หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

วิธีดำเนินการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียนชายและนักเรียนหญิงที่มีอายุระหว่าง 6 ปี ถึง 13 ปี จำนวน 96 คน ที่เรียนอยู่ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2524 เป็นนักเรียนของโรงเรียนอัสสัมชัญ โรงเรียนอัสสัมชัญศึกษา โรงเรียนกรุงเทพคริสเตียน โรงเรียนเซนต์โยเซฟคอนแวนต์ และโรงเรียนสมถวิลราชดำริ ซึ่งเป็นโรงเรียนเขตกรุงเทพมหานคร และมีความสามารถทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลางตามความเห็นของครูประจำชั้น

การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยเลือกนักเรียนชาย และหญิงจากโรงเรียนดังกล่าวข้างต้นคละกันให้ได้ระดับชั้นละ 24 คน แบ่งเป็นนักเรียนชาย 12 คน และนักเรียนหญิง 12 คน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนกลุ่มตัวอย่างแต่ละกลุ่มแยกตามระดับชั้นเรียนและเพศ

ระดับชั้นเรียน	อายุเฉลี่ย (ปี-เดือน)	จำนวนนักเรียนแบ่งตามเพศ		รวม (คน)
		ชาย	หญิง	
ประถมศึกษาปีที่ 1	6.8	12	12	24
ประถมศึกษาปีที่ 3	8.9	12	12	24
ประถมศึกษาปีที่ 5	10.9	12	12	24
มัธยมศึกษาปีที่ 1	12.9	12	12	24
รวม		48	48	96

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือขึ้นเองเพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้ โดยอาศัยหลักการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้คือ

1. หลักการตกของวัตถุเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกที่กาลิเลโอได้ศึกษาค้นคว้าแล้วว่า "ถ้าปล่อยให้วัตถุตกจากที่สูง ณ ตำแหน่งเดียวกันในเวลาเดียวกัน วัตถุจะตกถึงพื้นในเวลาเดียวกัน" และเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถสังเกตเห็นลักษณะการเคลื่อนที่ของวัตถุได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผู้วิจัยจึงใช้วิธีการปล่อยวัตถุให้เคลื่อนที่ผ่านไปตามรางพื้นเอียงที่มีความเสียดทานน้อยมาก ถ้าต้องการให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน ผู้วิจัยจะปรับความลาดชันของพื้นเอียงให้เท่ากัน และถ้าต้องการให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่างกัน ก็จะปรับความลาดชันของพื้นเอียงให้ต่างกัน (ความลาดชันของพื้นเอียง แปรตามความสูง)

2. หลักการทางฟิสิกส์ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ความเร็ว มโนทัศน์ระยะทาง และมโนทัศน์เวลาในขณะที่วัตถุเคลื่อนที่ดังสมการ

ความเร็ว = ระยะทาง/เวลา

ซึ่งหมายความว่า ความเร็วเป็นสัดส่วนโดยตรงกับระยะทาง แต่เป็นสัดส่วนผกผันกับเวลา หรือระยะทางเป็นส่วนโดยตรงกับความเร็วและเวลา เมื่อกำหนดให้ตัวใดตัวหนึ่งที่เหลือเป็นตัวคงที่ ตัวอย่างเช่น ถ้าให้วัตถุ A มีความเร็วมากกว่าวัตถุ B วัตถุ B จะวิ่งได้ระยะทางมากกว่าวัตถุ ถ้าวัตถุทั้งสองใช้เวลาในการวิ่งเท่ากัน หรือวัตถุ A จะใช้เวลาในการวิ่งน้อยกว่าวัตถุ B ถ้าวิ่งในระยะทางเท่ากัน หรือถ้าพบว่าวัตถุ A วิ่งได้ระยะทางมากกว่าวัตถุ B เมื่อใช้เวลาในการวิ่งเท่ากันย่อมหมายความว่าวัตถุ A ต้องมีความเร็วมากกว่าวัตถุ B เป็นต้น

3. วิธีการทดลองของซีกเลอร์ และริชาร์ด (Siegler and Richard 1979 : 289-290) ซึ่งอาศัยหลักการเบื้องต้นของปิอาเจท์เป็นแนวทาง โดยเขาได้ศึกษาพบว่าเด็กตัดสินปัญหาเกี่ยวกับมโนทัศน์เวลา มโนทัศน์ระยะทาง และมโนทัศน์ความเร็ว โดยมีเกณฑ์ในการตัดสินปัญหา แบ่งเป็น 3 แบบคือ

แบบที่ 1 เด็กจะใช้จุดปลายทางเป็นเกณฑ์ในการตัดสินปัญหามโนทัศน์ ตัวอย่างเช่น เมื่อเขาปล่อยรถไฟ 2 ขบวนเคลื่อนที่ไปตามราง โดยให้รถไฟไปจอดที่ปลายทาง

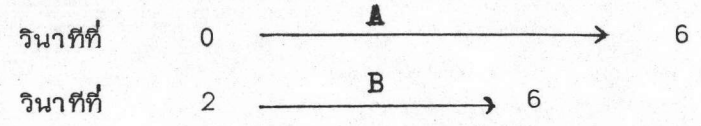
โดยให้รถไฟขบวนหนึ่งจอดอยู่หน้ารถไฟอีกขบวนหนึ่งเด็กจะบอกว่ารถไฟขบวนที่จอดอยู่ข้างหน้าเป็นขบวนที่เคลื่อนที่ได้ระยะทางไกลกว่า เร็วกว่าและใช้เวลานานกว่าอีกขบวนหนึ่ง แต่ถ้ารถไฟทั้ง 2 ขบวนจอดที่ปลายทางในตำแหน่งเดียวกัน เด็กจะบอกว่ารถไฟทั้ง 2 ขบวนเคลื่อนที่ใช้เวลา ความเร็ว หรือระยะทางเท่ากัน เป็นต้น

แบบที่ 2 เด็กจะตัดสินปัญหาโดยใช้เกณฑ์คล้ายกับแบบที่ 1 เมื่อรถไฟทั้ง 2 ขบวนไปถึงจุดปลายทางที่มีตำแหน่งต่างกัน แต่ถ้ารถไฟทั้ง 2 ขบวนไปจอดที่จุดปลายทางที่มีตำแหน่งเดียวกัน เด็กจะตัดสินปัญหาโดยกลับไปพิจารณาจุดเริ่มต้นของรถไฟทั้ง 2 ขบวน โดยเขาจะตัดสินว่ารถไฟขบวนที่มีจุดตั้งต้นไกลกว่า จะเคลื่อนที่ได้ระยะทางไกลกว่า เร็วกว่าและใช้เวลานานมากกว่า เป็นต้น

แบบที่ 3 เด็กจะตัดสินปัญหาโดยไม่คำนึงถึงเกณฑ์ที่ตายตัว อย่างแบบที่ 1 และ 2 แต่เขาจะใช้เกณฑ์ต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ในการตัดสินปัญหา ซึ่งทำให้เขาสามารถตัดสินปัญหามโนทัศน์ความเร็ว มโนทัศน์ระยะทาง และมโนทัศน์เวลาได้ถูกต้อง ตัวอย่างเช่น เด็กอาจจะอาศัยระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ทั้งหมดช่วยในการตัดสินปัญหามโนทัศน์เวลา เป็นต้น

จากการศึกษาดังกล่าวนี้ ซิกเลอร์ และ ริชาร์ด จึงได้ออกแบบวิธีการทดลองซึ่งเป็นเรื่องเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของรถไฟ 2 ขบวน บนรางที่ขนานกันโดยนำมาสัมพันธ์กับเวลา ความเร็ว ระยะทาง จุดปลายทาง เวลาหยุด จุดเริ่มต้น และเวลาเริ่มต้น เพื่อให้เด็กตัดสินปัญหามโนทัศน์ความเร็ว มโนทัศน์ระยะทาง และมโนทัศน์เวลา ตัวอย่างเช่น

การทดลองที่ 1 เขากำหนดให้รถไฟ B มีความเร็วมากกว่ารถไฟ A (ไม่ต้องบอกเด็ก) จากนั้นปล่อยรถไฟ A และรถไฟ B ให้ออกจากจุดเริ่มต้นที่อยู่ในตำแหน่งเดียวกัน โดยปล่อยรถไฟ A ออกก่อนรถไฟ B 2 วินาที และหยุดในเวลาพร้อมกันโดยให้รถไฟ A ไปหยุดอยู่ข้างหน้ารถไฟ B จากนั้นก็จะถามปัญหาเกี่ยวกับมโนทัศน์ความเร็ว มโนทัศน์ระยะทาง และมโนทัศน์เวลา ดังรูป



เขาคาดว่าเด็กในแบบที่ 1 และ 2 จะสามารถตอบปัญหามโนทัศน์เวลา มโนทัศน์ระยะทางได้ถูกต้อง แต่จะตอบปัญหามโนทัศน์ความเร็วไม่ถูกเพราะเด็กทั้ง 2 แบบจะ

I15231665

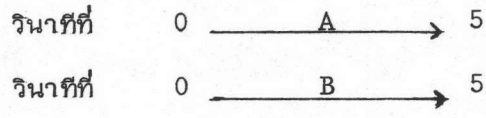
ใช้เกณฑ์การตัดสินโดยพิจารณาที่จุดปลายทางที่วัตถุไปจอด และจุดเริ่มต้น แต่เด็กในแบบที่ 3 จะสามารถตอบปัญหามโนทัศน์ทั้ง 3 ด้านได้ถูกต้อง เพราะเด็กในแบบที่ 3 ไม่ได้ยึดติดที่เกณฑ์ใดเกณฑ์หนึ่งในการแก้ปัญหา เขาจะใช้เกณฑ์ต่าง ๆ ที่เป็นไปได้ในการแก้ปัญหา

ดังนั้นผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือสำหรับใช้ในการวิจัยครั้งนี้ซึ่งประกอบด้วย รางไม้เอียงพื้นเรียบจำนวน 3 ราง แต่ละรางมีความกว้าง 2.5 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร จำนวน 2 ราง และยาว 150 เซนติเมตร จำนวน 1 ราง และลูกแก้วกลมผิวเกลี้ยงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางยาว 1.5 เซนติเมตร จำนวน 2 ลูก

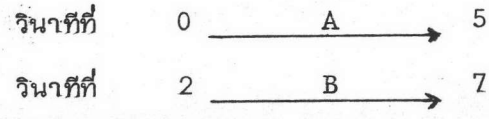
หลักในการทดลองในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น

1. ปล่อยให้ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน มีระยะทางในการเคลื่อนที่และใช้ระยะเวลาในการเคลื่อนที่เท่ากัน โดยแบ่งออกเป็น 4 การทดลองดังนี้คือ

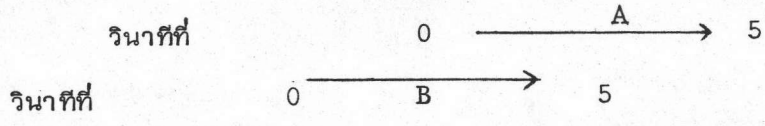
1.1 ให้รางทั้ง 2 มีตำแหน่งเริ่มต้นและปลายทางอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน เวลาปล่อยและเวลาที่ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกเคลื่อนที่ไปถึงปลายทางเป็นเวลาเดียวกัน



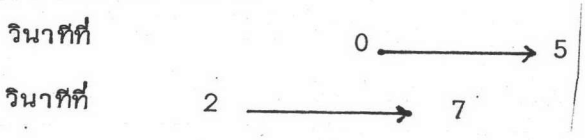
1.2 ให้รางทั้ง 2 มีตำแหน่งเริ่มต้นและปลายทางอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน เวลาปล่อยและเวลาที่ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกเคลื่อนที่ไปถึงปลายทางเป็นเวลาต่างกัน



1.3 จัดให้รางทั้ง 2 มีตำแหน่งเริ่มต้นและปลายทางอยู่ในตำแหน่งที่ต่างกัน เวลาปล่อยและเวลาที่ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกเคลื่อนที่ไปถึงปลายทางเป็นเวลาเดียวกัน

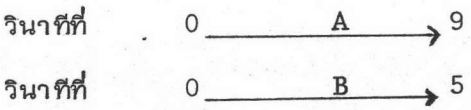


1.4 จัดให้รางทั้ง 2 มีตำแหน่งเริ่มต้นและปลายทางอยู่ในตำแหน่งที่ต่างกัน เวลาปล่อยและเวลาที่ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกเคลื่อนที่ไปถึงปลายทางเป็นเวลาต่างกัน

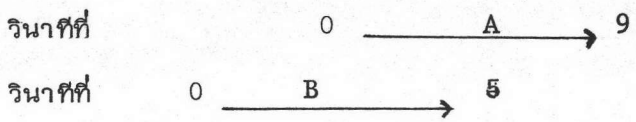


2. ปล่อยให้ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่างกัน ใช้ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ต่างกัน แต่วิ่งได้ระยะทางเท่ากันโดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลองดังนี้คือ

2.1 จัดให้รางทั้ง 2 มีตำแหน่งเริ่มต้นและปลายทางอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน เวลาปล่อยลูกแก้วจะปล่อยออกในเวลาเดียวกัน แต่ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกจะเคลื่อนที่ไปถึงปลายทางในเวลาต่างกัน

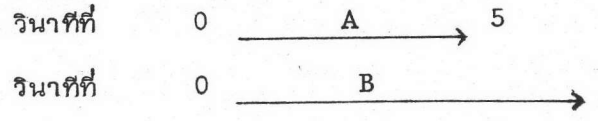


2.2 จัดให้รางทั้ง 2 มีตำแหน่งเริ่มต้นและปลายทางอยู่ในตำแหน่งที่ต่างกัน เวลาปล่อยลูกแก้วจะปล่อยออกในเวลาเดียวกัน แต่ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกจะเคลื่อนที่ไปถึงปลายทางในเวลาที่ต่างกัน

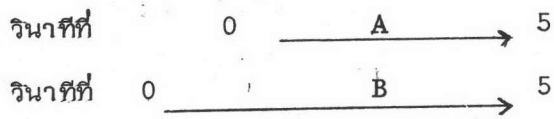


3. ปล่อยให้ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วต่างกัน มีระยะทางในการเคลื่อนที่ต่างกัน แต่ใช้ระยะเวลาในการเคลื่อนที่เท่ากันโดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้คือ

3.1 จัดให้รางทั้ง 2 มีตำแหน่งเริ่มต้นอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ตำแหน่งปลายทางต่างกัน เวลาปล่อย และเวลาที่ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกเคลื่อนที่ไปถึงปลายทางเป็นเวลาเดียวกัน

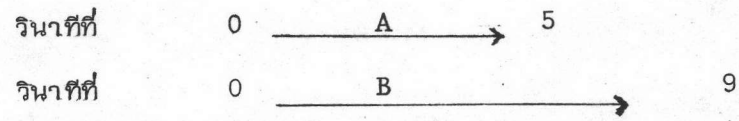


3.2 จัดให้รางทั้ง 2 มีตำแหน่งเริ่มต้นต่างกัน ตำแหน่งปลายทางอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน เวลาปล่อย และเวลาที่ลูกแก้วเคลื่อนที่ไปถึงปลายทางเป็นเวลาเดียวกัน

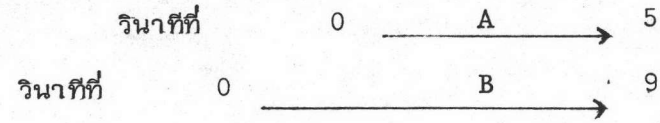


4. ปล่อยให้ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเท่ากัน มีระยะทางในการเคลื่อนที่ต่างกัน และใช้ระยะเวลาในการเคลื่อนที่ต่างกัน โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ดังนี้คือ

4.1 จัดให้รางทั้ง 2 มีตำแหน่งเริ่มต้นอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน ตำแหน่งปลายทางต่างกัน เวลาปล่อยลูกแก้วจะปล่อยออกในเวลาเดียวกัน แต่ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกจะเคลื่อนที่ไปถึงปลายทางในเวลาที่ต่างกัน



4.2 จัดให้รางทั้ง 2 มีตำแหน่งเริ่มต้นต่างกัน ตำแหน่งปลายทางอยู่ในตำแหน่งเดียวกัน เวลาปล่อยลูกแก้วจะปล่อยออกในเวลาเดียวกัน แต่ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกจะเคลื่อนที่ไปถึงปลายทางในเวลาที่ต่างกัน



ลักษณะคำถามที่ใช้ในการวิจัย เป็นดังนี้คือ

1. ปัญหามิโนทัศน์ความเร็ว มีวิธีการดังนี้คือ

ผู้วิจัย "ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกวิ่งด้วยความเร็วเป็นอย่างไรกัน"
(ถ้าเด็กไม่เข้าใจจะถามว่า)
"ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกวิ่งด้วยความเร็วเท่ากันหรือไม่เท่ากัน"

นักเรียน "....." ถ้าเป็นคำตอบที่ไม่เท่ากัน จะต้องถามว่า

ผู้วิจัย "ลูกแก้วลูกไหนวิ่งเร็วกว่า"

นักเรียน "....."

ผู้วิจัย "ทราบได้อย่างไร" ถ้าเหตุผลถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ต้องถามว่า "มีเหตุผลอื่น ๆ อีกไหม"

2. ปัญหามโนทัศน์ระยะทาง มีวิธีการดังนี้คือ

ผู้วิจัย "ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกวิ่งได้ระยะทางเป็นอย่างไรกัน"
(ถ้าเด็กไม่เข้าใจจะถามว่า)
"ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกวิ่งได้ระยะทางเท่ากันหรือไม่เท่ากัน"

นักเรียน "....." ถ้าเป็นคำตอบที่ไม่เท่ากันจะต้องถามว่า

ผู้วิจัย "ลูกแก้วลูกไหนวิ่งได้ระยะทางมากกว่า"

นักเรียน "....."

ผู้วิจัย "ทราบได้อย่างไร" ถ้าเหตุผลถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์จะต้องถามว่า
"มีเหตุผลอื่นอีกไหม"

3. ปัญหามโนทัศน์เวลา มีวิธีการดังนี้คือ

ผู้วิจัย "ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกใช้เวลาในการวิ่งเป็นอย่างไรกัน"
(ถ้าเด็กไม่เข้าใจจะถามว่า)
"ลูกแก้วทั้ง 2 ลูกใช้เวลาในการวิ่งเท่ากันหรือไม่เท่ากัน"

นักเรียน "....." ถ้าเป็นคำตอบที่ไม่เท่ากันจะต้องถามว่า

ผู้วิจัย "ลูกแก้วลูกไหนใช้เวลาในการวิ่งมากกว่า"

นักเรียน "ทราบได้อย่างไร" ถ้าเหตุผลถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์จะต้องถามว่า
"มีเหตุผลอื่นอีกไหม"

เกณฑ์การตรวจให้คะแนน

ถ้าตัดสินปัญหาถูก ให้เหตุผลถูกให้ 1 คะแนน

ถ้าตัดสินปัญหาผิด ให้เหตุผลถูกให้ 0 คะแนน

ถ้าตัดสินปัญหาผิด ให้เหตุผลผิดให้ 0 คะแนน

ถ้าตัดสินปัญหาถูก ให้เหตุผลผิดให้ 0 คะแนน

หลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์เหตุผล

เนื่องจากในการตรวจคำตอบของการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะพิจารณาเหตุผลที่เด็กให้ประกอบคำตอบด้วย ถ้าสมเหตุสมผลจึงจะถือว่านักเรียนเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทางและเวลาจริง ๆ แต่เนื่องจากลักษณะเหตุผลของนักเรียนที่ตอบมานั้นขึ้นอยู่กับความสามารถในการรับรู้และความจำเกี่ยวกับข้อมูลของการทดลองแต่ละครั้ง และยังขึ้นอยู่กับความสามารถในการคิดและใช้ภาษาในการสื่อสารของนักเรียนอีกด้วย ดังนั้นในส่วนที่เป็นเหตุผลนี้จึงประกอบด้วยตัวแปรที่เกี่ยวข้องหลายตัว แต่เนื่องจากในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการศึกษาเฉพาะประเภทของการรับรู้ข้อมูลที่มีผลต่อการให้เหตุผลในการตัดสินปัญหามโนทัศน์แต่ละด้านของเด็ก ดังนั้นผู้วิจัยจึงแบ่งประเภทการรับรู้เป็น 2 ลักษณะ ซึ่งเหตุผลที่นักเรียนตอบมานั้นจะจัดอยู่ในการรับรู้แบบใด ดังตัวอย่างต่อไปนี้คือ

1. การรับรู้แบบมุ่งเข้าสู่ศูนย์กลาง (Centration) เด็กจะให้เหตุผลโดยอาศัยข้อมูลที่เขาเห็นได้ชัดเจนเพียงด้านเดียว แต่เหตุผลที่เขาให้อาจไม่ถูก ผู้วิจัยจะถามคำถามแนะเพื่อให้นักเรียนให้เหตุผลเพิ่มเติม ถ้าสมเหตุสมผลและสอดคล้องกับเหตุผลเดิมจึงจะแสดงว่านักเรียนผู้นั้นเข้าใจมโนทัศน์ด้านนั้น แต่ที่ยังไม่สามารถจะให้เหตุผลได้ถูกต้องชัดเจนในครั้งแรกเพราะการรับรู้แบบมุ่งเข้าสู่ศูนย์กลาง (Centration) มีผลต่อการให้เหตุผลของเขาอยู่มากนั่นเอง

2. การรับรู้แบบกระจายออกจากศูนย์กลาง (Decentration) เด็กจะให้เหตุผลโดยอาศัยข้อมูลมากกว่าด้านเดียวขึ้นไป เพราะเขาสามารถกระจายการรับรู้ได้ดีขึ้น จึงทำให้เหตุผลของเขาชัดเจนถูกต้องขึ้น

ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างการให้เหตุผลโดยอาศัยการรับรู้แบบเพ่งเข้าสู่ศูนย์กลาง และแบบกระจายออกจากศูนย์กลางของนักเรียนในการตอบปัญหามโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทางและเวลา

ประเภทมโนทัศน์	คำตัดสินปัญหา	ลักษณะของเหตุผลตามแบบการรับรู้	
		เพ่งเข้าสู่ศูนย์กลาง (Centration)	กระจายออกจากศูนย์กลาง (Decentration)
ความเร็ว	เท่ากัน	รางสูงเท่ากัน รางเอียงเท่ากัน ถึงปลายทางพร้อมกัน (ออกพร้อมกัน รางยาวเท่ากัน) รางยาวเท่ากัน (ออกและถึงพร้อม ๆ กัน)	วิ่งมาเสมอกันไปตลอดทาง รางยาวเท่ากัน เวลาออกและถึงปลายทางพร้อม ๆ กัน รางสูงเท่ากัน เวลาออกและถึงปลายทางพร้อมกัน รางยาวและสูงเท่ากัน รางยาวเท่ากันถ้าปล่อยพร้อมกันจะถึงปลายทางพร้อมกัน
	B วิ่งเร็วกว่าA	B ถึงปลายทางก่อน A (ออกพร้อมกัน รางยาวเท่ากัน) รางB สูงกว่า A รางB เอียงมากกว่า A	เวลาวิ่งB วิ่งอยู่หน้าA ตลอด รางB เอียงมากกว่า A ออกพร้อมกันแต่B ถึงปลายทางก่อน A รางยาวเท่ากันB ถึงปลายทางก่อน A (ออกพร้อมกัน) ปล่อยพร้อม ๆ กัน รางยาวเท่ากันแต่B ถึงปลายทางก่อน A รางB ยาวกว่าแต่ไปถึงปลายทางพร้อมกัน (ออกพร้อมกัน)

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ประเภทมโนทัศน์	คำตัดสินปัญหา	ลักษณะของเหตุผลตามแบบการรับรู้	
		มุ่งเข้าสู่ศูนย์กลาง (Centration)	กระจายออกจากศูนย์กลาง (Decentration)
ระยะทาง	เท่ากัน	ตำแหน่งปลายทางเท่ากัน (ตำแหน่งเริ่มต้นเท่ากัน) วิ่งเร็วเท่ากัน (ออกและถึงปลายทางพร้อมกัน) ถึงปลายทางพร้อมกัน (ออกพร้อมกันรางยาวเท่ากัน)	ตำแหน่งปลายทางและเริ่มต้นเท่ากัน เดิมรางยาวเท่ากัน หรือไม่มีความยาวเท่ากัน เวลาออกและถึงพร้อมกัน (รางสูงเท่ากัน) ออกพร้อมกัน รางสูงเท่ากัน (ถึงพร้อมกัน รางยาวเท่ากัน)
	B เคลื่อนที่ได้ระยะทางไกลมากกว่า A	ตำแหน่งปลายทางของ B ยาวกว่า A (ตำแหน่งเริ่มต้นเท่ากัน) ตำแหน่งเริ่มต้นของ B ยาวกว่า A (ตำแหน่งปลายทางเท่ากัน)	ราง B ยาวกว่าราง A ตั้งแต่ตำแหน่งเริ่มต้นถึงปลายทาง ราง B ยาวกว่า A ตำแหน่งปลายทางของ B ยาวกว่า Aแต่ตำแหน่งเริ่มต้นเท่ากัน Bวิ่งเร็วกว่า A แต่ปล่อยพร้อมกันและถึงพร้อมกัน ความเร็วเท่ากัน ออกพร้อม ๆ กันแต่ B ถึงปลายทางหลัง A ตำแหน่งปลายทางเท่ากัน แต่ตำแหน่งเริ่มต้นของ B ยาวกว่า A ราง B ยาวกว่า A ถึงปลายทางช้ากว่า A ปล่อย A และ B พร้อมกัน

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ประเภทมโนทัศน์	คำตัดสินปัญหา	ลักษณะของเหตุผลตามแบบการรับรู้	
		มุ่งเข้าสู่ศูนย์กลาง (Centration)	กระจายออกจากศูนย์กลาง (Decentration)
เวลา	เท่ากัน	วิ่งเร็วเท่ากัน (ออกและถึงปลายทางพร้อมกัน) ปล่อยพร้อมกัน (ถึงปลายทางพร้อมกัน) รางยาวเท่ากัน (ออกและถึงปลายทางพร้อมกัน) ถึงปลายทางพร้อมกัน (ออกพร้อมกัน) รางสูงเท่ากัน (รางยาวเท่ากัน) รางสูงเท่ากัน (ออกและถึงปลายทางพร้อมกัน) ถึงปลายทางก่อน 2 วินาที (ออกก่อน 2 วินาที	รางยาวเท่ากัน วิ่งพร้อม ๆ กัน เวลาออกและถึงปลายทางพร้อมกัน รางยาวเท่ากันถึงปลายทางพร้อมกัน (ออกพร้อมกัน) รางยาวเท่ากัน สูงเท่ากัน รางสูงเท่ากัน ปล่อยพร้อมกัน (ถึงพร้อมกัน) วิ่งเล่มอกัน (ออกและถึงปลายทางพร้อม ๆ กัน) ปล่อย A ก่อนB A ถึงปลายทางก่อนB เพราะรางยาวเท่ากันวิ่งเร็วกว่ากัน A ออกก่อนB 2 วินาที ถึงปลายทางก่อนB 2 วินาที ถึงพร้อมกันออกพร้อมกัน ถึงพร้อมกัน ทางเท่ากัน (ออกพร้อมกัน) ถ้าปล่อย A และ B พร้อมกัน จะต้องถึงปลายทางพร้อมกัน มันวิ่งไปพร้อม ๆ กัน ถึงปลายทางพร้อมกัน (ออกพร้อมกัน)

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ประเภทมโนทัศน์	คำตัดสินปัญหา	ลักษณะของเหตุผลตามแบบการรับรู้	
		มุ่งเข้าสู่ศูนย์กลาง (Centration)	กระจายออกจากศูนย์กลาง (Decentration)
	A ใช้ระยะเวลาในการเคลื่อนที่มากกว่า B	A ถึงปลายทางหลัง B (ปล่อยพร้อมกัน) ราง B สูงกว่าA(รางยาวเท่ากัน) ราง A ชันน้อยกว่า B (A วิ่งช้ากว่า B ทางเท่ากันหรือถึงหลัง B ออกพร้อมกัน) ราง A เตี้ยกว่า B (ออกพร้อมกัน A ถึงหลัง B ราง B ยาวกว่า A (วิ่งเร็วเท่ากันออกพร้อมกัน Bถึงปลายทางหลัง A หรือ A ถึงปลายทางก่อน B) B ถึงปลายทางหลัง A (ออกพร้อมกัน) ราง A สั้นกว่า B (A ถึงปลายทางก่อน B ออกพร้อมกันหรือราง A และ B สูงเท่ากัน)	A ถึงช้ากว่า B Aเตี้ยกว่า B (ปล่อยพร้อมกัน) B ถึงก่อน A ปล่อยพร้อมกัน รางยาวเท่ากัน B วิ่งเร็วกว่า A รางยาวเท่ากัน ปล่อยพร้อมกัน B วิ่งอยู่หน้า A ถึงปลายทางก่อน A ความเร็วเท่ากัน ราง B ยาวกว่า A Bไปถึงปลายทางหลัง A (ออกพร้อมกัน) B ถึงปลายทางหลัง A ปล่อยพร้อมกัน ราง B ยาวกว่า A A และ B วิ่งเร็วเท่ากัน ปล่อยพร้อมกัน A ถึงปลายทางก่อน B ปล่อยพร้อมกัน วิ่งเสมอกันมาแต่ A ถึงปลายทางก่อน B

วิธีเก็บรวบรวมข้อมูล

1. เก็บข้อมูลเป็นรายบุคคลภายในห้องทดลองที่ไม่มีสิ่งรบกวนจากภายนอก

2. นักเรียนแต่ละคนได้รับการทดลองทั้ง 10 แบบ และต้องตอบปัญหามโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทาง และเวลาทุกการทดลอง โดยผู้วิจัยเป็นผู้จดบันทึกข้อมูลด้วยตนเองแบบคำต่อคำ การทดลองแต่ละครั้งจะไม่จำกัดเวลา และจะให้นักเรียนหยุดพักสมองทุก ๆ 2 การทดลองซึ่งพบว่าใช้เวลาในการทดลองโดยเฉลี่ยคนละประมาณ 30-45 นาที

3. ผู้วิจัยดำเนินการทดลองโดยจะสลับลำดับที่การทดลองเรียงตามลำดับเรื่อยไป ซึ่งทำให้ทุกการทดลองมีโอกาสถูกนำมาทดลองก่อนหรือหลังเท่า ๆ กัน

วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

1. แจกแจงความถี่และหาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่สามารถตอบปัญหามโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทาง และเวลา ถูกต้องทั้ง 10 การทดลอง จำแนกตามระดับชั้นเรียน จากนั้นใช้เกณฑ์ของปีอาเจท์ในการตัดสินว่านักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์แต่ละด้านเมื่ออยู่ในระดับการศึกษาใด อายุเฉลี่ยประมาณเท่าใด โดยพิจารณาจากจำนวนนักเรียนที่สามารถตอบปัญหามโนทัศน์ด้านนั้น ๆ ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 75 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด (Piget, Cited by Elkind 1961 : 551)

2. นำผลการทดลองของนักเรียนแต่ละคนที่ทำการทดลองครบทั้ง 10 แบบมาตรวจให้คะแนนโดยแบ่งเป็นคะแนนมโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทาง และเวลา ซึ่งจะมีคะแนนเต็ม 10 คะแนนเท่ากันทุกมโนทัศน์ จากนั้นหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนมโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทาง และเวลา จำแนกตามเพศและระดับชั้นเรียน และถ้านักเรียนในระดับการศึกษาใดที่สามารถทำคะแนนมโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทาง และเวลาถึงร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม ก็ถือได้ว่าเข้ามีความเข้าใจมโนทัศน์ด้านนั้น

3. วิเคราะห์ความแปรปรวน 3 ทาง แบบวัดซ้ำ (Three-factor Experiment with repeated measure (Case II) ของคะแนนมโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทาง และเวลา ของนักเรียนโดยมีเพศระดับชั้นเรียน และประเภทมโนทัศน์เป็นตัวแปรอิสระ จากนั้นวิเคราะห์ผลการทดสอบของปฏิสัมพันธ์ระหว่างคะแนนมโนทัศน์แต่ละคู่ (Test of Simple main effects) (Weiner 1971 : 559-567)

4. หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากผลคูณของคะแนนแบบเพียร์สัน (Pearson's product moment correlation coefficient) ระหว่างคะแนนมโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทาง และเวลา ของนักเรียนทีละคู่จำแนกตามระดับการศึกษา (ประคอง กรรณสูต 2520 : 106-111)

5. แจกแจงความถี่และหาค่าร้อยละของจำนวนนักเรียนที่ให้เหตุผลประกอบการตัดสินปัญหามโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทาง และเวลา จำแนกตามลำดับที่วิธีการทดลอง และประเภทของการรับรู้ข้อมูล และหาค่าเฉลี่ย จำนวนร้อยละของการให้เหตุผลประกอบการตัดสินปัญหามโนทัศน์เกี่ยวกับความเร็ว ระยะทาง และเวลา ของวิธีการทดลองทั้ง 10 แบบตามประเภทของการรับรู้ข้อมูลจำแนกตามระดับชั้นเรียน