่อเซลล์ไฟฟ้า 1 เซลล์ เข้ากับหลอดไฟ 1 หลอด 2. นำแอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์มาวัด กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า เมื่อผ่านหลอดไฟ บันทึกผล 3. ทำการทดลองเช่นเดียวกับ ข้อ 2 แต่เปลี่ยนเซลล์ไฟฟ้าจาก 1 เซลล์ เป็น 2, 3 และ 4 เซลล์ ทุกครั้งอ่านค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า บันทึกผล 4. นำผลที่ได้ไปเขียนกราฟ แล้วนำไปวิเคราะห์ผล
1	เขียนออกแบบการทดลองได้แต่ไม่สมบูรณ์	<p>ตอบถูกบางส่วนของคำตอบ เช่น</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ต่อเซลล์ไฟฟ้า 1 เซลล์ 2, 3 และ 4 เซลล์ เข้ากับหลอดไฟ 1 หลอด 2. นำแอมมิเตอร์และโวลต์มิเตอร์มาวัด กระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า เมื่อผ่านหลอดไฟ บันทึกผล
0	เขียนออกแบบการทดลองไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม	ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูก

3.3 จงออกแบบการทดลองเพื่อแสดงว่า ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วเซลล์เมื่อไม่มีความต้านทานต่ออยู่กับเซลล์ และเมื่อมีตัวต้านทานมีค่ามากต่ออยู่กับเซลล์ มีค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเท่ากัน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	แนวทางในการตอบ
2	เขียนออกแบบการทดลองได้เป็นขั้นตอนได้ถูกต้อง และสมบูรณ์	<ol style="list-style-type: none"> วัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าของขั้วเซลล์ โดยใช้โวลต์มิเตอร์วัดโดยตรง บันทึกผล นำปลายข้างหนึ่งของขั้วไฟฟ้าต่อกับตัวต้านทาน 1 โอห์ม, 10 โอห์ม, 100 โอห์ม, 500 โอห์ม, 1 กิโลโอห์ม, และ 10 กิโลโอห์ม ตามลำดับ และอ่านค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วเซลล์ บันทึกผล นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร
1	เขียนออกแบบการทดลองได้แต่ไม่สมบูรณ์	ตอบถูกบางส่วนของคำตอบ เช่น นำปลายข้างหนึ่งของขั้วไฟฟ้าต่อกับตัวต้านทาน 1 โอห์ม, 10 โอห์ม, 100 โอห์ม, 500 โอห์ม, 1 กิโลโอห์ม, และ 10 กิโลโอห์ม ตามลำดับ และอ่านค่าความต่างศักย์ระหว่างขั้วเซลล์ บันทึกผล
0	เขียนออกแบบการทดลองไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม	ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูก

ข้อที่ 4 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

4.1 วัสดุต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าของลวดนิโครม ในอุณหภูมิคงที่ โดยเพิ่มจำนวนเซลล์ไฟฟ้าจาก 1 เซลล์ เป็น 2, 3 และ 4 เซลล์ ตามลำดับ กระแสไฟฟ้าที่วัดจะเพิ่มมากขึ้นและความต่างศักย์ไฟฟ้าก็เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย จงระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	แนวทางในการตอบ
2	เขียนระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ถูกต้องและครบถ้วน	ตัวแปรต้น คือ เซลล์ไฟฟ้า ตัวแปรตาม คือ กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า ตัวแปรควบคุม คือ ลวดนิโครม อุณหภูมิขณะทดลอง
1	เขียนระบุตัวแปรต้น หรือตัวแปรตามได้ถูกต้องและครบถ้วน หรือเขียนระบุตัวแปรควบคุมได้ถูกต้อง และครบถ้วน	ตอบถูกบางตัวแปรเท่านั้น
0	1.เขียนระบุตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมได้ไม่ถูกต้อง 2. ไม่ตอบคำถาม	ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูก

4.2 ยามาต่อเซลล์ไฟฟ้าจำนวน 4 เซลล์ ในอุณหภูมิคงที่ แล้วนำปลายข้างหนึ่งของขั้วไฟฟ้าต่อกับตัวต้านทาน 1 โอห์ม, 10 โอห์ม, 100 โอห์ม, 500 โอห์ม 1 กิโลโอห์ม, และ 10 กิโลโอห์ม ตามลำดับ และอ่านค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างขั้วเซลล์ ความต่างศักย์ระหว่างขั้วเซลล์จะลดลง เมื่อมีความต้านทานที่มีค่าน้อยลงมาต่อกับเซลล์ จงระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	แนวทางในการตอบ
2	เขียนระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ถูกต้องและครบถ้วน	ตัวแปรต้น คือ ความต้านทาน ตัวแปรตาม คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้า ตัวแปรควบคุม คือ เซลล์ไฟฟ้า อุณหภูมิขณะทำการทดลอง
1	เขียนระบุตัวแปรต้น หรือตัวแปรตามได้ถูกต้องและครบถ้วน หรือเขียนระบุตัวแปรควบคุมได้ถูกต้อง และครบถ้วน	ตอบถูกบางตัวแปรเท่านั้น
0	1.เขียนระบุตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมได้ไม่ถูกต้อง 2. ไม่ตอบคำถาม	ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูก

4.3 ภาชนะต่อแบตเตอรี่ 220 โวลต์ กับหลอดไฟ 2 หลอด ที่ต่อกันแบบอนุกรม โดยหลอดที่ 1 ใช้กับไฟฟ้า 220 โวลต์ 60 วัตต์ หลอดที่ 2 ใช้กับไฟฟ้า 110 โวลต์ 15 วัตต์ พบว่าหลอดทั้งสองสว่างเท่ากัน โดยที่หลอดที่ 2 จะสว่างเต็มที่ จงระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	แนวทางในการตอบ
2	เขียนระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้ถูกต้องและครบถ้วน	ตัวแปรต้น คือ หลอดไฟ ตัวแปรตาม คือ ความสว่างของหลอดไฟ ตัวแปรควบคุม คือ แบตเตอรี่
1	เขียนระบุตัวแปรต้น หรือตัวแปรตามได้ถูกต้องและครบถ้วน หรือเขียนระบุตัวแปรควบคุมได้ถูกต้อง และครบถ้วน	ตอบถูกบางตัวแปรเท่านั้น
0	1.เขียนระบุตัวแปรตามและตัวแปรควบคุมได้ไม่ถูกต้อง 2. ไม่ตอบคำถาม	ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูก

ข้อที่ 5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

5.1 ในการทดลองต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อวัดกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าของลวดนิโครม โดยเพิ่มจำนวนเซลล์ไฟฟ้าจาก 1 เซลล์ เป็น 2, 3, 4 และ 5 เซลล์ ผลการทดลองวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสองของลวดนิโครมและวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านลวดนิโครมซึ่งต่ออยู่กับเซลล์ไฟฟ้าต่างๆ ปรากฏผลการทดลอง ดังนี้

ความต่างศักย์ไฟฟ้า (โวลต์)	0.20	0.40	0.60	0.80	1.00
กระแสไฟฟ้า (แอมแปร์)	0.12	0.25	0.37	0.50	0.62

จากผลการทดลอง นักเรียนจะสรุปผลว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	แนวทางในการตอบ
2	เขียนสื่อความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปได้ชัดเจน ครบถ้วนและสมบูรณ์	จากผลการทดลอง พบว่า ที่อุณหภูมิคงตัว กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวนำหนึ่งจะแปรผันตรงกับความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายทั้งสองของตัวนำนั้น เมื่อนำค่าที่ได้มาเขียนกราฟ โดยกำหนดให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าอยู่แกน x กระแสไฟฟ้าอยู่แกน y กราฟที่ได้จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง แสดงให้เห็นว่าค่าความชันของกราฟมีค่าคงตัว
1	เขียนสื่อความหมายข้อมูล และลงข้อสรุปได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดนิโครมจะแปรผันตรงกับความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองของขดลวดนิโครม
0	ไม่ตอบหรือตอบไม่ถูก	ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูก

5.2 ในการทดลองวัดค่ากระแสไฟฟ้าจากการต่อความต้านทาน 2 ตัว แบบอนุกรมและแบบขนาน โดยตัวต้านทานที่ 1 มีค่าเท่ากับ 100 โอห์ม ตัวต้านทานตัวที่ 2 มีค่าเท่ากับ 200 โอห์ม ปรากฏผลการทดลองดังนี้

ลักษณะการต่อความต้านทาน	I_1 (A)	I_2 (A)	I_3 (A)
แบบอนุกรม	0.016	0.016	0.016
แบบขนาน	0.048	0.020	0.068

จากผลการทดลอง นักเรียนจะสรุปผลว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	แนวทางในการตอบ
2	เขียนสื่อความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปได้ชัดเจน ครบถ้วนและสมบูรณ์	1. ในการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม กระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวจะเท่ากับกระแสไฟฟ้ารวมในวงจร 2. ในการต่อตัวต้านทานแบบขนาน กระแสไฟฟ้ารวมในวงจรจะเท่ากับผลบวกของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว
1	เขียนสื่อความหมายข้อมูล และลงข้อสรุปได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	การต่อแบบอนุกรมกระแสไฟฟ้าแต่ละช่วงจะเท่ากันส่วนการต่อแบบขนานกระแสไฟฟ้าในแต่ละช่วงจะไม่เท่ากัน
0	ไม่ตอบหรือตอบไม่ถูก	ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูก

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การประเมิน	แนวทางในการตอบ
2	เขียนสื่อความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปได้ชัดเจน ครบถ้วนและสมบูรณ์	1. ความต่างศักย์ระหว่างขั้วเซลล์เมื่อไม่มีความต้านทานต่ออยู่กับเซลล์ และเมื่อมีความต้านทานที่มีค่ามากต่ออยู่กับเซลล์ จะมีค่าเท่ากัน 2. ความต่างศักย์ระหว่างขั้วเซลล์จะลดลง เมื่อมีความต้านทานที่มีค่าน้อยมาต่ออยู่กับเซลล์
1	เขียนสื่อความหมายข้อมูล และลงข้อสรุปได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน	ตอบถูกข้อใดข้อหนึ่งใน 2 ข้อ
0	ไม่ตอบหรือตอบไม่ถูก	ไม่ตอบ หรือตอบไม่ถูก

แบบประเมินเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้เป็นแบบวัดความคิดเห็นหรือความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อวิชาฟิสิกส์ ในด้านการเรียนการสอนเนื้อหาและประโยชน์ที่ได้จากการเรียน มีจำนวนทั้งหมด 35 ข้อ
2. การตอบแบบสอบถามไม่มีคำตอบที่ถูกหรือผิด คำตอบของนักเรียนไม่มีผลต่อการเรียนของนักเรียนแต่อย่างใด
3. ให้นักเรียนอ่านข้อความและพิจารณาว่านักเรียนมีความคิดเห็นหรือความรู้สึกเห็นด้วยกับข้อความมากน้อยเพียงใด เช่น เห็นด้วย ไม่แน่ใจ และไม่เห็นด้วย จากนั้นให้นักเรียนใส่เครื่องหมายถูก ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน ตามความเป็นจริงใช้เวลา 40 นาที

ตัวอย่าง

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความรู้สึก		
		เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
0	วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยาก	✓		
00	วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่เป็นประโยชน์		✓	

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความรู้สึก		
		เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
1	ข้าพเจ้ามีความสุขเมื่อได้ทำการทดลองทางฟิสิกส์			
2	ข้าพเจ้าอยากเรียนวิชาอื่นแทนวิชาฟิสิกส์			
3	วิชาฟิสิกส์ทำให้คนเรามีเหตุผล			
4	วิชาฟิสิกส์ไม่ได้ช่วยให้เรียนวิชาอื่นๆ ได้ดีขึ้น			
5	วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่น่าสนใจ			
6	วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่เรียนแล้วสิ้นเปลืองอุปกรณ์			
7	วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่มนุษย์นำไปพัฒนาประเทศชาติให้เจริญก้าวหน้าได้			
8	วิชาฟิสิกส์จะทำให้เกิดความเครียดเพราะต้องขบคิดตลอดเวลา			
9	วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาที่ควรให้เวลามากกว่านี้			
10	ข้าพเจ้ารู้สึกกังวลมากเมื่อเรียนวิชาฟิสิกส์			
11	ข้าพเจ้าชอบแก้โจทย์ปัญหาวิชาฟิสิกส์			
12	ในช่วงโมงฟิสิกส์แต่ละครั้งข้าพเจ้าต้องการให้หมดไปเร็วๆ			
13	เมื่อครูให้ทดลองฟิสิกส์นักเรียนต้องตั้งใจทำงานสำเร็จ			
14	วิชาฟิสิกส์ไม่สามารถนำไปพัฒนาตนเองได้			
15	คณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในรายวิชาฟิสิกส์ เป็นคณิตศาสตร์ที่ยากมาก			

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความรู้สึก		
		เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
16	การที่นักเรียนไม่เข้าใจวิชาฟิสิกส์ส่วนหนึ่งมาจากนักเรียนไม่เข้าใจวิชาคณิตศาสตร์			
17	คณิตศาสตร์มีความสำคัญต่อวิชาฟิสิกส์ ในการแก้โจทย์ปัญหา			
18	การเรียนคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ทำให้นักเรียนเสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์			
19	การเรียนคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์จะทำให้นักเรียนเข้าใจวิชาฟิสิกส์มากขึ้น			
20	เมื่อเจอ โจทย์ฟิสิกส์ที่ต้องใช้คณิตศาสตร์ยากๆ ในการหาคำตอบ ข้าพเจ้ามักจะไม่มีสนใจข้อนั้น			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้พื้นฐานคณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์



หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง คณิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง เวกเตอร์สำหรับฟิสิกส์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

เวลา 2 ชั่วโมง

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

มาตรฐาน ค 6.1 มีความสามารถในการแก้ปัญหา การให้เหตุผล การสื่อสาร การสื่อความหมายทางคณิตศาสตร์ และการนำเสนอการเชื่อมโยงความรู้ ต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ และเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์

ตัวชี้วัด

ว 8.1 ม.6/1 – ม.6/12

ค 6.1 ม.6/1 – ม. 6/5

2. สาระสำคัญ / ความคิดรวบยอด

ปริมาณเวกเตอร์ เป็นปริมาณที่ต้องมีทั้งขนาด (Magnitude) และทิศทาง (Direction) ในสเปซ (Space) ดังนั้นในสเปซประเภท 1 มิติ (One – Dimensional Spaces) จึงมีทิศทางได้สองทิศทาง คือ ไม่ทางซ้ายมือก็ทางขวามือ แต่ในสเปซที่มีมิติสูงกว่าหนึ่ง เช่น สองมิติ (Two – Dimensional Spaces) สามมิติ (Three – Dimensional Spaces) หลายมิติ (Multi – Dimensional Spaces) มีทิศทางได้มากมายจนนับไม่ถ้วน เราจะสนใจในพวกสามมิติเป็นหลัก ลักษณะที่จะใช้แทนปริมาณเวกเตอร์มีหลากหลาย แล้วแต่ใครชอบแบบใด เช่น เป็นตัวพิมพ์เข้ม \mathbf{A} บ้าง มีลูกศรบนหัว \vec{A} บ้าง ชิดเส้นใต้ \underline{A} บ้าง

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ความรู้

- 1.1 อธิบายความหมายของเวกเตอร์ได้
- 1.2 เชื่อมความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทางฟิสิกส์กับสมการทางคณิตศาสตร์ได้

2. ทักษะ / กระบวนการ / กระบวนการคิด

- 2.1 แสดงทิศทางและขนาดของเวกเตอร์ได้
- 2.2 วัดค่าขนาดของแรงจากเครื่องชั่งสปริงได้
- 2.3 กำหนดปริมาณต่างๆ ทางฟิสิกส์ที่เป็นปริมาณเวกเตอร์โดยใช้ความรู้คณิตศาสตร์เวกเตอร์ได้
- 2.4 ใช้การดำเนินการทางเวกเตอร์แก้โจทย์ปัญหาในวิชาฟิสิกส์ได้

3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

- 3.1 มีความสนใจและกระตือรือร้นที่จะเรียน
- 3.2 ให้ความร่วมมือกับครูในการทำกิจกรรม
- 3.3 นักเรียนเข้าเรียนและส่งงานตรงตามเวลา
- 3.4 ใฝ่เรียนรู้
- 3.5 มุ่งมั่นในการทำงาน

5. สาระการเรียนรู้

- การรวมแรงแบบเวกเตอร์
- เวกเตอร์

6. ภาระงาน / ชิ้นงาน

1. แบบฝึกหัดในใบงานที่ 1. เรื่อง เวกเตอร์ของแรง
2. แบบฝึกหัดในใบงานที่ 2. เรื่อง แรงคู่ลอมบ์
2. ผลการปฏิบัติกิจกรรมตามใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การรวมแรงแบบเวกเตอร์

แนวทางการตรวจให้คะแนนผลรายงานกลุ่ม
การอธิบายและทดลองการรวมแรงแบบเวกเตอร์

ประเด็นการ ประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
1. การรายงานผล การทดลอง	ทำการทดลอง อย่างมี ประสิทธิภาพ นำเสนอข้อมูลที่ ถูกต้องในแบบ รายงานการ ทดลอง	นำเสนอข้อมูลที่ ถูกต้องในแบบ รายงานการ ทดลอง	มีความยุ่งยากใน การทดลอง นำเสนอข้อมูลใน แบบรายงานการ ทดลองถูกต้อง เพียงบางส่วน	ไม่ได้ทำการ ทดลอง หรือ นำเสนอข้อมูลใน แบบรายงานการ ทดลองไม่ถูกต้อง
2. การอธิบายด้วย การเขียนหรือการ พูด	การอธิบายชัดเจน กะทัดรัด และใช้ ภาษาวิทยาศาสตร์ ที่เหมาะสม กะทัดรัด	การอธิบายชัดเจน กะทัดรัด และใช้ ภาษาวิทยาศาสตร์ ที่เหมาะสมแต่ไม่ กะทัดรัด	การอธิบายไม่ ชัดเจน ไม่รัดกุม หรือไม่สมบูรณ์	อธิบายไม่เข้าใจ หรือไม่เกี่ยวกับ ปัญหา

แนวทางการตรวจให้คะแนนผลรายงานกลุ่ม
การอภิปรายหน้าห้องเรียน เรื่อง การรวมแรงแบบเวกเตอร์

ประเด็นการ ประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
การอภิปรายหน้า ชั้นเรียน	การอภิปราย ชัดเจน ครอบคลุม เนื้อหากะทัดรัด ตอบปัญหาเวลา โดนซักถามได้ดี มาก และใช้ภาษา วิทยาศาสตร์ที่ เหมาะสม	การอภิปราย ชัดเจน ครอบคลุม เนื้อหากะทัดรัด ตอบปัญหาเวลา โดนซักถามได้ดี และใช้ภาษา วิทยาศาสตร์ที่ เหมาะสม	การอภิปรายไม่ ชัดเจน ไม่รัดกุม หรือไม่สมบูรณ์	อภิปรายไม่เข้าใจ หรือไม่เกี่ยวกับ เนื้อหาที่ รับผิดชอบ

แนวทางการตรวจให้คะแนนผลงานรายบุคคล
การอธิบายและทดลองการรวมแรงแบบเวกเตอร์

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
1. ความสนใจ	มีความสนใจในกิจกรรมการทดลองเรื่อง การรวมแรงแบบเวกเตอร์ เป็นอย่างดี	มีความสนใจในกิจกรรมการทดลองเรื่อง การรวมแรงแบบเวกเตอร์ บ้างเล็กน้อย	ไม่มีความสนใจในกิจกรรมการทดลองเรื่อง การรวมแรงแบบเวกเตอร์
2. การแสดงความคิดเห็น	ให้ความร่วมมือในการแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่มดี	ให้ความร่วมมือในการแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่มเป็นส่วนใหญ่	ไม่ค่อยให้ความร่วมมือในการแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่ม
3. การตอบคำถาม	มีการตอบคำถามในห้องเป็นอย่างดี	มีการตอบคำถามในห้องบ้างแต่เล็กน้อย	ไม่ค่อยตอบคำถามภายในห้อง
4. การยอมรับฟังผู้อื่น	ยอมรับฟังผู้อื่นอย่างเต็มใจดี	ยอมรับฟังผู้อื่นบ้างแต่เล็กน้อย	ไม่ค่อยยอมรับฟังผู้อื่นอย่างเต็มใจ
5. ทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย	ทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างเต็มกำลังความสามารถและได้ผลงานการปฏิบัติที่มีคุณภาพดี	ทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างเต็มกำลังความสามารถบ้างเป็นบางครั้งและได้ผลงานการปฏิบัติที่มีคุณภาพพอใช้	ทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างไม่เต็มกำลังความสามารถและได้ผลงานการปฏิบัติที่มีคุณภาพต่ำ

แนวทางการตรวจให้คะแนนผลด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

การอธิบายและทดลองการเกิดกระแสไฟฟ้า

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
1. มีการวางแผนร่วมกัน	สมาชิกส่วนใหญ่ได้วางแผนร่วมกันก่อนการทดลองและมีการออกแบบการบันทึกผลที่ได้เหมาะสม	สมาชิกทุกคนในกลุ่มมีการวางแผนร่วมกันก่อนการทดลองและมีการออกแบบการบันทึกผลยังไม่ค่อยเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่ได้วางแผนร่วมกันก่อนการทดลองและการออกแบบการบันทึกผลยังไม่เหมาะสม
2. การแบ่งงานรับผิดชอบ	สมาชิกส่วนใหญ่ได้มีการแบ่งงานรับผิดชอบได้อย่างเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่ได้มีการแบ่งงานรับผิดชอบยังไม่ค่อยเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่ได้มีงานรับผิดชอบไม่เหมาะสม
3. มีการให้ความช่วยเหลือกัน	สมาชิกส่วนใหญ่มีการให้ความช่วยเหลือกันได้อย่างเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่มีการให้ความช่วยเหลือกันยังไม่ค่อยเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่มีการให้ความช่วยเหลือกันยังไม่เหมาะสม
4. การรับฟังความคิดเห็นและแก้ปัญหา	สมาชิกส่วนใหญ่มีการรับฟังความคิดเห็นและแก้ปัญหาร่วมกันได้อย่างเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่มีการรับฟังความคิดเห็นและแก้ปัญหาร่วมกันยังไม่ค่อยเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่มีการรับฟังความคิดเห็นและแก้ปัญหาร่วมกันยังไม่เหมาะสม
5. สามารถให้คำแนะนำกลุ่มอื่นได้	สมาชิกส่วนใหญ่สามารถให้คำแนะนำกลุ่มอื่นได้อย่างเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่สามารถให้คำแนะนำกลุ่มอื่นยังไม่ค่อยเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่สามารถให้คำแนะนำกลุ่มอื่นยังไม่เหมาะสม
6. เลือกใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง	สมาชิกส่วนใหญ่สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ได้ยังไม่ค่อยถูกต้องและเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ไม่ถูกต้องและเหมาะสม

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
7. ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดให้	สมาชิกส่วนใหญ่สามารถปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่สามารถปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดให้ไม่ค่อยถูกต้องและเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่สามารถปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดให้ไม่ถูกต้องและเหมาะสม
8. ทำความสะอาดเก็บอุปกรณ์เรียบร้อย	สมาชิกส่วนใหญ่เมื่อทำการทดลองแล้วทำความสะอาดเก็บอุปกรณ์เรียบร้อยและเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่เมื่อทำการทดลองแล้วทำความสะอาดเก็บอุปกรณ์ไม่ค่อยเรียบร้อยและเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่ไม่ทำความสะอาดและเก็บอุปกรณ์ให้เหมาะสม
9. ร่วมกันอภิปรายและสรุปผลงานของกลุ่ม	สมาชิกส่วนใหญ่ร่วมกันอภิปรายและสรุปผลงานของกลุ่มได้อย่างเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่ร่วมกันอภิปรายและสรุปผลงานของกลุ่มไม่ค่อยเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่ไม่ร่วมกันอภิปรายและสรุปผลงาน
10. ร่วมกันปรับปรุงผลงานของกลุ่ม	สมาชิกส่วนใหญ่ร่วมกันปรับปรุงผลงานของกลุ่มได้อย่างเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่ร่วมกันปรับปรุงผลงานของกลุ่มไม่ค่อยเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่ไม่ร่วมกันปรับปรุงผลงานของกลุ่ม

แนวทางการตรวจให้คะแนนแบบตรวจผลงานการคิดเชิงปฏิบัติ

การอธิบายและการทดลองการรวมแรงแบบเวกเตอร์

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
1. การออกแบบการทดลอง	ออกแบบการทดลองได้อย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนเป็นลำดับที่เหมาะสมชัดเจน	ออกแบบการทดลองได้อย่างเป็นระบบแต่มีบางขั้นตอนที่ยังไม่ค่อยเหมาะสม	ออกแบบการทดลองมีขั้นตอนที่เหมาะสมบ้างในบางขั้นตอน	ออกแบบการทดลองไม่เหมาะสม
2. การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์	มีการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ใกล้เคียงตัวอย่างเหมาะสมและใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการทดลอง	มีการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ใกล้เคียงแต่ยังไม่เหมาะสมต่อการใช้ที่จะเกิดประสิทธิภาพในการทดลอง	มีการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ค่อนข้างหายากและวัสดุอุปกรณ์ใช้ยุ่งยากซับซ้อน	มีการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในท้องถิ่นไม่เหมาะสม
3. การนำเสนอผลการทดลอง	นำเสนอผลการทดลองได้อย่างละเอียดครบถ้วนชัดเจนและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	นำเสนอผลการทดลองได้ค่อนข้างละเอียดแต่ก็ยังไม่ครบถ้วนและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทดลองเท่าที่ควร	นำเสนอผลการทดลองได้ตรงวัตถุประสงค์เป็นบางส่วนแต่ยังไม่ค่อยชัดเจน	นำเสนอผลการทดลองได้ตรงตามวัตถุประสงค์ค่อนข้างน้อย

ประเด็นการ ประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
4. ประโยชน์การ นำไปใช้	มีประโยชน์อย่างมากสามารถนำไปพัฒนาองค์ความรู้และประยุกต์ปฏิบัติได้ในชีวิตจริงได้	มีประโยชน์ค่อนข้างมากหากได้มีการนำเอาไปใช้เพื่อพัฒนาองค์ความรู้	มีประโยชน์ค่อนข้างน้อยหากมีเพียงเสนอผลการทดลองเท่านั้น	มีประโยชน์น้อยมาก หากได้นำมาใช้จริง
5. การสรุป รายงาน	มีการจัดทำสรุปรายงานได้อย่างละเอียดครบถ้วนและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การทดลองอย่างชัดเจน	การจัดทำสรุปรายงานได้ค่อนข้างละเอียดและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การทดลองอย่างชัดเจน	การจัดทำสรุปรายงานได้ไม่ละเอียดแต่มีสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การทดลอง	การจัดทำสรุปรายงานแต่ไม่มีสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การทดลอง

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (10 นาที)

1.1 ครูให้นักเรียนช่วยกันวิเคราะห์ ปัจจัยต่อการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์

(แนวการตอบ สูตร ทฤษฎี คณิตศาสตร์ การวิเคราะห์โจทย์)

1.2 ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและทบทวน เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่

1.3 ครูถามนักเรียนว่า คณิตศาสตร์ที่นำมาใช้เพื่อหาแรงลัพธ์ คือคณิตศาสตร์เรื่องอะไร

(แนวการตอบ การแยกตัวประกอบ สมการ เวกเตอร์)

1.4 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า เพราะเหตุใดพวกเราจึงหาค่าแรงลัพธ์โดยพิจารณาจากการดำเนินการแบบเวกเตอร์

(แนวการตอบ เพราะแรงเป็นปริมาณเวกเตอร์ซึ่งต้องบอกทั้งขนาดและทิศทาง ดังนั้นในการหาค่าของแรงต้องพิจารณาตามการดำเนินการแบบเวกเตอร์)

2. ขั้นสำรวจและสืบค้น (Exploration) ดำเนินกิจกรรม ดังต่อไปนี้ (40 นาที)

2.1 ครูแจกใบงานที่ 1 เรื่อง เวกเตอร์ของแรง ให้กับนักเรียน

2.2 ครูให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพื่อหาคำตอบในใบงานที่ 1

- 2.3 ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลย. ใบงานที่ 1
- 2.4 แบ่งนักเรียนออกเป็น 7 – 8 กลุ่ม กลุ่มละ 4 – 5 คน โดยคละนักเรียนชายและหญิง
- 2.5 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันศึกษาใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การรวมแรงแบบเวกเตอร์
- 2.6 ให้ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองและอภิปรายผล
- 2.7 ครูแจกใบงานที่ 2 เรื่อง แรงคู่สม
- 2.8 ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลย. ใบงานที่ 2

3. ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (50 นาที)

- 3.1 ให้นักเรียนแต่ละคนศึกษาใบความรู้ ดังนี้
 - ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง เวกเตอร์สำหรับฟิสิกส์
- 3.2 ครูและนักเรียนอธิบายผลการทดลองและอภิปรายผลร่วมกัน
- 3.3 ให้แต่ละกลุ่มได้หมุนเวียนอ่านผลงานของกลุ่มอื่นๆ จนครบทุกกลุ่ม แล้วช่วยกันสรุปว่าการเขียนสรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง เหมือนหรือต่างกับของกลุ่มตัวเองหรือไม่อย่างไร
- 3.4 นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปการทดลอง เรื่อง เวกเตอร์ของแรง ลงในสมุดบันทึกของตนเอง
- 3.5 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปและอภิปราย

4. ความรู้ชั้นขยาย (Elaboration) (20 นาที)

- 4.1 ครูถามนักเรียนว่า จากการทำที่นักเรียนได้อธิบายและทดลอง เรื่อง เวกเตอร์ของแรง นักเรียนคิดว่าในชีวิตประจำวันของคนเกี่ยวข้องกับ เวกเตอร์ของแรงอย่างไร แล้วเรานำมาใช้ในชีวิตประจำวันอย่างไร
- 4.2 ครูร่วมกันอภิปรายกับนักเรียนแล้วสรุปเนื้อหา

5. ชั้นประเมินผล (Evaluation)

- 5.1 ประเมินจากการอภิปรายและตอบปัญหาในหัวข้อที่กำหนด หน้าห้องเรียน
- 5.2 ประเมินจากใบงาน
- 5.3 ประเมินจากการทดลอง
- 5.4 ประเมินพฤติกรรมความตั้งใจภายในห้องเรียน
- 5.5 ประเมินจากรายงานการทดลอง

7. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้

1. ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง เวกเตอร์สำหรับฟิสิกส์
2. ใบงานที่ 1 เรื่อง เวกเตอร์ของแรง

3. ใบกิจกรรมการทดลองที่ 1 เรื่อง การรวมแรงแบบเวกเตอร์
4. ใบงานที่ 2 เรื่อง แรงคู่สมบัพ
5. หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3

8. บันทึกหลังการสอน

1. การวัดและประเมินผล

การวัดประเมินผล	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความเข้าใจ (K)	- สังเกตการตอบคำถามของนักเรียนภายในห้อง - ตรวจสอบรายงานการทดลองจากกิจกรรมที่ 1 - ตรวจสอบใบงานที่ 1 และ 2	- ประเมินพฤติกรรมแบบสังเกตพฤติกรรมรายบุคคล - แบบประเมินผลรายงานกลุ่ม	ทำได้อ้อยละ 70 ขึ้นไป
2. ด้านทักษะกระบวนการ (P)	- สังเกตพฤติกรรมกลุ่มในการร่วมกิจกรรม - สังเกตการทำงานโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- ประเมินพฤติกรรมแบบสังเกตพฤติกรรมรายบุคคล - แบบประเมินผลงานรายกลุ่ม - แบบประเมินความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทำได้อ้อยละ 70 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ (A)	- การประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้	- ประเมินพฤติกรรมแบบสังเกตพฤติกรรมรายบุคคล	ทำได้อ้อยละ 80 ขึ้นไป
4. ด้านทักษะการคิดเชิงปฏิบัติ	- ตรวจสอบรายงานการทดลองจากใบกิจกรรมที่ 1	- แบบตรวจสอบผลงานการคิดเชิงปฏิบัติ	ทำได้อ้อยละ 80 ขึ้นไป

แบบตรวจให้คะแนนรายการกลุ่ม
การอธิบายทดลอง การเกิดกระแสไฟฟ้า

ที่	ชื่อกลุ่ม	รายงานการประเมิน / ระดับคะแนน								คะแนนรวม	หมายเหตุ
		การรายงานผล การทดลอง				การอธิบายด้วย การเขียนหรือพูด					
		4	3	2	1	4	3	2	1		
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายกิตติศักดิ์ ศรีวงค์ษา)

...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ ให้	4	คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง ให้	3	คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง ให้	2	คะแนน
พฤติกรรมที่ไม่ปฏิบัติ ให้	1	คะแนน

เกณฑ์การวัดผลประเมินผล (ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป)

ระดับ 4 7 – 8	ดีมาก
ระดับ 3 5 – 6	ดี
ระดับ 2 3 – 4	พอใช้
ระดับ 1 0 – 2	ปรับปรุง

เลข ที่	ชื่อ - สกุล	รายการประเมินระดับคะแนน															คะแนน รวม	หมายเหตุ	
		ความ สนใจ			การ แสดง ความ คิดเห็น			การ ตอบ คำถาม			การ ยอมรับ ฟังผู้อื่น			ทำงาน ตามที่ ได้รับ มอบหมาย					
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
32																			
33																			
34																			
35																			
36																			
37																			
38																			
39																			

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายกิตติศักดิ์ ศรีวงค์ษา)

...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ	ให้	3	คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง	ให้	2	คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง	ให้	1	คะแนน

เกณฑ์การวัดผลประเมินผล (ผ่านเกณฑ์ในระดับ พอใช้ ขึ้นไป)

ระดับ 3	11 – 15	ดี
ระดับ 2	6 – 10	พอใช้
ระดับ 1	0 – 5	ปรับปรุง

แบบประเมินด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

กลุ่มที่..... ชั้น.....

สมาชิกภายในกลุ่ม 1. 2.
3. 4.
5.

ลำดับที่	รายการพฤติกรรม	คุณภาพการปฏิบัติ		
		3	2	1
1	มีการวางแผนร่วมกัน			
2	การแบ่งงานรับผิดชอบ			
3	มีการให้ความช่วยเหลือกัน			
4	การรับฟังความคิดเห็นและแก้ปัญหาาร่วมกัน			
5	สามารถให้คำแนะนำกลุ่มอื่นได้			
6	เลือกใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง			
7	ปฏิบัติตามทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดให้			
8	ทำความสะอาดเก็บอุปกรณ์เรียบร้อย			
9	ร่วมกันอภิปรายและสรุปผลงานของกลุ่ม			
10	ร่วมกันปรับปรุงผลงานของกลุ่ม			

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายกิตติศักดิ์ ศรีวงค์ษา)

...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ	ให้	3	คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง	ให้	2	คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง	ให้	1	คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
24 – 30	3 = ดี
17 – 23	2 = พอใช้
10 – 16	1 = ปรับปรุง

แบบตรวจผลงานการคิดเชิงปฏิบัติ

ลำดับ	ชื่อกลุ่ม	การออกแบบ การทดลอง (4 คะแนน)	การเลือกใช้ วัสดุ อุปกรณ์ (4 คะแนน)	การนำเสนอ ผลการ ทดลอง (4 คะแนน)	ประโยชน์ การนำเอา ไปใช้ (4 คะแนน)	กราสรูป รายงาน (4 คะแนน)	คะแนนรวม (20 คะแนน)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายกิตติศักดิ์ ศรีวงค์ษา)

...../...../.....

เกณฑ์การวัดผลประเมินผล (ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป)

ระดับ 4 16 – 20

ดีมาก

ระดับ 3 11 – 15

ดี

ระดับ 2 6 – 10

พอใช้

ระดับ 1 0 – 5

ปรับปรุง

2. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ/ แนวทางการแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



ใบกิจกรรมที่ 1

เรื่อง การรวมแรงแบบเวกเตอร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์พื้นฐานและเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1

โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร

นครปฐม

ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกลุ่มละประมาณ 4 – 5 คน แล้วออกแบบการทดลองวัดหาค่าขนาดและทิศทางของปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการใช้เครื่องชั่งสปริงดึงตุ้มน้ำขึ้นบนพื้นเอียง 30 องศา กับแนวราบ บันทึกผลการทดลอง สรุปผลการทดลองและตอบคำถามท้ายการทดลอง แล้วออกมาแนะนำเสนอผลการทดลองหน้าห้องเรียนพร้อมทั้งเขียนรายงานการทดลองส่งในคาบถัดไป

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. เขียนปริมาณต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการทดลองนี้ ได้
2. บอกทิศทางและขนาดของปริมาณต่างๆ เหล่านั้น ได้
3. อธิบายความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ และแยกปริมาณเหล่านั้นออกเป็นปริมาณเวกเตอร์และสเกลาร์ ได้
4. เขียนความสอดคล้องของปริมาณทางฟิสิกส์กับคณิตศาสตร์ของเวกเตอร์ ได้

วัสดุ – อุปกรณ์

- | | | |
|-----------------------|---|-------------|
| 1. ตุ้มน้ำ | 1 | ตุ้มน้ำ |
| 2. รางไม้ | 1 | ราง |
| 3. เครื่องชั่งสปริง | 1 | เครื่องชั่ง |
| 4. เครื่องชั่งน้ำหนัก | 1 | เครื่องชั่ง |

วิธีดำเนินการทดลอง

1. ปรับรางไม้ให้ทำมุม 30 องศากับพื้นราบ
2. นำถุงทรายไปชั่งน้ำหนัก บันทึกผล
3. นำเครื่องชั่งสปริงตั้งถุงทรายขึ้นไปตามรางไม้ที่ทำมุม 30 องศากับพื้นราบ บันทึกผล
4. วาดภาพและเขียนขนาดและทิศทางของปริมาณต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง
4. เขียนความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ ในรูปสมการคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในการทดลอง

คำถามหลังการทดลอง

1. จงเขียนปริมาณที่เกี่ยวข้องในการทดลองนี้ทั้งหมด

.....

.....

.....

.....

.....

2. แยกปริมาณต่างๆ ออกเป็นปริมาณเวกเตอร์และปริมาณสเกลาร์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนใช้เกณฑ์อะไรในการแบ่งปริมาณต่างๆ ออกเป็นปริมาณเวกเตอร์และสเกลาร์

.....

.....

.....

.....



ใบงานที่ 1

เรื่อง เวกเตอร์ของแรง

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์พื้นฐานและเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1

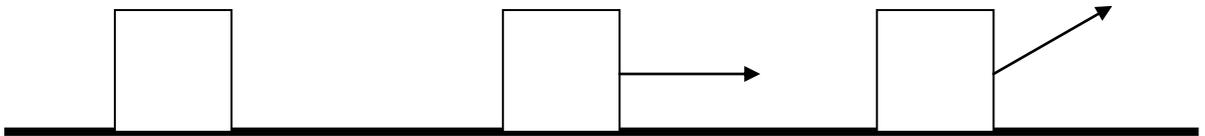
โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร

นครปฐม

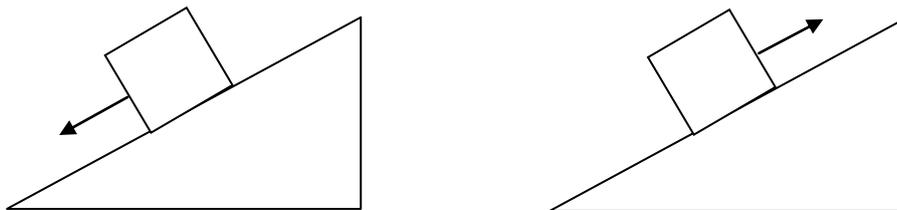
ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ให้นักเรียนเขียนแรงต่างๆ และทิศทางของแรงที่กระทำในระบบ ดังต่อไปนี้

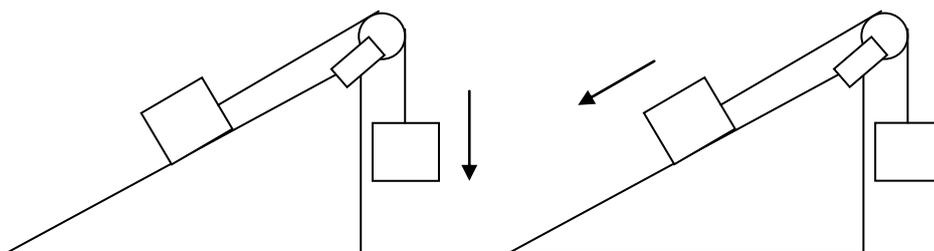
1.



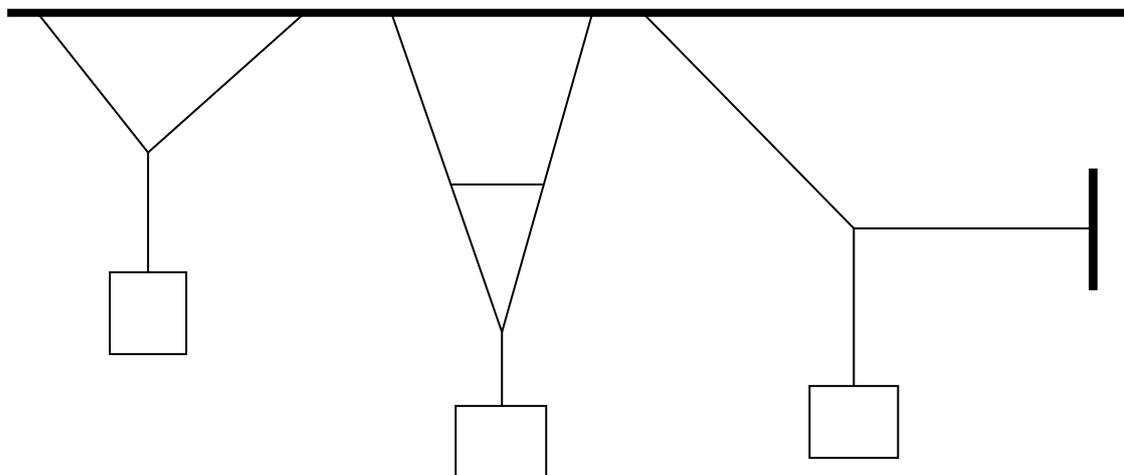
2.



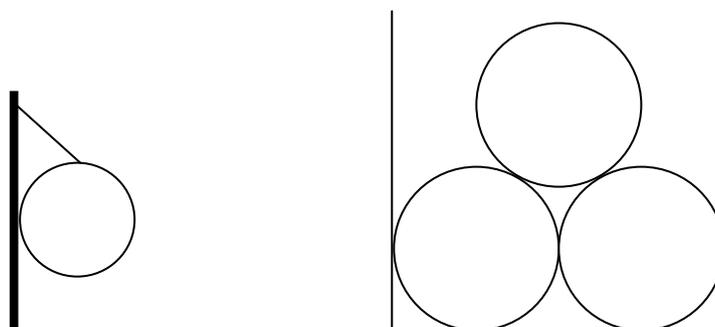
3.



4.



5.



6.



ฉนวน



ฉนวน



ใบความรู้ที่ 1

เรื่อง เวกเตอร์สำหรับฟิสิกส์

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์พื้นฐานและเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1

โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร

นครปฐม

ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

เวกเตอร์ (Vectors)

เนื่องจากปริมาณต่างๆ ทางฟิสิกส์ที่ได้จากการทดลอง หรือจากทฤษฎีต่างๆ มีอยู่อย่างมากมาย ดังนั้นนักฟิสิกส์ได้แบ่งปริมาณต่างๆ เหล่านี้ออกเป็น 2 ปริมาณ คือปริมาณสเกลาร์และปริมาณเวกเตอร์ ปริมาณทั้งสองจะถูกนำมาสร้างความสัมพันธ์ในรูปของสมการทางคณิตศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

ปริมาณสเกลาร์ เป็นปริมาณที่มีเฉพาะขนาดอย่างเดียว เช่น มวล (m) เวลา (t) เป็นต้น ในการหาค่าปริมาณต่างๆ เหล่านี้ เราสามารถใช้พีชคณิตทั่วไปในการหาค่า เช่น นำมา บวก ลบ คูณ หาร

ปริมาณเวกเตอร์ เป็นปริมาณที่ต้องมีทั้งขนาด (Magnitude) และทิศทาง (Direction) ในสเปซ (Space) ดังนั้นในสเปซประเภท 1 มิติ (One – Dimensional Spaces) จึงมีทิศทางได้สองทิศทาง คือ ไม่ทางซ้ายมือก็ทางขวามือ แต่ในสเปซที่มีมิติสูงกว่าหนึ่ง เช่น สองมิติ (Two – Dimensional Spaces) สามมิติ (Three – Dimensional Spaces) หลายมิติ (Multi – Dimensional Spaces) มีทิศทางได้มากมายจนนับไม่ถ้วน เราจะสนใจในพวกสามมิติเป็นหลัก ลักษณะที่จะใช้แทนปริมาณเวกเตอร์มีหลากหลายแล้วแต่ใครชอบแบบใด เช่น เป็นตัวพิมพ์เข้ม A บ้าง มีลูกศรบนหัว \vec{A} บ้าง จี๊ดเส้นใต้ \underline{A} บ้าง เพื่อแสดงว่า A , \vec{A} , \underline{A} , ... เป็นปริมาณเวกเตอร์ เราจะเลือกใช้สัญลักษณ์แบบตัวพิมพ์เข้ม A และใช้สัญลักษณ์ $|A|$ แทนขนาดของเวกเตอร์ A ในการเขียนรูปเราจะใช้ทิศที่ลูกศรชี้แทนทิศทางและใช้ความยาวของลูกศรแทนขนาดของเวกเตอร์ในสเปซที่เกี่ยวข้องดังภาพ



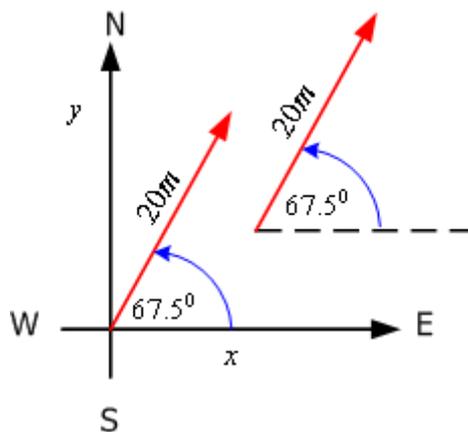
A

ขอให้สังเกตว่าไม่ว่า A จะเลื่อนไปอยู่ที่ไหนในสเปซ ก็ยังเป็น A อยู่ ถ้าขนาดและทิศทางยังคงเท่าเดิม เวกเตอร์ที่ไม่ตรึงอยู่กับที่เรียกว่า เวกเตอร์อิสระ (Non – Localised Vectors) ส่วนเวกเตอร์ที่ตรึงอยู่กับที่เรียกว่า เวกเตอร์ไม่อิสระ (Localised Vector) เช่นตรึงอยู่ที่จุดหนึ่งบนผิววัตถุ หรือตรึงอยู่ที่จุดหนึ่งในเนื้อวัตถุ

ขอให้ตระหนักอย่างหนึ่งว่าสเปซที่เวกเตอร์อยู่ไม่จำเป็นต้องเป็นสเปซธรรมดาที่เราอยู่ (เช่นในห้อง) แต่อาจเป็นสเปซอะไรก็ได้ เช่น สเปซของความเร็ว (Velocity Space) สเปซของความเร่ง (Acceleration Space) หรือสเปซปกติที่เราอยู่ (Ordinary Space, Real Space) ฯลฯ ขนาดของเวกเตอร์จึงมีหน่วยได้หลากหลายแล้วแต่ว่าสเวกเตอร์นั้นแทนปริมาณทางฟิสิกส์ประเภทใด (ในสเปซใด)

ตัวอย่างที่ 1

พงศนันท์เดินทางไปทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือได้ระยะทาง 20 เมตร ดังรูป ด้านขวามือ จงเขียนรูปแสดงการเดินทางในรูปของเวกเตอร์



วิธีทำ

เราสามารถเขียนให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์ได้ดังรูปด้านซ้ายมือ เมื่อความยาวของลูกศรแทนขนาดของเวกเตอร์ มีค่าเท่ากับ 20 เมตร หัวลูกศรแสดงทิศทางของเวกเตอร์มีทิศตะวันออกเฉียงเหนือ

ข้อสังเกต เวกเตอร์สามารถเลื่อนออกจากจุดเริ่มต้นได้ โดยขนาดและทิศทางคงที่

ปริมาณเวกเตอร์ที่จำเป็น

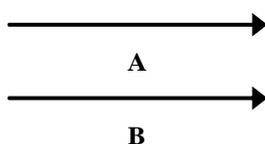
ในการพัฒนาทฤษฎีเกี่ยวกับเวกเตอร์ จะพบว่าเราต้องใช้ เวกเตอร์ศูนย์ (Null Vector) ซึ่งหมายถึงเวกเตอร์ที่มีขนาดเป็นศูนย์หน่วย และทิศทางไม่กำหนด (เพราะว่ากำหนดไม่ได้ และไม่จำเป็นต้องกำหนดด้วย) เราใช้สัญลักษณ์ $\mathbf{0}$ หรือ $\mathbf{\bar{0}}$ แทนเวกเตอร์ศูนย์ เวกเตอร์นี้มีบทบาทเดียวกับที่

เลขศูนย์มีบทบาทในวิชาพีชคณิต นอกจากเวกเตอร์ศูนย์แล้วเราควรจะพูดถึงเวกเตอร์หน่วย (Unit Vector) ด้วย เวกเตอร์หน่วยนี้เป็นเวกเตอร์ที่มีขนาดเท่ากับ 1 (ไม่มีหน่วย) ดังนั้นชื่อเวกเตอร์หน่วยจึงอาจดูไม่เหมาะสม เพราะไม่ได้ใช้บอกหน่วย เช่น นิวตัน เมตรต่อวินาที เป็นต้น เวกเตอร์หน่วยมีทิศทางตามที่เรากำหนด เราใช้สัญลักษณ์ \hat{u} หรือ \mathbf{u} แทนเวกเตอร์หน่วย

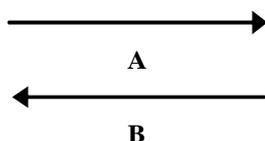
การดำเนินการ (Operations) ที่เกี่ยวข้องกับเวกเตอร์

ก. การเท่ากันของเวกเตอร์

ถ้า $\mathbf{A} = \mathbf{B}$ แสดงว่าเวกเตอร์ทั้งสองมีขนาดเท่ากันและทิศทางเดียวกัน แต่ไม่จำเป็นต้องเป็นเวกเตอร์เดียวกัน ดังภาพประกอบ 5



ถ้า $\mathbf{A} = -\mathbf{B}$ แสดงว่าเวกเตอร์ทั้งสองมีขนาดเท่ากัน แต่ทิศทางตรงกันข้ามกัน ดังภาพประกอบ 6



ข. การคูณเวกเตอร์ด้วยปริมาณสเกลาร์

ให้ \mathbf{A} เป็นเวกเตอร์ และ β เป็นปริมาณสเกลาร์ (ปริมาณที่มีแต่ขนาดไม่มีทิศทาง) เราให้คำจำกัดความว่า $\beta\mathbf{A}$ (หรือจะเขียน $\mathbf{A}\beta$ ก็ได้) เป็นเวกเตอร์อีกตัวหนึ่งที่มีขนาดเป็น β เท่าของ $|\mathbf{A}|$ และมีทิศทางเดียวกับ \mathbf{A} ถ้า β เป็นค่าบวก และมีทิศสวนกับ \mathbf{A} ถ้า β เป็นค่าลบ ขอให้สังเกตว่า $\beta\mathbf{A}$ จะมีหน่วยเป็นหน่วยของ β คูณกับหน่วยของ \mathbf{A} (ถ้าจะกล่าวให้ถูกต้องในทางฟิสิกส์ไม่ใช่คณิตศาสตร์ ต้องกล่าวว่า โดเมนชั้น (Dimensions) ของ $\beta\mathbf{A}$ เป็นคนละอันดับกับโดเมนชั้นของ \mathbf{A}) เช่น ถ้าโดเมนชั้นของ \mathbf{A} เป็นระยะทางต่อเวลา และของ β เป็นมวล โดเมนชั้นของ $\beta\mathbf{A}$ จะเป็นมวลคูณระยะทางต่อเวลา (ในหน่วย SI จะได้ $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$)

จากคำจำกัดความของ $\beta\mathbf{A}$ นี้ ทำให้เราเขียนได้ทันทีว่า

$$\mathbf{A} = |\mathbf{A}|\hat{u}$$

เมื่อ \hat{u} เป็นเวกเตอร์หน่วยในทิศของ \mathbf{A}

ถ้าเราต้องการหาเวกเตอร์หน่วยในทิศทางของเวกเตอร์ใดก็ตาม เช่นในทิศของเวกเตอร์ \mathbf{B} เราก็เพียงแต่หาค่า $|\mathbf{B}|$ แล้วนำไปหาร \mathbf{B} (หรือนำ $\frac{1}{|\mathbf{B}|}$ ไปคูณ \mathbf{B} ก็ได้) ซึ่งคำจำกัดความของการหารเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์แฝงอยู่แล้วในคำจำกัดความของการคูณเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์

ในกรณีพิเศษที่ $\beta=0$ เราจะได้ $\beta\mathbf{A}=\mathbf{0}$ นั่นคือได้เวกเตอร์ศูนย์ เราไม่เขียน $\beta\mathbf{A}=\mathbf{0}$ เพราะผิดหลัก ไม่มีความหมาย ส่วนกรณีที่ $\beta=-1$ ให้ถือว่า $-\mathbf{A}$ มีทิศตรงข้ามกับ \mathbf{A}

ตัวอย่างที่ 2

นายชุมพรออกแรงผลักตู้เย็นมวล 50 กิโลกรัม ไปทางทิศตะวันออก ให้เคลื่อนที่ไปด้วยความเร็ว 2 เมตร / วินาที² สมมติพื้นไม่มีความเสียดทาน ถามว่าชุมพรออกแรงกี่นิวตัน

วิธีทำ

กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน $\sum \mathbf{F} = m\mathbf{a}$

โจทย์กำหนด มวล 50 กิโลกรัม

ความเร็ว 2 เมตร / วินาที²

แทนตัวเลขต่างๆ ลงในสมการ จะได้ $\mathbf{F} = (50 \text{ kg})(2 \text{ m/s}^2) = 100 \frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$ หรือ 100 นิวตัน

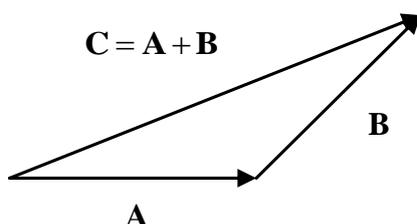
ดังนั้น ชุมพรออกแรง 100 นิวตัน ผลักตู้เย็นให้เคลื่อนที่ไปทางทิศตะวันออก

ข้อสังเกต มวล m เป็นปริมาณสเกลาร์ ความเร็ว \mathbf{a} เป็นปริมาณเวกเตอร์มีทิศตามทิศของแรง และสังเกตว่า $m\mathbf{a}$ จะมีหน่วยเป็นหน่วยของ m คูณกับหน่วยของ \mathbf{a}

ค. การบวกเวกเตอร์

เราให้คำจำกัดความการบวกเวกเตอร์ \mathbf{A} กับ \mathbf{B} ดังนี้

เขียน \mathbf{C} แทน $\mathbf{A}+\mathbf{B}$ โดย \mathbf{C} มีทิศทางและขนาดที่หาได้จาก การเลื่อนหางลูกศรของ \mathbf{B} มาที่หัวลูกศรของ \mathbf{A} แล้วลากเวกเตอร์ใหม่จากหางลูกศรของ \mathbf{A} มาที่หัวลูกศรของ \mathbf{B} ทิศทางของลูกศรใหม่นี้คือทิศทางของ \mathbf{C} และขนาดของลูกศรใหม่นี้คือขนาดของ \mathbf{C} ดังภาพ



คำจำกัดความของการบวกเวกเตอร์นี้ครอบคลุมการลบเวกเตอร์ไว้ในตัว เมื่อพิจารณาร่วมกับการคูณด้วยสเกลาร์ นั่นคือเรามองการลบ เช่น $\mathbf{A}-\mathbf{B}$ เป็นการบวกกันระหว่าง \mathbf{A} กับ $(-1)\mathbf{B}$ แล้วก็ใช้คำจำกัดความของการบวกได้ทันที ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้คำจำกัดความของการลบอีกต่างหาก โดย $-\mathbf{B}$ มีทิศตรงข้ามกับ \mathbf{B}

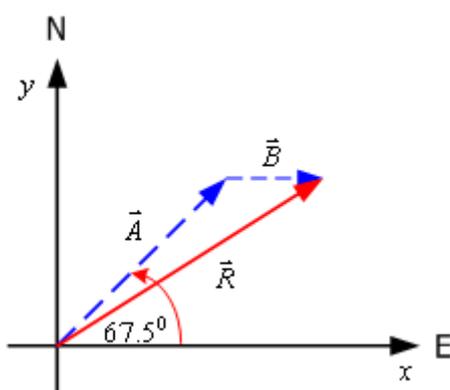
พึงสังเกตด้วยว่าถ้า $\mathbf{A}-\mathbf{B}=\mathbf{0}$ ก็หมายความว่า $\mathbf{A}=\mathbf{B}$ ซึ่งการที่ $\mathbf{A}=\mathbf{B}$ มีความหมายเพียงว่า \mathbf{A} และ \mathbf{B} มีขนาดและทิศทางเท่ากัน แต่ไม่จำเป็นต้องเป็นเวกเตอร์เดียวกัน

คำจำกัดความของการคูณเวกเตอร์ด้วยสเกลาร์ และคำจำกัดความของการบวกเวกเตอร์นั้นให้ผลตามมาที่สามารถพิสูจน์ได้และมีประโยชน์ ดังนี้

1. $\beta(\alpha\mathbf{A})=(\beta\alpha)\mathbf{A}$ เมื่อ α เป็นสเกลาร์อีกตัวหนึ่ง
2. $(\beta+\alpha)\mathbf{A}=\beta\mathbf{A}+\alpha\mathbf{A}$
3. $\mathbf{A}+\mathbf{B}=\mathbf{B}+\mathbf{A}$
4. $\mathbf{A}+(\mathbf{B}+\mathbf{C})=(\mathbf{A}+\mathbf{B})+\mathbf{C}$
5. $\beta(\mathbf{A}+\mathbf{B})=\beta\mathbf{A}+\beta\mathbf{B}$

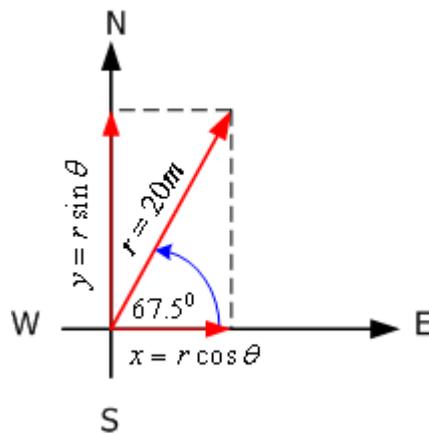
ตัวอย่างที่ 3 กรณีเขียนเวกเตอร์ \mathbf{A} แทนด้วยเวกเตอร์ \vec{A}

จงหาระยะการกระจัดทั้งหมดของนักเรียนคนหนึ่งซึ่งเดินทางไปทางทิศตะวันออกเฉียงไปทางเหนือได้ระยะทาง $\vec{A}=20m$ จากนั้นเดินทางไปทางทิศตะวันออกเฉียงไป $\vec{B}=5m$ ดังรูป



วิธีทำ

พิจารณา ระยะทาง $\vec{A} = 20m$ ดังนี้



เปลี่ยนจากระบบพิกัดเชิงขั้วเป็นระบบพิกัดฉากจากรูป จะได้

$$\begin{aligned}
 y &= r \sin \theta \\
 &= (20m)(\sin 67.5^\circ) \\
 &= 18.5m \text{ ทิศเหนือ} \\
 x &= r \cos \theta \\
 &= (20m)(\cos 67.5^\circ) \\
 &= 7.65m \text{ ทิศตะวันออก}
 \end{aligned}$$

ส่วนของเวกเตอร์ \vec{r} บนแกน x และ y เราเรียกว่า "ส่วนประกอบ" ของเวกเตอร์ \vec{r}

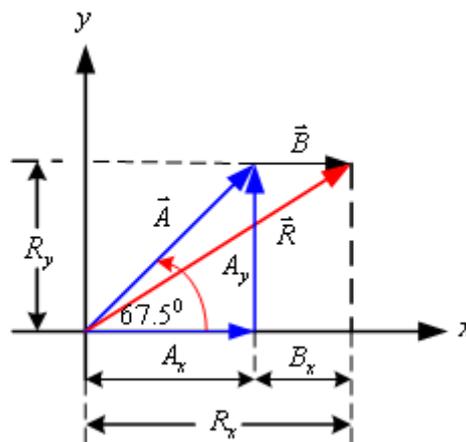
$$\text{ดังนั้น } \vec{A} = (7.65m)\vec{i} + (18.5m)\vec{j}$$

ระยะการกระจัดครั้งที่ 2

$$\vec{B} = (5m)\vec{i}$$

คำตอบที่ได้คือเวกเตอร์ \vec{R} ซึ่งเราเรียกว่า **ผลลัพธ์** ผลลัพธ์ที่ได้นี้สามารถหาได้ ดังนี้

- ก. เขียนรูป โดยการกำหนดมาตราส่วนแล้วนำมาเขียนรูปผลลัพธ์ที่ได้ หาได้โดยการวัด
- ข. วิธีคำนวณ โดยการแยกองค์ประกอบของ \vec{A} และ \vec{B} ลงบนแกน x และแกน y จากนั้นนำองค์ประกอบในแต่ละแกนมารวมกัน



องค์ประกอบบนแกน x ของเวกเตอร์ \vec{R} หาได้จากการนำองค์ประกอบบนแกน x ของ \vec{A} และ \vec{B} มาบวกกัน

$$\begin{aligned} R_x &= A_x + B_x \\ &= 7.65m + 5m \\ &= 12.7m \end{aligned}$$

ในทำนองเดียวกันองค์ประกอบบนแกน y ของเวกเตอร์ \vec{R} หาได้จากการนำองค์ประกอบบนแกน y ของ \vec{A} และ \vec{B} มาบวกกัน

$$\begin{aligned} R_y &= A_y + B_y \\ &= 18.5m + 0m \\ &= 18.5m \end{aligned}$$

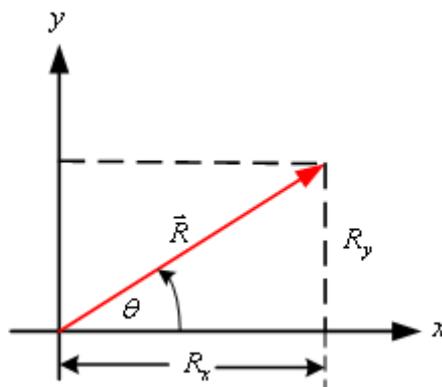
ก. ใช้เวกเตอร์หนึ่งหน่วย

$$\begin{aligned} \text{เมื่อ} \quad \vec{R} &= \vec{A} + \vec{B} \\ &= (A_x \vec{i} + A_y \vec{j}) + (B_x \vec{i} + B_y \vec{j}) \end{aligned}$$

จัดรูปใหม่

$$\begin{aligned} \vec{R} &= (A_x + B_x) \vec{i} + (A_y + B_y) \vec{j} \\ &= (12.7m) \vec{i} + (18.5m) \vec{j} \end{aligned}$$

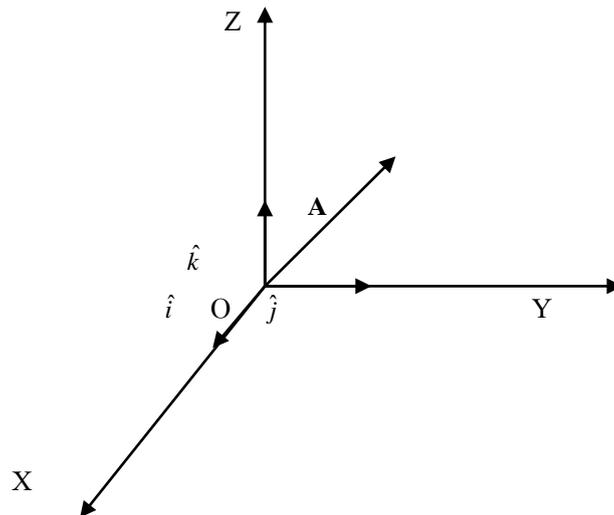
จากคำตอบที่ได้ในข้อ ข. และ ข้อ ค. เราสามารถหาผลลัพธ์ได้โดยใช้พีทาโกรัส และอาศัยฟังก์ชันทางตรีโกณมิติจากสามเหลี่ยมมุมฉากดังรูป จากวิธีคำนวณจะสังเกตเห็นว่าเมื่อเขียนอยู่ในรูปของเวกเตอร์หนึ่งหน่วยทำให้เราสามารถหาผลลัพธ์ได้สะดวกยิ่งขึ้น



$$\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \\ &= \sqrt{(12.7m)^2 + (18.5m)^2} \\ &= 22.4m \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \theta &= \tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right) \\ &= \tan^{-1}\left(\frac{18.5m}{12.7m}\right) \\ &= 55.5^\circ \text{ กับแกน } x \end{aligned}$$

ความที่เราสนใจเวกเตอร์ในสเปซประเภทสามมิติ ถึงจุดนี้เราสามารถที่จะเขียนเวกเตอร์ตัวหนึ่งในเทอมของส่วนประกอบของมันกับเวกเตอร์หน่วยประจำทิศทางในแต่ละแกนอ้างอิง ซึ่งมีสามแกนสำหรับสเปซแบบสามมิติ แกนอ้างอิงเหล่านี้ไม่จำเป็นต้องตั้งฉากกัน แต่ในขั้นตอนนี้เราจะใช้ชนิดที่ตั้งฉากกัน ดังภาพ



ภาพประกอบ XYZO เป็นระบบอ้างอิงแบบคาร์ทีเซียน ชนิดมือขวา (Right - handed Cartesian Coordinate System) มีแกน X ชี้ออกมาจากหน้ากระดาษ และแกน Y กับแกน Z อยู่ในระนาบของกระดาษ (ในรูปนี้ถ้าเราลากแกน Z ชี้อลงล่าง ก็จะได้ระบบมือซ้าย (Left - handed Cartesian Coordinate System)) \hat{i} , \hat{j} , \hat{k} เป็นเวกเตอร์หน่วยชี้ในทิศทาง (ทิศที่ค่าเพิ่มขึ้น) ของแกน X แกน Y และแกน Z ตามลำดับ ส่วนสเกลบนแกน X,Y,Z นั้นมีหน่วยเป็นอะไรก็ได้ ขึ้นอยู่กับหน่วยของเวกเตอร์ที่จะใช้ เช่น หน่วยระยะทาง หน่วยความเร็ว หน่วยโมเมนตัม หน่วยสนามไฟฟ้า หน่วยสนามแม่เหล็ก ฯลฯ และใช้หน่วยต่างกันพร้อมๆ กันเลยก็ได้ ถ้าเวกเตอร์ที่ใช้เป็นปริมาณที่มีหน่วยต่างกัน

ถ้า \mathbf{A} มีหางลูกศรอยู่ที่จุด 0 และหัวลูกศรอยู่ที่พิกัด $x = A_1, y = A_2, z = A_3$ นั่นคือ มีจุดยอดอยู่ที่ตำแหน่ง (A_1, A_2, A_3) เราสามารถแสดงได้ว่า $\mathbf{A} = A_1\hat{i} + A_2\hat{j} + A_3\hat{k}$ และเรียก A_1, A_2, A_3 ว่าส่วนประกอบ (Components) ของ \mathbf{A}

ข้อสังเกต

บางครั้งในการเขียนเวกเตอร์แบบแยกเป็นส่วนประกอบของมันนั้น เราอาจใช้สัญลักษณ์ $\mathbf{A} = (A_1, A_2, A_3)$ ซึ่งในที่นี้คือสัญลักษณ์ (A_1, A_2, A_3) เป็นเวกเตอร์ ไม่ใช่เป็นจุดในระบบอ้างอิง และเมื่อใช้สัญลักษณ์เช่นนี้เราก็จะเขียนเวกเตอร์หน่วยเป็น $\hat{i} = (1, 0, 0)$, $\hat{j} = (0, 1, 0)$, $\hat{k} = (0, 0, 1)$ ดังนั้น

$$(A_1, A_2, A_3) = A_1(1, 0, 0) + A_2(0, 1, 0) + A_3(0, 0, 1)$$

ซึ่งเป็นที่เข้าใจว่าเราได้ใช้คำจำกัดความของการคูณสเกลาร์กับเวกเตอร์ เป็น

$$\beta(A_1, A_2, A_3) = (\beta A_1, \beta A_2, \beta A_3)$$

เมื่อเราเขียนเวกเตอร์ในรูปของส่วนประกอบของมันแล้ว ความเท่ากันของเวกเตอร์ \mathbf{A} กับ \mathbf{B} จะหมายความว่า

$$\mathbf{A} = \mathbf{B} = A_1\hat{i} + A_2\hat{j} + A_3\hat{k} = B_1\hat{i} + B_2\hat{j} + B_3\hat{k}$$

และ $A_1 = B_1, A_2 = B_2, A_3 = B_3$

แต่ถ้ามีเพียงขนาดของเวกเตอร์เท่ากัน หรือ $|\mathbf{A}| = |\mathbf{B}|$ จะหมายความว่า

$$\sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2} = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + B_3^2}$$

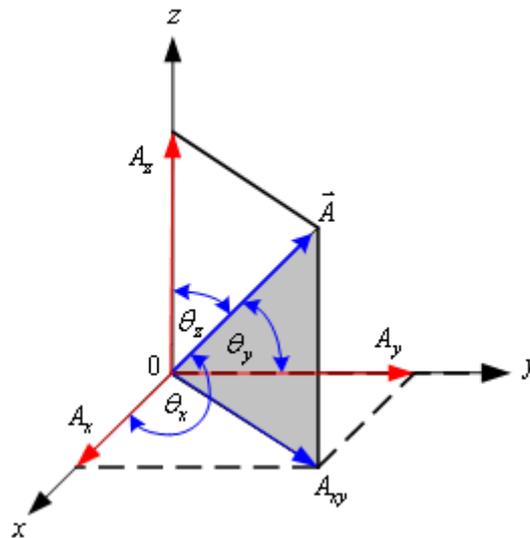
เวกเตอร์หน่วยในทิศของ \mathbf{A} จะเขียนได้เป็น

$$\begin{aligned}\hat{u} &= \frac{A_1\hat{i} + A_2\hat{j} + A_3\hat{k}}{\sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2}} \\ &= (\cos \alpha)\hat{i} + (\cos \beta)\hat{j} + (\cos \gamma)\hat{k}\end{aligned}$$

ซึ่งในที่นี้ α เป็นมุมระหว่าง $A_1\hat{i}$ กับ \mathbf{A} นั่นคือ มุมที่ \mathbf{A} ทำกับทิศบวกของแกน X ส่วน β, γ เป็นมุมที่ \mathbf{A} ทำกับทิศบวกของแกน Y และแกน Z ตามลำดับ

สังเกตด้วยว่า $|\hat{u}|=1$ ซึ่งบ่งบอกว่า $(\cos \alpha)^2 + (\cos \beta)^2 + (\cos \gamma)^2 = 1$

หรือพิจารณาอีกลักษณะได้ ดังนี้



ถ้า \vec{A} อยู่บนระบบพิกัดฉาก $x; y; z$ โดยที่ \vec{A} ทำมุม $\theta_x; \theta_y; \theta_z$ กับแกน $x; y$ และ z ตามลำดับ ดังรูป

ส่วนประกอบของ \vec{A} บนระนาบ xy และ z คือ

$$\begin{aligned}\vec{A} &= \vec{A}_{xy} + \vec{A}_z \\ &= \vec{A}_x + \vec{A}_y + \vec{A}_z\end{aligned}$$

เพราะว่า $\vec{A}_{xy} = \vec{A}_x + \vec{A}_y$

แต่ $A_x = A \cos \theta_x$

$$A_y = A \cos \theta_y$$

$$A_z = A \cos \theta_z$$

ทิศทางของเวกเตอร์ \vec{A} หาได้โดยใช้โคไซน์บอกทิศ (Direction Cosine) โดยที่ $\cos \theta_x = \frac{A_x}{A}$;

$$\cos \theta_y = \frac{A_y}{A} ; \cos \theta_z = \frac{A_z}{A} \text{ เมื่อ}$$

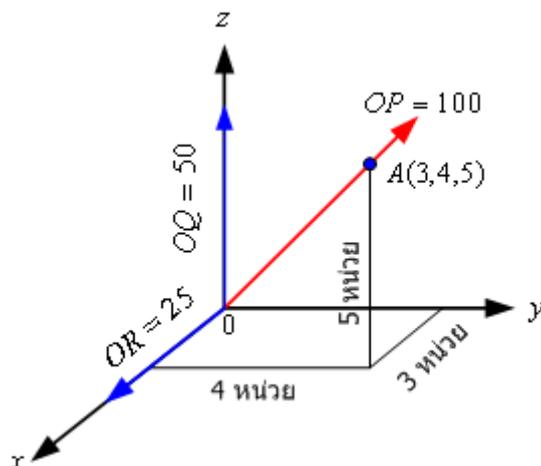
$$\cos^2 \theta_x + \cos^2 \theta_y + \cos^2 \theta_z = \frac{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2}{A^2} = 1$$

ดังนั้นส่วนประกอบของ \vec{A} บนแกน x ; y และ z เขียนใหม่ได้เป็น

$$\begin{aligned}\vec{A} &= A_x\vec{i} + A_y\vec{j} + A_z\vec{k} \\ &= A\cos\theta_x\vec{i} + A\cos\theta_y\vec{j} + A\cos\theta_z\vec{k}\end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 4

จากรูป เวกเตอร์ \vec{OP} มีขนาด 100 หน่วย โดยแนวของเวกเตอร์ \vec{OP} ผ่านจุด $(3,4,5)$ หน่วย เวกเตอร์ \vec{OR} มีขนาด 25 หน่วยบนแกน x และเวกเตอร์ \vec{OQ} มีขนาด 50 หน่วยบนแกน z จงหา $\vec{OP} + \vec{OR} + \vec{OQ}$



วิธีทำ คำนวณโดยใช้ เวกเตอร์หนึ่งหน่วย (Unit Vector)

สมมติให้ A อยู่ที่จุด $(3,4,5)$

$$\begin{aligned}\vec{OA} &= OA\vec{e} \text{ และ} \\ \vec{OP} &= OP\vec{e} \\ \vec{OA} &= (x_2 - x_1)\vec{i} + (y_2 - y_1)\vec{j} + (z_2 - z_1)\vec{k} \\ &= 3\vec{i} + 4\vec{j} + 5\vec{k}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
|\vec{OA}| &= OA \\
&= \sqrt{3^2 + 4^2 + 5^2} \text{ หน่วย} \\
&= \sqrt{50} \text{ หน่วย} \\
\text{แต่} \quad \vec{e} &= \frac{\vec{OA}}{|\vec{OA}|} = \frac{3\vec{i} + 4\vec{j} + 5\vec{k}}{\sqrt{50}} \text{ หน่วย} \\
\text{ดังนั้น} \quad \vec{OP} &= OP\vec{e} \\
&= 100 \left(\frac{3\vec{i} + 4\vec{j} + 5\vec{k}}{\sqrt{50}} \right) \text{ หน่วย} \\
\vec{OR} &= 25\vec{i} \\
\vec{OQ} &= 50\vec{k} \\
\vec{OP} + \vec{OR} + \vec{OQ} &= \left(\frac{300}{\sqrt{50}} + 25 \right) \vec{i} + \left(\frac{400}{\sqrt{50}} \right) \vec{j} + \left(\frac{500}{\sqrt{50}} + 50 \right) \vec{k}
\end{aligned}$$

คำนวณโดยใช้โคไซน์บอกทิศ (Direction Cosine)

$$\begin{aligned}
\vec{OA} &= (x_2 - x_1)\vec{i} + (y_2 - y_1)\vec{j} + (z_2 - z_1)\vec{k} \\
&= 3\vec{i} + 4\vec{j} + 5\vec{k} \\
|\vec{OA}| &= OA \\
&= \sqrt{3^2 + 4^2 + 5^2} \text{ หน่วย} \\
&= \sqrt{50} \text{ หน่วย} \\
\text{เมื่อ} \quad \vec{OA} &= OA \cos \theta_x \vec{i} + OA \cos \theta_y \vec{j} + OA \cos \theta_z \vec{k} \\
\vec{OP} &= OP \cos \theta_x \vec{i} + OP \cos \theta_y \vec{j} + OP \cos \theta_z \vec{k} \\
\text{แต่} \quad \cos \theta_x &= \frac{(OA)_x}{OA} = \frac{3}{\sqrt{50}} \text{ หน่วย} \\
\cos \theta_y &= \frac{(OA)_y}{OA} = \frac{4}{\sqrt{50}} \text{ หน่วย} \\
\cos \theta_z &= \frac{(OA)_z}{OA} = \frac{5}{\sqrt{50}} \text{ หน่วย}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{จากโจทย์} \quad OP &= 100 \text{ หน่วย} \\
\text{ดังนั้น} \quad \vec{OP} &= 100 \left(\frac{3\vec{i} + 4\vec{j} + 5\vec{k}}{\sqrt{50}} \right) \text{ หน่วย}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\vec{OR} &= 25\vec{i} \\ \vec{OQ} &= 50\vec{k} \\ \vec{OP} + \vec{OR} + \vec{OQ} &= \left(\frac{300}{\sqrt{50}} + 25\right)\vec{i} + \left(\frac{400}{\sqrt{50}}\right)\vec{j} + \left(\frac{500}{\sqrt{50}} + 50\right)\vec{k}\end{aligned}$$

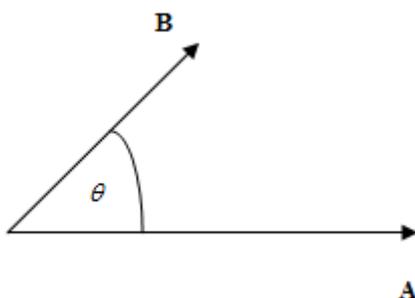
ง. การคูณเวกเตอร์ด้วยเวกเตอร์

เราให้คำจำกัดความสำหรับการคูณเวกเตอร์ด้วยเวกเตอร์ไว้สองแบบ แบบหนึ่งผลคูณออกมาเป็นสเกลาร์ อีกแบบหนึ่งผลคูณออกมาเป็นเวกเตอร์ การให้คำจำกัดความเหล่านี้เกี่ยวข้องกับโดยตรงกับการประยุกต์ทางฟิสิกส์

แบบที่ 1 การคูณที่ให้ผลเป็นสเกลาร์

การคูณแบบนี้ใช้สัญลักษณ์เป็นจุด (\cdot) ซึ่งมีคำจำกัดความ ดังนี้

\mathbf{A} และ \mathbf{B} เป็นเวกเตอร์ซึ่งทำมุมกัน θ โดย $0 \leq \theta \leq 180^\circ$ ดังภาพ



ผลคูณ $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B}$ (อ่านว่า \mathbf{A} dot \mathbf{B}) เป็นปริมาณสเกลาร์ และถูกจำกัดความให้มีค่าเป็น $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = |\mathbf{A}||\mathbf{B}|\cos\theta$ และจากคำจำกัดความแบบนี้เราสามารถแสดงต่อได้ทันทีว่าจะให้ผลตามมา ดังนี้

1. $\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = \mathbf{B} \cdot \mathbf{A}$
2. $\beta\mathbf{A} \cdot \mathbf{B} = \mathbf{B} \cdot \beta\mathbf{A} = \beta(\mathbf{A} \cdot \mathbf{B})$
3. $\mathbf{A} \cdot (\mathbf{B} + \mathbf{C}) = \mathbf{A} \cdot \mathbf{B} + \mathbf{A} \cdot \mathbf{C}$

และเมื่อเราใช้ผลเหล่านี้กับเวกเตอร์หน่วย $\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$ ซึ่งทำมุมกัน 90° จะได้

$$\begin{aligned}\hat{i} \cdot \hat{i} &= 1, & \hat{i} \cdot \hat{j} &= 0, & \hat{i} \cdot \hat{k} &= 0 \\ \hat{j} \cdot \hat{i} &= 0, & \hat{j} \cdot \hat{j} &= 1, & \hat{j} \cdot \hat{k} &= 0\end{aligned}$$

$$\hat{k} \cdot \hat{i} = 0, \quad \hat{k} \cdot \hat{j} = 0, \quad \hat{k} \cdot \hat{k} = 1$$

ให้สังเกต

$$\begin{aligned} \mathbf{A} \cdot \mathbf{B} &= (A_1\hat{i} + A_2\hat{j} + A_3\hat{k}) \cdot (B_1\hat{i} + B_2\hat{j} + B_3\hat{k}) \\ &= A_1B_1 + A_2B_2 + A_3B_3 \\ &= \sum_{i=1}^3 A_iB_i \end{aligned}$$

หรือ

$$\begin{aligned} \mathbf{A} \cdot \mathbf{A} &= (A_1\hat{i} + A_2\hat{j} + A_3\hat{k}) \cdot (A_1\hat{i} + A_2\hat{j} + A_3\hat{k}) \\ &= A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 \end{aligned}$$

บ่งบอกว่า

$$|\mathbf{A}||\mathbf{B}|\cos\theta = A_1B_1 + A_2B_2 + A_3B_3$$

และ

$$|\mathbf{A}| = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2}$$

ดังนั้น

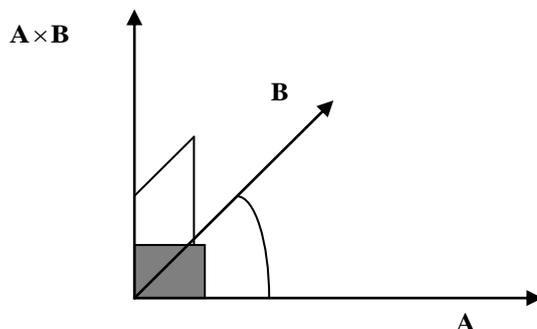
$$\cos\theta = \frac{A_1B_1 + A_2B_2 + A_3B_3}{\sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2} \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + B_3^2}}$$

จะสังเกตได้ว่า ถ้า $A_iB_i = 0$ โดยที่ $A_i \neq 0, B_i \neq 0$ แสดงว่า $\theta = 90^\circ$

แบบที่ 2 การคูณที่ให้ผลเป็นเวกเตอร์

การคูณแบบนี้ใช้สัญลักษณ์เป็นกากบาทแทน ซึ่งมีค่าจำกัดความ ดังนี้

ให้ \mathbf{A} และ \mathbf{B} เป็นเวกเตอร์ซึ่งทำมุมกัน θ และวัดจาก \mathbf{A} ไป \mathbf{B} ในทางที่ $0 \leq \theta \leq 180^\circ$ เขียน $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$ (อ่านว่า \mathbf{A} cross \mathbf{B}) ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นเวกเตอร์อีกตัวที่มีขนาดเท่ากับ $|\mathbf{A}||\mathbf{B}|\sin\theta$ และมีทิศตั้งฉากกับทั้งทิศของ \mathbf{A} และทิศของ \mathbf{B} โดยที่ \mathbf{A} และ \mathbf{B} ประกอบกันกับ $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$ เป็นระบบมือขวา ดังภาพ



ผลที่ตามมาทันทีจากคำจำกัดความนี้ และสามารถพิสูจน์ได้ คือ

1. $\mathbf{B} \times \mathbf{A} = -\mathbf{A} \times \mathbf{B}$
2. $\beta \mathbf{A} \times \mathbf{B} = \mathbf{A} \times \beta \mathbf{B} = \beta (\mathbf{A} \times \mathbf{B})$
3. $\mathbf{A} \times (\mathbf{B} + \mathbf{C}) = \mathbf{A} \times \mathbf{B} + \mathbf{A} \times \mathbf{C}$

ขอให้สังเกตด้วยว่าโดยทั่วไปแล้ว $\mathbf{A} \times (\mathbf{B} \times \mathbf{C}) \neq (\mathbf{A} \times \mathbf{B}) \times \mathbf{C}$ ยกเว้นกรณีที่ $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}$ ต่างก็ตั้งฉากซึ่งกันและกัน และในกรณีนั้นจะได้ผลคูณเป็นเวกเตอร์ศูนย์ $\mathbf{0}$ และเมื่อเราใช้ผลที่ตามมาเหล่านี้กับเวกเตอร์หน่วย $\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$ จะได้

$$\begin{aligned} \hat{i} \times \hat{i} &= \mathbf{0}, & \hat{i} \times \hat{j} &= \hat{k}, & \hat{i} \times \hat{k} &= -\hat{j} \\ \hat{j} \times \hat{i} &= -\hat{k}, & \hat{j} \times \hat{j} &= \mathbf{0}, & \hat{j} \times \hat{k} &= \hat{i} \\ \hat{k} \times \hat{i} &= \hat{j}, & \hat{k} \times \hat{j} &= -\hat{i}, & \hat{k} \times \hat{k} &= \mathbf{0} \end{aligned}$$

ถ้า $\mathbf{A} = (A_1\hat{i} + A_2\hat{j} + A_3\hat{k}), \quad \mathbf{B} = (B_1\hat{i} + B_2\hat{j} + B_3\hat{k})$

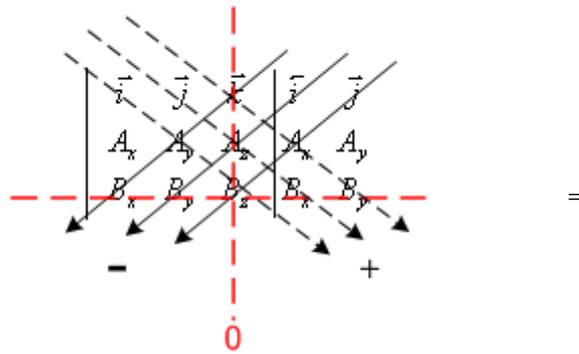
จะได้ $\mathbf{A} \times \mathbf{B} = (A_2B_3 - A_3B_2)\hat{i} + (A_3B_1 - A_1B_3)\hat{j} + (A_1B_2 - A_2B_1)\hat{k}$

เป็นเวกเตอร์ตั้งฉากทั้ง \mathbf{A} และ \mathbf{B} แล้วยังประกอบกันเป็นระบบมือขวาด้วย ที่น่าสังเกตอย่างหนึ่งสำหรับปริมาณทางขวามือในสมการผลคูณ $\mathbf{A} \times \mathbf{B}$ คือมีลักษณะเหมือนการกระจาย ดีเทอร์มิแนนต์ (Determinant) และเราสามารถแสดงได้ว่า

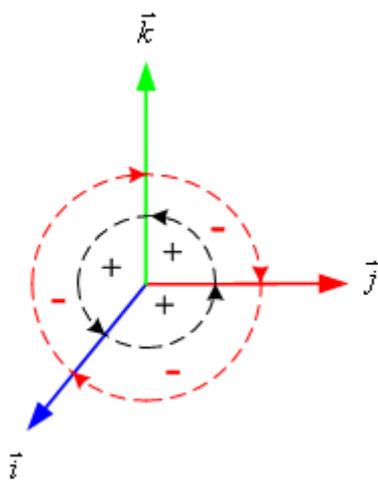
$$\mathbf{A} \times \mathbf{B} = \begin{vmatrix} \hat{i} & \hat{j} & \hat{k} \\ A_1 & A_2 & A_3 \\ B_1 & B_2 & B_3 \end{vmatrix}$$

หรือเขียนในรูปทั่วไปได้ ดังนี้

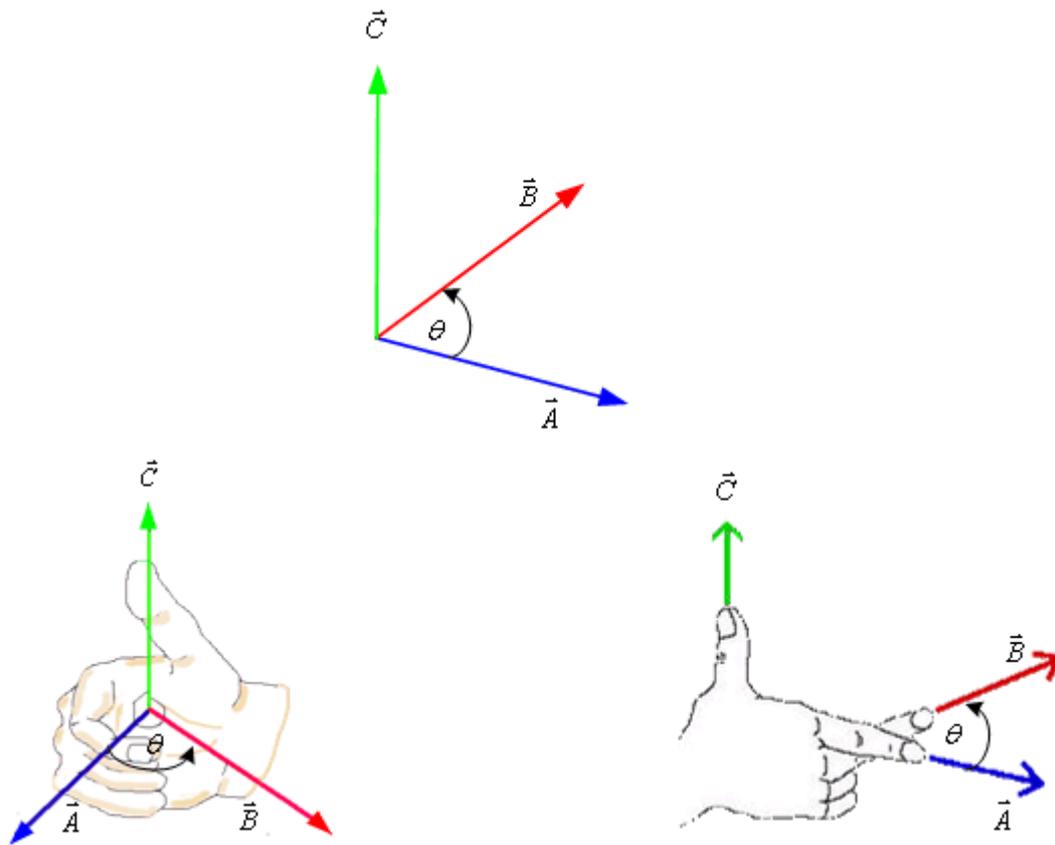
$$\vec{A} \times \vec{B} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} \\ A_x & A_y \\ B_x & B_y \end{vmatrix}$$



การพิจารณาเครื่องหมายผลคูณเวกเตอร์พิจารณาโดยการตั้งแกนแบ่งครึ่งทั้งสองข้างให้เท่ากัน
 ค่าทางซ้ายเครื่องหมายลบ ค่าทางขวาเครื่องหมายบวกตามระบบแกน



หรือการพิจารณาเครื่องหมายผลคูณเวกเตอร์ดังรูป ทิศทวนเข็มนาฬิกาเครื่องหมายบวก ทิศตามเข็มนาฬิกา
 เครื่องหมายลบเมื่อ $\vec{i} \times \vec{j} = \vec{k}$; $\vec{j} \times \vec{k} = \vec{i}$; $\vec{k} \times \vec{i} = \vec{j}$; $\vec{i} \times \vec{k} = -\vec{j}$; $\vec{k} \times \vec{j} = -\vec{i}$; $\vec{j} \times \vec{i} = -\vec{k}$



ตัวอย่างที่ 5

พิจารณาเวกเตอร์ $\vec{A} = 40\vec{i} + 20\vec{j}$ และ $\vec{B} = -30\vec{i} + 10\vec{j}$ จงหา

- ผลคูณสเกลาร์
- ผลคูณเวกเตอร์
- มุมระหว่างเวกเตอร์ทั้งสอง

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 \text{ก.} \quad \vec{A} \cdot \vec{B} &= (40\vec{i} + 20\vec{j}) \cdot (-30\vec{i} + 10\vec{j}) \\
 &= (40)(-30) + (20)(10) \\
 &= -1000
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{ข.} \quad \vec{A} \times \vec{B} &= \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix} \\
&= \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 40 & 20 & 0 \\ -30 & 10 & 0 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ 40 & 20 & 0 \\ -30 & 10 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} \\ 40 & 20 \\ -30 & 10 \end{vmatrix} \\
&= 0\vec{i} + 0\vec{j} + \{(40)(10) - (20)(-30)\}\vec{k} \\
&= 1000\vec{k}
\end{aligned}$$

ผลคูณแบบเวกเตอร์ $\vec{A} \times \vec{B}$ มีขนาด 1000 หน่วย ทิศตามแกน z

$$\begin{aligned}
\text{ค.} \quad \vec{A} \cdot \vec{B} &= AB \cos \theta \\
\theta &= \cos^{-1} \frac{\vec{A} \cdot \vec{B}}{AB} \\
&= \cos^{-1} \frac{\vec{A} \cdot \vec{B}}{\sqrt{A_x^2 + A_y^2} \sqrt{B_x^2 + B_y^2}} \\
&= \cos^{-1} \frac{-1000}{\sqrt{40^2 + 20^2} \sqrt{(-30)^2 + 10^2}} \\
&= 135^\circ
\end{aligned}$$



หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง กลิตศาสตร์สำหรับฟิสิกส์ (ใช้สอนไฟฟ้าและแม่เหล็ก 1)

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง แคลคูลัสเบื้องต้นสำหรับฟิสิกส์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

เวลา 2 ชั่วโมง

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐานการเรียนรู้ ว. 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อข้อมูลและเครื่องมือที่อยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

ว. 8.1 ม. 6/1 ม. 6/13

2. สาระสำคัญ / ความคิดรวบยอด

ตามกฎของโอห์ม ค่าอัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าจะต้องมีค่าคงที่ ถ้าเราต่อวงจรไฟฟ้าวัดค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า จากแอมมิเตอร์ (A) และโวลต์มิเตอร์ (V) เมื่อเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ ค่ากระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลง เมื่อนำมาเขียนกราฟควรที่จะได้กราฟเส้นตรง โดยมีความชันเท่ากับ $\frac{I}{V}$ คงที่ หรือ $\frac{V}{I}$ คงที่ด้วย กราฟดังกล่าวนี้จะเป็นจริงสำหรับเครื่องใช้ที่มีลักษณะเป็นความต้านทานล้วนๆ (Linear Resistance) หรือเรียกว่าความต้านทานแบบลิเนียร์

ในการหาสูตรของโอห์ม จากการทดลองจึงใช้วัดค่ากระแส และความต่างศักย์ไฟฟ้าที่คล่อมความต้านทาน แล้วค่าความชัน เท่ากับ และเท่ากับ $\frac{V}{I}$ จะได้ $V = IR$ โดยที่ $R \propto l$; $R \propto \frac{1}{A}$ เขียนได้ว่า

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

3. ความรู้ที่ต้องมีมาก่อน

กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้า

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ความรู้

- 1.1 บอกความหมายของความต้านทานได้
- 1.2 อธิบายปัจจัยที่มีผลต่อค่าความต้านทานได้

2. ทักษะ / กระบวนการ / กระบวนการคิด

- 2.1 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 2.2 สามารถวัดหาค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าได้
- 2.3 สามารถเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้

3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

- 3.1 มีความสนใจและกระตือรือร้นที่จะเรียน
- 3.2 ให้ความร่วมมือกับครูในการทำกิจกรรม
- 3.3 นักเรียนเข้าเรียนและส่งงานตรงตามเวลา
- 3.4 ใฝ่เรียนรู้
- 3.5 มุ่งมั่นในการทำงาน

5. สาระการเรียนรู้

- ความนำไฟฟ้า
- สภาพความต้านทาน
- ความต้านทาน

6. ภาระงาน / ชิ้นงาน

1. แบบฝึกหัดในใบงานที่ 22 เรื่อง สภาพความต้านทาน ความต้านทานและกฎของโอห์ม
2. ผลการปฏิบัติกิจกรรมตามใบกิจกรรมที่ 22 กฎของโอห์ม

แนวทางการตรวจให้คะแนนผลรายงานกลุ่ม

การอธิบายและทดลองการเกิดกระแสไฟฟ้า

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
1. การรายงานผลการทดลอง	ทำการทดลองอย่างมีประสิทธิภาพ นำเสนอข้อมูลที่ถูกต้องในแบบรายงานการทดลอง	นำเสนอข้อมูลที่ถูกต้องในแบบรายงานการทดลอง	มีความยุ่งยากในการทดลอง นำเสนอข้อมูลในแบบรายงานการทดลองถูกต้องเพียงบางส่วน	ไม่ได้ทำการทดลอง หรือนำเสนอข้อมูลในแบบรายงานการทดลองไม่ถูกต้อง
2. การอธิบายด้วยการเขียนหรือการพูด	การอธิบายชัดเจน กระชับ และใช้ภาษาวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม กระชับ	การอธิบายชัดเจน กระชับ และใช้ภาษาวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมแต่ไม่กระชับ	การอธิบายไม่ชัดเจน ไม่รัดกุม หรือไม่สมบูรณ์	อธิบายไม่เข้าใจ หรือไม่เกี่ยวกับปัญหา

แนวทางการตรวจให้คะแนนผลรายงานกลุ่ม

การอภิปรายหน้าห้องเรียน เรื่อง แหล่งกำเนิดไฟฟ้า

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
การอภิปรายหน้าชั้นเรียน	การอภิปรายชัดเจน ครอบคลุม เนื้อหากระชับ ตอบปัญหาเวลา โคนชกถามได้ดี มาก และใช้ภาษาวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม	การอภิปรายชัดเจน ครอบคลุม เนื้อหากระชับ ตอบปัญหาเวลา โคนชกถามได้ดี และใช้ภาษาวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม	การอภิปรายไม่ชัดเจน ไม่รัดกุม หรือไม่สมบูรณ์	อภิปรายไม่เข้าใจ หรือไม่เกี่ยวกับเนื้อหาที่รับผิดชอบ

แนวทางการตรวจให้คะแนนผลงานรายบุคคล
การอธิบายและทดลองการเกิดกระแสไฟฟ้า

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
1. ความสนใจ	มีความสนใจในกิจกรรมการทดลองเรื่อง การเกิดกระแสไฟฟ้า เป็นอย่างดี	มีความสนใจในกิจกรรมการทดลองเรื่อง การเกิดกระแสไฟฟ้า บ้างเล็กน้อย	ไม่มีความสนใจในกิจกรรมการทดลองเรื่อง การเกิดกระแสไฟฟ้า
2. การแสดงความคิดเห็น	ให้ความร่วมมือในการแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่มดี	ให้ความร่วมมือในการแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่มเป็นส่วนใหญ่	ไม่ค่อยให้ความร่วมมือในการแสดงความคิดเห็นภายในกลุ่ม
3. การตอบคำถาม	มีการตอบคำถามภายในห้องเป็นอย่างดี	มีการตอบคำถามภายในห้องบ้างแต่เล็กน้อย	ไม่ค่อยตอบคำถามภายในห้อง
4. การยอมรับฟังผู้อื่น	ยอมรับฟังผู้อื่นอย่างเต็มใจดี	ยอมรับฟังผู้อื่นบ้างแต่เล็กน้อย	ไม่ค่อยยอมรับฟังผู้อื่นอย่างเต็มใจ
5. ทำงานตามที่ได้รับมอบหมาย	ทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างเต็มกำลังความสามารถและได้ผลงานการปฏิบัติที่มีคุณภาพดี	ทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างเต็มกำลังความสามารถบ้างเป็นบางครั้งและได้ผลงานการปฏิบัติที่มีคุณภาพพอใช้	ทำงานที่ได้รับมอบหมายอย่างไม่เต็มกำลังความสามารถและได้ผลงานการปฏิบัติที่มีคุณภาพต่ำ

แนวทางการตรวจให้คะแนนผลด้านทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

การอธิบายและทดลองการเกิดกระแสไฟฟ้า

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
1. มีการวางแผนร่วมกัน	สมาชิกส่วนใหญ่ได้วางแผนร่วมกันก่อนการทดลองและมีการออกแบบการบันทึกผลที่ได้เหมาะสม	สมาชิกทุกคนในกลุ่มมีการวางแผนร่วมกันก่อนการทดลองและมีการออกแบบการบันทึกผลยังไม่ค่อยเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่ได้วางแผนร่วมกันก่อนการทดลองและการออกแบบการบันทึกผลยังไม่เหมาะสม
2. การแบ่งงานรับผิดชอบ	สมาชิกส่วนใหญ่ได้มีการแบ่งงานรับผิดชอบได้อย่างเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่ได้มีการแบ่งงานรับผิดชอบยังไม่ค่อยเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่ได้มีงานรับผิดชอบไม่เหมาะสม
3. มีการให้ความช่วยเหลือกัน	สมาชิกส่วนใหญ่มีการให้ความช่วยเหลือกันได้อย่างเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่มีการให้ความช่วยเหลือกันยังไม่ค่อยเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่มีการให้ความช่วยเหลือกันยังไม่เหมาะสม
4. การรับฟังความคิดเห็นและแก้ปัญหา	สมาชิกส่วนใหญ่มีการรับฟังความคิดเห็นและแก้ปัญหาร่วมกันได้อย่างเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่มีการรับฟังความคิดเห็นและแก้ปัญหาร่วมกันยังไม่ค่อยเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่มีการรับฟังความคิดเห็นและแก้ปัญหาร่วมกันยังไม่เหมาะสม
5. สามารถให้คำแนะนำกลุ่มอื่นได้	สมาชิกส่วนใหญ่สามารถให้คำแนะนำกลุ่มอื่นได้อย่างเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่สามารถให้คำแนะนำกลุ่มอื่นยังไม่ค่อยเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่สามารถให้คำแนะนำกลุ่มอื่นยังไม่เหมาะสม
6. เลือกใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง	สมาชิกส่วนใหญ่สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ได้ยังไม่ค่อยถูกต้องและเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่สามารถเลือกใช้อุปกรณ์ไม่ถูกต้องและเหมาะสม

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ		
	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
7. ปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดให้	สมาชิกส่วนใหญ่สามารถปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่สามารถปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดให้ไม่ค่อยถูกต้องและเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่สามารถปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดให้ไม่ถูกต้องและเหมาะสม
8. ทำความสะอาดเก็บอุปกรณ์เรียบร้อย	สมาชิกส่วนใหญ่เมื่อทำการทดลองแล้วทำความสะอาดเก็บอุปกรณ์เรียบร้อยและเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่เมื่อทำการทดลองแล้วทำความสะอาดเก็บอุปกรณ์ไม่ค่อยเรียบร้อยและเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่ไม่ทำความสะอาดและเก็บอุปกรณ์ให้เหมาะสม
9. ร่วมกันอภิปรายและสรุปผลงานของกลุ่ม	สมาชิกส่วนใหญ่ร่วมกันอภิปรายและสรุปผลงานของกลุ่มได้อย่างเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่ร่วมกันอภิปรายและสรุปผลงานของกลุ่มไม่ค่อยเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่ไม่ร่วมกันอภิปรายและสรุปผลงาน
10. ร่วมกันปรับปรุงผลงานของกลุ่ม	สมาชิกส่วนใหญ่ร่วมกันปรับปรุงผลงานของกลุ่มได้อย่างเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่ร่วมกันปรับปรุงผลงานของกลุ่มไม่ค่อยเหมาะสม	สมาชิกส่วนใหญ่ไม่ร่วมกันปรับปรุงผลงานของกลุ่ม

แนวทางการตรวจให้คะแนนแบบตรวจผลงานการคิดเชิงปฏิบัติ

การอธิบายและการทดลองการเกิดกระแสไฟฟ้า

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
1. การออกแบบการทดลอง	ออกแบบการทดลองได้อย่างเป็นระบบและมีขั้นตอนเป็นลำดับที่เหมาะสมชัดเจน	ออกแบบการทดลองได้อย่างเป็นระบบแต่มีบางขั้นตอนที่ยังไม่ค่อยเหมาะสม	ออกแบบการทดลองมีขั้นตอนที่เหมาะสมบ้างในบางขั้นตอน	ออกแบบการทดลองไม่เหมาะสม
2. การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์	มีการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ใกล้เคียงตัวอย่างเหมาะสมและใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการทดลอง	มีการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ใกล้เคียงแต่ยังไม่เหมาะสมต่อการใช้ที่จะเกิดประสิทธิภาพในการทดลอง	มีการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ค่อนข้างหายากและวัสดุอุปกรณ์ใช้ยุ่งยากซับซ้อน	มีการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ในท้องถิ่นไม่เหมาะสม
3. การนำเสนอผลการทดลอง	นำเสนอผลการทดลองได้อย่างละเอียดครบถ้วนชัดเจนและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	นำเสนอผลการทดลองได้ค่อนข้างละเอียดแต่ก็ยังไม่ครบถ้วนและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการทดลองเท่าที่ควร	นำเสนอผลการทดลองได้ตรงวัตถุประสงค์เป็นบางส่วนแต่ยังไม่ค่อยชัดเจน	นำเสนอผลการทดลองได้ตรงตามวัตถุประสงค์ค่อนข้างน้อย

ประเด็นการ ประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	4 (ดีมาก)	3 (ดี)	2 (พอใช้)	1 (ปรับปรุง)
4. ประโยชน์การ นำไปใช้	มีประโยชน์อย่าง มากสามารถ นำไปพัฒนาองค์ ความรู้และ ประยุกต์ปฏิบัติ ใช้ในชีวิตจริงได้	มีประโยชน์ ค่อนข้างมากหาก ได้มีการนำเอาไป ใช้เพื่อพัฒนาองค์ ความรู้	มีประโยชน์ ค่อนข้างน้อยหาก มีเพียงเสนอผล การทดลอง เท่านั้น	มีประโยชน์น้อย มาก หากได้ นำมาใช้จริง
5. การสรุป รายงาน	มีการจัดทำสรุป รายงานได้อย่าง ละเอียดครบถ้วน และสอดคล้อง กับวัตถุประสงค์ การทดลองอย่าง ชัดเจน	การจัดทำสรุป รายงานได้ค่อนข้าง ละเอียดและ สอดคล้องกับ วัตถุประสงค์การ ทดลองอย่างชัดเจน	การจัดทำสรุป รายงานได้ไม่ ค่อยละเอียดแต่มี สอดคล้องกับ วัตถุประสงค์การ ทดลอง	การจัดทำสรุป รายงานแต่ไม่มี สอดคล้องกับ วัตถุประสงค์การ ทดลอง

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (10 นาที)

1.1 ครูให้นักเรียนดูสื่อทางอินเทอร์เน็ต เรื่อง ความต้านทานแบบต่างๆ

1.2 ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและทบทวนเรื่องกระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า

1.3 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายว่า เหตุใดโลหะต่างชนิดกันหรือโลหะชนิดเดียวกันแต่ความยาวต่างกันเมื่อวัดค่ากระแสไฟฟ้าแล้วค่ากระแสไฟฟ้าไม่เท่ากัน

(แนวการตอบ...เพราะโลหะแต่ละชนิดยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้มากหรือน้อยต่างกัน และโลหะที่ยาวต่างกันก็ส่งผลหรือยินยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้มากหรือน้อยต่างกัน)

2. ขั้นสำรวจและสืบค้น (Exploration) ดำเนินกิจกรรม ดังต่อไปนี้ (40 นาที)

2.1 ครูแจกใบกิจกรรมที่ 22 เรื่อง กฎของโอห์ม ให้กับนักเรียน

2.2 แบ่งนักเรียนออกเป็น 7 – 8 กลุ่ม กลุ่มละ 4 – 5 คน โดยคละนักเรียนชายและหญิง

2.3 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันศึกษาใบกิจกรรมที่ 22 เรื่อง กฎของโอห์ม และวางแผนการ

ทดลอง

2.4 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมาอธิบายผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

2.5 ครูแจกใบความรู้ที่ 22 โดยครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย ทำความเข้าใจคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการคำนวณหาค่าความต้านทาน

2.6 ครูแจกใบงานที่ 22 เรื่อง สภาพความต้านทาน ความต้านทานและกฎของโอห์ม

2.7 ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลย. ใบงานที่ 22

3. ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (50 นาที)

3.1 ให้นักเรียนแต่ละคนศึกษาใบความรู้ ดังต่อไปนี้

- ใบความรู้ที่ 22 เรื่อง สภาพความต้านทาน ความต้านทานและกฎของโอห์ม

3.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอธิบายผลการทดลองและอภิปรายผลร่วมกัน

3.3 ให้แต่ละกลุ่มได้หมุนเวียนอ่านผลงานของกลุ่มอื่นๆ จนครบทุกกลุ่ม แล้วช่วยกันสรุปว่าการเขียนสรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง เหมือนหรือต่างกับของกลุ่มตัวเองหรือไม่อย่างไร

3.4 นักเรียนแต่ละคนเขียนสรุปการทดลองเรื่องกฎของโอห์มในสมุดบันทึกของตนเอง

3.5 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปและอภิปราย

4. ความรู้ชั้นขยาย (Elaboration) (20 นาที)

4.1 ครูถามนักเรียนว่า จากการที่นักเรียนได้อธิบายและทดลอง เรื่อง กฎของโอห์ม นักเรียนคิดว่าในชีวิตประจำวันของคนเกี่ยวข้องกับ กระแสไฟฟ้า ความต่างศักย์ไฟฟ้าและความต้านทาน อย่างไร แล้วเรานำมาใช้ในชีวิตประจำวันอย่างไร

4.2 ครูร่วมกันอภิปรายกับนักเรียนแล้วสรุปเนื้อหา

5. ชั้นประเมินผล (Evaluation)

5.1 ประเมินจากใบงาน

5.2 ประเมินจากการทดลอง

5.3 ประเมินพฤติกรรมความตั้งใจภายในห้องเรียน

5.4 ประเมินจากรายงานการทดลอง

7. สื่อ / แหล่งการเรียนรู้

1. ใบความรู้ที่ 22 เรื่อง สภาพความต้านทาน ความต้านทานและกฎของโอห์ม

2. ใบงานที่ 22 เรื่อง สภาพความต้านทาน ความต้านทานและกฎของโอห์ม

3. ใบกิจกรรมที่ 22 เรื่อง กฎของโอห์ม
4. ทางอินเทอร์เน็ต
5. หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3

8. บันทึกหลังการสอน

1. การวัดและประเมินผล

การวัดประเมินผล	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความเข้าใจ (K)	- สังเกตการตอบคำถามของนักเรียนภายในห้อง - ตรวจสอบรายงานการทดลองจากกิจกรรมที่ 22 - ตรวจสอบงานที่ 22	- ประเมินพฤติกรรมแบบสังเกตพฤติกรรมรายบุคคล - แบบประเมินผลรายงานกลุ่ม	ทำได้ร้อยละ 70 ขึ้นไป
2. ด้านทักษะกระบวนการ (P)	- สังเกตพฤติกรรมกลุ่มในการร่วมกิจกรรม - สังเกตการทำงานโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	- ประเมินพฤติกรรมแบบสังเกตพฤติกรรมรายบุคคล - แบบประเมินผลงานรายกลุ่ม - แบบประเมินความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ทำได้ร้อยละ 70 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ (A)	- การประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้	- ประเมินพฤติกรรมแบบสังเกตพฤติกรรมรายบุคคล	ทำได้ร้อยละ 80 ขึ้นไป
4. ด้านทักษะการคิดเชิงปฏิบัติ	- ตรวจสอบรายงานการทดลองจากใบกิจกรรมที่ 22	- แบบตรวจสอบผลงานการคิดเชิงปฏิบัติ	ทำได้ร้อยละ 80 ขึ้นไป

แบบตรวจให้คะแนนรายกลุ่ม
การอธิบายทดลอง การเกิดกระแสไฟฟ้า

ที่	ชื่อกลุ่ม	รายงานการประเมิน / ระดับคะแนน								คะแนนรวม	หมายเหตุ
		การรายงานผล การทดลอง				การอธิบายด้วย การเขียนหรือพูด					
		4	3	2	1	4	3	2	1		
1											
2											
3											
4											
5											
6											
7											
8											

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายกิตติศักดิ์ ศรีวงค์ษา)

...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ ให้	4	คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง ให้	3	คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง ให้	2	คะแนน
พฤติกรรมที่ไม่ปฏิบัติ	ให้	1 คะแนน

เกณฑ์การวัดผลประเมินผล (ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป)

ระดับ 4 8 – 7	ดีมาก
ระดับ 3 6 – 5	ดี
ระดับ 2 4 – 3	พอใช้
ระดับ 1 2 – 0	ปรับปรุง

เลข ที่	ชื่อ - สกุล	รายการประเมินระดับคะแนน															คะแนน รวม	หมายเหตุ	
		ความ สนใจ			การ แสดง ความ คิดเห็น			การ ตอบ คำถาม			การ ยอมรับ ฟังผู้อื่น			ทำงาน ตามที่ ได้รับ มอบหมาย					
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
31																			
32																			
33																			
34																			
35																			
36																			
37																			
38																			
39																			

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายกิตติศักดิ์ ศรีวงค์ยา)

...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ	ให้	3	คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง	ให้	2	คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง	ให้	1	คะแนน

เกณฑ์การวัดผลประเมินผล (ผ่านเกณฑ์ในระดับ พอใช้ ขึ้นไป)

ระดับ 3	15 – 11	ดี
ระดับ 2	10 – 6	พอใช้
ระดับ 1	5 – 0	ปรับปรุง

แบบประเมินด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

กลุ่มที่..... ชั้น.....

สมาชิกภายในกลุ่ม 1. 2.
3. 4.
5.

ลำดับที่	รายการพฤติกรรม	คุณภาพการปฏิบัติ		
		3	2	1
1	มีการวางแผนร่วมกัน			
2	การแบ่งงานรับผิดชอบ			
3	มีการให้ความช่วยเหลือกัน			
4	การรับฟังความคิดเห็นและแก้ปัญหาาร่วมกัน			
5	สามารถให้คำแนะนำกลุ่มอื่นได้			
6	เลือกใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้อง			
7	ปฏิบัติตามทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดให้			
8	ทำความสะอาดเก็บอุปกรณ์เรียบร้อย			
9	ร่วมกันอภิปรายและสรุปผลงานของกลุ่ม			
10	ร่วมกันปรับปรุงผลงานของกลุ่ม			

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายกิตติศักดิ์ ศรีวงค์ษา)

...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ	ให้	3	คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง	ให้	2	คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง	ให้	1	คะแนน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
24 – 30	3 = ดี
17 – 23	2 = พอใช้
10 – 16	1 = ปรับปรุง

แบบตรวจผลงานการคิดเชิงปฏิบัติ

ลำดับ	ชื่อกลุ่ม	การออกแบบ การทดลอง (4 คะแนน)	การเลือกใช้ วัสดุ อุปกรณ์ (4 คะแนน)	การนำเสนอ ผลการ ทดลอง (4 คะแนน)	ประโยชน์ การนำเอา ไปใช้ (4 คะแนน)	กราสรูป รายงาน (4 คะแนน)	คะแนนรวม (20 คะแนน)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายกิตติศักดิ์ ศรีวงศ์ษา)

...../...../.....

เกณฑ์การวัดผลประเมินผล (ผ่านเกณฑ์ในระดับดีขึ้นไป)

ระดับ 4 16 – 20

ดีมาก

ระดับ 3 11 – 15

ดี

ระดับ 2 6 – 10

พอใช้

ระดับ 1 5 – 0

ปรับปรุง

2. ปัญหาและอุปสรรค

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ข้อเสนอแนะ/ แนวทางการแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



ใบกิจกรรมที่ 22

เรื่อง กฎของโอห์ม

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์พื้นฐานและเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1
 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม
 ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มกลุ่มละประมาณ 4 – 5 คน แล้วทำการออกแบบการทดลองกฎของโอห์ม แล้วออกมาแนะนำเสนอหน้าห้องเรียนในคาบพร้อมทั้งเขียนรายงานการทดลองส่งในคาบถัดไป โดยมีวิธีการทดลอง ดังนี้

1. ต่วงจรไฟฟ้าเพื่อวัดกระแสไฟฟ้า และความต่างศักย์ไฟฟ้าของลวดนิโครม
2. เพิ่มจำนวนเซลล์ไฟฟ้าจาก 1 เซลล์ เป็น 2 3 และ 4 เซลล์ ตามลำดับ แต่ละครั้งบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้าที่ได้
3. นำค่าที่บันทึกได้ไปเขียนกราฟ โดยให้ความต่างศักย์เป็นแกน x กระแสไฟฟ้าเป็นแกน y

คำถามท้ายการทดลอง

1. เมื่อนักเรียนเพิ่มเซลล์ไฟฟ้าจาก 1 เซลล์ เป็น 2, 3 และ 4 เซลล์ นักเรียนพบว่าค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า มีลักษณะเปลี่ยนแปลงอย่างไร เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

2. กราฟที่ได้จากการทดลองมีลักษณะอย่างไร แปลความหมายได้ว่าอย่างไร

.....

.....

.....

3. นักเรียนจะเขียนความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ เป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้อย่างไร
เพราะอะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....



ใบความรู้ที่ 22

เรื่อง สภาพความต้านทาน ความต้านทานและกฎของโอห์ม

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์พื้นฐานและเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1
 โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม
 ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

Algebra

Algebra is the arithmetic of symbols that represent numbers. Since algebra is not restricted to relationships among specific numbers, it can express more general relationships among quantities whose numerical values need not be known.

The operations of addition, subtraction, multiplication, and division have the same meaning in algebra as in arithmetic. Thus the formula

$$x = \frac{(a+b)c}{d} - e$$

Means that to find the value of x , we must first add a and b , next multiply by c , then divide by d , and finally subtract e .

The rules for multiplying and dividing positive and negative quantities are as follows: If the quantities are both positive or both negative, the result is positive; if one is positive and the other negative, the result is negative. In symbolic form,

$$\begin{aligned} (+a)(+b) &= (-a)(-b) = +ab & (-a)(+b) &= (+a)(-b) = -ab \\ \frac{+a}{+b} &= \frac{-a}{-b} = \frac{+a}{b} & \frac{-a}{+b} &= \frac{+a}{-b} = -\frac{a}{b} \end{aligned}$$

Power of 10

Very small and very large numbers are common in science and engineering and are best expressed with the help of powers of 10. A number in decimal form can be written as a number between 1 and 10 multiplied by a power of 10:

$$843 = 8.43 \times 10^2 \quad 0.00072 = 7.2 \times 10^{-4}$$

To multiply two powers of 10, add their exponents; to divide one power of 10 by another, subtract the exponent of the latter from that of the former:

$$(10^n)(10^m) = 10^{n+m} \quad \frac{10^n}{10^m} = 10^{n-m}$$

Reciprocals follow the pattern

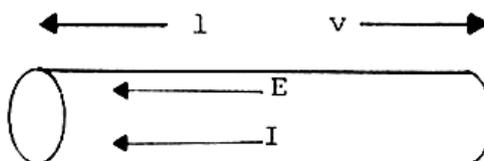
$$\frac{1}{10^n} = 10^{-n}$$

The rules of finding powers and roots of powers of 10 are

$$(10^n)^m = 10^{nm} \quad \sqrt[m]{10^n} = (10^n)^{\frac{1}{m}} = 10^{\frac{n}{m}}$$

สภาพความต้านทาน ความต้านทานและกฎของโอห์ม

จากใบงานที่ผ่านๆ มา นักเรียนสาธิตจะเห็นว่า (ถ้าอ่านมาข้างนะ) ถ้ามีสนามไฟฟ้าในเส้นลวดตัวนำ หรือว่ามีความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายเส้นลวดตัวนำ ก็จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำได้ ดังนั้นค่าของกระแสไฟฟ้าน่าจะเป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับสนามไฟฟ้าที่ใช้



$$I \propto E$$

$$I = KE$$

เมื่อ K แทนค่าคงที่

จากสมมติฐานในเบื้องต้น ปรากฏว่าเมื่อทำการทดลองใช้สนามไฟฟ้าที่เท่ากับลวดตัวนำชนิดต่างๆ พบว่า ค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้มีค่าไม่เท่ากัน นั้นแสดงว่าค่าคงที่จะขึ้นกับชนิดของโลหะตัวนำ นอกจากนี้ยังพบอีกว่าเมื่อให้สนามไฟฟ้าเท่ากับกับเส้นลวดตัวนำชนิดเดียวกันแต่มีพื้นที่หน้าตัดและความยาวของเส้นลวดตัวนำต่างกัน พบว่า ค่าของกระแสไฟฟ้าก็ไม่เท่ากันด้วย

จากผลการทดลองนี้ ทำให้ทราบว่า ค่าของกระแสไฟฟ้าที่ได้จะต้องขึ้นอยู่กับขนาดของสนามไฟฟ้า ขนาดของลวดตัวนำ และชนิดของโลหะด้วย เราจะกำหนดค่าคงที่ของโลหะโดยไม่ขึ้นกับขนาดของโลหะตัวนำเรียกว่าสภาพความต้านทาน (Resistivity เดิมเรียกว่าความต้านทานจำเพาะ) โดยหาได้จากค่าสนามไฟฟ้าที่ใช้ต่อความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ดังนี้

$$\rho = \frac{E}{J} = \frac{E}{\frac{I}{A}} \quad ; E = \frac{V}{\ell}$$

ดังนั้น

$$\rho = \frac{VA}{I\ell}$$

$$I = \frac{V}{\frac{\rho\ell}{A}}$$

จากสมการสุดท้าย เมื่อนำมาวิเคราะห์ จะเห็นว่า กระแสไฟฟ้าที่ผ่านเส้นลวดหนึ่งๆ ซึ่งยาว ℓ มีพื้นที่หน้าตัด A จะแปรผันตามความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายของเส้นลวด และแปรผกผันกับค่าคงที่ของเส้นลวดนี้ จึงเรียกค่าคงที่ของเส้นลวดนี้ว่า ความต้านทาน R โดย

$$R = \frac{\rho\ell}{A}$$

หน่วยของความต้านทานเรียกว่าโอห์ม (Ohm) เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ Ω จากสมการเบื้องต้น เราสามารถหาสภาพความต้านทานได้ ดังนี้

$$\rho = \frac{RA}{\ell}$$

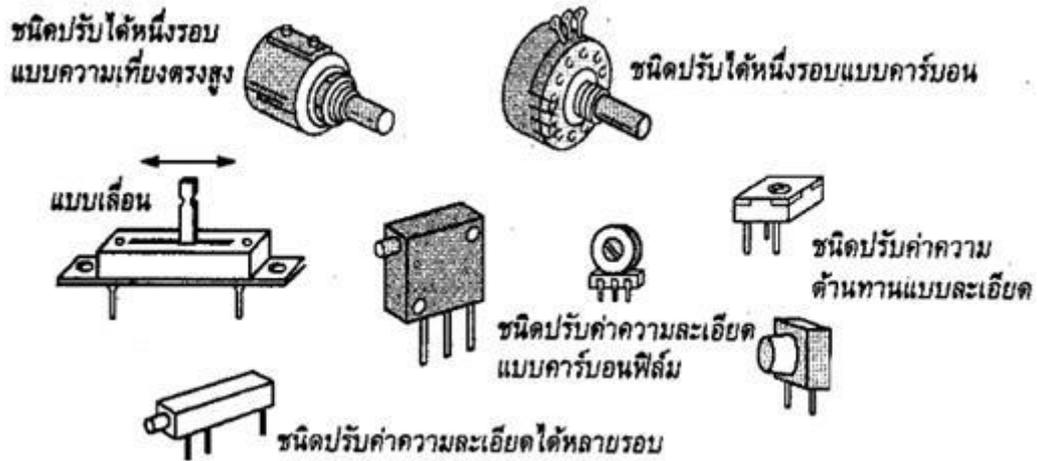
หน่วยของสภาพความต้านทานคือ โอห์มเมตร ค่าสภาพความต้านทานที่อุณหภูมิปกติของวัสดุบางชนิด มีดังนี้

ประเภท	ชนิดของวัสดุ	สภาพความต้านทาน ($\Omega\text{-m}$)
ตัวนำ	เงิน	1.6×10^{-8}
	ทองแดง	1.8×10^{-8}
	อลูมิเนียม	2.7×10^{-8}
	แมงกานีส	4.4×10^{-7}
	นิโครม	9.8×10^{-7}
โลหะกึ่งตัวนำ	แกรไฟท์	1.0×10^{-5}
	เจอร์มาเนียม	5.0×10^{-1}
	ซิลิกอน	2.0×10^3
ฉนวน	แก้ว	$10^{10} - 10^{14}$
	ไมกา	$10^{11} - 10^{15}$
	พลาสติกพีวีซี	$10^{14} - 10^{18}$

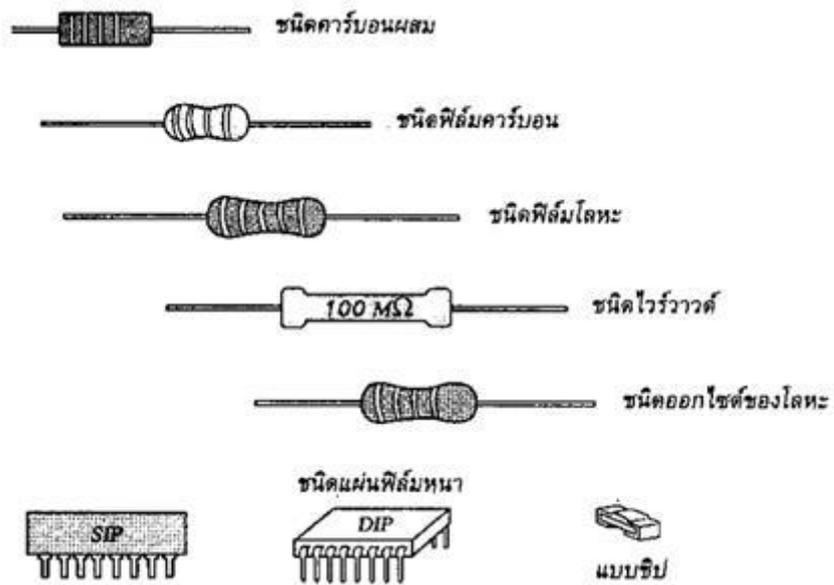
สัญลักษณ์ของความต้านทานที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าเขียนได้ ดังนี้



สัญลักษณ์ดังกล่าวใช้ในทางทฤษฎี ตัวความต้านทานที่ใช้ในทางปฏิบัติมี 2 แบบ คือ แบบขดลวด และแบบผงถ่าน แบบขดลวดมีราคาแพงกว่า และมักจะบอกค่าความต้านทานไว้ที่ความต้านทานเลย บางครั้งอาจทำให้มีขนาดใหญ่โต และมีปุ่มสัมผัสสำหรับปรับค่าความต้านทานได้ เรียกว่า รีโอสตัส (Rheostat)



แบบวงถ่านเป็นแบบที่ใช้กันมากราคาดูก ค่าความต้านทานจะบอกเป็นสัญลักษณ์ในรูปของแถบสีต่างๆ โดยที่สีต่างๆ จะแทนด้วยตัวเลข



การอ่านค่าความต้านทาน ตัวต้านทานทุกชนิดมีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ

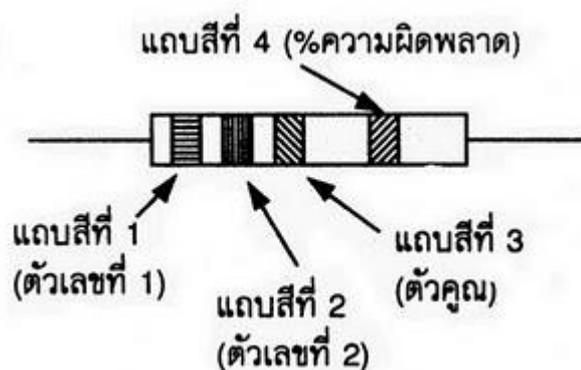
1. ค่าความต้านทาน
2. ค่าความคลาดเคลื่อน
3. อัตราทนกำลังไฟ

ปัจจุบันการอ่านค่าอาจอ่านจากตัวอักษรที่พิมพ์ไว้หรืออ่านจากรหัสสี ซึ่งรหัสสีนี้ส่วนใหญ่จะมีอัตราการทนกำลังไฟต่ำ ซึ่งการอ่านรหัสสีมีหลายแบบ เช่น 4 แถบสี 5 แถบสี และ 6 แถบสี เป็นต้น

ตารางที่ 1 รหัสสีสำหรับอ่านค่าความต้านทานที่มี 4 และ 5 แถบสี

รหัสสี	แถบที่ 1 ตัวเลข	แถบที่ 2 ตัวเลข	แถบที่ 3 ตัวคูณ	แถบที่ 4 ค่าความคลาดเคลื่อน
ดำ	0	0	10^0	-
น้ำตาล	1	1	10^1	$\pm 1\%$
แดง	2	2	10^2	$\pm 2\%$
ส้ม	3	3	10^3	-
เหลือง	4	4	10^4	-
เขียว	5	5	10^5	-
น้ำเงิน	6	6	10^6	-
ม่วง	7	7	10^7	-
เทา	8	8	10^8	-
ขาว	9	9	10^9	-
ทอง	-	-	0.1	$\pm 5\%$
เงิน	-	-	0.01	$\pm 10\%$
ไม่มีสี	-	-	-	$\pm 20\%$

หลักการอ่านค่าความต้านทานแบบรหัส 4 แถบสี



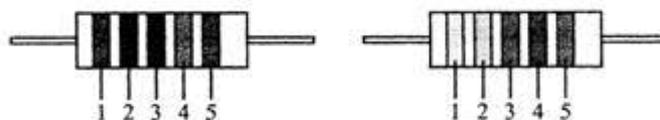
สีแถบที่ 1 แทน ตัวเลขตำแหน่งที่ 1

สีแถบที่ 2 แทน ตัวเลขตำแหน่งที่ 2

สีแถบที่ 3 แทน ตัวเลข 10 ยกกำลังตามสี

สีแถบที่ 4 แทน ค่าผิดพลาด

หลักการอ่านค่าความต้านทานแบบรหัส 5 แถบสี



สีแถบที่ 1 แทน ตัวเลขตำแหน่งที่ 1

สีแถบที่ 2 แทน ตัวเลขตำแหน่งที่ 2

สีแถบที่ 3 แทน ตัวเลขตำแหน่งที่ 3

สีแถบที่ 4 แทน ตัวเลข 10 ยกกำลังตามสี

สีแถบที่ 5 แทน ค่าผิดพลาด

หลักการอ่านค่าความต้านทานแบบรหัส 6 แถบสี



สีแถบที่ 1 แทน ตัวเลขตำแหน่งที่ 1

สีแถบที่ 2 แทน ตัวเลขตำแหน่งที่ 2

สีแถบที่ 3 แทน ตัวเลขตำแหน่งที่ 3

สีแถบที่ 4 แทน ตัวเลข 10 ยกกำลังตามสี

สีแถบที่ 5 แทน ค่าผิดพลาด

สีแถบที่ 6 แทน สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ

ตารางที่ 2 รหัสสีสำหรับอ่านค่าความต้านทานที่มี 6 แถบสี

รหัสสี	ตัวเลข	ค่าความคลาดเคลื่อน	สัมประสิทธิ์อุณหภูมิ
ดำ	0	-	200
น้ำตาล	1	±1%	100
แดง	2	±2%	50
ส้ม	3	-	25
เหลือง	4	-	5
เขียว	5	±0.5%	-
น้ำเงิน	6	±0.25%	-
ม่วง	7	±1.0%	-
เทา	8	±0.05%	-
ขาว	9	-	10
ทอง	-	±5%	-
เงิน	-	±10%	-
ไม่มีสี	-	±20%	-

จากสมการ $I = \frac{V}{\frac{\rho l}{A}}$ และสมการ $R = \frac{\rho l}{A}$ เราสามารถเขียนสมการใหม่ได้ว่า

$$I = \frac{V}{R}$$

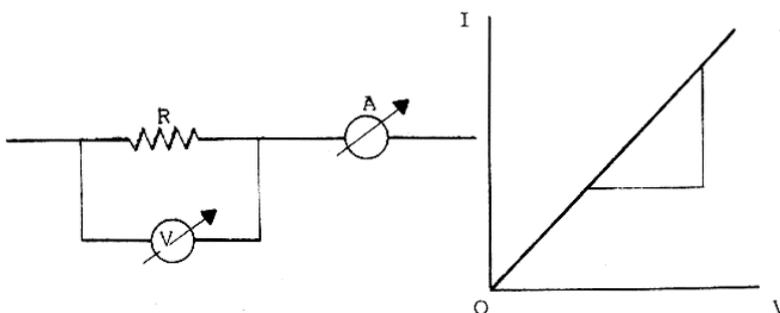
ในสมการเบื้องต้นนี้เรียกว่ากฎของโอห์ม (Ohm's Law)

พิจารณากฎของโอห์มในรูปของความต้านทาน

$$R = \frac{V}{I}$$

จากสมการ แสดงว่าตามกฎของโอห์ม ค่าอัตราส่วนระหว่างความต่างศักย์ไฟฟ้ากับ กระแสไฟฟ้าจะต้องมีค่าคงที่ ถ้าเราต่อวงจรไฟฟ้าวัดค่ากระแสไฟฟ้าและความต่างศักย์ไฟฟ้า จาก แอมมิเตอร์ (A) และโวลต์มิเตอร์ (V) เมื่อเปลี่ยนค่าความต่างศักย์ ค่ากระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลง เมื่อ

นำมาเขียนกราฟควรวที่จะได้กราฟเส้นตรง โดยมีความชันเท่ากับ $\frac{I}{V}$ คงที่ หรือ $\frac{V}{I}$ คงที่ด้วย กราฟดังกล่าวนี้จะเป็นจริงสำหรับเครื่องใช้ที่มีลักษณะเป็นความต้านทานล้วนๆ (Linear Resistance) หรือเรียกว่าความต้านทานแบบลิเนียร์

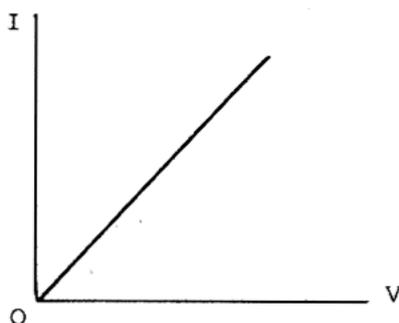


ในการหาสูตรของโอห์ม จากการทดลองจึงใช้วัดค่ากระแส และความต่างศักย์ไฟฟ้าที่คล่อมความต้านทาน แล้วค่าความชัน เท่ากับ และเท่ากับ $\frac{V}{I}$ จะได้ $V = IR$ โดยที่ $R \propto l$; $R \propto \frac{1}{A}$ เขียนได้ว่า

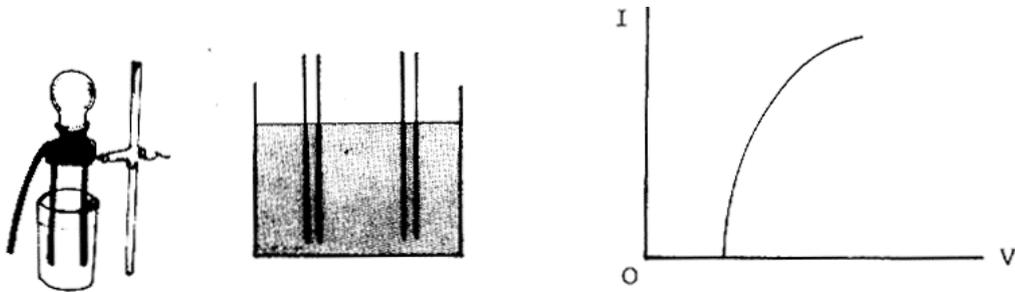
$$R = \rho \frac{l}{A}$$

จากการทดลองวัดค่าความต่างศักย์เปลี่ยนแปลงกับกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามวงจรของเครื่องมือทางไฟฟ้าต่างๆ ปรากฏว่ารูปร่างของกราฟมีลักษณะต่างๆ ดังต่อไปนี้

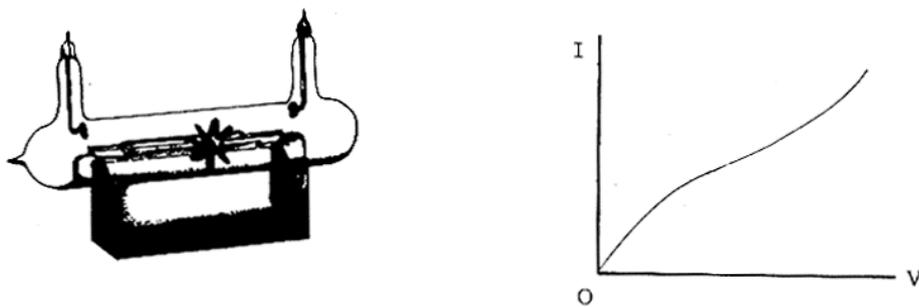
- โลหะต่างๆ ไป อัตราส่วน $\frac{I}{V}$ คงที่ (การเพิ่มกระแสของโลหะ)



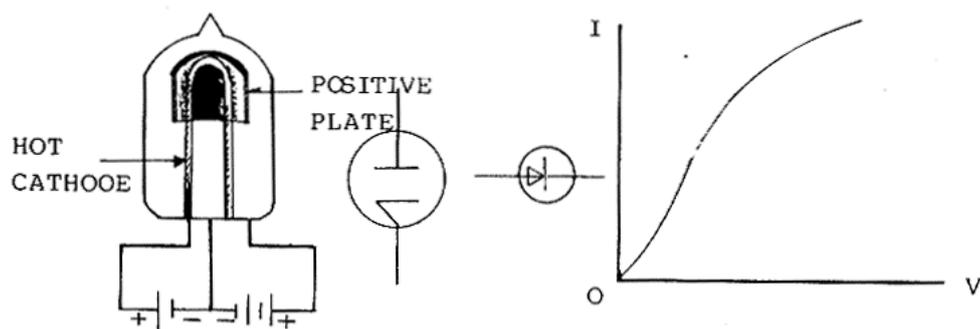
- สารละลายไฟฟ้า (การเพิ่มกระแสของสารละลายไฟฟ้า) อัตราส่วน $\frac{I}{V}$ ไม่คงที่ และ กระแสไฟฟ้าในระยะเริ่มแรกเป็นศูนย์



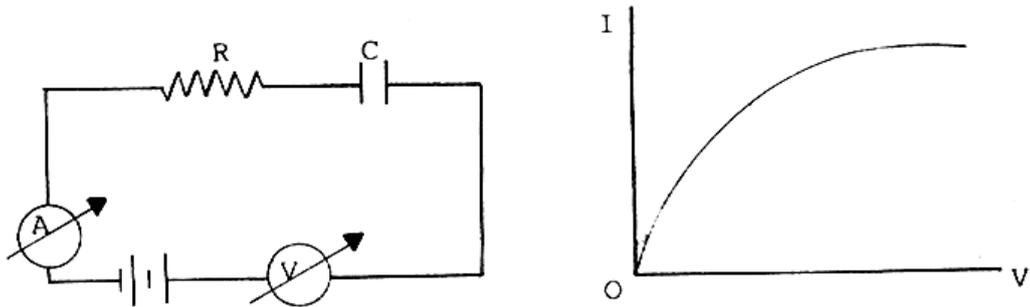
- หลอดบรรจุแก๊ส (การเพิ่มกระแสของหลอดบรรจุแก๊ส)



- หลอดไดโอด (การเพิ่มกระแสของหลอดไดโอด)

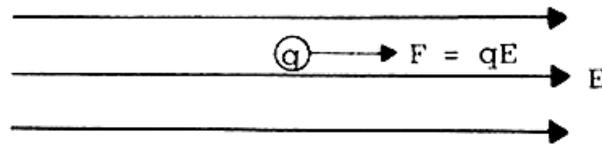


- วงจรความต้านทานกับเครื่องเก็บประจุไฟฟ้า (การเพิ่มกระแสในวงจรเครื่องเก็บประจุ)



จากการทดลอง ผลการทดลองทำให้ทราบว่า กฎของโอห์มจะใช้ได้ดีเฉพาะความต้านทานของโลหะเท่านั้น ส่วนในเครื่องใช้ประเภทอื่นๆ จะต้องมียกเว้นในการใช้หรือใช้กฎของโอห์มไม่ได้เลย สภาพนำไฟฟ้าและความนำไฟฟ้า

การหากฎของโอห์มข้างต้นเราอาจหาได้จากสมการ $I = \frac{Q}{t} = \frac{ne\bar{v}A}{t} = \frac{ne(vt)A}{t} = nevA$ ก็ได้ โดยพิจารณาประจุไฟฟ้า q ที่อยู่ในสนามไฟฟ้า E จะเกิดแรงกระทำ $F = qE$



$$F = qE = ma$$

$$a = \frac{qE}{m} = \frac{eE}{m}$$

อิเล็กตรอนจะมีความเร็ว $v = u + at = 0 + \frac{eE}{m}t$ ดังนั้น

$$I = nevA = ne\left(\frac{eE}{m}t\right)A$$

จาก $E = \frac{V}{d}$ จะได้

$$I = n\left(\frac{e^2V}{md}t\right)A = \left(\frac{ne^2t}{m}\right)\left(\frac{A}{d}\right)V$$

เมื่อ $\left(\frac{ne^2t}{m}\right)$ แทนค่าที่ขึ้นอยู่กับชนิดของลวดตัวนำ
 $\left(\frac{A}{d}\right)$ แทนค่าที่ขึ้นอยู่กับขนาดของลวดตัวนำ
 V แทนค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าขึ้นอยู่กับอำนาจไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าจึงขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด ของตัวนำ และอำนาจไฟฟ้า เขียนได้ว่า

$$I = \delta \left(\frac{A}{d} \right) V$$

เมื่อ δ แทนสภาพนำไฟฟ้า มีหน่วยเป็น $(\Omega \cdot m)^{-1}$ หรือซีเมนส์ต่อเมตร อาจจะเขียนใหม่ได้ คือ

$$I = GV$$

เมื่อ G แทนความนำไฟฟ้า มีหน่วยเป็น $(\Omega)^{-1}$ หรือซีเมนส์ (Siemens) เทียบกับค่าสภาพความต้านทานจะเขียนได้ว่า

$$\delta = \frac{1}{\rho}$$

$$G = \frac{1}{R}$$

ผลที่ได้คือกฎของโอห์ม $I = \frac{V}{R}$



ใบงานที่ 22

เรื่อง สภาพความต้านทาน ความต้านทานและกฎของโอห์ม

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ วิชาฟิสิกส์พื้นฐานและเพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1

โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศิลปากร

นครปฐม

ชื่อ.....นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

1. กระแสไฟฟ้าในวงจรข้อมแปรตามสนามไฟฟ้าหรือความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างปลายเส้นลวดเท่านั้น
ใช่หรือไม่ อธิบาย

.....

.....

.....

2. สภาพต้านทานคืออะไร

.....

.....

.....

3. ความต้านทานคืออะไร มีหน่วยว่าอย่างไร

.....

.....

.....

4. สภาพนำไฟฟ้าคืออะไร เกี่ยวข้องกับความนำไฟฟ้าอย่างไร

.....

.....

.....

5. (สื่บค้นเพิ่มเติมให้คะแนนพิเศษ 2 คะแนน) ถ้าตัวต้านทานไม่ใช่เส้นลวดยาว แต่เป็นรูปสามเหลี่ยมแบบอื่น เช่น เป็นทรงกลมกลวง เราจะหาค่าความต้านทานได้หรือไม่ แสดงวิธีทำอย่างละเอียด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

6. กฎของโอห์มมีใจความว่าอย่างไร สามารถใช้ได้เสมอไปหรือไม่ อธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

7. ลวดเส้นหนึ่ง เมื่อต่อระหว่างความต่างศักย์ 4.0×10^{-3} โวลต์ มีกระแสไหลผ่าน 1.0 มิลลิแอมแปร์ ถ้าต่อระหว่างความต่างศักย์ 1.2 โวลต์ จะมีกระแสผ่านกี่แอมแปร์

.....

.....

.....

.....

.....

8. ลวดโลหะชนิดหนึ่ง มีสภาพต้านทาน 2.0×10^{-8} โอห์ม - เมตร และมีพื้นที่หน้าตัด 1.0 ตารางเซนติเมตร ถ้าต้องการให้ลวดโลหะนี้มีความต้านทาน 1 โอห์ม จะต้องใช้ลวดยาวกี่เมตร

.....

.....

.....

.....

.....

9. ในการทดลองหาค่าสภาพต้านทานของสารแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้ายาว 1 cm และมีพื้นที่หน้าตัด 0.5 ตารางเซนติเมตร ผ่านกระแสไฟฟ้า 1 mA ตามแนวความยาวของสารแล้ววัดค่าความต่างศักย์ระหว่างปลายทั้งสองข้างของสารซึ่งอ่านค่าได้ 10^{-2} โวลต์ จงหาค่าสภาพต้านทานของสาร

.....

.....

.....

.....

.....

10. สายไฟ 2 เส้น ทำจากโลหะชนิดเดียวกัน เส้นที่สองมีพื้นที่หน้าตัดเป็น 6 เท่าของเส้นแรก และมีความยาวเป็น 3 เท่าของเส้นแรก จงหาว่าความต้านทานของเส้นแรกว่ามีค่าเป็นกี่เท่าของเส้นที่สอง

.....

.....

.....

.....

.....

11. ลวดเหล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลางเป็นสองเท่าของลวดทองแดงและมีสภาพต้านทานเป็น 6 เท่าของลวดทองแดง ถ้าต้องการลวดทองแดง และ ลวดเหล็กที่มีความต้านทานเท่ากันจะต้องมีอัตราส่วนของความยาวของลวดทองแดง ต่อลวดเหล็กเท่าใด

.....

.....

.....

.....

.....

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ – ชื่อสกุล	นายกิตติศักดิ์ ศรีวงศ์ษา
วัน เดือน ปีเกิด	10 ธันวาคม 2524
สถานที่เกิด	สกลนคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	96 หมู่ 10 ต.ห้วยขวาง อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2544	มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสกลราชวิทยานุกูล
พ.ศ. 2548	คบ. (สาขาวิชาฟิสิกส์) จากมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
พ.ศ. 2553	กศ.ม. (สาขาวิชาฟิสิกส์) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ