



วิธีดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตร คู่มือครู แบบเรียน คำราและเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิชาฟิสิกส์ เพื่อเป็นแนวทางในการทำตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรม ตลอดจนวิธีการเขียนแบบทดสอบเพื่อวัดผลการเรียนตามแนวทางที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้พัฒนาและแนะนำไว้
2. เขียนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วิชาฟิสิกส์ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายตามเนื้อหาตั้งแต่บทที่ 1 ถึงบทที่ 5 จำนวน 70 ข้อ แบบทดสอบเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกคำตอบ 5 ตัวเลือก แต่ละข้อมีคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยทำตารางวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมตามคู่มือการประเมินผลการเรียนวิชาฟิสิกส์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
3. นำแบบทดสอบฉบับนี้ไปตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ ได้แก่อาจารย์สอนวิทยาศาสตร์ในมหาวิทยาลัย และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 3 ท่าน เพื่อทำการตรวจแก้ไข
4. นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วตามข้อ 3 ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนสมุทรสาครวิทยาลัย จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 83 คน แล้วนำผลการทดลองสอบมาวิเคราะห์หาระดับความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ โดยใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์ 27% บนและล่างของจุงเตฟาน¹ (Chung Teh Fan) แล้วเลือกข้อที่มีระดับความยาก (p) ตั้งแต่ 0.2 ถึง

¹ Chung Teh Fan, Item Analysis Table (New Jersey: Educational Testing Service, Princeton, 1952), pp.1-32.

0.8 และอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ ของโรงเรียนสตรีนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี จำนวน 73 คน เพื่อนำมาใช้เป็นแบบทดสอบฉบับจริงและหาค่าความเที่ยง (Reliability) ของแบบทดสอบฉบับจริง โดยใช้สูตร K-R20 ของคูเคอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson Reliability) คือ¹

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left(1 - \frac{\sum pq}{S.D.^2} \right)$$

เมื่อ r_{tt} แทนสัมประสิทธิ์แห่งความเที่ยงของแบบทดสอบ

n แทนจำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ

p แทนสัดส่วนของนักเรียนที่ตอบถูกในแต่ละข้อ

q แทนสัดส่วนของนักเรียนที่ตอบผิดในแต่ละข้อ

$\sum pq$ แทนผลรวมของผลคูณของสัดส่วนของผู้ที่ตอบถูกและตอบผิด

$S.D.^2$ แทนความแปรปรวนของคะแนนรวมของนักเรียนที่ทำแบบทดสอบทั้งหมด

หาความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด (Standard Error of Measurement) โดยใช้สูตร²

$$SE_{meas} = S.D. \sqrt{1 - r_{tt}}$$

¹ Robert L. Ebel, Measuring Educational Achievement (New Jersey: Prentice-Hall, 1965), pp.318-319.

² Ibid., p.333.

เมื่อ	SE_{meas}	แทนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัดของแบบทดสอบ
	S.D.	แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนที่ได้จากการทดสอบ
	r_{tt}	แทนสัมประสิทธิ์ความเที่ยงของแบบทดสอบ

5. เตรียมแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบที่ วิรัช จาบถนอม¹ พัฒนาขึ้นเป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดการคิดหาเหตุผลแบบนิรนัย แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัย มีทั้งหมด 40 ข้อ แต่ละข้อมี 5 ตัวเลือก และแบบทดสอบที่ คำนิง ภูริปริญา² พัฒนาขึ้น เป็นแบบทดสอบวัดการคิดหาเหตุผลแบบอุปนัย แบบทดสอบฉบับนี้มี 45 ข้อ แต่ละข้อมี 5 ตัวเลือก นำแบบทดสอบทั้งสองฉบับไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนสมุทรสาครวิทยาลัย จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 83 คน แล้วนำผลการทดลองสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อโดยใช้เทคนิควิธีวิเคราะห์ 27% บนและล่างของ จุงเตฟาน³ (Chung Teh Fan) แล้วเลือกข้อที่มีระดับความยาก (p) ตั้งแต่ 0.2 ถึง 0.8 และก่าอำนาจจำแนก (r) ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป นำแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ (แบบนิรนัย และแบบอุปนัย) มาคัดเลือกข้อสอบเหลือฉบับละ 20 ข้อ รวมแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ เป็นแบบทดสอบฉบับเดียวกัน แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนสตรีรัตนบุรี จังหวัดนนทบุรี จำนวน 73 คน เพื่อมาใช้เป็นแบบทดสอบฉบับจริงและหาความเที่ยง (Reliability) ของแบบทดสอบฉบับจริง โดยใช้สูตร

¹วิรัช จาบถนอม, "เปรียบเทียบการคิดหาเหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์และการคิดหาเหตุผลเชิงจริยธรรมของนักเรียนระดับอายุ 13 และ 15 ปี ในกรุงเทพมหานคร และในชนบท," (ปริญญาโทศึกษามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2520).

²คำนิง ภูริปริญา, "พัฒนาการของการคิดเชิงตรรกของเด็กไทยวัยแรกรุ่ง," (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทศึกษามหาบัณฑิต แผนกวิชาจิตวิทยา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2518).

³Chung Teh Fan, Item Analysis Table, pp.1-32.

K-R20 ของคูเคอร์ ริชาร์ดสัน¹ (Kuder-Richardson Reliability)

6. เตรียมแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งเป็นแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 5 ทักษะ แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 30 ข้อ แต่ละข้อมี 5 ตัวเลือก มีค่าความเที่ยง 0.679

7. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ที่แก้ไขแล้วตามข้อ 4 แบบทดสอบวัดความสามารถในการศึกษาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ตามข้อ 5 และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามข้อ 6 ไปทดสอบกลุ่มตัวอย่างประชากรจริง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2524 ของโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา ที่ตั้งอยู่ในเขตการศึกษา 1 ซึ่งมีทั้งหมด 5 จังหวัด คือ นครปฐม สมุทรปราการ สมุทรสาคร นนทบุรี ปทุมธานี โดยสุ่มโรงเรียนจากจังหวัดดังกล่าว จังหวัดละ 1 โรงเรียน โดยวิธีสุ่มอย่างง่าย กล่าวคือตอนแรกสุ่มเลือกโรงเรียนก่อน แล้วสุ่มเลือกนักเรียนในแต่ละโรงเรียนต่อไป รวมตัวอย่างประชากรทั้งสิ้น 192 คน โดยผู้วิจัยได้ไปเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างแยกตามโรงเรียน อำเภอ จังหวัด ดังตารางที่ 1

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹Robert L. Ebel, Measuring Educational Achievement (New Jersey: Prentice-Hall, 1965), pp.318-319.

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างประชากรแยกตามโรงเรียน
อำเภอ และจังหวัด

โรงเรียน	อำเภอ	จังหวัด	จำนวนนักเรียน
ราชินีบุรณะ	เมือง	นครปฐม	40
สตรีสมุทรปราการ	เมือง	สมุทรปราการ	42
กระท่อมแบน "วิเศษสมุทคุณ"	กระท่อมแบน	สมุทรสาคร	35
ปากเกร็ด	ปากเกร็ด	นนทบุรี	35
คณะราษฎร์บำรุง	เมือง	ปทุมธานี	40
รวม			192

8. นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบตามข้อ 7 มาวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

8.1 หากค่าสถิติพื้นฐาน คือ คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และความแปรปรวนของคะแนนจากแบบทดสอบทั้ง 3 ชุด

8.2 หากความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ภายใน (Intercorrelation Coefficient) ระหว่างคะแนนความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ คะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ซึ่งหาที่ละคู่ โดยใช้สูตรของเพียร์สัน¹ (Pearson's Product Moment Correlation Coefficient)

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

¹ George A. Ferguson, Statistical Analysis in Psychology and Education, 3rd ed. (Tokyo, Japan: McGraw-Hill Kogakusha, 1971), p.102.

r_{XY} แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

ΣXY แทน ผลรวมของผลคูณของคะแนน 2 ชุด

ΣX แทน ผลรวมของคะแนนชุดแรก

ΣY แทน ผลรวมของคะแนนชุดหลัง

ΣX^2 แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนชุดแรก

ΣY^2 แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนชุดหลัง

N แทน จำนวนนักเรียน

จากนั้นทดสอบความมีนัยสำคัญของค่า r_{XY} โดยใช้สูตร¹

$$t = \frac{r_{XY} \cdot \sqrt{N-2}}{\sqrt{1 - r_{XY}^2}}$$

r_{XY} แทน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบทั้ง 2 ชุด

N แทน จำนวนนักเรียน

t แทน ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาความมีนัยสำคัญของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

8.3 วิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นตรงพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis)

8.3.1 หากาสหสัมพันธ์พหุคูณ (Multiple Correlation) โดยเอาคะแนนผลสัมฤทธิ์วิชาฟิสิกส์เป็นตัวเกณฑ์ (Y) และเอาคะแนนความสามารถในการศึกษาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ (X_1) และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (X_2) เป็น

¹ Ferguson, Statistical Analysis in Psychology..., pp.169-170.

ตัวพยากรณ์ ใช้สูตร¹

$$R_Y^2(X_1, X_2) = \frac{r_{X_1Y}^2 + r_{X_2Y}^2 - 2r_{X_1Y} \cdot r_{X_2Y} \cdot r_{X_1X_2}}{1 - r_{X_1X_2}^2}$$

$R_Y(X_1, X_2)$ แทนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ
 r_{X_1Y} แทนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของคะแนนความสามารถในการศึกษาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์กับคะแนนผลสัมฤทธิ์วิชาฟิสิกส์
 r_{X_2Y} แทนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับคะแนนผลสัมฤทธิ์วิชาฟิสิกส์
 $r_{X_1X_2}$ แทนค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของคะแนนความสามารถในการศึกษาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์กับคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

8.3.2 หาสมการถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Equation)

ซึ่งเป็นสมการพยากรณ์คะแนนวิชาฟิสิกส์ (ตัวเกณฑ์) โดยใช้คะแนนความสามารถในการศึกษาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นตัวพยากรณ์ ซึ่งสมการในรูปคะแนนคือ²

$$Y_c = a + b_1 X_1 + b_2 X_2$$

Y_c แทนคะแนนวิชาฟิสิกส์ที่พยากรณ์ได้
 a แทนค่าคงที่ในสมการ
 b_1, b_2 แทนสัมประสิทธิ์ตัวพยากรณ์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ตามลำดับ
 X_1, X_2 แทนคะแนนความสามารถในการศึกษาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ และคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามลำดับ

¹ วิเชียร เกตุสิงห์, สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย (กรุงเทพมหานคร: กองวิจัยการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2521), หน้า 60.
² เรื่องเดียวกัน, หน้า 54.

การคำนวณหาค่า a , b_1 และ b_2 สำหรับตัวพยากรณ์
2 ตัว โดยการแก้สมการปกติใช้สูตรดังนี้¹

$$\begin{aligned} Na + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 &= \sum Y \\ a \sum X_1 + b_1 \sum X_1^2 + b_2 \sum X_1 X_2 &= \sum X_1 Y \\ a \sum X_2 + b_1 \sum X_1 X_2 + b_2 \sum X_2^2 &= \sum X_2 Y \end{aligned}$$

เมื่อ N แทนจำนวนนักเรียนทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง

$\sum X_1$ แทนผลรวมของคะแนนตัวพยากรณ์ที่ 1 (การคิดหา
เหตุผลเชิงตรรกศาสตร์)

$\sum X_2$ แทนผลรวมของคะแนนตัวพยากรณ์ที่ 2 (ทักษะกระบวนการ
ทางวิทยาศาสตร์)

$\sum Y$ แทนผลรวมของคะแนนที่เป็นตัวเกณฑ์ (วิชาฟิสิกส์)

$\sum X_1 X_2$ แทนผลรวมของผลคูณของตัวพยากรณ์ที่ 1 กับตัวพยากรณ์
ที่ 2

$\sum X_1 Y$ แทนผลรวมของผลคูณของตัวพยากรณ์ที่ 1 กับตัวเกณฑ์

$\sum X_2 Y$ แทนผลรวมของผลคูณของตัวพยากรณ์ที่ 2 กับตัวเกณฑ์

8.3.3 หาค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์ โดยใช้สูตร²

$$SE_{est} = S.D.Y \sqrt{1 - R^2_{Y(X_1 X_2)}}$$

¹ เรื่องเดียวกัน, หน้า 54 - 55.

² J.P.Guilford, Fundamental Statistics in Psychology and Education 3rd ed. (New York: McGraw-Hill Book Co., 1956), p.393.

เมื่อ SE_{est} แทนความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์

$S.D._Y$ แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวเกณฑ์

$R_Y(X_1, X_2)$ แทนค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ

8.3.4 สร้างสมการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์วิชาฟิสิกส์ในรูปคะแนนมาตรฐาน โดยใช้สูตร¹

$$Z_c = \beta_1 Z_1 + \beta_2 Z_2$$

เมื่อ Z_c แทนคะแนนมาตรฐานของตัวเกณฑ์ที่ได้จากการพยากรณ์

Z_1, Z_2 แทนคะแนนมาตรฐานของตัวพยากรณ์ตัวที่ 1 (ความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์) และตัวที่ 2 (ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์) ตามลำดับ

β_1, β_2 แทนค่าน้ำหนักเบตา (Beta Weight) หรือสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ตามลำดับ ซึ่งหาโดยใช้สูตร²

$$\beta_1 = b_1 \left(\frac{S.D._{X_1}}{S.D._Y} \right), \quad \beta_2 = b_2 \left(\frac{S.D._{X_2}}{S.D._Y} \right)$$

b_1, b_2 แทนสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ตัวที่ 1 และ 2 เมื่อพยากรณ์

ในรูปคะแนนดิบ ตามลำดับ

$S.D._{X_1}, S.D._{X_2}$ แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวพยากรณ์ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

¹ วิเชียร เกตุสิงห์, สถิติวิเคราะห์สำหรับการวิจัย, หน้า 54.

² เรื่องเดียวกัน, หน้า 55.

S.D._Y แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรที่

การทดสอบนัยสำคัญของสมการถดถอยพหุคูณ โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ซึ่งสรุปเป็นตารางดังนี้¹

Source of Variation	df	SS	MS	F
Regression	n	$b_1 \sum X_1 Y + b_2 \sum X_2 Y + \dots + b_n \sum X_n Y + a \sum Y - (\sum Y)^2 / N$	SS_{reg} / df	MS_{reg} / MS_{res}
Residual	N-n-1	$SS_T - SS_{reg}$	SS_{res} / df	
Total	N-1	$\sum Y^2 - (\sum Y)^2 / N$		

เมื่อ n แทนจำนวนตัวพยากรณ์

N แทนจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

F แทนค่าสถิติที่ใช้พิจารณาความมีนัยสำคัญของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

¹James E. Wert, Clark O. Neidt and J. Stanley Ahmann, Statistical Method in Education and Psychological Research (New York: Appleton Century Crofts, Inc., 1954), p.238.