

153.23

๘๖๔๘๗

๘.๓

การศึกษาลักษณะพฤติกรรมการเรียนรู้ใหม่ติในวิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิส ของนักเรียน

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ในโรงเรียน

มัธยมศึกษาสังกัดกรมสามัญศึกษาในกรุงเทพมหานคร ที่มี

ความสามารถทางสติปัญญาตามทฤษฎีของ

เพียเจต์แตกต่างกัน

๒๒ S.A. 2537

ปริญญานิพนธ์

ของ

ชูชาติ จิตต์ประเสริฐ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา

มกราคม 2537

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

192006

คณะกรรมการควบคุมและคณะกรรมการสอบได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้ว
เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

คณะกรรมการควบคุม

.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย์)

.....กรรมการ

(อาจารย์มาลินี นิ่มเสมอ)

คณะกรรมการสอบ

.....ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรพงษ์ เจริญพิทย์)

.....กรรมการ

(อาจารย์มาลินี นิ่มเสมอ)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาคร ผลกล้วย)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(ดร.ศิริยุภา พูลสุวรรณ)

วันที่ 13 เดือน สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๔

ประกาศขอบคุณ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์ อาจารย์มาลินี นิเมเสมอ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุคร ผลกล้วย ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำ และตรวจสอบ แก้ไข ปรับปรุงในการทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ให้มี ความสมบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณา และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์สมจิต สมิตพันธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทรา พรหมบุญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมจิต สวธนไพฑูรย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุติมา วัฒนะศิริ อาจารย์นันทิยา บุญเคลือบ อาจารย์รัชนี วุฒิกักดี อาจารย์ณรงค์ พ่วงศรี อาจารย์สุวัฒน์ คล่องดี อาจารย์พงษ์ชัย ศรีพันธ์ และอาจารย์บุณตรง เรืองวิญญูเวช ที่ได้ให้ความกรุณา ช่วยเหลือในการสร้างและแก้ไขปรับปรุงเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณอาจารย์สมหมาย วัฒนะศิริ อาจารย์ทัสนี วงศ์ยืน อาจารย์ชานาญ แสงแก้ว อาจารย์ชัยยศ เอี่ยมแสง อาจารย์สำราญ ปิ่นทอง อาจารย์ประสิทธิ์ อุ่นอนันต์ อาจารย์กนิษฐา อุ่นอนันต์ รวมทั้งคณะอาจารย์ พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคนที่มีส่วน ให้ความช่วยเหลือ ให้ความเมตตา ให้ขวัญกำลังใจสนับสนุนในการศึกษาวิจัยทุกประการ

ขอขอบคุณอาจารย์ทิพาพร จิตต์ประเสริฐ ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งกำลังใจ กำลังกาย และกำลังสติปัญญา

คุณค่าและประโยชน์ในด้านต่าง ๆ ที่เกิดจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่อง บูชาพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ชูชาติ จิตต์ประเสริฐ

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	5
ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	5
ขอบเขตของการวิจัย	6
นิยามศัพท์เฉพาะ	7
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	10
ทฤษฎีและหลักการโดยทั่วไปเกี่ยวกับมโนคติ	10
ความหมายของมโนคติ	10
ความสำคัญของมโนคติทางวิทยาศาสตร์	13
ลำดับความยากง่ายของมโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิส	15
กระบวนการเรียนรู้มโนคติ	16
ลำดับขั้นการเรียนรู้มโนคติ	18
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์กับการเรียนการสอน	23
ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์	25
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์	28
สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า	33
3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	34
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	42

5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	55
	ความมุ่งหมายของการศึกษา	55
	สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า	55
	วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า	55
15	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	57
	การอภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า	58
67	ข้อเสนอแนะ	64
	บรรณานุกรม	66
	ภาคผนวก	75
	ประวัติย่อของผู้วิจัย	117

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

1	แสดงผลการจัดลำดับความยากง่ายของมโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิส โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยในการทำแบบทดสอบของนักเรียน ...	45
2	แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางสติปัญญากับ ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้มโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิส โดยจำแนกเป็นรายมโนคติและโดยคะแนนรวม	47
3	แสดงผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้มโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิสของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน	49
4	แสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ด้านมโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิส	80
5	แสดงค่า p , q และ pq ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านมโนคติในวิชา ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การออสโมซิส	81
6	แสดงค่า p , q และ pq ของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีเหตุผล	83

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1 แสดงความสำคัญของมโนคติ	14
--------------------------------	----

ภูมิหลัง

เป็นที่ยอมรับกันทั่วไปว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ นั้น ได้มีการศึกษาค้นคว้า และเจริญก้าวหน้าอย่างรวดเร็วโดยไม่หยุดยั้ง ดังที่เรนนอร์ กล่าวไว้ว่า ความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและจะเพิ่มเป็นสองเท่าในทุก ๆ 10 ปี และปัจจุบันได้เพิ่ม เป็น 64 เท่า ของความรู้ ในปี ค.ศ. 1900 และเป็นที่คาดหวังว่า ในปี ค.ศ. 2000 ความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเพิ่มเป็น 2000 เท่า ของความรู้ในปัจจุบัน (Renner. 1968 : 67) ดังนั้น จึงเป็นการยากมากที่จะสอนให้นักเรียนได้เรียนรู้และจดจำรายละเอียดของความรู้ทาง วิทยาศาสตร์นั้นได้ทั้งหมด ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ครูจึงควรสอนให้ นักเรียนได้เนื้อหาสาระที่เป็นแก่นของความรู้ เน้นที่มโนคติ (Concept) ของเรื่องที่เรียนนั้น เป็นสำคัญ ดังที่สมจิต สวอนไพบูลย์ กล่าวไว้ว่า การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นให้ ผู้เรียนเกิดมโนคติ (Concept) จะช่วย ให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างกว้างขวางและรวดเร็วถึง แก่นของความรู้ เพราะเป็นพื้นฐาน ของความคิดรวม ทั้งเป็นการให้นักเรียนได้เรียนรู้ ได้ทันต่อ ความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอีกด้วย (สมจิต สวอนไพบูลย์ 2526 : 59 - 60)

การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นมโนคตินั้นเป็นการสอนคนมากกว่าสอนหนังสือ ดังนั้นใน การสอนนักเรียนให้เกิดมโนคติในวิชาที่เรียนจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง แนวความคิดดังกล่าวนี้ สอดคล้องกับแนวความคิดของ บาร์นาร์ด ที่ว่า การสอนให้นักเรียนเกิดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ (Science Concept) จะช่วยพัฒนากระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลและเป็นพื้นฐานสำหรับศึกษา หาความรู้อื่น ๆ ต่อไป (Baernard. 1971 : 133)

อาจกล่าวโดยสรุปได้ว่า ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนควรมุ่งเน้นให้นักเรียน เกิดมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้เพราะมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมที่เกิดจาก การสังเกต ทดลอง และฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ มีเหตุผลต่อเนื่องกัน และทำให้เกิดมโนภาพ ในความคิด

อย่างไรก็ตามเท่าที่ปรากฏอยู่การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันครูผู้สอนยังเน้นเนื้อหาความรู้ที่เป็นรายละเอียดมากเกินไป จนขาดการเน้นกระบวนการ และมโนคติ (Concept) ทางวิทยาศาสตร์ อันเป็นผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ต่ำกว่าที่ควร ดังรายงานการวิจัยของ น้ำทิพย์ ถุกซ์ห่วย (2523 : 14) ที่ศึกษาผลสัมฤทธิ์ในการเรียนเรื่องความคิดรวบยอด เรื่องพันธะเคมี ตามแนว สสวท. ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเขตการศึกษา 7 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนมโนคติของนักเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ เบญจวรรณ กองศิริ (2523 : 49 - 50) ที่ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในจังหวัดสระบุรีแล้วพบว่า ต่ำกว่าเกณฑ์ที่คาดหวัง

ในส่วนของวิชาชีววิทยา ฐิติมา สุภักษิณศรี (2531 : 36) ได้ศึกษาเกี่ยวกับมโนคติที่คลาดเคลื่อน (Misconception) ในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 254 คน จำนวน 4 บทเรียน คือ การลำเลียงสารเข้าออกจากเซลล์ (ออสโมซิส) การสร้างอาหารของพืช การสืบพันธุ์ และการถ่ายทอดทางกรรมพันธุ์ พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (Misconception) ในเรื่องดังกล่าว คิดเป็นร้อยละ 80.6, 42.5, 64.4 และ 67.6 ตามลำดับ

การที่นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องออสโมซิสสูงถึงร้อยละ 80.6 นั้น ผู้วิจัยเรื่องดังกล่าวได้ตั้งข้อสังเกตไว้ว่า เนื้อหาของบทเรียนในเรื่องนี้ค่อนข้างเป็นนามธรรม ซึ่งนักเรียนจะเรียนเข้าใจยากกว่าเรื่องที่เป็นรูปธรรม ในขณะที่เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายส่วนใหญ่เป็นนามธรรม ข้อสังเกตดังกล่าวสอดคล้องกับข้อสรุปของ เซมินสกา ที่ได้ระบุไว้ว่า มีความสัมพันธ์กันระหว่างความสามารถในการรับรู้เนื้อหาวิชา (Possibility of Assimilating School Information) กับวุฒิภาวะทางระดับความคิดของผู้เรียน (Cognitive Maturity) และยังเห็นว่า ผู้เรียนจะเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถ้ามีการปรับโครงสร้างการรับรู้ (Conceptual Structure) ให้สอดคล้องกับความยากง่ายของของเนื้อหาวิชา (Complexity of the Subject Matter) (Szeminska. 1965 : 57) นอกจากนี้ เพียร์ธ ยังได้เสนอแนะให้จัดหลักสูตรการศึกษาระดับต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับพัฒนาการ

ทางความคิดของผู้เรียน ตามทฤษฎีของเพียเจต์ เช่น สำหรับผู้เรียนที่มีพัฒนาการทางความคิดในระดับรูปธรรม ก็ควรจัดหลักสูตรที่เน้นกิจกรรมเป็นรูปธรรม กล่าวคือจับต้องมองเห็นได้ ต่อเมื่อผู้เรียนมีพัฒนาการทางความคิดสูงขึ้น จึงควรจัดหลักสูตรให้มีความซับซ้อนขึ้นตามลำดับ (Furth. 1970 : 189)

สำหรับนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีรายงานการวิจัยหลายชิ้นที่ระบุว่า มีนักเรียนที่มีระดับพัฒนาการทางสติปัญญา ตามทฤษฎีของเพียเจต์ แตกต่างกันแต่เรียนอยู่ในระดับชั้นเดียวกัน เช่น นอร์คแลนด์ ลอว์สัน และคาสี ได้ศึกษาพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในสหรัฐอเมริกาที่มีพัฒนาการทางสติปัญญา อยู่ในระดับก่อนปฏิบัติการ ปฏิบัติการรูปธรรมตอนต้น ปฏิบัติการรูปธรรมสมบูรณ์ ปฏิบัติการนามธรรมตอนต้น และปฏิบัติการนามธรรมสมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 1.0, 16.8, 69.0, 13.1 และ 0.1 ตามลำดับ (Nordland, Lawson and Kahle. 1974 : 569 - 575) ลอว์สัน ศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนสายวิชาชีววิทยา มีพัฒนาการทางความคิดในระดับรูปธรรมร้อยละ 64.8 ระดับนามธรรมร้อยละ 35.2 นักเรียนที่เรียนสายวิชาเคมี มีระดับพัฒนาการทางความคิดระดับรูปธรรมร้อยละ 22 และระดับนามธรรมร้อยละ 78 ส่วนนักเรียนสายวิชาฟิสิกส์มีระดับพัฒนาการทางความคิดระดับรูปธรรมร้อยละ 36.3 และระดับนามธรรมร้อยละ 63.7 (Lawson. 1974 : 545 - 559) เรเนอร์และสแตฟฟอร์ด ศึกษาพบว่า นักเรียนในมลรัฐโอคลาโฮมา มีระดับพัฒนาการทางความคิดระดับรูปธรรม ระดับรูปธรรมตอนปลาย และระดับนามธรรมคิดเป็นร้อยละ 69, 17 และ 14 ตามลำดับ (Renner and Stafford. 1972 : 214 - 217) ชีอาเพตทา ศึกษาพบว่า นักเรียนในมลรัฐเท็กซัสที่เรียนสายอาชีพศึกษา มีระดับพัฒนาการทางความคิดอยู่ในระดับรูปธรรมร้อยละ 61.5 และอยู่ในระดับนามธรรมร้อยละ 38.5 ส่วนนักเรียนสายสามัญมีระดับพัฒนาการทางความคิดในระดับรูปธรรมร้อยละ 53.5 และอยู่ในระดับนามธรรมร้อยละ 73 (Chiappetta. 1976 : 253 - 261) นอกจากนี้ วราภรณ์ สีหาสุข ศึกษาพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเขตการศึกษา 9 จำนวน 391 คน มีระดับพัฒนาการทางสติปัญญาขั้นรูปธรรม 137 คน ขั้นต่อเนื่อง 142 คน และขั้นนามธรรม 112 คน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 35.0, 36.3 และ 28.6 ตามลำดับ (วราภรณ์ สีหาสุข. 2529 : 27)

จากผลการวิจัยดังกล่าวเหล่านี้ ชี้ให้เห็นว่านักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน จะมีความสามารถเรียนรู้เนื้อหาสาระหรือมโนคติทางวิทยาศาสตร์ได้แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับข้อสังเกตของ รูติมา สุขภินนตรี ดังกล่าวแล้วข้างต้น

จากข้อเท็จจริงและเหตุผลดังกล่าวแล้ว ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาเกี่ยวกับมโนคติในเรื่องการออสโมซิส กับระดับความสามารถทางสติปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามทฤษฎีของเพียเจต์ (Piaget) 3 ระดับขั้นคือ ระดับขั้นปฏิบัติการแบบรูปธรรม ระดับขั้นต่อเนื่องและระดับขั้นปฏิบัติการแบบนามธรรม โดยศึกษาเฉพาะมโนคติในเรื่องการออสโมซิสที่กำหนดให้เรียนในหลักสูตรวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 15 มโนคติ คือ

1. อนุภาคของสารที่เป็นของเหลวหรือก๊าซสามารถเคลื่อนที่ได้เอง
2. การเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารเป็นแบบสุ่ม ไม่มีทิศทางที่แน่นอน
3. อนุภาคของสารที่เป็นก๊าซหรือของเหลวจะเคลื่อนที่ตลอดเวลา
4. ในสารละลาย อนุภาค (โมเลกุล) ของน้ำมีการเคลื่อนที่
5. ในสารละลาย อนุภาค (โมเลกุล) ของน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลายและอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลายต่างก็เคลื่อนที่
6. ในสารละลาย การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำที่เป็นตัวทำละลายกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลายต่างก็เป็นอิสระจากกัน
7. ในสารละลายอนุภาคของน้ำและอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลายจะมีการชนกันเองและชนกันระหว่างโมเลกุลของสาร
8. ความเข้มข้นของสารละลายขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอนุภาคของน้ำและอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลาย
9. การแพร่เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลาย
10. การแพร่เกิดขึ้นได้ถ้าอนุภาคสารในที่ 2 แห้งไม่เท่ากัน
11. การเคลื่อนที่ของน้ำผ่าน "เยื่อเลือกผ่าน" เรียกว่ากระบวนการออสโมซิส
12. ขณะที่เกิดกระบวนการออสโมซิสจะมีการเคลื่อนที่ของน้ำเข้าและออกผ่านเยื่อเลือกผ่าน

13. การออสโมซิสเกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำระหว่างสารละลายที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันผ่านเยื่อเลือกผ่าน

14. ในสารละลาย อนุภาคอิสระของน้ำทำให้เกิดแรงดัน

15. แรงดันออสโมติก จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลาย

การศึกษาตามนี้ดังกล่าวนี้เพื่อที่จะได้ทราบว่า มโนคติเหล่านี้จะมีระดับของความยากง่ายเป็นอย่างไร และมีความสัมพันธ์กับระดับความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียนอย่างไร ตลอดจนนักเรียนที่มีระดับพัฒนาการทางสติปัญญา แตกต่างกันเป็น 3 ระดับนั้นจะมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้มโนคติในเรื่องการออสโมซิสแต่ละมโนคติแตกต่างกันหรือไม่ ทั้งนี้เพื่อนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อจัดลำดับความยากง่ายของมโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิส
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางสติปัญญากับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้มโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิส
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้มโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิสของนักเรียน ที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

การวิจัยครั้งนี้จะทำให้ทราบระดับความยากง่ายของมโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิส ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสติปัญญากับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้มโนคติ เรื่อง การออสโมซิส และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้มโนคติของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน ว่าแตกต่างกันหรือไม่ ผลการวิจัยดังกล่าว จะเป็นประโยชน์แก่ครูผู้สอน และนักพัฒนาหลักสูตรวิชาชีววิทยา และวิชาวิทยาศาสตร์โดยทั่วไป ที่จะใช้เป็นแนวทางในการ

ปรับปรุง และพัฒนาการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาและวิชาวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรของการวิจัยครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ของโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2535 ที่ศึกษาอยู่ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นตอน (Multistage Random Sampling) จากประชากรที่กำหนด

2. แบบทดสอบที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้แนวคิดทางชีววิทยา เรื่องการออสโมซิส เป็นแบบทดสอบที่วัดมโนคติ ซึ่งครอบคลุมหลักสูตรและเนื้อหาในบทเรียน เรื่อง หน่วยของสิ่งมีชีวิต เรื่อง การเคลื่อนที่ของสารผ่านเซลล์ ในแบบเรียนวิชาชีววิทยา เล่ม 1 (ว 441) ของกระทรวงศึกษาธิการ (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2533)

3. แบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผลที่นำมาใช้วัดเพื่อแบ่งระดับความสามารถทางสติปัญญาในการวิจัยครั้งนี้ จะประกอบด้วยเรื่องการคิดอย่างมีเหตุผลแบบสัดส่วน การคิดอย่างมีเหตุผลแบบผสม การแยกและการควบคุมตัวแปร ความน่าจะเป็นและการอ้างเหตุผล

4. ตัวแปรที่ศึกษา มีดังนี้

4.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ ระดับความสามารถทางสติปัญญา ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

4.1.1 ขั้นปฏิบัติการด้วยรูปธรรม

4.1.2 ขั้นต่อเนื่อง

4.1.3 ขั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรม

4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โมเดลในวิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิส

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โมเดล หมายถึง คะแนนที่นักเรียนทำได้จากแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ด้านโมเดลในวิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิส ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและตรวจสอบคุณภาพแล้ว

2. โมเดลในวิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิส หมายถึงโมเดล จำนวน 15 โมเดลมีดังนี้คือ

- 2.1 อนุภาคของสารที่เป็นของเหลวหรือก๊าซสามารถเคลื่อนที่ได้เอง
- 2.2 การเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารเป็นแบบสุ่ม ไม่มีทิศทางที่แน่นอน
- 2.3 อนุภาคของสารที่เป็นก๊าซหรือของเหลวจะเคลื่อนที่ตลอดเวลา
- 2.4 ในสารละลาย อนุภาค (โมเลกุล) ของน้ำมีการเคลื่อนที่
- 2.5 ในสารละลาย อนุภาค (โมเลกุล) ของน้ำซึ่งเป็นตัวถูกละลายและอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลายต่างก็เคลื่อนที่
- 2.6 ในสารละลาย การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำที่เป็นตัวถูกละลายกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลายต่างก็เป็นอิสระจากกัน
- 2.7 ในสารละลายอนุภาคของน้ำและอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลายจะมีการชนกันเองและชนกันระหว่างโมเลกุลของสาร
- 2.8 ความเข้มข้นของสารละลายขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอนุภาคของน้ำและอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลาย
- 2.9 การแพร่เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลาย
- 2.10 การแพร่เกิดขึ้นได้ถ้าอนุภาคสารในที่ 2 แห่งไม่เท่ากัน
- 2.11 การเคลื่อนที่ของน้ำผ่าน "เยื่อเลือกผ่าน" เรียกว่ากระบวนการออสโมซิส
- 2.12 ขณะที่เกิดกระบวนการออสโมซิสจะมีการเคลื่อนที่ของน้ำเข้าและออกผ่านเยื่อเลือกผ่าน

2.13 การออสโมซิสเกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำระหว่างสารละลายที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันผ่านเยื่อเลือกผ่าน

2.14 ในสารละลาย อนุภาคอิสระของน้ำทำให้เกิดแรงดัน

2.15 แรงดันออสโมติก จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลาย

3. ลำดับความยากง่ายของมโนคติในวิชาชีววิทยาเรื่องการออสโมซิส หมายถึง ค่าความมากน้อยของค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ที่คิดเฉลี่ยต่อบ่อย ซึ่งคำนวณได้จากคะแนนที่นักเรียนได้จากการทำแบบทดสอบวัดมโนคติ เรื่อง การออสโมซิส โดยเมื่อค่าเฉลี่ยมากกว่า จัดว่าง่ายกว่า และค่าเฉลี่ยน้อยกว่า จัดว่ายากกว่า

4. ความสามารถทางสติปัญญา หมายถึง ความสามารถในการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา ตามทฤษฎีของเพียเจต์ สำหรับงานวิจัยครั้งนี้จะศึกษาความสามารถทางสติปัญญา เฉพาะระดับปฏิบัติการด้วยรูปธรรม และระดับปฏิบัติการด้วยนามธรรม โดยจะจำแนกละเอียดขึ้นเป็น 3 ระดับคือ (1) ระดับปฏิบัติการด้วยรูปธรรม (2) ระดับต่อเนื่อง (3) ระดับปฏิบัติการด้วยนามธรรม โดยใช้คะแนนจากการทำแบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผลที่ ฌรงค์ พ่วงศรี เป็นผู้สร้างขึ้น

5. ความสามารถทางสติปัญญาในระดับปฏิบัติการด้วยรูปธรรม หมายถึง ความสามารถในการคิดแก้ปัญหาซึ่งยังไม่ถึงขั้นสมบูรณ์ เป็นเพียงการใช้ความเข้าใจในเชิงความคิดที่เป็นรูปธรรมเกี่ยวกับการอนุรักษ์น้ำหนัก การอนุรักษ์ปริมาณ การอนุรักษ์พื้นที่ การจัดหมวดหมู่ การวิจัยครั้งนี้ หมายถึง นักเรียนที่ได้คะแนน 0 - 7 คะแนน จากการตอบแบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผล

6. ความสามารถทางสติปัญญาระดับต่อเนื่อง หมายถึง ความสามารถในการแก้ปัญหาซึ่งอยู่ระหว่างระดับปฏิบัติการด้วยรูปธรรมกับระดับปฏิบัติการด้วยนามธรรม การวิจัยครั้งนี้ หมายถึง นักเรียนที่ได้คะแนน 8 - 13 คะแนน จากการตอบแบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผล

7. ความสามารถทางสติปัญญาระดับนามธรรม หมายถึง ความสามารถในการแก้ปัญหาถึงขั้นสมบูรณ์โดยอาศัยโครงสร้างความคิดที่ค่อนข้างซับซ้อนได้ เช่น เรื่องอัตราส่วน

สัดส่วน สหสัมพันธ์ การคิดย้อนกลับ การแยกและควบคุมตัวแปร เพอร์มิวเตชันและคอมบิเนชัน (Permutation and Combination) การตั้งสมมติฐาน เพื่อเป็นแนวทางในการตรวจสอบข้อเท็จจริง เป็นต้น ในการวิจัยครั้งนี้ หมายถึง นักเรียนที่ได้คะแนน 14 - 21 คะแนนจากการตอบแบบทดสอบการการคิดอย่างมีเหตุผล

8. นักเรียน หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2535 ที่กำลังศึกษาอยู่ในโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดกรมสามัญศึกษาในกรุงเทพมหานคร

9. โรงเรียน หมายถึง โรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดกรมสามัญศึกษา ซึ่งมีที่ตั้งอยู่ในกรุงเทพมหานคร และเปิดสอนตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในปีการศึกษา 2535

10. กลุ่มโรงเรียน หมายถึง กลุ่มโรงเรียนมัธยมศึกษาในกรุงเทพมหานคร ซึ่งแบ่งเขตตามพื้นที่บริการของโรงเรียนตามคำสั่งของกรมสามัญศึกษา โดยแบ่งเป็น 8 กลุ่มโรงเรียน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่จะกล่าวถึง ในบทนี้จะนำเสนอโดยลำดับดังนี้

1. ทฤษฎีและหลักการโดยทั่วไปเกี่ยวกับมโนคติ
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์กับการเรียนการสอน

วิชาวิทยาศาสตร์

3. ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการจากสติปัญญาของเพียเจต์กับการเรียนการสอน

ทฤษฎีและหลักการ โดยทั่วไปเกี่ยวกับมโนคติ

ความหมายของมโนคติ

มโนคติเป็นคำที่แปลมาจากคำว่า "Concept" ในภาษาอังกฤษ ซึ่งในปัจจุบันมีผู้ให้คำแปลเป็นภาษาไทยไว้อีกหลายคำ เช่น ความคิดรวบยอด สังกกับ มโนทัศน์ มโนภาพ สัญชาน แนวคิดหลัก เป็นต้น ในขณะที่คณะกรรมการบัญญัติศัพท์อุดมศึกษาของทบวงมหาวิทยาลัยได้ใช้คำว่า "มโนคติ" อันเป็นคำที่จะใช้ในการวิจัยครั้งนี้ และเพื่อให้เกิดความเข้าใจในความหมายของมโนคติอย่างตรงกัน จึงได้นำความหมายของคำว่า มโนคติ ที่นักวิชาการด้านต่างๆ กล่าวไว้มานำเสนอโดยสังเขปดังนี้

เดอ เซคโก (De Cecco. 1968 : 388) กล่าวว่ามโนคติเป็นกลุ่มของสิ่งเร้าที่มีลักษณะต่าง ๆ ร่วมกัน สิ่งเร้าเหล่านี้อาจเป็นสิ่งของ เหตุการณ์ หรือบุคคลต่าง ๆ องค์ประกอบที่สำคัญที่ทำให้มโนคติต่าง ๆ มีลักษณะแตกต่างกันคือ ลักษณะเฉพาะ (Attribute) หรือลักษณะใหญ่ (Dimension)

โรเมย์ (Romey. 1968 : 122). ให้ความหมายของมโนคติทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการสรุปอย่างกว้าง ๆ เกี่ยวกับลักษณะบางอย่างทางกายภาพและชีวภาพ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของข้อเท็จจริง และประสบการณ์

ซันด์ และโทรบริดจ์ (Sund and Trowbridge. 1973 : 17) ให้ความหมายของ
มโนคติทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่าเป็นการสร้างมโนภาพจากสิ่งที่ได้กระทำหรือรับรู้และสรุปออกมา

คลอปเฟอร์ (Klopfer. 1971 : 566) อธิบายว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์หมายถึง
สิ่งที่เป็นนามธรรมอันเป็นผลที่ได้มาจากการศึกษาปรากฏการณ์หรือความสัมพันธ์ต่าง ๆ ซึ่ง
นักวิทยาศาสตร์ได้พบว่ามโนคตินั้นมีประโยชน์ในการศึกษาโลกของธรรมชาติ

กู๊ด (Good. 1973 : 124) ได้ให้ความหมายของมโนคติไว้ 3 ประการ คือ

1. ความคิด หรือสัญลักษณ์ของส่วนประกอบหรือลักษณะรวมที่สามารถแยกเป็นกลุ่ม
เป็นพวกได้
2. สัญลักษณ์เชิงความคิดทั่วไปหรือเชิงนามธรรมที่เกี่ยวกับสถานการณ์กิจการหรือวัตถุ
3. ความรู้สึกนึกคิด ความเห็น ความคิดหรือภาพความคิด

สวัทท์ นิยมคำ (2517 : 17) กล่าวว่า สังกัปของสิ่งใดก็คือ Main idea ที่เรามีต่อ
สิ่งนั้น เป็นความคิดโดยสรุปต่อสิ่งนั้น เป็นจินตภาพที่เกิดขึ้นในใจของเราต่อสิ่งนั้น เป็นจุดสำคัญต่อ
สิ่งนั้น เป็นคุณสมบัติหรือลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้นนั่นเอง

ฉวีวรรณ กินวงศ์ (2520 : 44 - 45) กล่าวว่า สังกัปหมายถึง การเกิดมโนภาพ
ขึ้นในบุคคลด้วยวิธีการรวบรวมความรู้ต่าง ๆ ที่เคยเรียนรู้มาแล้วนำมาประมวลเข้าด้วยกัน เป็น
ความคิดขั้นสุดท้ายที่มีลักษณะเป็นข้อสรุป หรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

ไพเราะ ทิพย์ทัศน์ (2521 : 9) ได้ให้ความหมายไว้ว่า มโนทัศน์ คือแนวความคิด
หลักจากความจริงเดียวหลาย ๆ อัน .

มังกร ทองสุกสี (2522 : 3 - 4) ได้ให้ความหมายไว้ว่า มโนคติ หมายถึง สิ่ง
ปรุงแต่งขึ้นมาโดยอาศัยเหตุผลและทำให้ข้อเท็จจริงมีความหมายที่จะช่วยให้ประโยชน์ในการคิด
ขั้นต่อไป

อาคม จันทสุนทร (2522 : 47) ให้ความหมายของมโนคติไว้ว่า หมายถึง ความคิด
ความเข้าใจที่สรุปรวมเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเกิดจากการได้รับ
ประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นหลาย ๆ อย่าง หลาย ๆ แบบ แล้วได้ใช้คุณลักษณะของ
สิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นมาจัดเป็นพวก ให้เกิดความคิดความเข้าใจโดยสรุปรวมในสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น

บุญเสริม ฤทธาภิรมย์ (2523 : 7) อธิบายไว้ว่า มโนคติ คือการสรุปความคิดของคน เป็นผลจากการรับรู้ของคนที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ หรือเรื่องราวที่เกิดขึ้นกับคนในธรรมชาติและสังคม เป็นความคิดหลายชั้นหลายระดับ นับแต่เรื่องง่าย ๆ ธรรมดาไปสู่ความคิดที่ยุ่งยาก สลับซับซ้อน มีลักษณะเป็นนามธรรมที่คนรับรู้จากประสาทสัมผัสกลายเป็นประสบการณ์ที่คนแปลความหมายแทนไว้อีกต่อหนึ่ง การสรุปความคิดนี้อาจหมายถึง ความสามารถในการจำกัดความ อธิบายลักษณะ บอกความแตกต่าง จัดหมวดหมู่หรือแยกประเภท หรือบอกลักษณะโดยทั่วไปเหล่านี้ เป็นต้น

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์

(ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525 : 28) กล่าวว่า มโนคติหมายถึง ความคิดความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันอาจจะเกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น หรือเรื่องนั้นหลาย ๆ แบบแล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้น หรือเรื่องนั้นมาประมวลเข้าด้วยกัน ให้เป็นข้อสรุปหรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง และกล่าวว่าสังกัดทางวิทยาศาสตร์มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม มีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกันไปอย่างลึกซึ้งตลอดเวลา

สมจิต สวอนไพฑูริย์ (2526 : 3) กล่าวว่า สังกับททางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหลักของคนเราที่มีต่อวัตถุ เหตุการณ์หรือปรากฏการณ์นั้น ๆ กล่าวคือ เมื่อเราดำเนินการแสวงหาความรู้เกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ จะก่อให้เกิดการรับรู้ สามารถแยกแยะความเหมือน ความแตกต่าง สรุปรวมลักษณะที่สำคัญ ๆ มองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งนั้น ๆ สร้างเป็นความคิดหลักในรูปที่แสดงถึงความเข้าใจ ทำให้สามารถนำไปใช้ในการบรรยาย อธิบาย หรือพยากรณ์วัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องได้

บุญล้อม ไชยสิงห์ (2530 : 5) ได้ให้ความหมายของมโนคติไว้ว่า มโนคติ หมายถึง ความคิด หรือความเข้าใจ ซึ่งเกิดจากการที่นักเรียนปะทะสังสรรค์กับสิ่งเร้าต่าง ๆ และนักเรียนพยายามคิดจัดแยกประเภทสิ่งเร้า โดยการมองเห็นความสัมพันธ์ลักษณะเด่นของสิ่งเร้าและสามารถให้เหตุผลด้วยการนิยาม แยกแยะและสรุปครอบคลุม

จากความหมายของมโนคติที่กล่าวมาแล้ว สรุปได้ว่า มโนคติ หมายถึง ความเข้าใจขั้นสุดท้ายของบุคคลที่สามารถสรุปรวมเป็นแนวคิดหลักและจำแนกสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นประเภทหรือหมวดหมู่ได้ โดยอาศัยประสบการณ์จากการเรียนรู้ของตนเอง

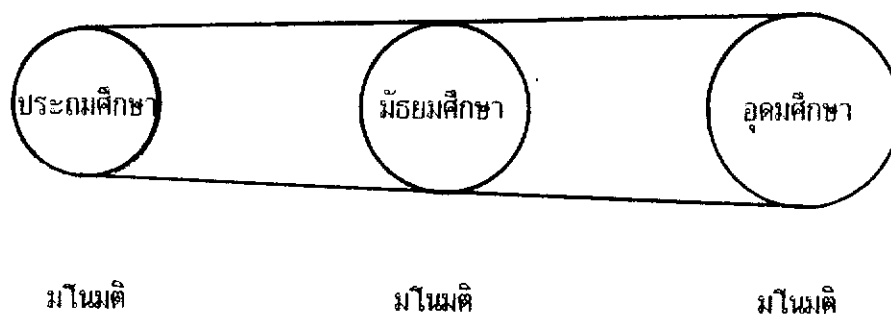
ความสำคัญของมโนคติทางวิทยาศาสตร์

มโนคติมีความสำคัญสำหรับการเรียนการสอนและการดำรงชีวิตของมนุษย์มากดังที่ ออซูเบล (Ausubel. 1968 : 505) ได้กล่าวว่า ในชีวิตประจำวันของทุกคน จะต้องพบกับ ปัญหาที่ต้องคิดอย่างหนัก และ ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้คนอยู่ในโลกของ มโนคติมากกว่าวัตถุเหตุการณ์หรือสถานการณ์ เพราะว่าพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ของมนุษย์ไม่ว่า จะเป็นด้านการคิด การสื่อความหมายระหว่างกัน การแก้ปัญหา การตัดสินใจล้วนแต่ต้องผ่าน เครื่องกรองที่เป็นมโนคติมาก่อนทั้งสิ้น

มังกร ทองสุกดี (2521 : 94) กล่าวว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์มีประโยชน์ต่อ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. มโนคติช่วยให้การสอนในด้านปฏิบัติ (Operational) ได้ผลดี
2. มโนคติช่วยให้การสอนแบบจำแนกแจกแจง ทำให้นักเรียนเข้าใจได้ง่ายขึ้น
3. มโนคติช่วยให้ผู้สอนอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งต่าง ๆ ได้กระจ่างขึ้น
4. มโนคติช่วยให้ผู้เรียนมีเจตคติ (Attitude) ดีขึ้น เช่น เกิดความต้องการที่ อยากจะศึกษาหาความรู้หรือมีความกระตือรือร้นเพิ่มขึ้น

บรูเนอร์ (Bruner. 1960 : 17) ได้กล่าวไว้ในหนังสือ The Process of Education ว่า การเรียนรู้ที่จะให้ได้ผลต้องเรียนที่แก่นหรือหัวใจของหลักการมากกว่าเนื้อหา สารมโนคติมิได้มีความสำคัญ ต่อการศึกษาเฉพาะระดับใดระดับหนึ่งเท่านั้น แต่มีความสำคัญ ทุกระดับ ตั้งแต่ประถม มัธยม และอุดมศึกษา ดังที่ วิชัย วงษ์ใหญ่ (2524 : 24) แสดงไว้ ตามภาพประกอบ ดังนี้



ภาพประกอบ 1 แสดงความสำคัญของมโนคติ

สมจิต สวณไพบูลย์ (2526 : 59 - 60) กล่าวว่า มโนคติ มีความสำคัญสำหรับการเรียนการสอน และการดำรงชีพของมนุษย์มากในชีวิตประจำวันของทุกคนจะต้องพบกับปัญหาที่ต้องเกิด ความต้องการตามวิถีทางของการดำรงชีวิต การแก้ปัญหา การตัดสินใจ หรือการแสวงหาความรู้ใด ๆ ล้วนแต่ต้องอาศัยมโนคติเป็นรากฐานแทบทั้งสิ้น เพราะมโนคติเป็นแก่นของความรู้ หรือที่เรียกว่า "ความคิดหลัก" เมื่อสะสมเพิ่มพูนขึ้นเรื่อย ๆ จากประสบการณ์ต่าง ๆ ก็จะช่วยให้ความคิดแตกฉานยิ่งขึ้น อาจกล่าวได้ว่า ผู้ที่มีประสบการณ์มากย่อมแก้ปัญหาได้ดีกว่า หรือมีประสิทธิภาพเหนือกว่าผู้ที่มีประสบการณ์น้อย ดังนั้นการจัดการเรียนการสอนจึงจำเป็นต้องทำอย่างยั้งที่จะต้องให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนคติ เพราะนอกจากจะเป็นพื้นฐานของความคิดวินิจัยต่าง ๆ แล้ว ความรู้และเทคโนโลยีในปัจจุบันได้ก้าวหน้าไปอย่างไม่หยุดยั้งหลักสูตรการเรียนการสอนไม่สามารถจะบรรจุทุกเรื่องของการวิทยาการความรู้นั้น ๆ ไว้ได้หมด การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจึงต้องมุ่งไปที่มโนคติ เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างกว้างขวางรวดเร็วถึงแก่นของความรู้ ซึ่งสอดคล้องกับ จาเนียร์ ช่วงโชติ และคนอื่น ๆ (2515 : 3) ที่กล่าวว่า มโนคติเป็นเครื่องมือจำเป็นที่จะต้องใช้เป็นพื้นฐาน ซึ่งจะช่วยทำให้การรับรู้ต่าง ๆ ตลอดจนการเรียนรู้ได้ขยายวงกว้างออกไปยิ่งขึ้น

จากเอกสารที่กล่าวถึงความสำคัญของมโนคติ ที่กล่าวมา ทำให้ได้ข้อคิดว่า ในการเรียน การสอนทุกครั้งผู้เรียนจะต้องเกิดมโนคติในเรื่องที่เรียน จึงจะจัดได้ว่าบรรลุจุดประสงค์หรือบรรลุ เป้าหมายของการเรียนในเรื่องนั้น ๆ

ดังนั้น การสอนของครูจะต้องสอนให้นักเรียนได้เรียนรู้มโนคติหรือแนวความคิดหลักในเรื่องที่เรียนมากกว่าที่จะสอนในรายละเอียดของเนื้อหาวิชาความรู้ เพื่อที่นักเรียนจะได้เรียนรู้ อย่างกว้างขวาง มีหลักการและวิธีการที่จะใช้ในการศึกษาหาความรู้ด้านอื่น ๆ อีกต่อไป

ลำดับความยากง่ายของมโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิส

จากรายงานวิจัย เรื่อง การตอบสนองของนักเรียนที่มีต่อหุ่นจำลองทางความคิดว่าด้วยการลำเลียงน้ำ (Pupil's Response to a Model for Water Transport) จอห์นสโตน และมามูด ได้จัดลำดับความยากง่ายของมโนคติ เรื่อง การออสโมซิสไว้ดังนี้ (Johnstone and Mahmoud. 1981 : 203 - 208)

1. อนุภาคของสารที่เป็นของเหลวหรือก๊าซสามารถเคลื่อนที่ได้เอง
2. การเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารเป็นแบบสุ่ม ไม่มีทิศทางที่แน่นอน
3. อนุภาคของสารที่เป็นก๊าซหรือของเหลวจะเคลื่อนที่ตลอดเวลา
4. ในสารละลาย อนุภาค (โมเลกุล) ของน้ำมีการเคลื่อนที่
5. ในสารละลาย อนุภาค (โมเลกุล) ของน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลายและอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลายต่างก็เคลื่อนที่
6. ในสารละลาย การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำที่เป็นตัวทำละลายกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลายต่างก็เป็นอิสระจากกัน
7. ในสารละลายอนุภาคของน้ำและอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลายจะมีการชนกันเองและชนกันระหว่างโมเลกุลของสาร
8. ความเข้มข้นของสารละลายขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอนุภาคของน้ำและอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลาย
9. การแพร่เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลาย

10. การแพร่เกิดขึ้นได้ถ้าอนุภาคสารในที่ 2 แห่งไม่เท่ากัน
11. การเคลื่อนที่ของน้ำผ่าน "เยื่อเลือกผ่าน" เรียกว่ากระบวนการออสโมซิส
12. ขณะที่เกิดกระบวนการออสโมซิสจะมีการเคลื่อนที่ของน้ำเข้าและออกผ่านเยื่อเลือกผ่าน
13. การออสโมซิสเกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำระหว่างสารละลายที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันผ่านเยื่อเลือกผ่าน
14. ในสารละลาย อนุภาคอิสระของน้ำทำให้เกิดแรงดัน
15. แรงดันออสโมติก จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลาย

มโนคติเรื่อง การออสโมซิสดังกล่าวข้างต้นนี้มีปรากฏในหลักสูตรวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายของกระทรวงศึกษาธิการ พุทธศักราช 2524 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2533) ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะศึกษาลำดับความยากง่ายของมโนคติโดยพิจารณาจากคะแนนสอบของนักเรียนเพื่อพิจารณาเปรียบเทียบว่ามีความสอดคล้องกันกับลำดับความยากง่ายที่ จอห์น สโตนและมามูด ระบุไว้หรือไม่อย่างไรด้วย

กระบวนการเรียนรู้มโนคติ

กระบวนการเรียนรู้มโนคติเป็นกระบวนการทางจิตที่ค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อน มีนักจิตวิทยาจำนวนหลายท่านที่อธิบายเกี่ยวกับการเกิดมโนคติว่า มโนคตินั้นเกิดจากการที่คนเรารับรู้ (Perceive) สิ่งเร้าต่าง ๆ เข้าไป เมื่อรับรู้หลาย ๆ อย่างก็จะเข้าไปจัดพวก จำแนก แยกแยะในสมอง เป็นมโนคติ เมื่อพบสิ่งเร้าใหม่ต่อไปอีกก็จะตอบสนองต่อสิ่งนั้น ดังเช่น โลเวล (Lovell. 1966 : 12 - 13) ได้อธิบายไว้ว่า การเรียนรู้จะต้องผ่านกระบวนการทางจิต 3 กระบวนการ คือ

1. การรับรู้ (Perception)
2. การย่อ (Abstraction)
3. การสรุปขยายความ (Generalization)

การยับยั้งเป็นหลักฐานสำคัญของการสร้างมโนคติ ซึ่งได้แก่ ลักษณะเด่นที่ร่วมกันของวัตถุหรือเหตุการณ์ในสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ เด็กจะสร้างมโนคติได้ต่อเมื่อเขาสามารถแยกแยะ (Discriminate) คุณสมบัติของวัตถุหรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น จากนั้นสามารถสรุปครอบคลุมในลักษณะที่ร่วมกันของสิ่งที่ค้นพบได้

กระบวนการทั้งสามขั้นตอนนี้จะต้องมีการบูรณาการ และเกิดขึ้นระหว่างที่มีการสัมพันธ์ระหว่างการทำงานของกล้ามเนื้อ สมอง ความคิด การตั้งคำถาม การอ่าน การแก้ปัญหา ซึ่งทั้งหมดจะร่วมกันเป็นโครงสร้างของมโนคติ แนวคิดดังกล่าวนี้สอดคล้องกับที่ พรณี ข. เจริญจิต (2528 : 213) ที่กล่าวไว้ว่า การเรียนมโนคติ หมายถึง "ความสามารถของผู้เรียนที่มองเห็นความเหมือนของสิ่งเร้า และสามารถจัดกลุ่มของสิ่งเร้าที่มีลักษณะร่วมกันไว้เป็นพวกเดียวกัน นั่นคือการเรียนรู้ลักษณะที่แยกสิ่งของ การกระทำหรือความคิดออกเป็นประเภทต่าง ๆ "

นอกจากนี้ แม็ค โดแนล (Mc Donald. 1959 : 135) และประภาเพ็ญ สุวรรณ (2522 : 32) ได้อธิบายไว้ว่า การเรียนรู้มโนคติจะต้องเกิดกระบวนการ 2 อย่างในตัวผู้เรียน คือ

1. ความสามารถในการมองเห็นความแตกต่าง (Discrimination) ผู้เรียนจะต้องสามารถที่จะแยกแยะและมองเห็นความแตกต่างระหว่างมโนคติที่เรียนกับสิ่งอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เช่น อ่าว กับแม่น้ำ ทะเล มหาสมุทร คลอง เป็นต้น

2. การสรุปครอบคลุม (Generalization) ผู้เรียนจะต้องสามารถสรุปลักษณะที่เหมือนกัน และสามารถประยุกต์ได้เช่นเมื่อพบ แม่น้ำ ในลักษณะต่าง ๆ ก็ยังสามารถตอบได้ว่า เป็นแม่น้ำ เป็นต้น

โดยสรุปแล้วจะเห็นว่าในการเรียนรู้มโนคตินั้น ผู้เรียนจะต้องได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ หลายชนิดจนผู้เรียนสามารถแยกแยะและมองเห็นคุณลักษณะที่แตกต่างกัน เหมือนกัน หรือสัมพันธ์กัน และสามารถสรุปครอบคลุมตลอดจน ประยุกต์ใช้ได้กับทุกสถานการณ์ แต่อย่างไรก็ตาม ชนิดของมโนคติที่ผู้เรียนนั้นจะมีขอบเขตจำกัดมากน้อยเพียงใดก็จะขึ้นอยู่กับชนิดของประสบการณ์ที่เด็กได้รับด้วย

ลำดับขั้นการเรียนรู้โมเดล

กาเย่ (อาคม จันทสุนทร. 2522 : 49 ; อ้างอิงมาจาก Gagne'. n.d.)

ได้กล่าวถึงลำดับขั้นการเรียนรู้โมเดลว่าจำเป็น ต้องอาศัยการเรียนรู้ในระดับที่ต่ำกว่าเป็นพื้นฐาน ดังนี้

1. การเรียนรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงต่าง ๆ (Factual Information) ได้แก่ การเรียนรู้แบบง่าย ๆ เรียนรู้ให้จำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยไม่ผ่านกระบวนการคิดมากนัก
2. การเรียนรู้เกี่ยวกับการจําแนกความแตกต่าง (Dissscrimination) ได้แก่ การเรียนรู้เกี่ยวกับความแตกต่าง และความไม่เหมือนกันของข้อเท็จจริง
3. การเรียนรู้โมเดล (Concept) ได้แก่ การเรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะหรือคุณสมบัติร่วมกันของข้อเท็จจริงต่าง ๆ โดยดูความเหมือน และจัดพวกเข้ากันได้และรู้ลักษณะของพวกที่จัดไว้นั้น
4. การเรียนรู้หลักการ (Principle) ได้แก่ การเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างมโนคติตั้งแต่สองมโนคติขึ้นไป เป็นลักษณะของเกณฑ์ต่าง ๆ
5. การรับรู้ในการแก้ปัญหา (Problem Solving) หรือการใช้หลักการหรือกฎเกณฑ์ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่น ๆ

ออซูเบล (Ausubel. 1968 : 51) ได้แบ่งลำดับขั้นการเรียนรู้โมเดลไว้ ดังนี้

1. วิเคราะห์และแยกแยะความแตกต่างของสิ่งเร้า
2. ตั้งสมมติฐานโดยพิจารณาถึงลักษณะร่วมกันของสิ่งเร้า
3. ทดสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้นในสถานการณ์หนึ่ง ๆ
4. เลือกข้อสมมติฐานที่สามารถรวมกลุ่มสิ่งเร้าซึ่งมีลักษณะบางประการร่วมกันได้
5. หาเฉพาะของสิ่งเร้าที่คัดเลือกได้จากสมมติฐานในข้อ 4 ให้มาสัมพันธ์กับ

ระบบการคิดที่มีอยู่เดิมในโครงการสร้างความคิดของตน

นอกจากนี้ เดอ เซคโก (De Cecco. 1968 : 402 - 416) ได้เสนอแนะวิธีสอนเพื่อสร้างมโนคติไว้ 9 ขั้นตอนตามลำดับดังนี้

1. กำหนดพฤติกรรมที่คาดหวังของนักเรียนว่าเขาจะต้องแสดงพฤติกรรมอะไรบ้างหลังจากที่ได้เรียนรู้มโนคตินั้นไปแล้ว

2. ลดจำนวนคุณสมบัติที่ซับซ้อนลง เน้นคุณลักษณะที่สำคัญให้ชัดเจนขึ้น
3. ใช้ภาษาที่นักเรียนเข้าใจเพื่อเป็นสื่อกลางของมโนคติ
4. เสนอตัวอย่างของมโนคติที่เกี่ยวข้อง และไม่เกี่ยวข้องให้ผู้เรียน
5. เสนอตัวอย่างที่เกี่ยวข้องอันใหม่และให้นักเรียนบอกว่าใช้มโนคติของสิ่งนั้น ๆ

หรือไม่ ถ้านักเรียนบอกได้แสดงว่าเข้าใจ

7. การตรวจสอบการเรียนรู้ของนักเรียน โดยเสนอตัวอย่างที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง ให้นักเรียนเลือกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องเท่านั้น
8. ให้นักเรียนให้คำจำกัดความของมโนคตินั้น ถ้านักเรียนมีความเข้าใจก็จะสามารถให้คำจำกัดความได้

9. จัดสถานการณ์ใหม่ให้นักเรียนตอบสนองและให้แรงเสริม

ทราเวอร์ส (Travers. 1967 : 142) กล่าวว่า ผู้เรียนจะเกิดการเรียนรู้มโนคติอย่างใดขึ้นขึ้นอยู่กับวิธีสอนของครู ครูต้องใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน อย่างตรงไปตรงมา และได้เสนอแนวทางการจัดสภาพการเรียนการสอนเพื่อให้เกิดมโนคติ ดังนี้

1. ต้องให้ผู้เรียนได้เห็นความแตกต่างระหว่างตัวอย่างที่เกี่ยวข้อง และตัวอย่างที่ไม่เกี่ยวข้อง
2. ปัญหาที่มีลักษณะซ้ำ ๆ กัน มักจะแก้ไขได้ง่ายกว่าปัญหาที่ไม่มีคุณลักษณะซ้ำกัน
3. ควรเสนอตัวอย่างที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้องพร้อมกัน
4. ควรนำจำนวนคุณลักษณะที่ไม่เกี่ยวข้องออกไปเพื่อง่ายต่อการศึกษา
5. ทักษะในการเรียนรู้มโนคติจะเพิ่มขึ้นตามอายุและประสบการณ์
6. สำหรับมโนคติที่ยาก ความวิตกกังวลจะเป็นปัญหาการเรียนมากกว่ามโนคติที่ง่าย
7. ครูควรแนะลักษณะเด่นหรือลักษณะที่ควรสังเกต
8. การเสนอตัวอย่างที่เกี่ยวข้องพร้อม ๆ กันไม่ควรเกิน 4 ตัวอย่าง
9. พยายามให้นักเรียนสื่อสารมโนคติด้วยตนเอง จะช่วยให้สามารถเรียนมโนคติได้ง่ายขึ้น

10. ควรเสนอตัวอย่างทั้งทางบวกและทางลบ
11. การส่งผลย้อนกลับ (Feedback) จะช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้น
12. การเรียนรู้ใหม่ที่ดีใหม่ ๆ และแปลก ๆ จะง่ายขึ้นถ้าได้เรียนรู้ใหม่ที่ดีขั้นต้น ๆ อย่างสมบูรณ์ และได้เรียนรู้ตัวอย่างได้อย่างถูกต้อง
13. ควรสอนใหม่ที่ดีให้สัมพันธ์กัน
14. ควรใช้วิธีการหลาย ๆ อย่าง ในการสอนใหม่ที่ดี
15. ควรให้ผู้เรียนมีเวลาเพียงพอที่จะปรับเนื้อหาทั้งหมดที่ได้รับเท่ากับโครงสร้างของมโนทัศน์เดิม

จิวรรณ กินาวงศ์ (2520 : 48 - 49) กล่าวว่า การสอนเพื่อส่งเสริมให้เกิดมโนทัศน์ควรคำนึงถึงหลักการและวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

หลักการ

1. การที่นักเรียนจะเกิดหรือใช้มโนทัศน์ได้นั้น จะเกิดอย่างช้า ๆ อาศัยเวลานานพอสมควร กำหนดแน่นอนไม่ได้ ต้องมีการฝึกฝนเรื่อย ๆ อย่างสม่ำเสมอ
2. มโนทัศน์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อมีประสบการณ์ในเรื่องนั้น ๆ มาก่อนอย่างกว้างขวาง และลึกซึ้งพอสมควร

วิธีการ

1. การสอนต้องเริ่มจากสิ่งง่าย ๆ ที่อยู่ใกล้ ๆ ตัวก่อนแล้วค่อย ๆ ขยายวงกว้างออกไป และส่งเสริมให้ใช้ความคิดอย่างมีเหตุผลอยู่ตลอดเวลา
2. สอนโดยให้รู้จักแบ่งแยกเป็นพวก ๆ
3. สอนโดยให้หาตัวประกอบร่วมของสิ่งต่าง ๆ
4. สอนโดยเปรียบเทียบให้เห็นถึงลักษณะที่คล้ายคลึงกันหรือแตกต่างกันของสิ่งต่าง ๆ
5. สอนให้รู้จักคิด ตี ชม ชัดแย้ง วิพากษ์วิจารณ์สิ่งต่าง ๆ
6. สอนให้เข้าใจความหมายของสิ่งต่าง ๆ โดยใช้วิธีการดังนี้
 - 6.1 การสอนให้นักเรียน เรียนจากประสบการณ์ตรงให้มากที่สุด
 - 6.2 สอนให้นักเรียนพูดหรือเขียนหลักการต่าง ๆ ออกมา

6.3 สอนโดยใช้คำง่าย ๆ ประโยคสั้น ๆ คำยากต้องเน้น ชี้ให้เห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ที่สอน และการสอนโดยใช้คำถาม

6.4 จัดลำดับเนื้อหาที่จะสอนให้เหมาะสม อันจะทำให้นักเรียนเข้าใจง่ายขึ้น ซึ่งอาจจัดลำดับเนื้อหาจากส่วนใหญ่ไปหาส่วนย่อย (Deductive) หรืออาจจัดลำดับจากส่วนย่อยไปหาส่วนใหญ่ก็ได้ (Inductive)

6.5 สอนโดยให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมหรือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองให้มากที่สุด

6.6 พยายามจัดวิธีการบอกหรือบรรยายด้วยวาจาให้มากที่สุด เพราะอาจทำให้เกิดจินตภาพหรือสร้างมโนคติที่ผิด ๆ ได้ง่าย

7. สอนให้เกิดความเข้าใจในหลักการข้อสรุปรวบยอดต่าง ๆ (โดยการยกตัวอย่างกฎเกณฑ์หรือมโนคติต่าง ๆ ที่ไม่เหมือนกับที่สอน)

8. สอนให้เข้าใจเหตุผล ซึ่งอยู่เบื้องหลังของกฎเกณฑ์รวมทั้งหลักการต่าง ๆ

มังกร ทองสุกดี (2522 : 59) ได้แบ่งการสอนเพื่อให้เกิดมโนคติออกเป็น 2 วิธี คือ

1. วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Method)
2. วิธีสอนแบบการแก้ปัญหา (Problem Solving Method)

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์

(ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525 : 31 - 33) ได้กล่าวถึงการสอนให้เกิดมโนคติว่าต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ปัจจัยเกี่ยวกับตัวนักเรียนได้แก่

1.1 ความพร้อมของนักเรียน ทั้งทางกาย จิตใจ และสติปัญญา

1.2 ประสบการณ์เดิมของนักเรียนที่มากพอจะเป็นเครื่องช่วยให้เกิดมโนคติในเรื่องนั้น ๆ ได้ดี

1.3 แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียน ซึ่งอาจจะเป็นแรงกระตุ้นที่เกิดจากความต้องการในการเรียนรู้ของนักเรียนเอง หรืออาจจะเป็นแรงกระตุ้นที่มีผลเนื่องมาจากเหตุผลทางจิตวิทยาก็ได้

2. หลักการต่าง ๆ ในการสอนมโนคติให้แก่ นักเรียน ได้แก่

2.1 การใช้อุปกรณ์ให้เหมาะสมกับบทเรียนและวุฒิภาวะของนักเรียน

2.2 ควรจะต้องจัดประสบการณ์ตรงให้นักเรียนได้สัมผัสของจริงมากที่สุดเท่าที่โอกาสจะอำนวย แต่อย่างไรก็ตามการนำประสบการณ์จริง เช่น รูปภาพ หุ่นจำลองหรือภาพยนตร์ ฯลฯ มาใช้ในการสอนก็สามารถทำให้นักเรียนเกิดความสัมพันธ์ทางความคิดด้วยตนเองทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์มาด้วยตนเองได้

2.3 ควรให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดจนส่งเสริมให้รู้จักคิดหาเหตุผล รู้จักสังเกต และรู้จักจำแนกลักษณะเฉพาะของสิ่งต่าง ๆ ออกมาให้เห็นอย่างเด่นชัด และเหล่านี้จะทำให้เขามีความรู้ ความเข้าใจเบื้องต้น อันจะนำไปสู่การสร้างมโนคติต่อไป

2.4 ควรเลือกใช้วิธีสอนให้เหมาะสมกับบทเรียนและนักเรียน

สมจิต สวอนไพบลีย์ (2526 : 62) กล่าวว่า การสอนมโนคติทางวิทยาศาสตร์ก็คือการจัดกิจกรรมของผู้สอนเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ทั้งส่วนที่เป็นตัวความรู้ประเภทมโนคติ และส่วนที่เป็นกระบวนการวิทยาศาสตร์ นับว่าเป็นการเสริมสร้างนิสัยในการแสวงหาความรู้ และฝึกฝนให้นักเรียน คิดเป็น ทำเป็น แก้ปัญหาเป็นนั่นเอง และได้เสนอแนะแนวทางในการสอนมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

1. ครูสร้างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องให้อยู่ในลักษณะที่น่าสงสัย ทำทนาย ขั้วๆ ให้นักเรียนแสวงหาความรู้

2. ครูสร้างคำถาม เพื่อนำทางนักเรียนไปสู่การแก้ปัญหา เช่น การแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ คำถามประเภทให้นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ คาคะเน คำตอบตามแนวทางของสมมติฐาน แล้วดำเนินการทดสอบหรือพิสูจน์สมมติฐานและสรุปผล

3. ครูพยายามให้นักเรียนสรุป เป็นมโนคติตามความเข้าใจของตนเองโดยอยู่ภายใต้การดูแลของครู

4. ครูควรจัดสถานการณ์ให้นักเรียนฝึกมโนคติที่ได้เรียนรู้กันไปแก้ปัญหาใหม่ เพื่อเสริมสร้างเกี่ยวกับการเรียนรู้มโนคตินั้น ๆ อย่างกว้างขวางและลึกยิ่งขึ้น

สรุป การสอนนักเรียนให้เกิดการเรียนรู้มโนคติต้องคำนึงถึงปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1. ตัวผู้เรียน คือ ความพร้อมของนักเรียนทั้งทางด้าน กาย จิตใจ สติปัญญา แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียน และความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน

2. วิธีการสอนของครู คือ ครูผู้สอนจะต้องใช้วิธีสอนที่เหมาะสมกับระดับความสามารถทางสติปัญญาของผู้เรียน เช่น สอนอย่างตรงไปตรงมา จัดลำดับเนื้อหาให้เหมาะสมจากส่วนย่อยไปหาส่วนใหญ่ หรือเริ่มจากสิ่งง่าย ๆ ที่อยู่ใกล้ตัวแล้วค่อยขยายวงกว้างออกไป โดยให้ส่งเสริมความคิดอย่างมีเหตุผลกับผู้เรียนอยู่ตลอดเวลา และที่สำคัญที่สุดครูควรเลือกวิธีสอนให้เหมาะสมสอดคล้องกับบทเรียนและกลุ่มของนักเรียน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนคติทางวิทยาศาสตร์กับการเรียนการสอน

1. งานวิจัยในประเทศ

เพล (Peel. 1968 : 724) ได้ทำการศึกษาการสอนมโนคติกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาในลรัฐนิวเจอร์ซีย์ โดยใช้วิธีสอน 3 แบบ คือ 1. การสอนแบบค้นพบด้วยตนเอง โดยไม่มีการแนะนำ 2. การสอนแบบแนะให้ค้นพบคำตอบด้วยตนเองด้วยการชี้แนะด้วยคำถามตามสถานการณ์เพื่อให้ทราบมโนคติด้วยตนเอง 3. แบบบอกมโนคติแล้วอธิบายหรือยกตัวอย่าง ผลปรากฏว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการสอนแบบแนะให้ค้นพบคำตอบด้วยตนเอง โดยใช้คำถามตามสถานการณ์ สามารถเรียนรู้มโนคติได้ดีที่สุด

บาบิเกียน (Babikian. 1971 : 201 - 209) ได้ศึกษาผลของวิธีสอนแบบค้นพบด้วยตนเอง วิธีสอนแบบปฏิบัติการ และวิธีสอนแบบบอกให้รู้ในการเรียนมโนคติทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับหลักของอาร์คิมิดีส กับนักเรียนเกรด 8 (ม.2) โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ระดับสติปัญญาสูง และระดับสติปัญญาดำ ผลปรากฏว่า กลุ่มที่ได้รับการสอนแบบบอกให้รู้และกลุ่มที่ได้รับการสอนแบบปฏิบัติการ มีผลสัมฤทธิ์ด้านมโนคติสูงกว่ากลุ่มที่ได้รับการสอนแบบค้นพบด้วยตนเอง และกลุ่มนักเรียนที่มีระดับสติปัญญาสูง มีผลสัมฤทธิ์ด้านมโนคติสูงกว่ากลุ่มที่มีระดับสติปัญญาดำ

ลอว์สัน (Lawson. 1973 : 3179-A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาวิชาทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมกับระดับสติปัญญาของผู้เรียน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมจากโรงเรียนไฮสคูลนอร์แมน รัฐโอคลาโฮมา โดยใช้วิธีสอนและเนื้อหาตามปกติ และให้นักเรียนที่เรียนชีววิทยา 51 คน เคมี 54 คน และฟิสิกส์ 33 คน ตอบคำถามจากแบบ

ทดสอบวัดระดับสติปัญญาของเพียเจต์ 4 เรื่อง คือ ความคงที่ของน้ำหนัก ความคงที่ของปริมาตร การแยกแยะตัวแปรและเสถียรภาพในการสมดุลย์ และสอบ 2 ครั้ง ผลปรากฏว่า 64.8 % ของนักเรียนที่เรียนชีววิทยายู่ในกลุ่มของพวกที่มีความคิดในเชิงรูปธรรม (Concrete Operational) 92 % ของนักเรียนที่เรียนเคมีและฟิสิกส์ จัดอยู่กลุ่มของพวกที่มีความคิดสูงกว่ากลุ่มเชิงรูปธรรม แต่ต่ำกว่ากลุ่มพวกที่มีความคิดเชิงนามธรรม (Formal or Abstract) จากการศึกษาครั้งนี้สรุปได้ว่า เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาไม่เหมาะสมกับระดับสติปัญญาของผู้เรียน นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับสติปัญญาอยู่ในระดับความคิดเชิงรูปธรรม แต่เนื้อหาวิชาทางวิทยาศาสตร์ในระดับนี้ส่วนใหญ่จะอยู่ในระดับนามธรรม

2. งานวิจัยในประเทศ

เกษม ศรีมาเดิม (2518 : 46) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ในด้านการเรียนในทัศนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในเขตการศึกษา 5 ปรากฏว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ด้านในทัศนทางวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน

เบญจวรรณ กองศิริ (2523 : 49) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ในการเรียนในทัศนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนเรื่อง "พลังงานและการเปลี่ยนแปลง" ตามหลักสูตรของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ในจังหวัดสระบุรี พบว่าผลสัมฤทธิ์ในการเรียนในทัศน ของนักเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่คาดหวัง

น้ำทิพย์ ฤกษ์ห่วย (2523 : 42) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ในการเรียนความคิดรวบยอดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาเคมี ตามหลักสูตรของ สสวท. พบว่า ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนในทัศนต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

ปรีชา กล้ารัศมี (2526 : 73 - 74) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนคลองหลวงวิทยา จังหวัดปทุมธานี โดยใช้รูปภาพและแผนภูมิกับนักเรียนที่เรียนโดยใช้อุปกรณ์การทดลองผลปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ด้านความคิดรวบยอด การแบ่งประเภท ด้านความสัมพันธ์ทางทฤษฎีและความคงทนในการเรียนทั้งสามด้าน ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกัน

สำนักทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2530 : 37) ได้ประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2527 จากคะแนนเต็ม 50 ผลปรากฏว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านความคิด (Cognitive Domain) ในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั่วประเทศ เฉลี่ยได้เท่ากับ 40.71

จิตติมา สุภักมณตรี (2531 : 26) ได้ศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี จำนวน 254 คน พบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในเรื่องการออสโมซิส ถึงร้อยละ 80.6

สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2532 : 45 - 48) ได้ศึกษาแนวความคิดที่คลาดเคลื่อน (Misconception) ในบทเรียนชีววิทยา เรื่อง การสังเคราะห์แสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในภาคต่าง ๆ ทั่วประเทศ จำนวน 1,297 คน พบว่า นักเรียนมีแนวความคิดที่คลาดเคลื่อนมากกว่าที่คาดหวัง เนื่องจากเนื้อหาในบทนี้เป็นนามธรรมเป็นส่วนใหญ่

สรุปจากเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่กล่าวถึงการเรียนการสอนให้เกิดมโนคติของนักวิชาการทางการศึกษาหลายท่านมีแนวทางคล้ายกัน คือ สอนแล้วให้นักเรียนสามารถสรุปมโนคติได้ด้วยตนเอง แต่การเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนปัจจุบันไม่ค่อยได้เน้นให้นักเรียนเกิดมโนคติด้วยตนเอง จึงทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านมโนคติต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

เพียเจต์เป็นนักจิตวิทยาชาวสวิสเซอร์แลนด์ผู้สร้างทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาเป็นคนแรกและได้กล่าวว่าสติปัญญา คือรูปแบบหนึ่งของการปรับตัว ซึ่งรวมถึงการจัดระเบียบของความรู้เพื่อให้เกิดความสมดุล (Equilibrium) เมื่ออินทรีย์ได้ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและผลจากที่อินทรีย์ปรับตัวต่อสิ่งแวดล้อมนั้นจะก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของระบบความรู้ และเกิดโครงสร้างการรับรู้ในสมอง เรียกว่า สกีมา (Schema) การเกิดสกีมานั้นเกิดจากกระบวนการปรับตัว 2 แบบ คือ กระบวนการปรับขยายความรู้ (Assimilation) และกระบวนการปรับขยายโครงสร้างการรับรู้ (Accommodation) กระบวนการปรับขยายความรู้ คือ

กระบวนการทางสติปัญญา ซึ่งอินทรีย์จะจัดผสมประสานความรู้หรือจัดวางความรู้ใหม่ หรือจัดเหตุการณ์ที่เป็นสิ่งเร้าให้เข้ากับความรู้เดิมที่มีอยู่แล้ว สำหรับกระบวนการปรับขยายโครงสร้างการรับรู้เป็นกระบวนการทางสติปัญญาที่อินทรีย์พยายามสร้างปรับปรุงโครงสร้างความรู้เดิมที่มีอยู่ให้เข้ากับสิ่งเร้าใหม่ที่อินทรีย์ไม่เคยพบมาก่อน การที่อินทรีย์จะพัฒนาสติปัญญาได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นต้องใช้กระบวนการทั้งสองนี้ควบคู่กันไปอย่างสมดุลย์ (Ginsberg and Oppen, 1969 : 13)

การพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กโดยวิธีการปรับขยายความรู้และปรับขยายโครงสร้างการรับรู้จะเกิดขึ้นเป็นระยะ ๆ ไปหรือเป็นขั้นตอน ถึงแม้ขั้นตอนนั้นจะเกิดขึ้นแก่เด็กทุกคน แต่ก็ได้หมายความว่า จะเกิดแก่เด็กที่อายุเท่า ๆ กันเสมอไป แต่จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความแตกต่างของเด็ก เช่น สภาวะแวดล้อม พันธุกรรม วัฒนธรรมประเพณีของเด็กแต่ละคน

พัฒนาการทางสติปัญญาตามแนวของ เพียเจต์ แบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ (พรณี ชูชัย, 2525 : 56 - 59)

1. ระดับประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensori-Motor Stage)

พฤติกรรมของเด็กวัยนี้ขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนไหวเป็นส่วนใหญ่ เป็นพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กเริ่มตั้งแต่แรกเกิดถึง 2 ปี โดยในระยะแรก ๆ การเคลื่อนไหวจะเป็นการตอบสนองโดยอัตโนมัติที่ง่าย ๆ เช่น การดูด การกำมือ เป็นต้น เมื่อเด็กอายุประมาณ 1 - 2 ปี เด็กจะเริ่มรู้จักประดิษฐ์วิธีการใหม่ ๆ เพื่อใช้แก้ปัญหาที่ตนไม่เคยประสบมาก่อนได้ ซึ่งเป็นการเริ่มต้นการรู้จักคิด

2. ระดับการคิดก่อนปฏิบัติการ (Preoperational Stage) แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

2.1 Preconceptual Thought (อายุ 2 - 4 ปี) เด็กวัยนี้มีส่วนเกี่ยวข้องกับเรื่องต่าง ๆ แล้วแต่ยังไม่สมบูรณ์และยังไม่มีเหตุผล ความคิด ความเข้าใจของเด็กขึ้นอยู่กับ การรับรู้เป็นส่วนใหญ่ เด็กไม่มีความเข้าใจในเรื่องการอนุรักษ์

2.2 Intuitive Thought (อายุ 4 - 7 ปี) หลังจากอายุ 4 ปี การคิดของเด็กจะมีเหตุผลขึ้น แต่การคิดออกมาในลักษณะของการรับรู้มากกว่าความเข้าใจ เด็กเริ่มมีความสนใจอยากซักถามมากขึ้น เริ่มเลียนแบบพฤติกรรมผู้ใหญ่ที่อยู่รอบข้าง

3. ระดับปฏิบัติการด้วยรูปธรรม (Concrete Operational Stage) (อายุ 8 - 11 ปี) ความสามารถของเด็กวัยนี้จะมีพัฒนาการอยู่ในขั้นที่สามารถใช้สมองคิดอย่างมีเหตุผลดังที่เพียเจต์ เรียกว่า การปฏิบัติการ แต่การคิดอย่างมีเหตุผลนั้น ปัญหาจะต้องมีลักษณะเป็นรูปธรรม ความสามารถในการปฏิบัติการของเด็กในขั้นนี้ เช่น สามารถที่จะเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องความคงตัวของสิ่งต่าง ๆ (Conservation) โดยที่เด็กเข้าใจว่าของแข็งหรือของเหลวจำนวนหนึ่งแม้ว่าจะเปลี่ยนรูปร่างไปยังมีน้ำหนักหรือปริมาตรเท่าเดิม สามารถที่จะเข้าใจความสัมพันธ์ของส่วนย่อยส่วนรวม ลักษณะเด่นของเด็กวัยนี้ คือความสามารถในการคิดย้อนกลับ (Reversibility) เด็กจะมีความเข้าใจเกี่ยวกับการแบ่งหมวดหมู่ การจัดหมวดหมู่โดยมีเกณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่งเป็นหลัก

4. ระดับการปฏิบัติการด้วยนามธรรม (Formal Operational Stage) (อายุ 11 - 15 ปี) เด็กจะมีพัฒนาการด้านความรู้ความเข้าใจถึงระดับสูงสุด และมีความสามารถที่จะคิดอย่างมีเหตุผลกับปัญหาทุกชนิด สามารถคิดนอกเหนือจากข้อมูลที่มีอยู่ คิดแบบนามธรรมได้ มีลักษณะคิดแบบการตั้งสมมติฐาน (Hypothetical Deductive Thought) สามารถคิดย้อนกลับได้อย่างสมบูรณ์ สามารถหาความรู้ให้ลักษณะที่เป็นวิทยาศาสตร์และสร้างสมมติฐานในการแก้ปัญหาได้

อนึ่ง ระดับพัฒนาการทางสติปัญญานั้นที่อยู่ระหว่างขั้นปฏิบัติการด้วยรูปธรรม และขั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรม หรือขั้นตอนนี้เป็นระดับสติปัญญานี้ทั่วแล้วทั่วต่อระหว่างการก้าวจากระดับสติปัญญานี้ปฏิบัติการด้วยรูปธรรมไปสู่ระดับสติปัญญานี้ปฏิบัติการด้วยนามธรรม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้สังเกตได้จากความสามารถของเด็ก 2 ประการ คือ ความสามารถในการคิดย้อนกลับทั้ง 2 กฎ พร้อมกัน (Coordination of the Two Reversibility Rules) และการแสดงออกถึงศักยภาพของการกระทำ (Representation of Potential Actions) เพียเจต์ กล่าวว่า เด็กที่มีระดับพัฒนาการทางสติปัญญานี้ปฏิบัติการรูปธรรม สามารถแก้ปัญหาที่ต้องใช้กฎการย้อนกลับทั้งสองพร้อมกันได้ ความสามารถในการประสานกฎการย้อนกลับ ทั้งสองนี้ถือว่าเป็นกุญแจของการ เปิด ไปสู่ระดับพัฒนาการทางสติปัญญานี้ปฏิบัติการด้วยนามธรรมและการแสดงออกถึงศักยภาพของการกระทำ ช่วยให้สติปัญญามีความเป็นรูปธรรมน้อยลง เพราะขณะที่

เด็กมีระดับพัฒนาการทางสติปัญญานับปฏิบัติการด้วยรูปธรรม ถูกจำกัดการแสดงออกของการกระทำ อยู่ในขีดขั้นที่เขาสามารถจะแสดงออกมาได้จริง ๆ เท่านั้น ส่วนเด็กที่มีระดับสติปัญญานับปฏิบัติการด้วยนามธรรมไม่ถูกจำกัดแค่นั้น ด้วยเหตุนี้เด็กที่มีระดับพัฒนาการทางสติปัญญานับปฏิบัติการด้วยนามธรรมจึงสามารถแก้ปัญหาซึ่งเป็นปัญหาที่รวมเอาองค์ประกอบที่มองไม่เห็นได้ เช่น เรื่องแรงเสียดทาน เป็นต้น (Brainerd. 1978 : 264)

จากแนวคิดตามทฤษฎีของเพียเจต์นี้ จรรยา สุวรรณทัต (2519 : 2 - 3) ได้กล่าวถึงพัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดของเด็กไทย ซึ่งปรากฏว่าเด็กไทยมีพัฒนาการขั้นตอนทางสติปัญญาช้ากว่าเด็กยุโรปตะวันตกประมาณ 2 - 3 ปี สาเหตุที่ทำให้พัฒนาการทางสติปัญญาและความคิดแตกต่างกัน ส่วนหนึ่งเป็นเพราะประสบการณ์ที่นักเรียนได้รับจากโรงเรียนมักไม่ค่อยเอื้อต่อการที่จะพัฒนาความคิด กล่าวคือ ครูไม่ได้สอนให้เด็กรู้จักคิด แต่มักจะสอนเน้นไปในด้านจดจำข้อเท็จจริงต่าง ๆ จึงทำให้เด็กขาดทักษะในการคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยอาศัยเหตุผลทางตรรกศาสตร์

จากเอกสารที่กล่าวมาอาจสรุปได้ว่า พัฒนาการทางสติปัญญาดังกล่าวมาทั้งหมด ยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบสำคัญอีก 4 ประการ คือ วุฒิภาวะ ประสบการณ์ทางกายภาพ ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม และการทำให้เกิดสภาพความสมดุล ซึ่งองค์ประกอบทั้ง 4 ประการนี้จะทำให้เด็กมีพัฒนาการทางสติปัญญาเร็วหรือช้าต่างกัน แต่ระดับสติปัญญายังคงพัฒนาไปตามขั้นตอน ไม่มีข้ามขั้นตอนเร็วหรือช้า จะขึ้นอยู่กับช่วงอายุของเด็ก เชื้อชาติ วัฒนธรรม ภาษา และอื่น ๆ รวมทั้งประสบการณ์ทางการเรียนรู้ด้วย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

นักการศึกษาจำนวนมากได้สนใจและศึกษาทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ เพื่อที่จะศึกษาว่าพัฒนาการขั้นต่าง ๆ ทางสติปัญญาของมนุษย์เป็นไปตามทฤษฎีที่เพียเจต์เสนอไว้หรือไม่ เพื่อที่นำผลการวิจัยไปปรับปรุงการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับวัยและวุฒิภาวะของเด็กนักเรียน ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพัฒนาการทางสติปัญญาที่นักการศึกษาทั้งในประเทศและต่างประเทศได้ศึกษาไว้โดยเฉพาะกับเด็กในระดับอายุ 11 - 15 ปี ซึ่งอยู่ในขั้นการคิดแบบนามธรรม

1. งานวิจัยในต่างประเทศ

ยูนิสส์ และดีน (Youniss and Dean. 1974 : 1020 - 1031) ได้ศึกษาการคิดหาเหตุผลตามทฤษฎีของเพียเจต์ กับเด็กเกาหลี และเด็กคอสตาริกา โดยเปรียบเทียบระหว่างอายุและสังคม พบว่า (1) เด็กที่มีอายุต่างกัน สภาพแวดล้อมต่างกัน มีการคิดหาเหตุผลตามหลักกอนุรักษ์ต่างกัน (2) เด็กในเมืองที่มีอายุ 11 - 12 ปี มีการใช้เหตุผลตามหลักการอนุรักษ์ดีกว่าเด็กอายุ 8 - 9 ปี

ไนยติ (Nyiti. 1976 : 1122 - 1129) ได้ศึกษาเด็กเบรู ที่เข้าเรียนหนังสือ 72 คน และไม่ได้เรียนหนังสือ 67 คน อายุระหว่าง 8 - 14 ปี โดยใช้ทฤษฎีของเพียเจต์ ทดสอบการคิดหาเหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์ พบว่า เด็กที่เข้าเรียนหนังสือและไม่เข้าเรียนหนังสือพัฒนาการทางสติปัญญาไม่แตกต่างกัน และเมื่อใช้เกณฑ์ร้อยละ 75 ตัดสินพบว่า มีการอนุรักษ์มวลสาร เมื่ออายุ 11 ปี และปริมาตรเมื่ออายุ 14 ปี แสดงว่าลำดับการอนุรักษ์เป็นไปตามทฤษฎีของเพียเจต์

คิลเลียน (Killian. 1979 : 350 - 377) ได้ศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญาระดับชั้นการศึกษาแบบนามธรรมของนักศึกษาในระดับวิทยาลัย โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ของวิทยาลัยเมโทรโพลิตัน มลรัฐโคโลราโด โดยใช้แบบทดสอบพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ พบว่า นักศึกษาจำนวน ร้อยละ 15 มีพัฒนาการอยู่ในขั้นการคิดแบบรูปธรรมจำนวนร้อยละ 60 อยู่ในขั้นการคิดแบบกึ่งนามธรรม และจำนวนร้อยละ 25 อยู่ในขั้นการคิดแบบนามธรรม

นอกจากนั้นพัฒนาการทางสติปัญญาจะดำเนินไปอย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ยังขึ้นอยู่กับระดับอายุและประสบการณ์อีกด้วย ดังงานวิจัยของ พอลล์แลนด์ (Pallrand. 1979 : 445 - 451) ซึ่งได้ศึกษาขั้นการคิดแบบต่อเนื่อง กำลังเปลี่ยนแปลงไปสู่ขั้นการคิดแบบนามธรรม โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง ที่มีอายุต่างกัน ดังนี้ กลุ่มแรก เป็นเด็กนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีอายุระหว่าง 12 ปี ถึง 15 ปี 10 เดือน กลุ่มสอง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีอายุระหว่าง 15 ปี 11 เดือน ถึง 17 ปี 11 เดือน กลุ่มสาม เป็นนักเรียนระดับวิทยาลัยอายุระหว่าง 18 ปี ถึง 23 ปี โดยใช้แบบทดสอบพัฒนาการทางสติปัญญา 10 ข้อ จากผลการวิจัย

พบว่า กลุ่มที่ 2, 3 มีพัฒนาการทางสติปัญญาอยู่ในขั้นการคิดแบบนามธรรมอย่างสมบูรณ์มากกว่ากลุ่มแรก ซึ่งกลุ่มแรกจะอยู่ในขั้นเริ่มแรกของขั้นการคิดแบบนามธรรม

นอกจากนี้ ชีบเพตตา (Chiappetta. 1976 : 253 - 261) ได้สำรวจและรวบรวมผลการศึกษาค้นคว้าพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ที่มีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาและระดับวิทยาลัย พบว่า ระดับสติปัญญาการเรียนรู้นี้มีความสัมพันธ์ต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และงานวิจัยส่วนใหญ่แสดงให้เห็นว่า ระดับสติปัญญาการเรียนรู้นี้ขั้นการคิดด้านนามธรรมอยู่ระหว่างอายุ 15 - 20 ปี และให้ข้อเสนอแนะว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้น ทั้งเนื้อหา วิธีสอน ตลอดจนวิธีการทดลองต่าง ๆ จะต้องคำนึงถึงระดับสติปัญญาการเรียนรู้นี้ขั้นการคิดแบบรูปธรรม ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่จะอยู่ขั้นนี้ ดังนั้นเป้าหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องส่งเสริมให้เด็กสามารถพัฒนาสติปัญญาการเรียนรู้นี้จากขั้นการคิดแบบรูปธรรมไปสู่ขั้นการคิดแบบนามธรรมได้ และหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่ดี จะต้องตัดเนื้อหาส่วนที่เป็นนามธรรมและคำนวณให้น้อยลง และเน้นการปฏิบัติให้มาก โดยเริ่มจากส่วนที่เป็นรูปธรรมก่อน ดังงานวิจัยที่เกี่ยวกับการทดลองของ แคนทูและเฮอร์รอน (Cantu and Herron. 1978 : 135 - 143) ได้ศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ในขั้นการคิดแบบรูปธรรมและนามธรรม กับการเรียนรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (Science Concept) เพื่อจะดูว่าการรับรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในด้านการปฏิบัติการแบบรูปธรรมกับการรับรู้แบบนามธรรมนั้นเป็นอย่างไร โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาและนักศึกษาในวิทยาลัย จำนวน 137 คน มีอายุเฉลี่ย 16.25 ปี ใช้เวลาดำเนินการวิจัย 6 สัปดาห์ โดยทดลองสอนเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ให้ แล้วทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ พบว่านักเรียนที่มีการรับรู้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบบปฏิบัติการด้วยรูปธรรมได้ดีกว่าการรับรู้แบบนามธรรม ฉะนั้นการที่จะให้นักเรียน พัฒนาความคิดตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ควรสอนแบบปฏิบัติการด้วยรูปธรรม

พีเบิร์น (Piburn. 1980 : 443 - 448) ได้ศึกษาความสามารถพิเศษที่สัมพันธ์กับระดับสติปัญญาการเรียนรู้นี้และผลสัมฤทธิ์ในวิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนนิวซีแลนด์ ด้วยการใช้อุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนเกรด 5 จำนวน 34 คน ใช้แบบทดสอบ 3 ฉบับ คือ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 60 ข้อ แบบทดสอบวัดความสามารถพิเศษ และแบบทดสอบกิจกรรมสัมพันธ์ของ เพียเจต์ 2 ข้อ พบว่า นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาการเรียนรู้นั้นการคิดแบบนามธรรมจะได้คะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่า นักเรียนที่มีสติปัญญาในระดับรูปธรรม

2. งานวิจัยในประเทศ

งานวิจัยเกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ในประเทศไทยที่ศึกษากับเด็กที่มีอายุระหว่าง 11 - 15 ปี ซึ่งอยู่ในขั้นการคิดแบบนามธรรม เด็กจะมีพัฒนาการทางความคิดสูงสุด สามารถเข้าใจเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ในส่วนที่เป็นนามธรรมได้ ดังผลงานวิจัยของวิรัช จาปนอม (2520 : 60) ได้ศึกษาการคิดหาเหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์กับการคิดหาเหตุผลเชิงจริยธรรมของนักเรียน อายุ 13 ปี และ 15 ปี พบว่ากลุ่มตัวอย่างอายุ 15 ปี มีความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์สูงกว่ากลุ่มตัวอย่างอายุ 13 ปี

วิเชียร ทองนุช (2521 : 106 - 110) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการคิดหาเหตุผลตามหลักการอนุรักษ์และการให้เหตุผลเชิงจริยธรรมของนักเรียนที่มีการอบรมเลี้ยงดูและภูมิหลังทางสังคมต่างกัน โดยศึกษาในนักเรียนอายุ 9 - 12 ปี พบว่า เด็กที่ได้รับการอบรมเลี้ยงดูต่างกัน และมีระดับอายุต่างกัน จะมีความสามารถในการคิดหาเหตุผลตามหลักการอนุรักษ์ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยนักเรียนอายุ 10 - 11 ปี มีความสามารถในการคิดหาเหตุผล ตามหลักการอนุรักษ์สูงกว่านักเรียนอายุ 9 - 10 ปี และนักเรียนอายุ 11 - 12 ปี มีความสามารถในการคิดหาเหตุผลตามหลักการอนุรักษ์สูงกว่านักเรียนอายุ 10 - 11 ปี และนักเรียนอายุ 9 - 10 ปี

จิษฎา สุวรรณวงศ์ (2522 : 57 - 59) ได้ศึกษาพัฒนาการด้านสังคมกับการคิดขั้นนามธรรมในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ของเด็กในเมืองกับเด็กในชนบท โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นมีอายุระหว่าง 13 - 16 ปี พบว่า นักเรียนที่มีอายุต่างกันจะมีสังคมกับในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ด้านต่าง ๆ ได้แก่ แรงกด ความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางกับเวลาและอัตราการเร่ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่เด็กในเมืองกับชนบทมีสังคมกับในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ด้านการคิดขั้นนามธรรมไม่แตกต่างกัน

ยุพา วีระไวทยะ (Viravaithaya, 1980 : 4351 - A) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับสติปัญญาการเรียนรู้กับผลสัมฤทธิ์ในวิชาชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ม.ศ.4) พบว่า ระดับสติปัญญาการเรียนรู้กับผลสัมฤทธิ์ในวิชาชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และคณิตศาสตร์มีความสัมพันธ์กัน กลุ่มนักเรียนที่มีขั้นการคิดแบบกึ่งนามธรรมและขั้นการคิดแบบรูปธรรม และกลุ่มนักเรียนขั้นการคิดแบบกึ่งนามธรรมและขั้นการคิดแบบรูปธรรม มีผลสัมฤทธิ์ในวิชาเหล่านี้ไม่แตกต่างกัน

พรพิมล สกลคุ (2525 : 65) ได้ศึกษาผลของการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ม.4) ที่มีระดับการเรียนรู้ต่างกัน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนอุดรพิทยานุกูล จังหวัดอุดรธานี พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนที่มีระดับสติปัญญาการเรียนรู้ต่างกันแตกต่างกัน กลุ่มนักเรียนที่มีระดับการเรียนรู้ขั้นการคิดแบบนามธรรมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาสูงกว่าทุกกลุ่ม ส่วนกลุ่มนักเรียนที่มีระดับการเรียนรู้ขั้นการคิดแบบกึ่งนามธรรมมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาสูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่มีระดับสติปัญญาขั้นการคิดแบบรูปธรรม

ณรงค์ พ่วงศรี (2525 : 47 - 49) ได้ศึกษาโดยใช้แบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผลกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.4, ม.ศ.4, ม.ศ.5) จากโรงเรียนรัฐบาลในกรุงเทพมหานคร พบว่า จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 612 คน นักเรียนร้อยละ 12 อยู่ในระดับพัฒนาการขั้นปฏิบัติการด้านรูปธรรม ร้อยละ 42 อยู่ในส่วนต่อเนื่อง และร้อยละ 45 อยู่ในส่วนปฏิบัติการด้วยนามธรรม

ปราโมทย์ ศรีดี (2528 : 82) ได้ศึกษาการพัฒนาการทางสติปัญญาการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในเขตการศึกษา 7 จำนวน 1,152 คน ผลปรากฏว่านักเรียนที่มีพัฒนาการทางสติปัญญาการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ อยู่ในส่วนการคิดและปฏิบัติการแบบรูปธรรม ร้อยละ 56.5 อยู่ในส่วนต่อเนื่องร้อยละ 37.2 และอยู่ในส่วนการคิดและปฏิบัติการขั้นนามธรรมร้อยละ 6.3

จากงานวิจัยดังกล่าวสรุปได้ว่า

1. เด็กนักเรียนช่วงอายุ 11 - 15 ปี อยู่ในระดับการปฏิบัติการด้วยนามธรรม สามารถเข้าใจเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ในส่วนที่เป็นนามธรรมได้
2. เด็กนักเรียนที่มีระดับอายุเท่ากัน อาจอยู่ในระดับพัฒนาการทางสติปัญญาที่ต่างกัน แต่จะมีลำดับขั้นการพัฒนาการต่อเนื่องกันไป
3. พัฒนาการทางสติปัญญาจะดำเนินไปอย่างสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขึ้นอยู่กับระดับอายุ ประสบการณ์ ขนบธรรมเนียมประเพณี เชื้อชาติ วัฒนธรรม ภาษา และสภาพเศรษฐกิจสังคมของเด็ก
4. เด็กนักเรียนในช่วงการคิดขั้นนามธรรม สามารถคิดหาเหตุผลทางด้านตรรกศาสตร์ได้

จากงานวิจัยดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางในการที่จะเลือกเด็กนักเรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ เพราะถือว่านักเรียนในระดับนี้อยู่ในขั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรม สามารถเข้าใจเนื้อหา วิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิสซึ่งในส่วนใหญ่เป็นนามธรรมและนักเรียนสามารถคิดหาเหตุผลทางด้านตรรกศาสตร์ได้

สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า

1. ระดับความสามารถทางสติปัญญากับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิส มีความสัมพันธ์กัน
2. นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกันมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ในเนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิสแตกต่างกัน

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการในเรื่องต่าง ๆ ตามขั้นตอนดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร จากประชากรดังกล่าว ผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างมาจำนวน 480 คน ด้วยวิธีดังนี้

1.1 เลือกโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษาในกรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2535 ภาคเรียนที่ 1 จาก 8 กลุ่มโรงเรียนมากกลุ่มละ 2 โรงเรียน โดยการสุ่มอย่างง่าย ด้วยวิธีจับฉลากได้โรงเรียน 16 โรงเรียน (ดังแสดงในภาคผนวก ก)

1.2 จากโรงเรียนที่สุ่มได้ตาม 1.1 จะทำการสุ่มด้วยวิธีจับฉลากมา โรงเรียนละ 1 ห้องเรียน ได้ 16 ห้องเรียน และทำการสุ่มนักเรียน 30 คน จากห้องเรียน แต่ละห้องเรียนนั้นโดยวิธีจับฉลาก

จากการเลือกกลุ่มตัวอย่าง ตาม 1.1 และ 1.2 ได้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 480 คน

2. เครื่องมือและการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ชนิด คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านเมโนติ เรื่อง การออสโมซิส ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง และแบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผลของ ฌรงค์ พ่วงศรี (2525 : 66 -79)

2.1 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านเมโนติ เรื่อง การออสโมซิส (Osmosis)

ผู้วิจัยสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านเมโนติ ในวิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิส โดยจะดำเนินการดังนี้

2.1.1 กำหนดโครงสร้างของมโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่อง

การออสโมซิส จากหลักสูตรวิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งจัดทำโดยสถาบันส่งเสริม
การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (กระทรวงศึกษาธิการ. 2534 : 15 - 42)
ซึ่งกำหนดได้ 15 มโนคติ (Concepts) ดังนี้ คือ

- 2.1.1.1 อณูภาคของสารที่เป็นของเหลวหรือก๊าซสามารถเคลื่อนที่ได้เอง
- 2.1.1.2 การเคลื่อนที่ของอณูภาคของสารเป็นแบบสุ่ม ไม่มีทิศทางที่แน่นอน
- 2.1.1.3 อณูภาคของสารที่เป็นก๊าซหรือของเหลวจะเคลื่อนที่ตลอดเวลา
- 2.1.1.4 ในสารละลาย อณูภาค (โมเลกุล) ของน้ำมีการเคลื่อนที่
- 2.1.1.5 ในสารละลาย อณูภาค (โมเลกุล) ของน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลายและอณูภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลายต่างก็เคลื่อนที่
- 2.1.1.6 ในสารละลาย การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำที่เป็นตัวทำละลายกับการเคลื่อนที่ของอณูภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลายต่างก็เป็นอิสระจากกัน
- 2.1.1.7 ในสารละลายอณูภาคของน้ำและอณูภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลายจะมีการชนกันเองและชนกันระหว่างโมเลกุลของสาร
- 2.1.1.8 ความเข้มข้นของสารละลายขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอณูภาคของน้ำและอณูภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลาย
- 2.1.1.9 การแพร่เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ของอณูภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลาย
- 2.1.1.10 การแพร่เกิดขึ้นได้ถ้าอณูภาคสารในที่ 2 แห่งไม่เท่ากัน
- 2.1.1.11 การเคลื่อนที่ของน้ำผ่าน "เยื่อเลือกผ่าน" เรียกว่ากระบวนการออสโมซิส

2.1.1.12 ขณะที่เกิดกระบวนการออสโมซิสจะมีการเคลื่อนที่ของน้ำเข้าและออกผ่านเยื่อเลือกผ่าน

2.1.1.13 การออสโมซิสเกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำระหว่างสารละลายที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันผ่านเยื่อเลือกผ่าน

2.1.1.14 ในสารละลาย อนุภาคอิสระของน้ำทำให้เกิดแรงดัน

2.1.1.15 แรงดันออสโมติก จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลาย

2.1.2 ร่างข้อคำถามเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์มีโนเมติ ตามข้อ 2.1.1 มีโนเมติละ 2 - 4 ข้อ โดยใช้คำถามแบบเลือกตอบแต่ละข้อมี 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ แล้วนำไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบพิจารณาว่า ร่างข้อคำถามนั้นวัดได้เที่ยงตรงตามโครงสร้างที่กำหนดไว้หรือไม่ ผู้ทรงคุณวุฒิดังกล่าวมีจำนวน 5 คน คือ รองศาสตราจารย์สมจิต สมิตพันธ์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทราพรหมบุญ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร อาจารย์นันทยา บุญเคลือบ หัวหน้าสาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อาจารย์รัชนี้ วุฒิกิติ อาจารย์ 3 ระดับ 8 โรงเรียนศึกษานารี อาจารย์เชาวนี อยะวงศ์ โรงเรียนมัธยมสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

2.1.3 นำข้อคำถามวัดผลสัมฤทธิ์ด้านมีโนเมติ เรื่อง ออสโมซิส ที่ผ่านการตรวจพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ ตาม 2.1.2 มาให้กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบพิจารณาความเหมาะสมแล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ จำนวน 100 คน (จากโรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี จำนวน 35 คน โรงเรียนพระโขนงพิทยาลัย จำนวน 35 คน และโรงเรียนพุทธบูชา จำนวน 30 คน)

2.1.4 นำผลจากการทดลองใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์มีโนเมติ ในข้อ 2.1.3 มาหาค่าอำนาจจำแนก โดยวิธีของ จุง เทห์ ฟาน (Fan, 1952 : 6 - 32) และเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.25 ขึ้นไปไว้ จำนวน 40 ข้อ (ดังแสดงในภาคผนวก ก)

2.1.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านโมโนติจาก 2.1.4 ไปใช้ทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ประมาณ 100 คน ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง (จากโรงเรียนสุรศักดิ์มนตรี จำนวน 35 คน โรงเรียนพระโขนงพิทยาลัย จำนวน 35 คน และโรงเรียนพุทธบูชา จำนวน 30 คน) เพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 (Kuder-Richardson-20) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2531 : 168) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.88

2.1.6 นำแบบทดสอบที่วิเคราะห์คุณภาพแล้วนำไปจัดพิมพ์เพื่อใช้ในการทดสอบกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ต่อไป

2.2 แบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผล (ใช้สำหรับทดสอบนักเรียนเพื่อเป็นเกณฑ์ในการแบ่งระดับพัฒนาการทางสติปัญญาเป็นระดับต่าง ๆ) ใช้แบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผล (Logical Reasoning) ของ ฝรั่งค์ พ่วงศรี (2525 : 66 - 79) ที่ใช้วัดระดับพัฒนาการทางสติปัญญาตามแนวทฤษฎีของเพียเจต์ (Piaget) โดยจะนำแบบทดสอบนี้มาสอบหาความเชื่อมั่นใหม่อีกครั้ง กับนักเรียนกลุ่มเดียวกันกับที่ใช้ในการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านโมโนติโดยใช้สูตร KR-20 (Kuder-Richardson-20) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87 แล้วนำแบบทดสอบที่ผ่านการวิเคราะห์แล้วนั้น ไปจัดพิมพ์เพื่อใช้ในการทดสอบกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ต่อไป

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการนำแบบทดสอบวัดความคิดอย่างมีเหตุผล และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านโมโนติ ไปทดสอบนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง หลังจากเรียนบทเรียนเรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตจบแล้วในโรงเรียนทั้ง 18 โรงเรียน ด้วยตนเอง และมีครูสอนวิชาชีววิทยาในโรงเรียนนั้น ๆ เป็นผู้รวบรวมข้อมูลโดยแยกทดสอบฉบับละ 1 ครั้ง ๆ ละ 1 คาบเรียน (50 นาที) และทำการทดสอบในวันเดียวกัน ในการนี้ได้นัดหมายกับทางโรงเรียนไว้เป็นการล่วงหน้า โดยมีหนังสือราชการจากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ติดต่อขอความอนุเคราะห์ไปยังโรงเรียนมัธยมศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับความมุ่งหมายของการวิจัยดังนี้

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดระดับความยากง่ายของมโนคติ

ผู้วิจัยตรวจให้คะแนนคำตอบของนักเรียนเป็นรายคน โดยเมื่อตอบถูกให้

1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบ ให้ 0 คะแนน แล้วรวมคะแนนเป็นรายมโนคติ นำคะแนนในแต่ละมโนคติของนักเรียน มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานแล้วใช้ค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) มาจัดระดับความยากง่ายของมโนคติ กล่าวคือ มโนคติที่มีค่าเฉลี่ยสูงจัดเป็นมโนคติที่ง่าย และมโนคติที่มีค่าเฉลี่ยต่ำลง ไปจัดเป็นมโนคติที่ยาก ขึ้นไปตามลำดับ

4.2 การศึกษาความสัมพันธ์ของระดับพัฒนาการทางความคิดกับผลสัมฤทธิ์ด้านมโนคติ เรื่อง ออสโมซิส

ผู้วิจัยคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Pearson Product Moment ระหว่างคะแนนระดับพัฒนาการทางสติปัญญา (Cognitive Ability) กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ด้านมโนคติทั้ง 15 มโนคติ

4.3 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านมโนคติ เรื่อง ออสโมซิส ของนักเรียนที่มีระดับพัฒนาการทางความคิดแตกต่างกัน

ผู้วิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านมโนคติ เรื่อง ออสโมซิส ของนักเรียน 3 กลุ่ม ซึ่งจำแนกตามระดับพัฒนาการทางสติปัญญา กล่าวคือ ระดับปฏิบัติการด้วยรูปธรรม (Concrete Operation) ระดับต่อเนื่อง (Transition) และระดับปฏิบัติการด้วยนามธรรม (Formal Operation) โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ในการนี้แยกเปรียบเทียบเป็นรายมโนคติ และโดยคะแนนรวม ในกรณีที่พบความแตกต่างจากการวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้ทำการตรวจสอบหาความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วย วิธีเชฟเฟ้ (Sheffé Method)

การคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน (เช่น ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์) การวิเคราะห์ความแปรปรวน และการทดสอบรายคู่ด้วยวิธีของ

เซฟเฟ่ กระทำโดยใช้คอมพิวเตอร์ ของโครงการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

5. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในส่วนของการหาอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ขั้นต้น เรื่อง การออสโมซิส โดยใช้หลักการตัดกลุ่ม 27% และเปิดตารางสำเร็จของ จุง เทห์ ฟาน (Fan. 1952 : 32)

5.2 หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ขั้นต้น เรื่อง การออสโมซิส และแบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผลทั้ง 2 ฉบับ ใช้วิธี KR-20 (Kuder-Richardson-20) (ส่วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2528 : 168) จากสูตรดังนี้

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{pq}{s_t^2} \right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

n แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ

p แทน สัดส่วนของผู้ที่ทำถูกในข้อหนึ่ง ๆ = $\frac{\text{จำนวนคนที่ทำถูก}}{\text{จำนวนคนทั้งหมด}}$

q แทน สัดส่วนของผู้ที่ทำผิดในข้อหนึ่ง ๆ หรือ $1 - p$

s_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบฉบับนั้น

5.3 สถิติที่ใช้ในการจัดลำดับความยากง่ายของมโนคติ เรื่อง การออสโมซิส
ใช้ค่าเฉลี่ยและความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

5.3.1 ค่าเฉลี่ย ใช้สูตร

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนน

N แทน จำนวนคน

(ลัวัน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2531 : 59)

5.3.2 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation=S.D.)

ใช้สูตร

$$SD = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N}}$$

เมื่อ SD แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

X แทน คะแนนแต่ละรายการของข้อมูล

N แทน จำนวนคน

5.4 สถิติที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางสติปัญญา กับผลสัมฤทธิ์ด้านคณิต เรื่อง ออสมิซิส ใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ Pearson - Product Moment Correlation ตามสูตร

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

เมื่อ r_{tt} แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
 X แทน คะแนนดิบของตัวแปร X
 Y แทน คะแนนดิบของตัวแปร Y
 n แทน จำนวนคู่ของข้อมูล

(ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2531 : 70)

5.5 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านคณิต เรื่อง ออสมิซิส ของนักเรียนที่มีระดับพัฒนาการทางสติปัญญาต่างกัน ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนตามสูตร

$$F = \frac{MS_b}{MS_w}$$

เมื่อ F แทน ค่าสถิติของการแจกแจงแบบ F (F-distributions)
 MS_b แทน ความแปรปรวนระหว่างกลุ่ม
 MS_w แทน ความแปรปรวนภายในกลุ่ม

(ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2531 : 95)

และเมื่อพบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจากการทดสอบค่า F (F-test) จะทำการทดสอบรายคู่ด้วยวิธีของ เชฟเฟ้ (Sheffe Method) (Glass and Stanley. 1970 : 389)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่นำเสนอในบทนี้จะนำเสนอเป็นตอน ตามลำดับความมุ่งหมายของการวิจัยดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดลำดับความยากง่ายของมโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิส

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางสติปัญญากับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้มโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิส

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้มโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิส ของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน

ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าวจะนำเสนอในรูปของตารางพร้อมด้วยคำอธิบายสรุปท้ายตาราง ทั้งนี้โดยใช้รหัสและสัญลักษณ์ดังนี้

1. รหัสสำหรับมโนคติและระดับความสามารถทางสติปัญญา

ในแต่ละตารางใช้รหัสตัวเลขแทนมโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิสดังนี้

รหัส 1 แทนมโนคติที่ 1 อนุภาคของสารที่เป็นของเหลวหรือก๊าซสามารถเคลื่อนที่ได้เอง

รหัส 2 แทนมโนคติที่ 2 การเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารเป็นแบบสุ่ม ไม่มีทิศทางที่แน่นอน

รหัส 3 แทนมโนคติที่ 3 อนุภาคของสารที่เป็นก๊าซหรือของเหลวจะเคลื่อนที่ตลอดเวลา

รหัส 4 แทนมโนคติที่ 4 ในสารละลาย อนุภาค (โมเลกุล) ของน้ำมีการเคลื่อนที่

รหัส 5 แทนมโนคติที่ 5 ในสารละลาย อนุภาค (โมเลกุล) ของน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลายและอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลายต่างก็เคลื่อนที่

รหัส 6 แทนแนวคิดที่ 6 ในสารละลาย การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำที่เป็นตัวทำละลายกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลายต่างก็เป็นอิสระจากกัน

รหัส 7 แทนแนวคิดที่ 7 ในสารละลายอนุภาคของน้ำและอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลายจะมีการชนกันเองและชนกันระหว่างโมเลกุลของสาร

รหัส 8 แทนแนวคิดที่ 8 ความเข้มข้นของสารละลายขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของอนุภาคของน้ำและอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลาย

รหัส 9 แทนแนวคิดที่ 9 การแพร่เกิดขึ้นเนื่องจากการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลาย

รหัส 10 แทนแนวคิดที่ 10 การแพร่เกิดขึ้นได้ถ้าอนุภาคสารในที่ 2 แห่งไม่เท่ากัน

รหัส 11 แทนแนวคิดที่ 11 การเคลื่อนที่ของน้ำผ่าน "เยื่อเลือกผ่าน" เรียกว่ากระบวนการออสโมซิส

รหัส 12 แทนแนวคิดที่ 12 ขณะที่เกิดกระบวนการออสโมซิสจะมีการเคลื่อนที่ของน้ำเข้าและออกผ่านเยื่อเลือกผ่าน

รหัส 13 แทนแนวคิดที่ 13 การออสโมซิสเกิดจากการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำระหว่างสารละลายที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันผ่านเยื่อเลือกผ่าน

รหัส 14 แทนแนวคิดที่ 14 ในสารละลาย อนุภาคอิสระของน้ำทำให้เกิดแรงดัน

รหัส 15 แทนแนวคิดที่ 15 แรงดันออสโมติก จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลาย

C แทน ความสามารถทางสติปัญญาในระดับปฏิบัติการด้วยรูปธรรม

T แทน ความสามารถทางสติปัญญาในระดับต่อเนื่อง

F แทน ความสามารถทางสติปัญญาในระดับปฏิบัติการด้วยนามธรรม

2. สัญลักษณ์ทางสถิติ

ในแต่ละตารางใช้สัญลักษณ์ทางสถิติ ดังนี้

$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
S.D.	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
r	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน-โปรดคท์โมเมนต์
p	แทน	ความน่าจะเป็น
n	แทน	ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง
df	แทน	ขั้นแห่งความเป็นอิสระ (Degree of Freedom)
J	แทน	จำนวนกลุ่ม
F	แทน	ค่าสถิติของการแจกแจงแบบ F (F-distributions)
>	แทน	มากกว่า

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดระดับความยากง่ายของมโนคติในวิชาชีววิทยา
เรื่องการออสโมซิส

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดระดับความยากง่ายของมโนคติในวิชาชีววิทยา
เรื่องการออสโมซิส แสดงได้ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงผลการจัดลำดับความยากง่ายของมโนคติในวิชาชีพวิทยาเรื่องการออสโมซิส
โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยในการทําแบบทดสอบของนักเรียน

มโนคติ	ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$)	ความเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D.)	ระดับความยาก ง่ายจากค่าเฉลี่ย	ระดับความยากง่าย ของ Johnstone และ Mahmoud
1	2.19	0.62	3	1
2	2.38	0.68	1	2
3	2.25	0.64	2	3
4	1.80	0.46	5	4
5	1.68	0.48	7	5
6	1.73	0.47	6	6
7	1.99	0.67	4	7
8	1.66	0.50	8	8
9	1.57	0.53	9	9
10	1.51	0.64	10	10
11	1.17	0.76	11	11
12	0.81	0.71	12	12
13	0.64	0.76	13	13
14	0.41	0.62	15	14
15	0.59	0.92	14	15

จากตาราง 1 แสดงว่า โดยภาพรวมการจัดลำดับความยากง่ายของมโนคติในวิชาชีววิทยาเรื่องการออสโมซิส โดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยในการทําแบบทดสอบของนักเรียน มีความสอดคล้องกับลำดับความยากง่ายที่ Johnstone และ Mahmoud จัดไว้ และเมื่อพิจารณารายละเอียด พบว่าในจำนวนมโนคติ 15 มโนคติ มีอยู่ 8 มโนคติ ที่มีระดับของความยากง่ายตรงกับของ Johnstone และ Mahmoud ส่วนอีก 7 มโนคติ ซึ่งมีลำดับของความยากง่ายแตกต่างจากของ Johnstone และ Mahmoud ในจำนวนมโนคติที่มีความแตกต่างกัน 1 อันดับ มี 4 มโนคติ คือ มโนคติที่ 2, 3, 4, และ 14 มโนคติที่มีความแตกต่างกัน 2 อันดับ มี 2 มโนคติ คือ มโนคติที่ 1 และ 15 และมโนคติที่มีความแตกต่างกัน 3 อันดับ มี 1 มโนคติ คือ มโนคติที่ 7

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางสถิติคู่กับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้มโนคติในวิชาชีววิทยาเรื่อง การออสโมซิส

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางสถิติคู่กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้มโนคติในวิชาชีววิทยาเรื่องการออสโมซิส แสดงได้ดังตาราง 2

ตาราง 2 แสดงผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางสติปัญญากับผลสัมฤทธิ์
การเรียนรู้โมเดลในวิชาชีพวิทยา เรื่องการออสโมซิส โดยจำแนกเป็นรายโมเดลและโดย
คะแนนรวม

โมเดล	สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (r)	ความน่าจะเป็น (p)	ลำดับ
1	0.5183	0.00	6
2	0.5815	0.00	1
3	0.4862	0.00	9
4	0.3364	0.00	13
5	0.3530	0.00	11
6	0.4032	0.00	10
7	0.4872	0.00	8
8	0.3438	0.00	12
9	0.2873	0.00	15
10	0.3163	0.00	14
11	0.5612	0.00	4
12	0.5736	0.00	3
13	0.5571	0.00	5
14	0.4925	0.00	7
15	0.5794	0.00	2
คะแนนรวม	0.8313	0.00	

จากตาราง 2 แสดงว่า ระดับความสามารถทางสติปัญญา กับผลการเรียนรู้โมเดล ในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิส มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.00$) ทั้ง 15 โมเดล (เมื่อจำแนกเป็นรายโมเดล) และโดยคะแนนรวมทั้งนี้ในกรณีที่ศึกษาเป็น รายโมเดล พบว่า โมเดลที่มีความสัมพันธ์สูงกับระดับสติปัญญา 5 โมเดลแรก ได้แก่ โมเดล ที่ 2, 15, 12 11 และ 13 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.5815, 0.5794, 0.5736, 0.5012 และ 0.5571 ตามลำดับ

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โมเดลในวิชา ชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิส ของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โมเดลในวิชา ชีววิทยา เรื่องการออสโมซิส ของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน แสดงได้ดังตาราง 3

ตาราง 3 แสดงผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ในวิชาชีววิทยา เรื่อง การออกซิเมลิซของนกเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน

Main Source of Variation	การวิเคราะห์ความแปรปรวน					การเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe				
	Sum of Squares	df	Mean Square	F Ratio	p	คู่ที่เปรียบเทียบ				ค่าที่ ใช้ตัดสิน * สรุปผลการเปรียบเทียบ
						กลุ่ม n	$\bar{X}$ กลุ่ม	n	$\bar{X}$ ค่าเฉลี่ย	
1 ระหว่างกลุ่ม	41.97	2	20.98			C 67	1.62	T 241	2.10	0.48 0.18
ภายในกลุ่ม	141.77	477	0.29	70.61	0.00	T 241	2.10	F 172	2.52	0.42 0.13
ทั้งหมด	183.74	479	-			C 67	1.62	F 172	2.52	0.90 0.19
2 ระหว่างกลุ่ม	65.05	2	32.52			C 67	1.76	T 241	2.23	0.47 0.19
ภายในกลุ่ม	153.93	477	0.32	100.79	0.00	T 241	2.23	F 172	2.82	0.59 0.13
ทั้งหมด	218.99	479	-			C 67	1.76	F 172	2.82	1.06 0.20
ระหว่างกลุ่ม	40.42	2	20.21			C 67	1.70	T 241	2.17	0.47 0.19
										(T) > (C)

ตาราง 3 (ต่อ)

การวิเคราะห์ความแปรปรวน							การเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe							
Main Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F Ratio	p	คู่ที่เปรียบเทียบ					ผลต่างของค่าเฉลี่ย	ค่าที่ใช้ตัดสิน *	สรุปผลการเปรียบเทียบ	
						กลุ่ม	n	$\bar{X}$	กลุ่ม	n				$\bar{X}$
3 ภายในกลุ่มทั้งหมด	158.57	477	0.33	60.79	0.00	T	241	2.17	F	172	2.58	0.41	0.14	(F) > (T)
	198.99	479	-			C	67	1.70	F	172	2.58	0.88	0.20	(F) > (C)
ระหว่างกลุ่ม	12.45	2	6.22			C	67	1.46	T	241	1.77	0.31	0.14	(T) > (C)
	88.34	477	0.18	33.61	0.00	T	241	1.77	F	172	1.96	0.19	0.10	(F) > (T)
	100.80	479	-			C	67	1.46	F	172	1.96	0.50	0.15	(F) > (C)
ระหว่างกลุ่ม	12.36	2	6.18			C	67	1.38	T	241	1.62	0.24	0.15	(T) > (C)

ตาราง 3 (ต่อ)

ภายในมิติ		การวิเคราะห์ความแปรปรวน						การเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe									
		Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F Ratio	p	คู่ที่เปรียบเทียบ									
								กลุ่ม	n	$\bar{X}$	กลุ่ม	n	$\bar{X}$	ผลต่างของค่าเฉลี่ย	ค่าที่ใช้ตัดสิน*		
5	ภายในกลุ่มทั้งหมด	100.22	477	0.21	29.42	0.00	T	241	1.62	F	172	1.86	0.24	0.11	(F)	>	(T)
		112.59	479	-			C	67	1.38	F	172	1.86	0.48	0.16	(F)	>	(C)
6	ระหว่างกลุ่ม	17.02	2	8.51			C	67	1.31	T	241	1.72	0.41	0.14	(T)	>	(C)
		89.30	477	0.18	45.47	0.00	T	241	1.72	F	172	1.90	0.18	0.10	(F)	>	(T)
	ทั้งหมด	106.33	479	-			C	67	1.31	F	172	1.90	0.59	0.15	(F)	>	(C)
	ระหว่างกลุ่ม	41.25	2	20.62			C	67	1.40	T	241	1.93	0.53	0.20	(T)	>	(C)

การวิเคราะห์ความแปรปรวน							การเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe								
Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F Ratio	p	คู่ที่เปรียบเทียบ									
						กลุ่ม	n	$\bar{X}$	กลุ่ม	n	$\bar{X}$	ผลต่างของค่าเฉลี่ย	ค่าที่ใช้ตัดสิน*		
7 ภายในกลุ่มทั้งหมด	175.72	477	0.36	55.99	0.00	T	241	1.93	F	172	2.30	0.37	0.14	(F) > (T)	
	216.98	479	-			C	67	1.40	F	172	2.30	0.90	0.21	(F) > (C)	
ระหว่างกลุ่ม	12.44	2	6.22			C	67	1.31	T	241	1.65	0.34	0.16	(T) > (C)	
	108.55	477	0.22	27.34	0.00	T	241	1.65	F	172	1.81	0.16	0.11	(F) > (T)	
	120.99	479	-			C	67	1.31	F	172	1.81	0.50	0.16	(F) > (C)	
ระหว่างกลุ่ม	11.53	2	5.76			C	67	0.62	T	241	0.97	0.35	0.17	(T) > (C)	

ตาราง 3 (ต่อ)

โมเดล	การวิเคราะห์ความแปรปรวน					การเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe					
	Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F Ratio	p	คู่ที่เปรียบเทียบ				
							กลุ่ม	n	$\bar{X}$	กลุ่ม	$\bar{X}$
9	ภายในกลุ่มทั้งหมด	124.33 135.86	477 479	0.26 -	22.12	0.00	T	241	0.97	F	172
							C	67	0.62	F	172
10	ระหว่างกลุ่มภายในกลุ่มทั้งหมด	18.02 175.87 193.89	2 477 479	9.01 0.36 -	24.44	0.00	C	67	1.07	T	241
							T	241	1.51	F	172
							C	67	1.07	F	172
	ระหว่างกลุ่ม	68.35	2	34.17			C	67	0.62	T	241

ตาราง 3 (ต่อ)

การวิเคราะห์ความแปรปรวน							การเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe								
มโน มิต	Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F Ratio	p	คู่ที่เปรียบเทียบ						ผลต่าง ของ ค่า เฉลี่ย	ค่าที่ ใช้ตัด สิน *	สรุปผลการเปรียบเทียบ
							กลุ่ม	n	$\bar{X}$	กลุ่ม	n	$\bar{X}$			
11	ภายในกลุ่ม	207.63	477	0.43	78.51	0.00	T	241	0.97	F	172	1.65	0.68	0.16	(F) > (T)
	ทั้งหมด	275.99	479	-			C	67	0.62	F	172	1.65	1.03	0.23	(F) > (C)
12	ระหว่างกลุ่ม	60.40	2	30.20			C	67	0.25	T	241	0.64	0.39	0.20	(T) > (C)
	ภายในกลุ่ม	177.95	477	0.37	80.96	0.00	T	241	0.64	F	172	1.25	0.61	0.14	(F) > (T)
	ทั้งหมด	238.36	479	-			C	67	0.25	F	172	1.25	1.00	0.21	(F) > (C)
	ระหว่างกลุ่ม	69.24	2	34.62			C	67	0.10	T	241	0.43	0.33	0.22	(T) > (C)

ตาราง 3 (ต่อ)

การวิเคราะห์ความแปรปรวน						การเปรียบเทียบรายค่าด้วยวิธีของ Scheffe									
Main Effects	Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F Ratio	p	คู่ที่เปรียบเทียบ						ผลต่างของค่าที่ใช้ตัดสิน *	สรุปผลการเปรียบเทียบ	
							กลุ่ม	n	$\bar{X}$	กลุ่ม	n	$\bar{X}$			
13	ภายในกลุ่ม	207.95	477	0.43	79.40	0.00	T	241	0.43	F	172	1.12	0.69	0.16	(F) > (T)
	ทั้งหมด	277.19	479	-			C	67	0.10	F	172	1.12	1.02	0.23	(F) > (C)
14	ระหว่างกลุ่ม	46.08	2	23.04			C	67	0.04	T	241	0.21	0.17	0.16	ต่อเนื่อง (T) > รูปธรรม (C)
	ภายในกลุ่ม	137.69	477	0.28	79.83	0.00	T	241	0.21	F	172	0.81	0.60	0.13	(F) > (T)
	ทั้งหมด	183.78	479	-			C	67	0.04	F	172	0.81	0.77	0.18	(F) > (C)
	ระหว่างกลุ่ม	132.78	2	66.39			C	67	0.02	T	241	0.24	0.22	0.25	(T) > (C)

การวิเคราะห์ความแปรปรวน						การเปรียบเทียบรายคู่ด้วยวิธีของ Scheffe					
Source of Variation	Sum of Squares	df	Mean Square	F Ratio	p	คู่ที่เปรียบเทียบ				ผลต่างของค่าเฉลี่ย	ค่าที่ผู้ใช้ทดสอบการเปรียบเทียบ
						กลุ่ม n	$\bar{X}$	กลุ่ม n	$\bar{X}$		
ภายในกลุ่ม	269.53	477	0.56	117.49	0.00	T 241	0.24	F 172	1.28	1.04	0.18
ทั้งหมด	402.32	479	-			C 67	0.02	F 172	1.28	1.26	0.26
ระหว่างกลุ่ม	8134.34	2	4067.17			C 67	15.35	T 241	20.79	5.44	1.18
รวม	5830.82	477	12.22	332.71	0.00	T 241	20.79	F 172	27.33	6.54	0.85
ทั้งหมด	13965.23	479	-			C 67	15.36	F 172	27.33	11.981.23	

* คือค่าที่คำนวณได้จาก

หรือ

(C) หมายถึง ความสามารถทางสถิติภายในระดับปฏิบัติการด้วยรูปธรรม

(T) หมายถึง ความสามารถทางสถิติภายในระดับค่อเนื่อง

(F) หมายถึง ความสามารถทางสถิติภายในระดับปฏิบัติการด้วยนามธรรม

จากตาราง 3 แสดงว่า นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน (ซึ่งแยกเป็น 3 ระดับ คือ ขั้นปฏิบัติการด้วยรูปธรรม (Concrete Operation หรือ C) ขั้นต่อเนื่อง (Transition หรือ T) และ ขั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรม (Formal Operation) หรือ F) มีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิส แตกต่างกัน (ทั้งในการวิเคราะห์จากคะแนนรวมและวิเคราะห์จากคะแนนในแต่ละโมเมนต์) และเมื่อเปรียบเทียบกันคร่าวๆ พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาในระดับปฏิบัติการด้วยนามธรรมมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิส สูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาในระดับปฏิบัติการด้วยรูปธรรม (ทั้งในการวิเคราะห์คะแนนรวม และจำแนกเป็นรายโมเมนต์) นักเรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาในระดับปฏิบัติการด้วยนามธรรม มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิส สูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาในระดับต่อเนื่อง (เนื่องทั้งในการวิเคราะห์คะแนนรวมและจำแนกเป็นรายโมเมนต์) และนักเรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาในระดับต่อเนื่อง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิส สูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาในระดับปฏิบัติการด้วยรูปธรรม (ทั้งในการวิเคราะห์คะแนนรวมและจำแนกเป็นรายโมเมนต์)

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โมเดลในวิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร ที่มีความสามารถทางสติปัญญา ตามทฤษฎีของเพียเจต์แตกต่างกัน สรุปสาระสำคัญ และผลของการศึกษาค้นคว้าได้ดังนี้

ความมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อจัดลำดับความยากง่ายของมโนทัศน์ในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิส
2. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางสติปัญญา กับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โมเดลในวิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิส
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โมเดลในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิส ของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน

สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า

1. ระดับความสามารถทางสติปัญญากับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โมเดลในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิส มีความสัมพันธ์กัน
2. นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน มีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โมเดลในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิสแตกต่างกัน

วิธีการดำเนินการศึกษาค้นคว้า

1. ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง
ประชากรในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2535 ในโรงเรียนมัธยมศึกษา

สังกัดกรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร ส่วนกลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียน จำนวน 480 คน ที่ได้มาจากการสุ่มแบบหลายขั้นตอน กล่าวคือ จากกลุ่มโรงเรียน 8 กลุ่ม สุ่มมา กลุ่มละ 2 โรงเรียน (ได้ 16 โรงเรียน) แต่ละโรงเรียนสุ่มนักเรียนมา 1 ห้องเรียน (ได้ 16 ห้องเรียน) แต่ละห้องเรียนสุ่มนักเรียนมาห้องเรียนละ 30 คน (ได้นักเรียน 480 คน)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้ามี 2 ชนิด ดังนี้

2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้านมโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิส เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.41 ถึง 0.80 มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.25 ถึง 0.80 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.88

2.2 แบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผล เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 21 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.87 (ณรงค์ พ่วงศรี. 2525 : 66 - 79)

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 เมื่อครูผู้สอนประจำวิชาในโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างได้สอนเรื่องการออสโมซิสจบแล้ว ผู้วิจัยนำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้านมโนคติในวิชาชีววิทยาเรื่องการออสโมซิส และแบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผลไปทำการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างทั้ง 16 โรงเรียน โดยแยกทำการทดสอบ ฉบับละ 1 ครั้ง ๆ ละ 1 คาบเรียน (50 นาที) โดยในโรงเรียนเดียวกันทำการทดสอบในวันเดียวกัน

3.2 ตรวจให้คะแนน และนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์โดยวิธีทางสถิติ เพื่อตอบคำถามของการวิจัยตามความมุ่งหมายที่กำหนดไว้

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

4.1 คำนวณค่าสถิติพื้นฐานได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อนำไปจัดลำดับความยากง่ายของมโนคติ

4.2 คำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางสติปัญญา กับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ไวยากรณ์ เรื่องการออสไมซิส โดยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ แบบ Pearson - Product Moment

4.3 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ไวยากรณ์ เรื่องการออสไมซิสของนักเรียน ที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) โดยแยกเปรียบเทียบเป็นรายมโนคติ และโดยคะแนนรวม ในกรณีที่พบความแตกต่างจากการวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน ทำการตรวจสอบหาความแตกต่าง เป็นรายคู่ด้วย วิธีเชฟเฟ่ (Sheffe Method)

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. โดยภาพรวมระดับความยากง่ายของมโนคติเรื่องการออสไมซิส มีความสอดคล้องกับระดับความยากง่ายที่จอห์นสโตน (Johnstone) และมาหมุด (Mahmoud) จัดไว้ แต่เมื่อพิจารณาในรายละเอียดเป็นรายมโนคติพบว่ามีความแตกต่างกันอยู่บ้าง
2. ระดับความสามารถทางสติปัญญากับผลการเรียนมโนคติเรื่องการออสไมซิส โดยจำแนกเป็นรายมโนคติ 15 มโนคติ และโดยภาพรวมมีความสัมพันธ์กัน
3. นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ชั้นปฏิบัติการด้วยรูปธรรม ชั้นต่อเนื่อง และชั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรม มีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ไวยากรณ์ เรื่องการออสไมซิส แตกต่างกัน ทั้งเมื่อวิเคราะห์โดยภาพรวม และโดยจำแนกเป็นรายมโนคติ 15 มโนคติ โดยมีรายละเอียดดังนี้
 - 3.1 นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาในระดับปฏิบัติการด้วยนามธรรม มีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ไวยากรณ์ เรื่องการออสไมซิสสูงกว่านักเรียนที่มีระดับสติปัญญาในระดับปฏิบัติการด้วยรูปธรรม
 - 3.2 นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาชั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรม มีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ไวยากรณ์ เรื่องการออสไมซิสสูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาในระดับต่อเนื่อง

3.3 นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาในระดับต่อเนื่องมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โมเดลเรื่องการออสโมซิสสูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาในระดับขั้นปฏิบัติการด้วยรูปธรรม

การอภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า

ในการอภิปรายผลการศึกษาค้นคว้าจะแยกอภิปรายเป็น 3 ตอน ตอนที่ 1 เป็นการอภิปรายเกี่ยวกับการจัดลำดับความยากง่ายของมโนคติเรื่องการออสโมซิส ตอนที่ 2 เป็นการอภิปรายเกี่ยวกับการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางสติปัญญากับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โมเดลเรื่องการออสโมซิส และตอนที่ 3 การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้โมเดลของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน

ตอนที่ 1 การอภิปรายผลการศึกษการจัดลำดับความยากง่ายของมโนคติเรื่องการออสโมซิส

ผลการวิจัยในส่วนนี้พบว่าโดยภาพรวมการจัดลำดับความยากง่ายของมโนคติเรื่องการออสโมซิส มีความสอดคล้องกับลำดับความยากง่ายที่จอห์นสโตน (Johnstone) และมามูด (Mahmoud) จัดไว้ แต่เมื่อพิจารณาในรายละเอียดเป็นรายมโนคติพบว่ามโนคติที่มีอันดับของความยากง่ายแตกต่างจากที่จอห์นสโตน (Johnstone) และมามูด (Mahmoud) จัดไว้ ความแตกต่างของอันดับมีไม่มากนัก คือมีความแตกต่างกันอยู่ระหว่าง 1 ถึง 3 มโนคติที่มีความแตกต่างกันทั้ง 7 มโนคตินี้ได้แก่

- มโนคติที่ 1 อนุภาคของสารที่เป็นของเหลว หรือก๊าซ สามารถเคลื่อนที่ได้เอง
- มโนคติที่ 2 การเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารเป็นแบบสุ่ม ไม่ทิศทางที่แน่นอน
- มโนคติที่ 3 อนุภาคของสารที่เป็นก๊าซ หรือของเหลวจะเคลื่อนที่ตลอดเวลา
- มโนคติที่ 4 ในสารละลาย อนุภาค (โมเลกุล) ของน้ำมีการเคลื่อนที่
- มโนคติที่ 5 ในสารละลาย อนุภาค (โมเลกุล) ของน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลาย และอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลายต่างก็เคลื่อนที่

มโนคติที่ 7 ในสารละลายอนุภาคของน้ำ และอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลายจะมีการชนกันเอง และชนกันระหว่างโมเลกุลของสาร และมโนคติที่ 14 ในสารละลาย อนุภาคอิสระของน้ำทำให้เกิดแรงดัน

ซึ่งจากข้อมูลแสดงความแตกต่างขึ้นอันดับดังกล่าวนี้จะเห็นว่าเป็นมโนคติในระดับต้นซึ่งนำมาสอนก่อนมโนคติในระดับหลัง ๆ ผลการวิจัยดังกล่าวนี้ชี้ให้เห็นว่าการจัดอันดับมโนคติของจอห์นสโตน (Johnstone) และมามูด (Mahmoud) กับการจัดลำดับของงานวิจัยครั้งนี้ เกิดขึ้นในบริบทของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน กล่าวคือ ในบริบทของจอห์นสโตน (Johnstone) และมามูด (Mahmoud) เป็นบริบทที่มีความพร้อมในปัจจัยเอื้ออำนวยต่าง ๆ สูงกว่าในบริบทของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย ประเด็นอภิปรายดังกล่าวนี้ สอดคล้องกับแนวความคิดของคณะกรรมการผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525 : 31 - 33) ทราเวอร์ (Travers. 1967 : 142) และฉวีวรรณ กินาวงศ์ (2520 : 48 - 49) ที่กล่าวไว้ว่า การสอนเพื่อให้เกิดมโนคติ จะต้องอาศัยปัจจัยด้านตัวนักเรียน และปัจจัยด้านวิธีสอน กล่าวคือ ปัจจัยด้านผู้เรียนประกอบด้วยความพร้อมทั้งด้านร่างกาย จิตใจ และสติปัญญา ประสบการณ์เดิม และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ของนักเรียน ในขณะที่ปัจจัยด้านวิธีสอนประกอบด้วยการใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมกับบทเรียน และวุฒิภาวะของผู้เรียน การจัดประสบการณ์ตรง เพื่อให้ผู้เรียนได้สัมผัสของจริงให้มากที่สุด และการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งจากปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้ อาจกล่าวได้ว่าในประเทศไทยมีปัจจัยเหล่านี้ต่ำกว่าในประเทศตะวันตก เช่น สหรัฐอเมริกา เป็นต้น ซึ่งน่าจะเป็นสาเหตุให้การเรียนรู้มโนคติของนักเรียนไทย แตกต่างไปจากการเรียนรู้มโนคติของนักเรียนที่ จอห์นสโตน (Johnstone) และมามูด (Mahmoud) ทำการศึกษาค้นคว้าไว้

อย่างไรก็ตามในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาการจัดลำดับจากคะแนนเฉลี่ยที่ได้จากทำแบบทดสอบของนักเรียน ซึ่งอาจมีข้อจำกัดอยู่บ้าง เช่น แบบทดสอบอาจมีคุณภาพไม่สมบูรณ์เต็มที่ ผู้สอบอาจมีความวิตกกังวล ตลอดจน บรรยากาศ การทำแบบทดสอบ อาจทำให้ได้ผลการทดสอบที่ไม่สมบูรณ์เต็มที่ ถึงกระนั้นก็ตามการศึกษาเพื่อจัดอันดับในทำนองนี้นับได้ว่าเป็นการศึกษาครั้งแรกในประเทศไทย ซึ่งแม้จะมีข้อจำกัดอยู่บ้างดังกล่าวแล้ว แต่ก็จะเป็นประโยชน์ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง

ในกรณีซึ่งเป็นการจัดอันดับความยากง่ายขึ้นใหม่ในบริบทของการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย โดยตรง แทนการทำอันดับของมโนคติที่จัดขึ้นในบริบทของต่างประเทศมาใช้ ซึ่งตามผลการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้สมควรที่จะได้มีการสอนมโนคติเรื่องการออสโมซิสให้เป็นไปตามลำดับของการจัดอันดับของงานวิจัยครั้งนี้ หรือมิฉะนั้น ก็ควรที่จะได้ปรับปรุงการสอนสำหรับมโนคติซึ่งควรจะสอนในอันดับหลัง ๆ แต่ได้นำมาสอนไว้ก่อนเป็นลำดับต้น ๆ ให้ความเป็นรูปธรรมมากขึ้น

มโนศัตว์ดังกล่าวได้แก่ มโนศัตว์ที่ 2 (การเคลื่อนที่ของอนุภาคของสารเป็นแบบสุ่ม ไม่มีทิศทางที่แน่นอน) มโนศัตว์ที่ 3 (อนุภาคของสารที่เป็นก๊าซ หรือของเหลวจะเคลื่อนที่ตลอดเวลา) มโนศัตว์ที่ 1 (อนุภาคของสารที่เป็นของเหลว หรือก๊าซสามารถเคลื่อนที่ได้เอง) และมโนศัตว์ที่ 7 (ในสารละลายอนุภาคของน้ำ และอนุภาคของสารที่เป็นตัวถูกละลายจะมีการชนกันเอง และชนกันระหว่างโมเลกุลของสาร)

ตอนที่ 2 การอภิปรายผลการศึษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางสติปัญญากับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้มโนศัตว์ เรื่องการออสโมซิส

ในส่วนของการศึษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางสติปัญญากับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้มโนศัตว์เรื่องการออสโมซิส ซึ่งพบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.00$) โดยในกรณีศึษาความสัมพันธ์กับมโนศัตว์ที่ใช้คะแนนรวมมีค่าสัมประสิทธิ์ 0.8313 และเมื่อศึษาความสัมพันธ์ โดยแยกเป็นรายมโนศัตว์มีค่าสัมประสิทธิ์อยู่ระหว่าง 0.02873 ถึง 0.5815 นั้น กล่าวโดยภาพรวมได้ว่า เป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ดังกล่าวนี้สอดคล้องกับที่ ผจกจิตร อินทสุวรรณ (P. Intasuwana. 1985 : 143) สรุปไว้ว่า ระดับสติปัญญากับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง -0.50 โดยประมาณ ตลอดจนมีความสอดคล้องกับงานวิจัยหลายเรื่องทีพบว่าความสามารถทางสติปัญญา มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ จากผลการวิจัยดังกล่าวขยายความได้ว่า ความสามารถทางสติปัญญาตามทฤษฎีของเพียเจต์ อธิบายผลการเรียนรู้มโนศัตว์ในเรื่องการออสโมซิสในกรณีคะแนนรวมได้ร้อยละ 64 (มาจาก $0.8313^2 \times 100$) และอธิบายผลการเรียนรู้เรื่องการออสโมซิสเมื่อจำแนกเป็นรายมโนศัตว์ได้ระหว่างร้อยละ 9 (มาจาก $0.02873^2 \times 100$)

ถึง 35 (มาจาก $0.5815^2 \times 100$) ซึ่งนับว่าความสามารถทางสติปัญญาตามทฤษฎีของเพียเจต์ เป็นปัจจัยที่สำคัญมากปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้เด็กเรียน เรียนรู้ในมิติเรื่องการออสโมซิสได้คือ ผลการวิจัยในส่วนนี้ สนับสนุนแนวความคิดของนักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่านที่กล่าวว่า ระดับความสามารถทางสติปัญญา ตามทฤษฎีเพียเจต์ เป็นปัจจัยสำคัญในการเรียนรู้ทาง วิทยาศาสตร์ คือ เออร์วิน และคนอื่น ๆ (Irvin and Others : 1978), มาร์คัม และคนอื่น ๆ (Markam and Others : 1978) สตีเนแคมป์ และแมทช์ (Stienkamp and Machr : 1983) เป็นต้น

อนึ่งเมื่อพิจารณาจากค่าความมากน้อยของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่าในมิติที่ยาก (ได้แก่ในมิติที่ 11, 12, 13, 14 และ 15) มีค่าความสัมพันธ์กับสติปัญญาสูง (ค่าสัมประสิทธิ์ 0.4925 ถึง 0.5794) ส่วนในมิติที่ง่ายกว่า (คือในมิติที่ 1 ถึง 10 ยกเว้นในมิติที่ 2 และ 1) มีค่าความสัมพันธ์กับสติปัญญาต่ำกว่า (ค่าสัมประสิทธิ์ 0.2873 ถึง 0.4872) ผลการวิจัยในส่วนนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของความสามารถทางสติปัญญาตามทฤษฎีของเพียเจต์ที่มีต่อผลการ เรียนรู้ในมิติทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในเรื่องการออสโมซิส กล่าวคือ สำหรับในมิติ ที่ยาก หรือเป็นนามธรรมมาก ความสามารถทางสติปัญญาของเพียเจต์ ยังมีความสำคัญมากขึ้น ต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ ซึ่งน่าจะเป็นข้อสังเกตสำคัญของครูผู้สอน และนักพัฒนาหลักสูตรใน อันที่จะใช้ประโยชน์จากปัจจัยสติปัญญา ในการกำหนดลำดับ และความต่อเนื่องของมโนคติไว้ใน หลักสูตร รวมทั้งควรให้ความสนใจในการแสวงหาวิธีการสอน และสื่อที่เหมาะสม เพื่อช่วย ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ในมิติที่ยากได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

อย่างไรก็ตาม สำหรับมโนคติที่ 2 และ 1 ซึ่งเป็นมโนคติที่จัดอยู่ในกลุ่มง่าย แต่มีค่า ความสัมพันธ์สูงกับความสามารถทางสติปัญญาตามทฤษฎีของเพียเจต์ เหมือนหนึ่งว่า มโนคติทั้ง 2 จัดอยู่ในกลุ่มที่ยากกว่านั้นน่าจะเป็นเพราะว่าในการเรียนการสอนได้นำมโนคตินี้มาสอนก่อนเป็น ลำดับที่ 1 และ 2 อันเป็นช่วงเวลาซึ่งผู้เรียนยังต้องการการปรับตัวสูงตลอดจนต้องการ ประสบการณ์การเรียนรู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้อง ข้ออภิปรายดังกล่าวนี้สอดคล้องกับทัศนะของ ทราเวอร์ส (Travers. 1967 : 142) ที่ได้เสนอแนวทางในการจัดสภาพการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดมโนคติไว้ถึง 15 ประการซึ่งมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับกรณีข้ออภิปรายนี้หลายประการ เช่น

ทักษะในการเรียนรู้จะเพิ่มขึ้นตามอายุ และประสบการณ์ สำหรับนิเมติที่ยาก ความวิตกกังวลจะเป็นปัญหาต่อการเรียนมากกว่านิเมติที่ง่าย การเรียนรู้นิเมติใหม่ ๆ และแปลก ๆ จะง่ายขึ้น ถ้าได้เรียนรู้นิเมติขั้น ๆ มาก่อนอย่างสมบูรณ์ และถูกต้อง การสอนนิเมติให้สัมพันธ์กัน ควรให้ผู้เรียนมีเวลาเพียงพอที่จะปรับเนื้อหาทั้งหมดที่ได้รับเข้ากับโครงสร้างของนิเมติเดิม เป็นต้น นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับหลักการประการหนึ่ง ในการสอนนิเมติที่ว่า นิเมติจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่อมีประสบการณ์ในเรื่องนั้น ๆ มาก่อนอย่างกว้างขวาง และลึกซึ้งพอสมควร (จิวิรรณ กินาวงศ์, 2520 : 48 - 49) อีกด้วย

ตอนที่ 3 การอภิปรายผลการเปรียบเทียบการเรียนรู้นิเมติเรื่องการออสไมซิสของนักเรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน

ผลการวิจัยในส่วนนี้ซึ่งพบว่า นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ ชั้นปฏิบัติการด้วยรูปธรรม ชั้นต่อเนื่อง และชั้นปฏิบัติด้วยนามธรรม มีผลการเรียนรู้นิเมติเรื่องการออสโมซิส แตกต่างกันในกรณีวิเคราะห์จากคะแนนรวม และวิเคราะห์จากคะแนนแต่ละนิเมติ และเมื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่ (ระหว่างกลุ่มปฏิบัติการด้วยรูปธรรม กับกลุ่มต่อเนื่อง กลุ่มต่อเนื่องกับกลุ่มปฏิบัติด้วยนามธรรม กลุ่มปฏิบัติการด้วยรูปธรรม กับกลุ่มปฏิบัติด้วยนามธรรม) พบว่านักเรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาในระดับปฏิบัติการด้วยนามธรรมมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้นิเมติเรื่องการออสโมซิสสูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาในระดับปฏิบัติการด้วยรูปธรรม (ทั้งในกรณีคะแนนรวม และจำแนกเป็นรายนิเมติ) นักเรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาระดับปฏิบัติด้วยนามธรรม มีผลสัมฤทธิ์ในการเรียนนิเมติเรื่องการออสโมซิสสูงกว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาในระดับขั้นต่อเนื่อง (ทั้งในกรณีคะแนนรวม และจำแนกเป็นรายนิเมติ) และนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาในระดับต่อเนื่องมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้นิเมติเรื่องการออสโมซิสสูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาในระดับปฏิบัติการด้วยรูปธรรม (ทั้งในกรณีคะแนนรวม และจำแนกเป็นรายนิเมติ) นั้นเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัยที่กำหนดไว้ ผลการวิจัยในส่วนนี้สอดคล้องกับผลการวิจัยของนักการศึกษาหลายท่าน เช่น บาบิเกียน (Babikian, 1971 : 201 - 209) ที่กล่าวว่า กลุ่มนักเรียนที่มีระดับสติปัญญาสูงจะมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้นิเมติสูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่มีระดับ

สติปัญญาต่ำ หรือพิเบอร์น (Piburn. 1980 : 443 - 448) ที่พบว่านักเรียนที่มีระดับสติปัญญา
ชั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรมได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ในวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับสติปัญญา
ชั้นปฏิบัติการด้วยรูปธรรม หรือ พรพิมล สกุลคุ (พรพิมล สกุลคุ. 2525 : 65) ที่พบว่ากลุ่ม
นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาชั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรมมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้วิชาชีววิทยาสูงกว่า
ทุกกลุ่ม เป็นต้น

อนึ่ง เมื่อพิจารณาผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้โมเดล เรื่องการออสโมซิส
โดยจำแนกเป็นรายโมเดลระหว่างนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน มีข้อ
สังเกตว่า โมเดลที่มีอันดับความยากมากกว่า เช่น โมเดลที่ 11, 12, 13, 14, และ 15
มีความแตกต่างในผลการเรียนรู้โมเดล (ดูจากค่า F) ระหว่างนักเรียนที่มีความสามารถทาง
สติปัญญาแตกต่างกันทั้ง 3 กลุ่ม มากกว่าโมเดลที่มีความยากน้อยกว่า เช่น โมเดลที่ 10, 9,
8, 7, 6, 5, 4, 3 ยกเว้นโมเดลที่ 1 และ 2 ซึ่งเป็นโมเดลที่มีอันดับความยากน้อย แต่มีค่า
ความแตกต่างสูง ข้อสังเกตดังกล่าวนี้ชี้ให้เห็นถึงความสำคัญของความสามารถทางสติปัญญาตาม
ทฤษฎีของเพียเจต์ ที่มีผลต่อการเรียนรู้โมเดลทางวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะเรื่องการออสโมซิส
กล่าวคือ สำหรับโมเดลที่ยาก หรือเป็นนามธรรมมาก ความสามารถทางสติปัญญาของเพียเจต์
ยังมีความสำคัญมากขึ้นต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ดังได้อภิปรายไว้แล้วใน
ตอนที่ 2 ในทำนองเดียวกันสำหรับโมเดลที่ 2 และ 1 ซึ่งเป็นโมเดลที่จัดอยู่ในกลุ่มง่ายแต่มี
ความแตกต่างในผลสัมฤทธิ์ระหว่างนักเรียนทั้ง 3 กลุ่มแตกต่างกันมาก เสมือนเป็นโมเดลในกลุ่ม
ที่มีความยากกว่า น่าจะเป็นเพราะการสอนโมเดลที่ 1 และ 2 นั้น ได้เกิดขึ้นในช่วงแรก ๆ
ของการสอนในเรื่องโมเดล ซึ่งผู้เรียนยังขาดประสบการณ์ในการเรียนรู้ในเรื่องที่เกี่ยวข้อง
ตลอดจนวิธีการสอนอาจไม่เหมาะสมเพียงพอ เช่น อาจใช้การสอนแบบบรรยาย และอธิบาย
ประกอบมากกว่าเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ทดลองปฏิบัติ หรือได้เรียนรู้อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น
โดยอาศัยสื่อประกอบที่เหมาะสม เช่น วัสดุต้นแบบจำลอง ภาพประกอบ ฯลฯ ข้ออภิปราย
ข้างต้นนี้สอดคล้องกับทัศนะของ ทราเวอร์ส (Travers. 1967 : 142) และของจิวีรรณ
กินาวส์ (จิวีรรณ กินาวส์. 2520 : 48 - 49) ดังได้กล่าวไว้ในการอภิปรายในตอนที่ 2
แล้วเช่นเดียวกัน

ข้อเสนอแนะ

โดยอาศัยผลจากการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 ในการสอนเรื่องการออสโมซิสในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษาในกรุงเทพมหานคร ควรได้เปลี่ยนแปลงลำดับของมโนคติทั้ง 15 มโนคติเสียใหม่ เพื่อให้สอดคล้องกับลำดับความยากที่พบในการวิจัยครั้งนี้

1.2 ในกรณีที่จำเป็นต้องสอนเรื่องการออสโมซิสในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ลำดับตามการจัดของ จอห์นสโตน (Johnstone) และมามูด (Mahmoud) ก็ควรได้รับการปรับปรุงการสอนสำหรับมโนคติที่มีความยากแต่นำมาสอนในระดับต้น ๆ ให้มีความเหมาะสมยิ่งขึ้นโดยคำนึงถึงปัจจัยด้านผู้เรียน และด้านวิธีสอน ตามแนวทางที่ ทราเวอร์ส (Travers.) และคณะกรรมการพัฒนาการสอน และผลิควิสดูประกอบการสอนวิทยาศาสตร์ของทบวงมหาวิทยาลัยเสนอไว้

1.3 ในการสอนเรื่องการออสโมซิสในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สำหรับนักเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษานอกกรุงเทพมหานคร หรือนักเรียนมัธยมศึกษาในสังกัดอื่น อาจใช้ข้อเสนอแนะตามข้อ 1 และ 2 ได้โดยอนุโลม ทั้งนี้เพื่อความเหมาะสมยิ่งขึ้นควรได้มีการศึกษา และจัดทำลำดับขั้นของมโนคติต่าง ๆ ในเรื่องการออสโมซิสขึ้นเองเป็นการเฉพาะด้วย

1.4 ในการสอนมโนคติเรื่องการออสโมซิส ควรให้ความสำคัญเป็นพิเศษแก่ปัจจัยด้านความสามารถทางสติปัญญาตามทฤษฎีของเพียเจต์ ทั้งนี้ควรใช้แบบทดสอบสติปัญญาของเพียเจต์ ทดสอบผู้เรียนก่อนดำเนินการสอนด้วย

1.5 ครูผู้สอน และนักพัฒนาหลักสูตรควรตระหนักว่าความสามารถทางสติปัญญาตามทฤษฎีของเพียเจต์มีความสำคัญเป็นพิเศษสำหรับมโนคติที่มีความเป็นนามธรรมสูง ซึ่งจากการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ การเคลื่อนที่ของน้ำผ่าน "เยื่อเลือกผ่าน" เรียกว่ากระบวนการออสโมซิส ขณะที่เกิดกระบวนการออสโมซิสจะมีการเคลื่อนที่ของน้ำเข้า และออกผ่านเยื่อเลือกผ่าน การออสโมซิสเกิดจากการเคลื่อนที่ของ โมเลกุลของน้ำระหว่างสารละลายที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันผ่านเยื่อเลือกผ่าน ในสารละลายอนุภาคอิสระของน้ำทำให้เกิดแรงดัน และแรงดันออสโมติกจะมาก หรือน้อย ขึ้นอยู่กับความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลาย

1.6 ในการสอนมโนคติที่มีความเป็นนามธรรมสูง ควรได้นำแนวความคิดของ แอดเลอร์ (Adler. 1963) เซมินสกา (Szeminska. 1965) และ เฟิร์ท (Furth. 1970) มาประยุกต์ใช้เป็นพิเศษ กล่าวคือ หาวิธีการที่จะทำให้มโนคติมีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนที่มีสติปัญญาในระดับปฏิบัติการด้วยรูปธรรม และระดับต่อเนื่อง ได้รับประโยชน์จากการสอนมากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยต่อไป

2.1 ควรได้ทำการวิจัยเพื่อจัดลำดับความยากง่ายของมโนคติเรื่องการออสโมซิส ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นี้ก็โดยศึกษากับนักเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษาส่วนภูมิภาค หรือนักเรียนนอกสังกัดกรมสามัญศึกษา

2.2 ควรศึกษาตามแนวทางในข้อ 1 กับมโนคติเรื่องอื่น ๆ ในวิชาวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะมโนคติที่มีความเป็นนามธรรมสูง เช่น ทฤษฎีอะตอม พลังงานจลน์ สมดุลย์เคมี การแบ่งเซลล์ การสังเคราะห์ด้วยแสง การหายใจ กฎของนิวตัน ฯลฯ

2.3 ควรศึกษาประสิทธิภาพของวิธีสอน และสื่อต่าง ๆ ที่จะช่วยให้ผู้เรียนที่มีความสามารถทางสติปัญญาในระดับต่ำ เรียนรู้มโนคติที่เป็นนามธรรมทางวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กมลรัตน์ หล้าสว่างษ์. จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ : ภาควิชาแนะแนวและจิตวิทยาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2523.
- การุณี วิบูลชัย. การศึกษาเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีระดับพัฒนาการทางสติปัญญาและความสนใจทางวิทยาศาสตร์ต่างกันจากโรงเรียนมัธยมศึกษาที่มีความพร้อมในการสอนวิทยาศาสตร์สูง
เขตการศึกษา 10 ปีการศึกษา 2527. ปรินซ์ตันเพนส์ กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ มหาสารคาม, 2529. อัดสำเนา.
- กิ่งฟ้า สีนุวงศ์. จิตวิทยาการเรียนรู้การสอนวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เอกสารชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์หน่วยที่ 1-7. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ศูนย์เค็ดโปรดักชั่น, 2525.
- กิ่งฟ้า สีนุวงศ์ และคนอื่น ๆ. รายงานการวิจัยเรื่องทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา. ขอนแก่น : ภาควิชาการมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2525.
- คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุการสอนวิทยาศาสตร์. แก้ปัญหาโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์. ชุดการเรียนรู้การสอนหน่วยที่ 5 ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525.
- คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ ทบวงมหาวิทยาลัย. ชุดการเรียนรู้การสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์เล่ม 1. กรุงเทพฯ : ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525.
- จรรยา สุวรรณทัต. การทดลองสังเกตวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แก่เด็กไทยระดับ 7 - 8 ขวบ. รายงานการวิจัย ฉบับที่ 20. สถาบันวิจัยพฤติกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2519.
- จิษฎา สุวรรณวงศ์. พัฒนาการด้านสังคมกับการคิดขั้นนามธรรมในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ของเด็กในเมืองและในชนบท ในภาคการศึกษา 3. ปรินซ์ตันเพนส์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2522. อัดสำเนา.

จาเนียร ช่างโชติ และคนอื่น ๆ. จิตวิทยาการเรียนรู้. มหาวิทยาลัยรามคำแหง, 2519.

ฉวีวรรณ กินวงศ์. เอกสารประกอบคำบรรยายวิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม.

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิชญโลก, 2520.

รุติมา สุขภินนตรี. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

จังหวัดสุราษฎร์ธานี. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2532. อัดสำเนา.

ณรงค์ พ่วงศรี. การสร้างแบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผล. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.

กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2525. อัดสำเนา.

ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. รายงานการวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตที่มีระดับพัฒนาการทางความคิดและพื้นฐานความรู้ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายแตกต่างกัน.

พิชญโลก : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิชญโลก, 2522.

อัดสำเนา.

ทวี สุนทรวรคุณ. การศึกษาเจตคติต่อนักเรียนแวดล้อมของนิสิตปีที่ 1 แห่งมหาวิทยาลัย

เกษตรศาสตร์ ที่เรียนและไม่ได้เรียนวิทยาศาสตร์เป็นวิชาเอก ซึ่งมีระดับสติปัญญา

การเรียนรู้ตามทฤษฎีเปียเจต์ต่างกัน. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ :

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2527. อัดสำเนา.

นันทิพย์ ฤกษ์ทราย. ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนความคิดรวบยอดเรื่อง "พันธะเคมี" ตามแนว

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์. ปรินญานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ :

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2523. อัดสำเนา.

เบญจวรรณ กองศิริ. ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนมโนทัศน์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับ

การเรียนรู้เรื่องพลังงานและการเปลี่ยนแปลงที่กำหนดไว้ตามหลักสูตรของสถาบันส่งเสริม

การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในเขตจังหวัดสระบุรี. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.

กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2523. อัดสำเนา.

ประภาเพ็ญ สุวรรณ. การสอนสืบศึกษา : ทฤษฎีและการประยุกต์. กรุงเทพฯ : ภาควิชา

สืบศึกษา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2525.

ไพเราะ ทิพย์ทัศน์. "แนวความคิดรวบยอดกับความเป็นจริงในการปฏิบัติ," วิทยาศาสตร์.

32 : 19 - 33 ; กันยายน 2521.

ปราโมทย์ ศรีดี. การศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญาการเรียนรู้ ขั้นการคิดปฏิบัติการแบบ
นามธรรม ตามทฤษฎีของเพียเจต์ ในนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เขตการศึกษา 7
วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2528. อัดสำเนา.

ปรีชา กล่ำรัมย์. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนโดยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้รูปภาพและ
แผนภูมิกับที่เรียนโดยใช้อุปกรณ์การทดลอง. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ :
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2526. อัดสำเนา.

พรรณี ชูชัย. จิตวิทยาการเรียนการสอน : จิตวิทยาการศึกษาสำหรับครูในชั้นเรียน.
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2522.

พรพิมล สกลคู. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีระดับพุทธปัญญาและรูปแบบการคิดต่างกัน. วิทยานิพนธ์
ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2525. อัดสำเนา.

พระศักดิ์ ไพศาลนันท์. การศึกษาสัมพันธ์ระหว่างขั้นสติปัญญาการเรียนรู้ตามทฤษฎีของ
เพียเจต์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
(ม.4) ในจังหวัดราชบุรี. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, 2525. อัดสำเนา.

ยุพา วีระไวทยะ. เอกสารการบรรยายวิชา กศ.วท. 541 พัฒนาการทางความสามารถและ
วิธีการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์. ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2526.

มหาวิทยาลัย, ทบวง. ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์. เล่ม 1. 2525.

มังกร ทองสุกดี. โครงสร้างการศึกษาวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว
2521.

- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. สถิติวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ : บริษัทสำนักพิมพ์ วัฒนาพานิช จำกัด. 2522.
- _____. หลักการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : บริษัทศึกษาพร จำกัด, 2531.
- วิเชียร ทองนุช. เปรียบเทียบการคิดให้เหตุผลตามหลักสูตรอนุรักษ์และการให้เหตุผลเชิง จริยธรรมของนักเรียนที่มีการอบรมเลี้ยงดู และภูมิหลังทางสังคมต่างกัน. ปรินิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2521.
- อัสสาเนา.
- วิรัช จาปนอม. ความคิดหาเหตุผลหลักตรรกศาสตร์ของนักเรียนอายุ 13 และ 15 ปี ในเขต กรุงเทพมหานครและชนบท. ปรินิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2520. อัสสาเนา.
- ศึกษาธิการ, กระทรวง. คู่มือครูวิชาชีววิทยา (ว 441). เล่ม 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ - ครูสภา, 2534.
- _____. แบบเรียนวิชาชีววิทยา (ว 441). เล่ม 1. กรุงเทพฯ : ครูสภา, 2534.
- ศึกษานิเทศก์, หน่วย กรมสามัญศึกษา. "การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษา ทั่วประเทศ," วารสารวิจัยทางการศึกษา. 1 : 79 - 98 ; มกราคม - มีนาคม 2527.
- สมจิต สวธนไพฑูย์. การพัฒนาการสอนของครูวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2526.
- _____. วิทยาศาสตร์ครูประถม. ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2526.
- สำนักทดสอบทางการศึกษา กรมวิชาการ. รายงานการตรวจสอบคุณภาพการศึกษาชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 3 ปีการศึกษา 2529. กรุงเทพฯ : 2530.
- สุพล บุญทรง. พัฒนาการของเด็กไทยในการอนุรักษ์สสาร น้ำหนัก และปริมาตร. ปรินิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร, 2511.
- อัสสาเนา.

สวัคค์ นิยมคำ. การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช,
2517.

อาคม จันทสุนทร. "ความคิดรวบยอดและหลักการ," คุรุปริทัศน์. 8 : 47 - 52 ;
สิงหาคม 2522.

Babikian, Yeghia. "An Empirical Investigation to Determine the Relative Effectiveness of Discovery, Laboratory, and Expository Methods of Teaching Science Concepts," Journal of Research in Science Teaching. 8(3) : 201 - 209 ; 1971.

Barnard, J. Darrell. "Science Teaching : The Concept Teaching," The Encyclopedia of Education. 8 : 131 - 134 ; 1971.

Brainerd, Charles J. Piaget's theory of Intelligence. New Jersey : Prentice-Hall, 1978.

Bruner, J.S. and H.J. Kenney. Cognitive Development in Children. University of Chicaco Press, 1970.

Cantu, Luis L. and J. Dudley Herron. "Concrete and Formal Piagetian Stages and Science Concept Attainment," Jurnal of Research in Science Teaching. 15(2) : 135 - 145 ; January, 1983.

Carin, Arthur A. and Robert B. Sund. Teaching Science Through Discovery. Ohio : Charles E. Merrill Pubishing Company, A Bell & Howell Company Columbus, 1975.

Chiappetta, E.L. "A Review of Piagetian Studies Relevant to Science Instruction at the Secondary and College Level. Science Education. 60(2) : 253 - 261 ; 1976.

De Cecco, J.P. The Psychology of Learning and Instruction Education Psychology. New Jersey : Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1968.

Furth, H. Piaget for Teachers. Englewood : Prentice-Hall, 1970.

Ginsberg, Herbert and Silvin Oppper. Piaget's Theory of Intellectual Development : An Introduction. New Jersey : Prentice-Hall, 1969.

Good, Carter V. Dictionary of Education. New York : Edited by Good, Carter V., McGraw-Hall Company, 1973.

Intasuwan, P. "School Achievement Handbook of Asian Child Development and Child Rearing Practices," Proceedings of the Second Asian Workshop. Bangkok : The Behavioral Science Research Institute, Srinakharinwirot University. 1985.

- Johnstone, A.H. and N.A. Mahmoud. "Pupils' Response to a Model for Water Transport" Journal of Biological Education. 15(3) : 203 - 208 ; Autumn, 1981.
- Irwin, M., and others. "The Relationship of Prior Ability and Family Characteristics to School Attendance and School Achievement in Rural Guatemala," Child Development. 49 : 415 - 427 ; 1978.
- Killian, R.C. "Cognitive Development of College Freshmen," Journal of Research in Science Teaching. 16(4) : 350 - 377 ; 1979.
- Klopfer, Leopold E. "Evaluation of Learning in Science," in Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning. New York : Benjamin S. Bloom and others, McGraw-Hill, Co., 1971.
- Lawson, A.E. Relationship of Concrete and Formal Operational Science Subject Matter and the Development Level of the Learner. Chicago : Paper Presented at the National Association of Research in Science Teaching Convention, April, 1974.
- Lawson, Anton E. and J.W. Renner. "Relationship of Science Subject Matter and Developmental Levels of Learners," in Journal of Research in Science Teaching. 12 : 341 - 358 ; 1975.
- Lawson, Anton E. and Warrent Wollman. "Encouraging the Transition from Concrete to Formal Cognitive Function," in Journal of Research in Science Teaching. 13 : 413 - 430 ; 1976.
- Lovell, K. "A Follow-Up of Inhelder and Piaget's the Growth of Logical Thinking," in British Journal of Psychology. 57 : 143 - 153 ; 1961.
- Markan, S. The Problem of Drop-out from Junior and Senior High Schools in Jakarta : Proceedings of the First Asian Workshop on Child and Adolescent Development. Jakarta : University of Indonesia, 1978.
- Nordland, F., A.E. Lawson and J.B. Kahle. "A Study of Levels of Concrete and Formal Reasoning Ability in Disadvantaged Junior and Senior High School Science Students," Science Education. 58 : 569 - 575 ; October - December, 1974.
- Nyiti, Raphael M. "The Development of Conservation in the Meru Children of Tanzania," Child Development. 47 : 1122 - 1129 ; December, 1976.

- Padilla, Michael J. and James R. Okey. "The Relationship Between Science Process Skills and Formal Thinking Abilities," Journal of Research in Science Teaching. 20 : 239 - 245 ; March, 1983.
- Pallrand, G.J. "The Transition to Formal Thought," Journal of Research in Science Teaching. 16(5) : 445 - 451 ; 1979.
- Piaget, Jean and B. Inhelder. The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence. London : Routledge & Kegan Paul, 1958.
- Piaget, J. and B. Inhelder. The Psychology of the Child. New York: Translated by Helen Weaver, Basic Book, Inc., 1969.
- Piburn, Michael. "Spatial Reasoning as a Correlate of Formal Thought and Science Achievement for New Zealand Student," Journal of Research in Science Teaching. 14(5) : 443 - 448 ; n.d.
- Renner, J.W. Evaluating Intellectual Development Using Written Responses to Selected Science Problems : A Report to the National Science Foundation on Grant Number EPP 75-59596, Analysis of Cognitive Process. Norman : University of Oklahoma Press, 1977.
- Renner, J.W. and D.G. Stafford. Teaching Science in Secondary School. New York : Harper and Row, 1973.
- Romey, W.D. Inquiry Techniques for Teaching Science. New Jersey : Englewood Cliffs, Prentice-Hall, Inc., 1968.
- Rowell, J.A. and P.S. Hoffman. "Group Tests Distinguishing Formal from Concrete Thinkers," in Journal of Research in Science Teaching. 12 : 157 - 164 ; 1975.
- Szeminska, Alina. "The Evolution of Thought : Some Applications of Research Findings to Education Practice," Monographs of the Society for Research in Child Development. 30 : 45 - 57 ; June, 1965.
- Steinkawp, M.W. and M.L. Maehr. Affect, Ability, and Science Achievement : A Quantitative Synthesis of Correlational Research. Review of Education Research, Fall. 53(3) : 369 - 396 ; 1983.
- Sund, Robert B. and Leslie W. Trowbridge. Teaching Science by Inquiry in the Secondary School. 2nd ed. Columbus, Ohio : Merrill, 1973.

Youniss, J. and Anne Dean. "Development and Methodological Issues
in the Growth of Logical Thinking in Adolescence," Dissertation
Abstracts. 35 : 1020 - 1031 ; October, 1974.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อโรงเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการศึกษา

กลุ่มโรงเรียนที่	ชื่อโรงเรียน
1	1 วัดเบญจมบพิตร 2 วัดน้อยนพคุณ
2	1 เจ้าพระยาพิทยาคม 2 ยานนาวาสวิทยาคม
3	1 รัตนโกสินทรสมโภช บางเขน 2 คอนเมืองทหารอากาศบำรุง
4	1 วชิรธรรมสาธิต 2 กุณที่รุทรามวิทยาคม
5	1 มัธยมวัดบึงทองหลาง 2 พรตพิทยพยัต
6	1 สุวรรณารามวิทยาคม 2 ไผ่สาร์พิทยากร

กลุ่มโรงเรียนที่	ชื่อโรงเรียน
7	1 ศึกษานารี 2 พุทธบูชา
8	1 วัดประคู้ในทรงธรรม 2 สตรีวัดอัสสรสวรรค์

ภาคผนวก ข

ผลการวิเคราะห์แบบทดสอบ

ตาราง 4 แสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ด้านคณิตศาสตร์ในวิชาชีววิทยา เรื่อง การออสโมซิส

ข้อที่	P	r	ข้อที่	P	r
1	.65	.74	21	.61	.35
2	.69	.58	22	.57	.35
3	.80	.38	23	.65	.74
4	.56	.60	24	.63	.66
5	.62	.50	25	.67	.60
6	.55	.31	26	.73	.66
7	.61	.54	27	.62	.57
8	.54	.32	28	.56	.60
9	.73	.52	29	.41	.57
10	.69	.51	30	.44	.68
11	.52	.32	31	.60	.32
12	.76	.58	32	.48	.51
13	.80	.64	33	.51	.70
14	.61	.42	34	.64	.32
15	.76	.25	35	.76	.31
16	.76	.48	36	.54	.80
17	.71	.56	37	.76	.32
18	.63	.31	38	.62	.58
19	.76	.48	39	.48	.52
20	.68	.41	40	.77	.66

ตาราง 5 แสดงค่า p , q และ pq ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านนิเทศในวิชาชีพ
 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การสื่อสารมวลชน

ข้อที่	p	q	pq	ข้อที่	p	q	pq
1	.67	.33	.22	21	.57	.43	.25
2	.54	.46	.25	22	.38	.62	.24
3	.37	.63	.23	23	.51	.49	.25
4	.48	.52	.25	24	.72	.28	.20
5	.72	.28	.20	25	.53	.47	.25
6	.49	.51	.25	26	.60	.40	.24
7	.54	.46	.25	27	.40	.60	.24
8	.58	.42	.24	28	.41	.59	.24
9	.45	.55	.25	29	.53	.47	.25
10	.45	.55	.25	30	.27	.73	.20
11	.62	.38	.24	31	.57	.43	.25
12	.67	.33	.22	32	.37	.63	.23
13	.50	.50	.25	33	.35	.65	.23
14	.70	.30	.21	34	.43	.57	.25
15	.33	.67	.22	35	.28	.72	.20
16	.32	.68	.22	36	.76	.24	.18
17	.41	.59	.24	37	.49	.51	.25
18	.68	.32	.22	38	.35	.65	.23
19	.41	.59	.24	39	.45	.55	.25
20	.52	.48	.25	40	.51	.49	.25

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านคณิตศาสตร์ในวิชาชีววิทยา
เรื่อง การออสโมซิส ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้สูตร KR - 20 ของ คูเดอร์ -
ริชาร์ดสัน

$$r_{tt} = \left[\frac{N}{N-1} \right] \left[1 - \frac{\sum p_1 q_1}{s_t^2} \right]$$

$$s_t^2 = \frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}$$

$$= \frac{100(70822) - (6431296)}{9900}$$

$$= 65.75$$

$$r_{tt} = \left[\frac{40}{39} \right] \left[1 - \frac{9.38}{65.75} \right]$$

$$= 0.88$$

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบฉบับนี้ เท่ากับ 0.88

ตาราง 6 แสดงค่า p , q และ pq ของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีเหตุผล

ข้อที่	p	q	pq
1	.76	.24	.18
2	.78	.22	.17
3	.40	.60	.24
4	.78	.22	.17
5	.34	.66	.22
6	.62	.38	.23
7	.18	.82	.15
8	.32	.68	.22
9	.24	.76	.18
10	.74	.26	.19
11	.66	.34	.22
12	.30	.70	.21
13	.50	.50	.25
14	.68	.32	.22
15	.50	.50	.25
16	.44	.56	.24
17	.46	.54	.25
18	.68	.32	.22
19	.58	.42	.24
20	.52	.48	.25
21	.50	.50	.25

การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผล โดยใช้สูตร

KR - 20 ของ คูเดอร์ - ริชาร์ดสัน

$$\begin{aligned}
 r_{tt} &= \left[\frac{N}{N-1} \right] \left[1 - \frac{\sum p_1 q_1}{s_t^2} \right] \\
 s_t^2 &= \frac{N \sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)} \\
 &= \frac{50(14004) - (636804)}{2450} \\
 &= 25.875 \\
 r_{tt} &= \left[\frac{21}{20} \right] \left[1 - \frac{4.55}{25.875} \right] \\
 &= 0.87
 \end{aligned}$$

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบฉบับนี้ เท่ากับ 0.87

ภาคผนวก ค

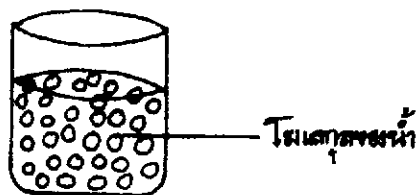
1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านเมตาคognitiveในวิชาชีพวิทยา เรื่อง การออสไมซิส
2. แบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผล

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านโมเมนต์ในวิชาชีววิทยา
เรื่อง การออสโมซิส

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบเลือกตอบมี 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ
2. เวลาใช้ในการทำแบบทดสอบนี้ 1 ชั่วโมง
3. ให้เลือกตอบเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมาย x ลงในกระดาษคำตอบ

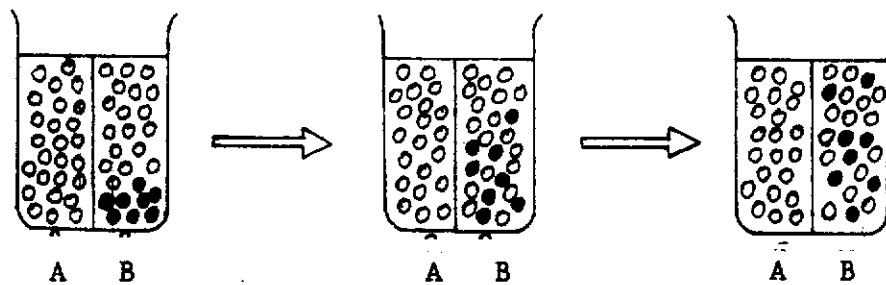
1. อณูภาคของอากาศที่อยู่ในลูกโป่งหรือในขวดมีการเคลื่อนที่หรือไม่
 - ก. เคลื่อนที่ได้เพราะอณูภาคของอากาศมีขนาดเบามาก
 - ข. เคลื่อนที่ได้เพราะอณูภาคของอากาศมีพลังงานจลน์อยู่ในโมเลกุล
 - ค. เคลื่อนที่ไม่ได้เพราะอณูภาคของอากาศมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุล
 - ง. เคลื่อนที่ไม่ได้เพราะอณูภาคของอากาศมีความหนาแน่นเท่ากันทุกบริเวณ
2. จงศึกษาแผนภาพแล้วตอบคำถาม



โมเลกุลของน้ำเคลื่อนที่หรือไม่ เพราะเหตุใด

- ก. ไม่เคลื่อนที่ เพราะไม่มีแรงมากกระทำต่อโมเลกุลของน้ำ
- ข. ไม่เคลื่อนที่ เพราะอุณหภูมิของน้ำเท่ากันทุกแห่ง
- ค. เคลื่อนที่ เพราะโมเลกุลของน้ำมีพลังงานจลน์อยู่ในโมเลกุล
- ง. เคลื่อนที่ เพราะโมเลกุลของน้ำแตกตัวเป็นไอออนและไฮโดรเจนตลอดเวลา

3. จงศึกษาการทดลองนี้ แล้วตอบคำถาม



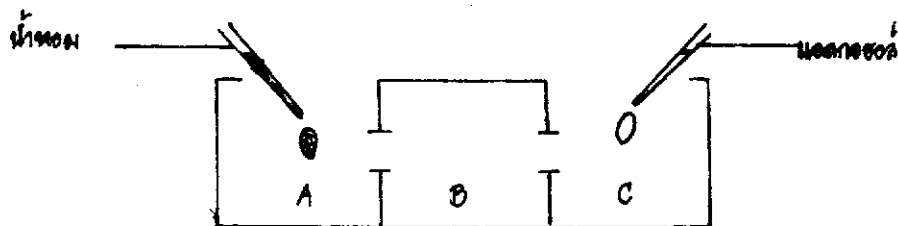
- โมเลกุลของน้ำกลั่น
- อนุภาคของเกลือ

ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับอนุภาคของน้ำและอนุภาคของเกลือ

- ก. อนุภาคของเกลือเท่านั้นเคลื่อนที่เพราะมีพลังงานจลน์อยู่ในอนุภาค
- ข. อนุภาคของน้ำและของเกลือในอ่างแก้วทั้งสองเคลื่อนที่เพราะมีพลังงานจลน์
- ค. อนุภาคของเกลือและอนุภาคของน้ำในอ่างแก้ว B เท่านั้นเคลื่อนที่เพราะมีความหนาแน่นของอนุภาคไม่เท่ากันทุกแห่ง
- ง. อนุภาคของน้ำในอ่างแก้ว A และอนุภาคของเกลือในอ่างแก้ว B เท่านั้นเคลื่อนที่เพราะมีแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคน้อย

4. จงศึกษาการทดลองนี้แล้วตอบคำถาม

เมื่อหยดน้ำหอมลงในกล่อง A และหยดแอลกอฮอล์ลงในกล่อง C ดังในภาพ



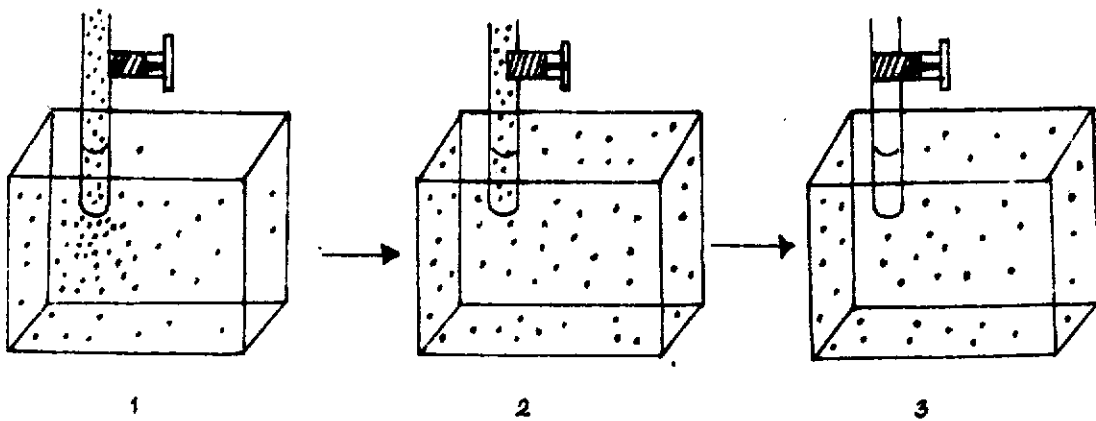
เมื่อเปิดฝากล่อง A และ C ทั้งไว้สักครู่แล้วเปิดฝากล่อง B ตามดูจะได้กลิ่นทั้งกลิ่นน้ำหอมและแอลกอฮอล์

ข้อความใดอธิบายปรากฏการณ์นี้ได้อย่างถูกต้อง

- ก. อนุภาคของสารทั้งสองเคลื่อนที่เข้าหากัน
- ข. อนุภาคของน้ำหอมเคลื่อนเข้าหาอนุภาคของแอลกอฮอล์
- ค. อนุภาคของแอลกอฮอล์เคลื่อนเข้าหาอนุภาคของน้ำหอม
- ง. อนุภาคของสารทั้งสองเคลื่อนที่แบบสุ่มไปยังกล่อง B

5. จงศึกษาการทดลองนี้แล้วตอบคำถาม

• อนุภาคของก๊าซ A

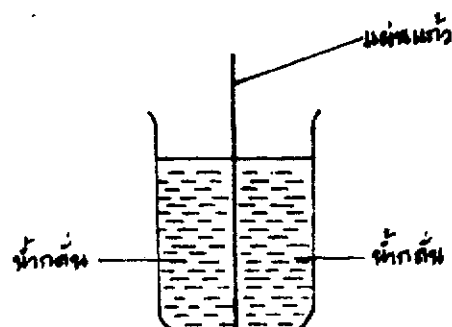


เมื่อเปิดให้ก๊าซ A จากท่อเข้าไปในกล่องแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลง ดังในภาพ

ข้อใดอธิบายปรากฏการณ์นี้

- ก. โมเลกุลของก๊าซ A จะเคลื่อนจากด้านบนลงสู่ด้านล่าง
- ข. โมเลกุลของก๊าซ A จะเคลื่อนจากด้านหนึ่ง ไปสู่อีกด้านหนึ่ง
- ค. โมเลกุลของก๊าซ A จะเคลื่อนที่แบบสุ่มไม่มีทิศทางแน่นอน
- ง. โมเลกุลของก๊าซ A จะเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกัน

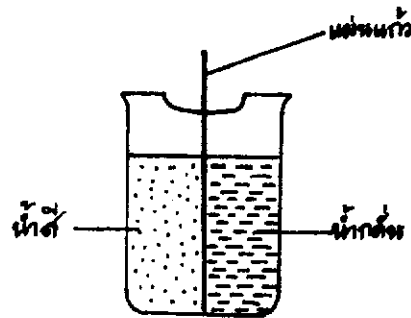
8. จงศึกษาการทดลองนี้แล้วตอบคำถาม



ถ้าดึงแผ่นแก้วที่คั่นน้ำกลั่นทั้ง 2 ด้านออก นักเรียนคาดว่าจะเป็นอย่างไ

- ก. สภาพปกติไม่มีการเคลื่อนที่ของโมเลกุลของน้ำทั้ง 2 ด้าน
- ข. โมเลกุลของน้ำทั้งสองด้านจะเคลื่อนที่เข้าหากัน
- ค. โมเลกุลของน้ำทั้งสองด้านจะเคลื่อนที่แบบสุ่ม ไม่มีทิศทางที่แน่นอน
- ง. โมเลกุลของน้ำจะเคลื่อนที่ไปด้านล่างเสมอ

7. จงศึกษาการทดลองนี้แล้วตอบคำถาม



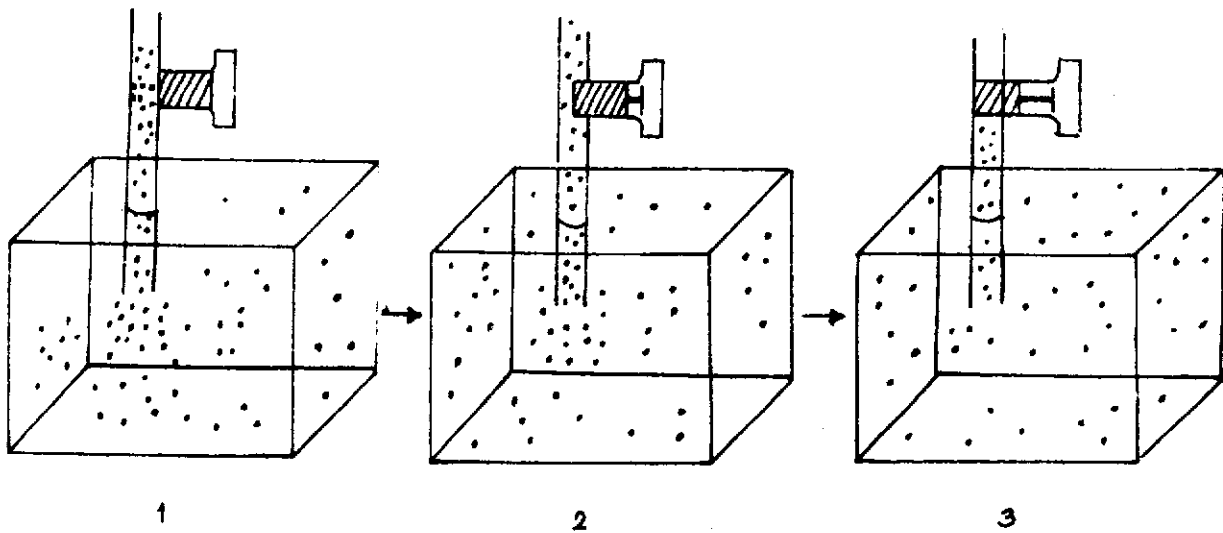
เมื่อดึงแผ่นแก้วที่คั่นออกจะเกิดอะไรขึ้น

- ก. โมเลกุลของน้ำสีจะเคลื่อนที่เข้าหาน้ำกลั่น
- ข. โมเลกุลของน้ำทั้งสองด้านจะเคลื่อนที่เข้าหากัน
- ค. โมเลกุลของน้ำสีและน้ำกลั่นจะเคลื่อนที่แบบสุ่ม
- ง. โมเลกุลของน้ำสีและน้ำกลั่นจะไม่เคลื่อนที่

8. เมื่อทำการทดลองใช้น้ำสีแดง ผสมกับน้ำกลั่นแล้วตั้งการทดลองไว้สักครู่พบว่า น้ำทั้ง
แก้วจะเป็นสีแดงเสมอกัน เมื่อน้ำทั้งแก้วเป็นสีแดงเสมอกัน นักเรียนคิดว่าจะเกิด
อะไรขึ้น

- ก. โมเลกุลของน้ำสีแดงจะหยุดการเคลื่อนที่แต่โมเลกุลน้ำกลั่นยังคงเคลื่อนที่
- ข. โมเลกุลของน้ำสีแดงและโมเลกุลของน้ำกลั่นยังคงเคลื่อนที่
- ค. โมเลกุลของน้ำกลั่นจะหยุดการเคลื่อนที่แต่โมเลกุลของน้ำสีแดงยังคงเคลื่อนที่
- ง. โมเลกุลของน้ำกลั่นและโมเลกุลของน้ำสีแดงจะหยุดเคลื่อนที่

9. จงศึกษาแผนภาพการทดลองนี้แล้วตอบคำถาม



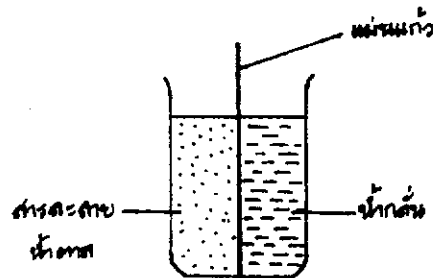
• คืออนุภาคของก๊าซ A

การทดลองหมายเลข 3 อนุภาคของก๊าซ A ยังเคลื่อนที่หรือไม่

- ก. ไม่มีการเคลื่อนที่ เพราะอนุภาคของก๊าซ A ไม่มีพลังงานจลน์แล้ว
 - ข. ไม่มีการเคลื่อนที่ เพราะอนุภาคของก๊าซ A เกาะกันอยู่ในสภาพพอเหมาะ
 - ค. มีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาเพราะยังมีพลังงานจลน์อยู่ในอนุภาคของก๊าซ A
 - ง. มีการเคลื่อนที่เพราะขาดแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของอนุภาคก๊าซ A
10. เมื่อต้มน้ำจนเดือดผ่านแล้วปล่อยให้เย็น นักเรียนคิดว่าเมื่อน้ำเย็นลงแล้ว โมเลกุลของน้ำหยุดการเคลื่อนที่หรือไม่

- ก. หยุดการเคลื่อนที่เพราะอุณหภูมิลดลง
- ข. หยุดการเคลื่อนที่เพราะความดันของน้ำลดลง
- ค. ยังมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาเพราะโมเลกุลของน้ำยังมีพลังงานจลน์อยู่
- ง. ยังมีการเคลื่อนที่เพราะอุณหภูมิทำลายแรงเกาะกันระหว่างโมเลกุลของน้ำ

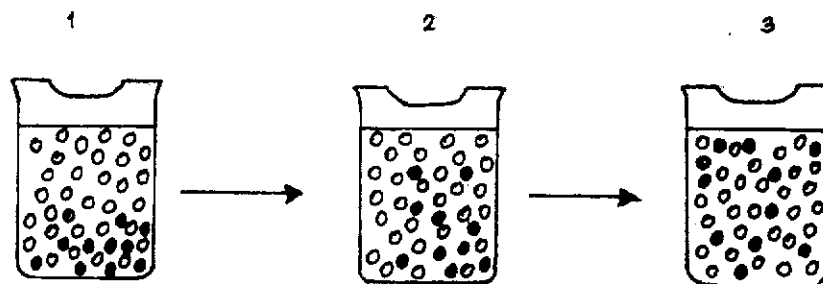
11. จงศึกษาภาพการทดลองนี้แล้วตอบคำถาม



ข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง

- ก. โมเลกุลของน้ำในสารละลายไม่เคลื่อนที่แต่โมเลกุลของน้ำกลั่นเคลื่อนที่
- ข. โมเลกุลของน้ำในสารละลายเคลื่อนที่แต่โมเลกุลของน้ำกลั่นไม่เคลื่อนที่
- ค. โมเลกุลของน้ำในสารละลายและโมเลกุลของน้ำกลั่นไม่เคลื่อนที่
- ง. โมเลกุลของน้ำในสารละลายและโมเลกุลของน้ำกลั่นเคลื่อนที่

12. จงศึกษาแผนภาพนี้แล้วตอบคำถาม

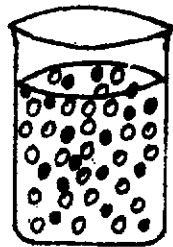


- คือโมเลกุลของน้ำ
- อนุภาคของเจล

จากแผนภาพข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง

- ก. โมเลกุลน้ำไม่เคลื่อนที่เพราะน้ำเป็นตัวทำละลาย
- ข. โมเลกุลของน้ำเคลื่อนที่เพราะมีพลังงานจลน์อยู่ในโมเลกุล
- ค. โมเลกุลของน้ำไม่มีการเคลื่อนที่ เพราะความหนาแน่นของน้ำเท่ากัน
- ง. โมเลกุลของน้ำมีการเคลื่อนที่ เพราะความหนาแน่นของน้ำไม่เท่ากัน

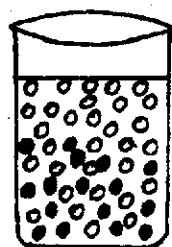
13. เมื่อเรานำเกลือใส่ลงใส่บีกเกอร์ที่มีน้ำบรรจุแล้วคนจนกระทั่งเกลือละลายน้ำจนหมดแล้วตั้งทิ้งไว้ในห้อง อนุภาคของเกลือและของน้ำมีการเคลื่อนที่หรือไม่
- อนุภาคของเกลือเคลื่อนที่ แต่อนุภาคของน้ำไม่เคลื่อนที่
 - อนุภาคของเกลือไม่เคลื่อนที่ แต่อนุภาคของน้ำเคลื่อนที่
 - อนุภาคของเกลือและของน้ำต่างก็เคลื่อนที่
 - อนุภาคของเกลือและของน้ำต่างก็ไม่เคลื่อนที่
14. จงศึกษาแผนภาพนี้แล้วตอบคำถาม



- อนุภาคของน้ำตาล
- โมเลกุลของน้ำ

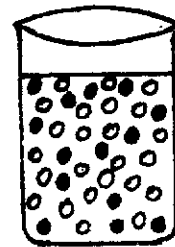
ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับน้ำเชื่อมในแก้วใบนี้

- อนุภาคของน้ำตาลเคลื่อนที่แบบสุ่ม แต่โมเลกุลของน้ำไม่เคลื่อนที่
 - อนุภาคของน้ำตาลและ โมเลกุลของน้ำเคลื่อนที่แบบสุ่ม
 - อนุภาคของน้ำตาลและ โมเลกุลของน้ำมีแรงดึงดูดระหว่าง โมเลกุลจึงไม่เคลื่อนที่
 - อนุภาคของน้ำตาลมีน้ำหนักโมเลกุลมากกว่าโมเลกุลของน้ำ อนุภาคของน้ำตาลจึง ไม่เคลื่อนที่
15. เมื่อนำน้ำตาลใส่ลงในน้ำดังภาพที่ 1 อนุภาคของน้ำตาลจะมีการเคลื่อนที่ดังในภาพที่ 2



1

หรือใช้สีกุญ



2

- โมเลกุลของน้ำ
- อนุภาคของน้ำตาล

ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับปรากฏการณ์นี้

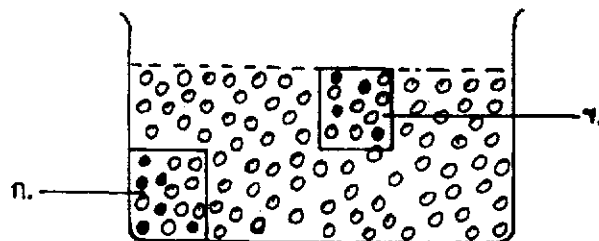
- ก. โมเลกุลของน้ำและอนุภาคของน้ำตาลต่างก็เคลื่อนที่
- ข. โมเลกุลของน้ำเคลื่อนที่ตามอนุภาคของน้ำตาล
- ค. โมเลกุลของน้ำในระยะแรกจะมีการเคลื่อนที่เร็วกว่าเมื่อสิ้นสุดการทดลอง
- ง. อนุภาคของน้ำตาลเมื่อเริ่มต้นการทดลองเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าอนุภาคน้ำตาลเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

18. เมื่อน้ำเกลือต่างกับทิมใส่ลงในแก้วน้ำ เมื่อเกลือต่างกับทิมลงถึงก้นแก้ว เกล็ดต่างกับทิมจะละลายน้ำเป็นสีม่วงแดง สีม่วงแดงนี้จะแผ่กว้างออกไป ทั้งไวส์ครูว์ สีม่วงแดงของต่างกับทิมจะกระจายไปทั่วแก้ว

นักเรียนจะอธิบายปรากฏการณ์แผ่กว้างของต่างกับทิมนี้อย่างไร

- ก. อนุภาคของต่างกับทิมเคลื่อนที่ไปตามโมเลกุลของน้ำ
- ข. อนุภาคของน้ำเคลื่อนที่พาอนุภาคของต่างกับทิมเคลื่อนที่ไป
- ค. อนุภาคของน้ำและอนุภาคของต่างกับทิมต่างก็เคลื่อนที่เป็นอิสระจากกัน
- ง. อนุภาคของต่างกับทิมเคลื่อนที่เข้าหาโมเลกุลของน้ำเสมอ

จงศึกษาแผนภาพนี้แล้วตอบคำถามข้อ 17 - 18



- โมเลกุลของน้ำ
- อนุภาคของเกลือ

17. บริเวณ ก. และบริเวณ ข. บริเวณใดมีการเคลื่อนที่ของอนุภาคของเกลือมากกว่ากัน เพราะเหตุใด

- ก. บริเวณ ก. มากกว่า เพราะมีโมเลกุลของน้ำน้อยกว่า
- ข. บริเวณ ก. มากกว่า เพราะมีอนุภาคของเกลือมากกว่า
- ค. บริเวณ ข. มากกว่า เพราะมีโมเลกุลของน้ำมากกว่า
- ง. บริเวณ ข. มากกว่า เพราะมีอนุภาคของเกลือน้อยกว่า

18. จงอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นที่บริเวณ ก

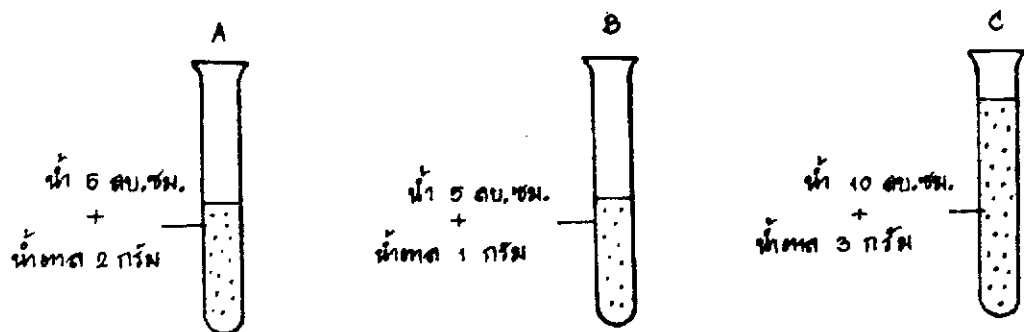
- ก. เกิดการชนกันระหว่างโมเลกุลของน้ำ
- ข. เกิดการชนกันระหว่างอนุภาคของเกลือ
- ค. เกิดการชนกันระหว่างโมเลกุลของน้ำและอนุภาคของเกลือ
- ง. ทั้งข้อ ก, ข, และ ค.

19. เมื่อใส่เกล็ดต่าง ๆ ลงในแก้วน้ำกลั่นพบว่า บริเวณที่มีเกล็ดต่าง ๆ กับน้ำจะเป็นสีม่วงแดง และสีม่วงแดงจะขยายกว้างขึ้น จะสังเกตเห็นว่าบริเวณที่จุดเริ่มต้นของสีม่วงแดงมีสีเข้มมากกว่า บริเวณที่อยู่ไกลออกไป และบริเวณที่จุดเริ่มต้นของสีม่วงแดง จะมีการแผ่ขยายของสีม่วงแดงเร็วกว่า

จากข้อสรุปจะใช้อธิบายเป็นเหตุผลอธิบายปรากฏการณ์

- ก. บริเวณจุดเริ่มต้นมีการชนกันระหว่างอนุภาคของต่าง ๆ กับน้ำมากกว่า
- ข. บริเวณจุดเริ่มต้นมีการชนกันระหว่างโมเลกุลของน้ำน้อยกว่า
- ค. บริเวณจุดเริ่มต้นมีการชนกันระหว่างโมเลกุลของน้ำและอนุภาคของต่าง ๆ กับน้ำมากกว่า
- ง. บริเวณจุดเริ่มต้นมีการชนกันระหว่างอนุภาคของสารมากกว่า

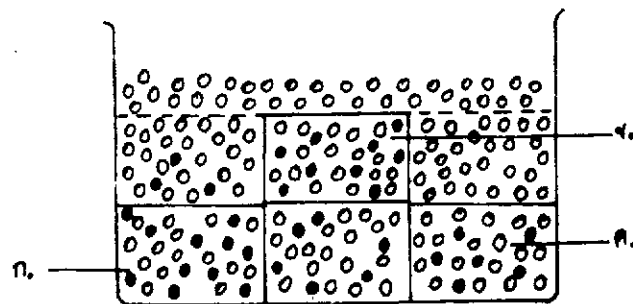
20. จงศึกษาการทดลองแล้วตอบคำถาม



จงเรียงลำดับความเข้มข้นของสารละลายในหลอดทดสอบจากมากไปหาน้อย

- ก. A-----> B-----> C
- ข. A-----> C-----> B
- ค. B-----> C-----> A
- ง. C-----> A-----> B

21. จงศึกษาแผนภาพนี้แล้วตอบคำถาม



● อณูภาคของแก๊ส

○ โมเลกุลของน้ำ

ถ้าเปรียบเทียบระหว่างบริเวณ ก. ข. และบริเวณ ค. ข้อใดถูกต้อง

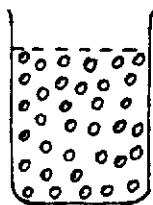
ก. บริเวณ ก. มีความเข้มข้นของสารละลายมากกว่า ข. และ ค.

ข. บริเวณ ก. มีความเข้มข้นของสารละลายมากกว่า ค. และน้อยกว่า ข.

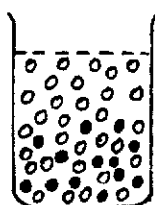
ค. บริเวณ ข. มีความเข้มข้นของสารละลายน้อยกว่า ค. และ ก.

ง. บริเวณ ค. มีความเข้มข้นของสารละลายมากกว่า ก. และ ข.

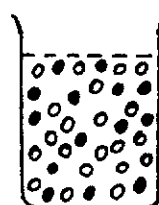
22. ภาพใดยังมีการแพร่อยู่



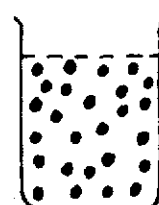
1



2



3



4

● อณูภาคของสาร A

○ โมเลกุลของน้ำ

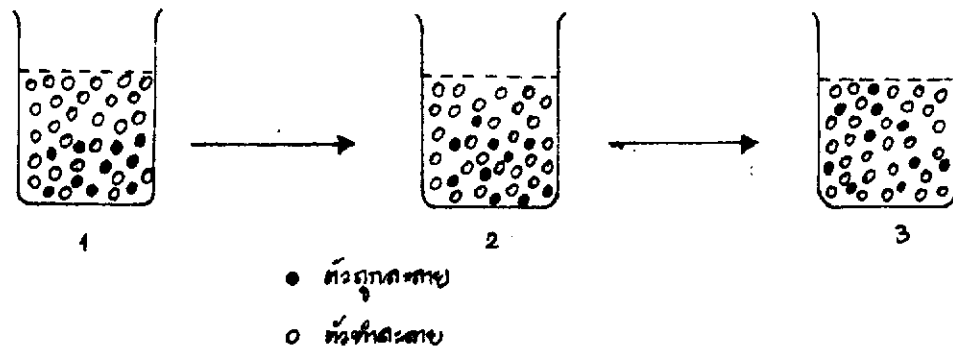
ก. ภาพที่ 1

ข. ภาพที่ 2

ค. ภาพที่ 3

ง. ภาพที่ 4

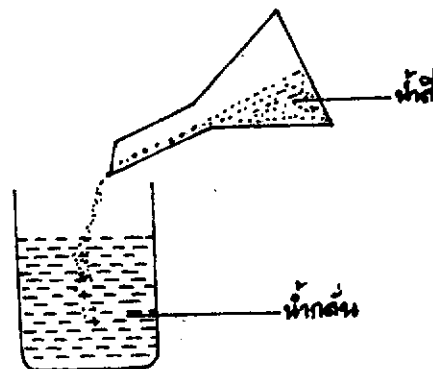
23. จงศึกษาแผนภาพนี้แล้วตอบคำถาม



จงอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในแผนภาพนี้

- ก. อนุภาคของตัวถูกละลายเคลื่อนที่ทำให้เกิดการแพร่
- ข. อนุภาคของตัวทำละลายเคลื่อนที่ทำให้เกิดการแพร่
- ค. อนุภาคของตัวถูกละลายเคลื่อนที่ให้เกิดออสโมซิส
- ง. อนุภาคของตัวทำละลายเคลื่อนที่ให้เกิดออสโมซิส

จงศึกษาภาพนี้แล้วตอบคำถามข้อ 24 - 25



24. จากภาพนี้เกิดการแพร่หรือไม่

- ก. ไม่เกิดการแพร่เนื่องจากน้ำสีและน้ำกลั่นเป็นอนุภาคชนิดเดียวกัน
- ข. ไม่เกิดการแพร่เนื่องจากไม่มีการชนกันระหว่างโมเลกุลของน้ำทั้งสอง
- ค. เกิดการแพร่เพราะความหนาแน่นของน้ำสีเมื่อเริ่มเทลงไม่กระจายไม่เท่ากัน
- ง. เกิดการแพร่เพราะมีแรงมากกระทำให้อนุภาคของน้ำสีเกิดการเคลื่อนที่

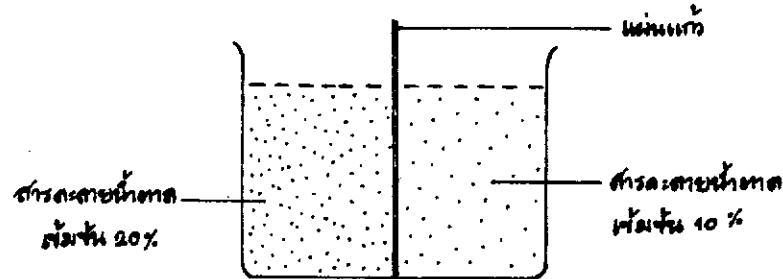
25. การกระทำข้อใดจะไม่เกิดการแพร่

- ก. การเทน้ำอุ่นลงในน้ำเย็น
- ข. การเทน้ำปาลลงในน้ำซุ๊ป

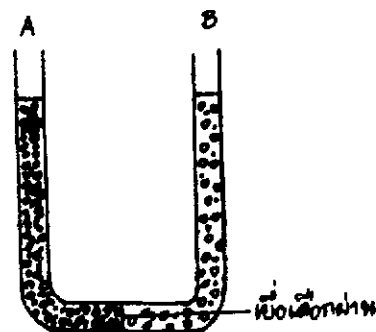
ค. การหย่อนน้ำเชื่อมลงในแก้วน้ำ

ง. การเทผงสารส้มลงในโถงน้ำ

จงศึกษาภาพนี้ แล้วตอบคำถาม



26. เมื่อตั้งแก้วแก้วที่ชั้นสารละลายทั้งสองออก นักเรียนคิดว่า จะเกิดอะไรขึ้น
- จะเกิดการแพร่เฉพาะโมเลกุลของน้ำตาล
 - จะเกิดแพร่เฉพาะโมเลกุลของน้ำ
 - จะเกิดการแพร่ทั้ง โมเลกุลของน้ำและน้ำตาล
 - โมเลกุลของน้ำตาลเกิดการแพร่ แต่โมเลกุลของน้ำเกิดการออสโมซิส
27. ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับกระบวนการออสโมซิส
- การเคลื่อนที่ของอนุภาคของน้ำผ่านเยื่อเลือกผ่าน
 - การเคลื่อนที่ของอนุภาคตัวถูกละลายผ่านเยื่อเลือกผ่าน
 - การเคลื่อนที่ของอนุภาคของน้ำและตัวถูกละลายผ่านเยื่อเลือกผ่าน
 - การเคลื่อนที่ของสารละลายผ่านเยื่อเลือกผ่าน
28. จงศึกษาการทดลองนี้



- คือโมเลกุลของน้ำ (B)
- คือโมเลกุลของน้ำตาล (A)

ถ้าตั้งการทดลองนี้ไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง นักเรียนคิดว่าผลการทดลองจะเป็นอย่างไร

ก. ระดับของเหลวด้าน B สูงขึ้นเพราะน้ำด้วย A ออสโมซิสมา

ยังด้าน B

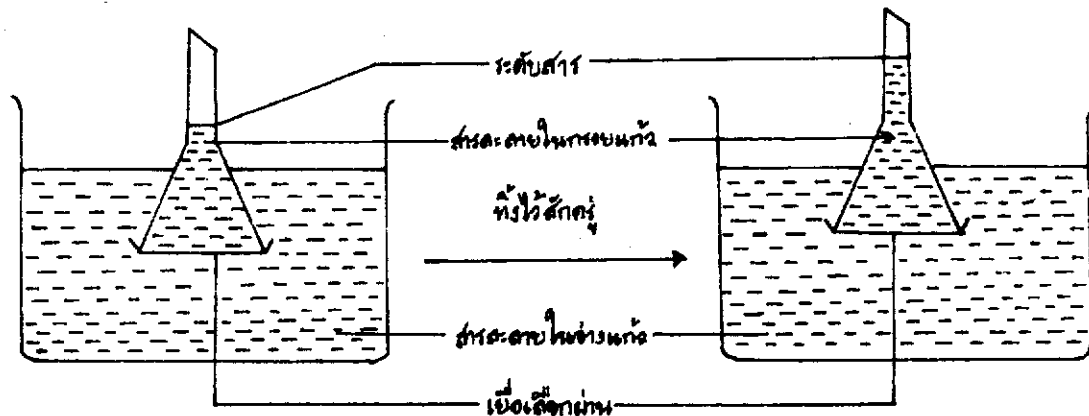
ข. ระดับของเหลวด้าน B สูงขึ้นเพราะน้ำตาลด้าน A ออสโมซิสมายังด้าน B

ค. ระดับของเหลวด้าน A สูงขึ้นเพราะน้ำด้าน B ออสโมซิสไปยังด้าน A

ง. ระดับของเหลวด้าน A สูงขึ้นเพราะน้ำด้าน A ออสโมซิสไปยังด้าน B

ไม่ได้

29. จงศึกษาแผนภาพนี้



จงอธิบายปรากฏการณ์นี้

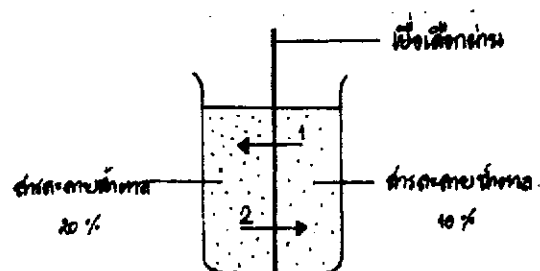
ก. น้ำในอ่างแก้วเคลื่อนที่ผ่านเยื่อเลือกผ่านเข้าไปในกรวยแก้ว

ข. สารในอ่างแก้วเคลื่อนที่ผ่านเยื่อเลือกผ่านเข้าไปในกรวยแก้ว

ค. สารละลายในอ่างแก้ว เคลื่อนที่ผ่านเยื่อเลือกผ่านเข้าไปในกรวยแก้ว

ง. สารในกรวยแก้วเคลื่อนที่ผ่านเยื่อเลือกผ่านออกมาในอ่างแก้ว

30. จงศึกษาภาพนี้

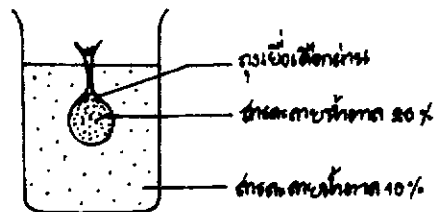


ถ้า —————> แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสาร

ลูกศร 1 และลูกศร 2 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของสารใด

- ก. ลูกศร 1 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคของน้ำ
ลูกศร 2 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคของน้ำตาล
- ข. ลูกศร 1 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคของน้ำตาล
ลูกศร 2 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคของน้ำ
- ค. ลูกศร 1 และ 2 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำ
- ง. ลูกศร 1 และ 2 แสดงทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำตาล

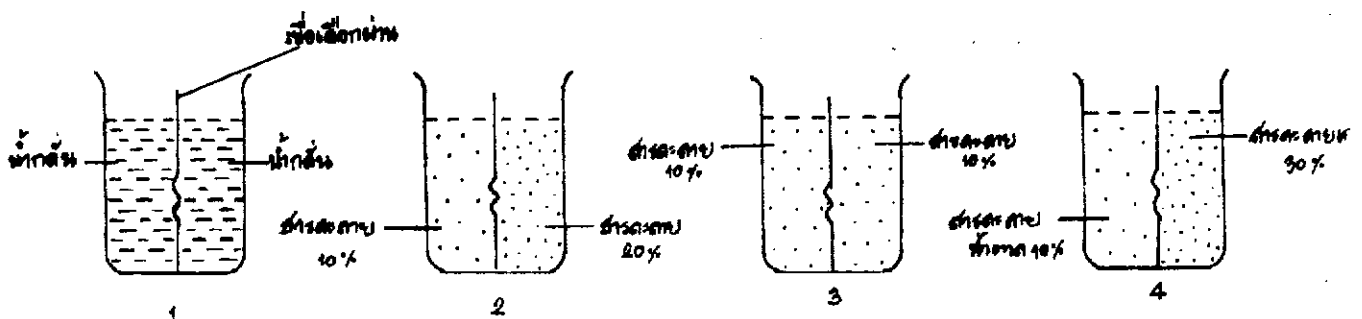
31. จงศึกษาแผนภาพนี้



ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นคือ

- ก. โมเลกุลของน้ำในอ่างจะเคลื่อนเข้าสู่ภายในถุงมากกว่าน้ำในถุงเคลื่อนออกสู่อ่าง
- ข. โมเลกุลของน้ำในอ่างจะเคลื่อนเข้าสู่ภายในถุงน้อยกว่าน้ำในถุงเคลื่อนออกสู่อ่าง
- ค. โมเลกุลของน้ำในอ่างจะเคลื่อนเข้าสู่ภายในถุงเท่ากับน้ำในถุงเคลื่อนออกสู่อ่าง
- ง. โมเลกุลของน้ำในอ่างจะเคลื่อนเข้าสู่ภายในถุงเท่ากับน้ำตาลในถุงเคลื่อนออกสู่อ่าง

32. จงศึกษาแผนภาพนี้แล้วตอบคำถาม



การทดลองชุดใดจะเกิดการออสโมซิส

- ก. 1 กับ 2
- ข. 2 กับ 3
- ค. 3 กับ 4
- ง. 2 กับ 4

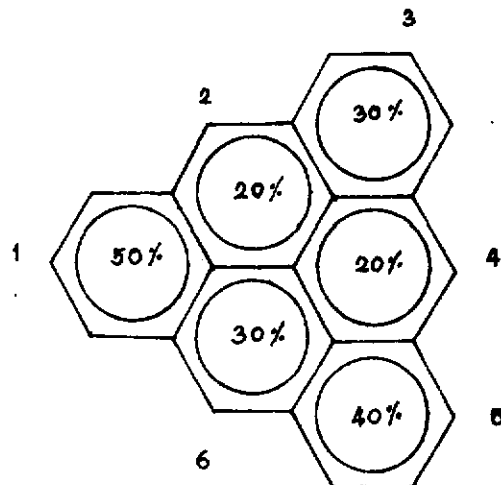
33. จงศึกษาข้อความข้างล่างนี้ แล้วตอบคำถาม

1. การเคลื่อนที่ของอนุภาคของน้ำในสารละลาย
2. การเคลื่อนที่ของอนุภาคของตัวถูกละลาย
3. จากสารละลายที่มีความหนาแน่นของน้ำมากไปสู่ที่มีความหนาแน่นของน้ำน้อย
4. จากสารละลายที่มีความเข้มข้นของสารละลายสูง ไปสู่ที่มีความเข้มข้นของสารต่ำ
5. เป็นการเคลื่อนที่โดยผ่านเยื่อเลือกผ่าน

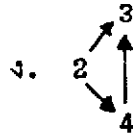
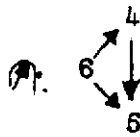
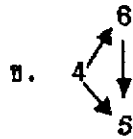
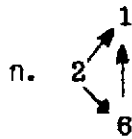
ข้อความใดเกี่ยวข้องกับกระบวนการออสโมซิส

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

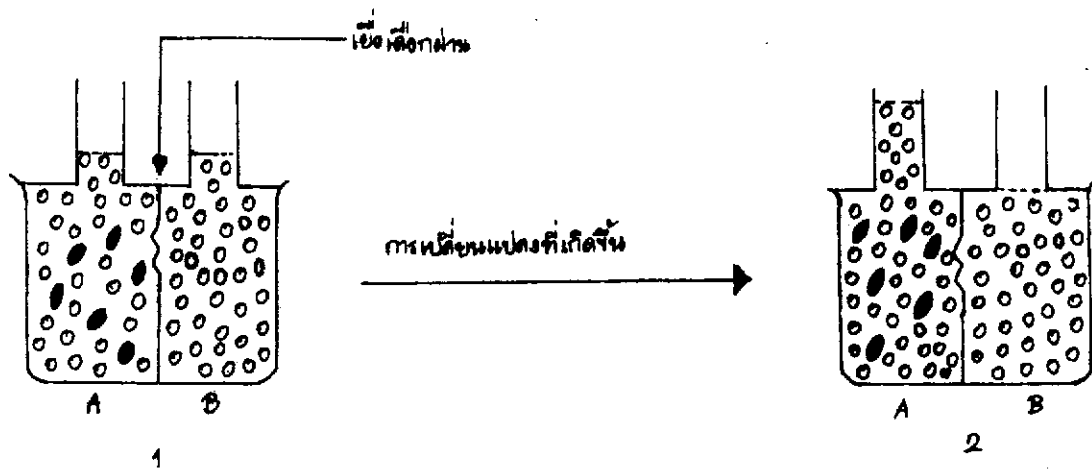
34. จงศึกษาเซลล์ของพืชที่มีความเข้มข้นของสารในแวคิวโอลต่างกัน แล้วตอบคำถาม



ทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำของเซลล์พืชเหล่านี้ ข้อใด ไม่ถูกต้อง



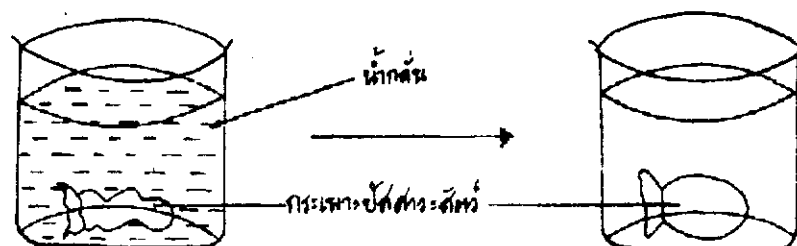
35. จงศึกษาการทดลองนี้แล้วตอบคำถาม



จากการทดลองนี้นักเรียนจะอธิบายปรากฏการณ์นี้ได้อย่างไร

- ก. อนุภาคอิสระของน้ำในสารละลาย B ทำให้เกิดแรงดัน
- ข. อนุภาคอิสระของสารละลาย A ทำให้เกิดแรงดัน
- ค. อนุภาคอิสระของตัวถูกละลายในสารละลาย A ทำให้เกิดแรงดัน
- ง. อนุภาคอิสระของน้ำในสารละลาย A ทำให้เกิดแรงดัน

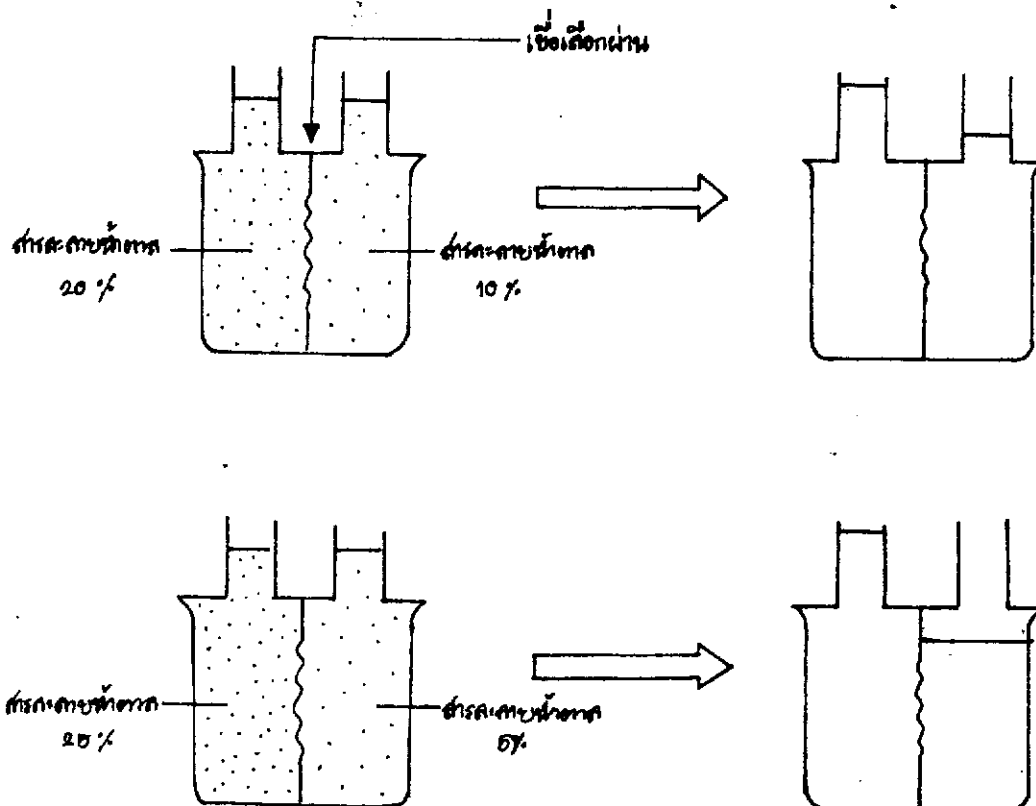
36. จงศึกษาการทดลองนี้แล้วตอบคำถาม



การที่ถูกระเพาะปัสสาวะของสัตว์ขยายขนาดขึ้นเพราะเหตุใด

- ก. อนุภาคของน้ำภายนอกเข้าไปภายในถุง ทำให้เกิดแรงดัน
- ข. อนุภาคของน้ำภายนอกมีแรงดันทำให้ถุงขยายขนาดขึ้น
- ค. อนุภาคของสารภายนอกเข้าไปภายในถุงทำให้เกิดแรงดัน
- ง. อนุภาคของสารภายนอกมีแรงดันทำให้ถุงขยายขนาดขึ้น

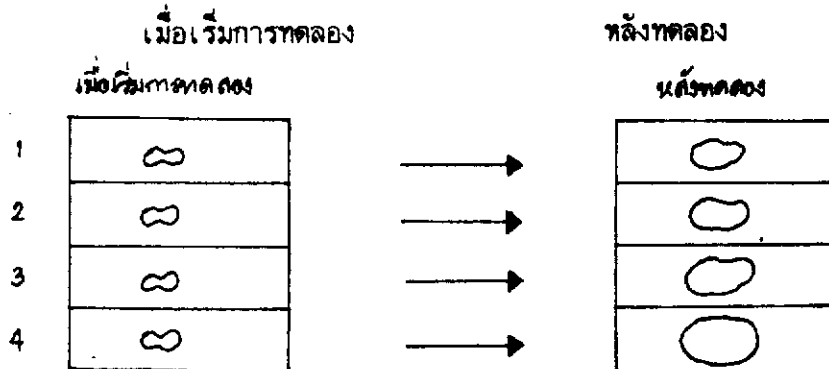
37. จงศึกษาการทดลองนี้แล้วตอบคำถาม



จากการทดลองนี้ นักเรียนจะสรุปผลการทดลองอย่างไร

- ก. ความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลายมีผลต่อแรงดันออสโมติก
- ข. ความแตกต่างของความเข้มข้นของสารละลายไม่มีผลต่อแรงดันออสโมติก
- ค. ชนิดของเยื่อเลือกผ่าน ไม่มีผลต่อแรงดันออสโมติก
- ง. แรงดันของบรรยากาศมีผลต่อแรงดันออสโมติก

38. เมื่อนำถุงน้ำหึ่ง (ลูกเกด) ใส่ลงในสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างกันในภาชนะแก้ว ทั้งไว้สักครู่ ผลการทดลองดังภาพ



อยากทราบว่า การทดลองชุดใดที่มีความเข้มข้นของสารละลายแตกต่างกับสารละลายในถุงน้ำหึ่งมากที่สุด

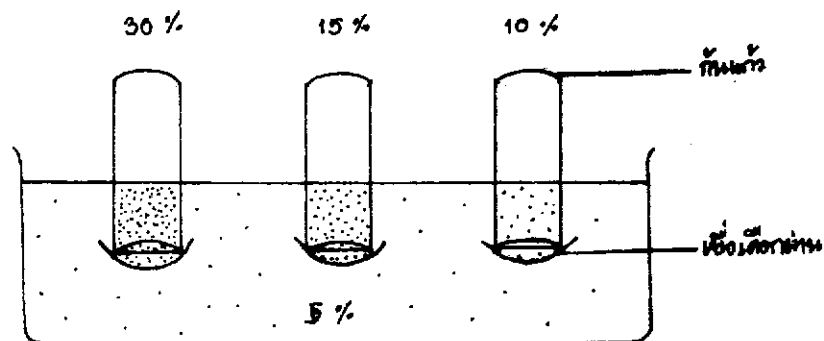
ก. การทดลองชุดที่ 1

ข. การทดลองชุดที่ 2

ค. การทดลองชุดที่ 3

ง. การทดลองชุดที่ 4

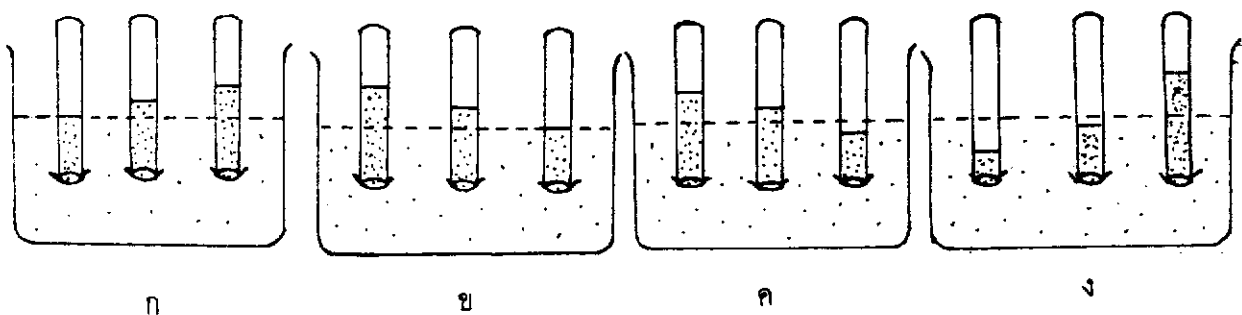
39. จงศึกษาภาพแล้วตอบคำถาม



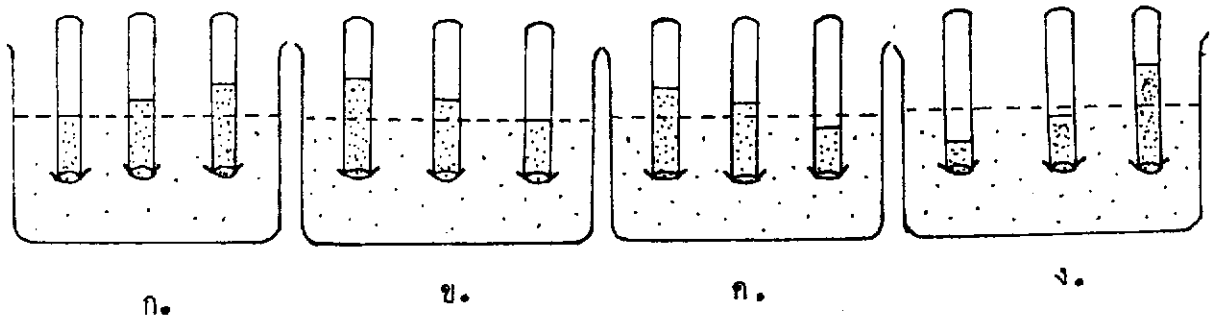
ถ้านำหลอดแก้วที่ปลายข้างหนึ่งหุ้มด้วยเยื่อเลือกผ่าน บรรจุสารละลายน้ำตาล

30% 15% และ 10% ตามลำดับ และนำหลอดแก้วไปใส่ในอ่างที่มีความเข้มข้นของน้ำตาล 5%

เมื่อทิ้งการทดลองไว้ระยะหนึ่งผลการทดลองจะเป็นอย่างไร



40. ถ้าเปลี่ยนสารละลายน้ำตาลในอ่างแก้วจากความเข้มข้น 5% เป็นความเข้มข้น 12% ผลการทดลองจะเป็นอย่างไร



แบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผล

- คำชี้แจง
1. แบบทดสอบนี้เป็นแบบเลือกตอบ มี 4 ตัวเลือก จำนวน 21 ข้อ
 2. เวลาใช้ในการทำแบบทดสอบนี้ 1 ชั่วโมง
 3. ให้เลือกตอบเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

1. ในการวัดความยาวของเงาเสาต้นหนึ่งและเงาอาคารในวันและเวลาเดียวกันพบว่า

เงาของเสายาว	2 เมตร
เงาของอาคารยาว	48 เมตร
ความสูงของเสา	3 เมตร

ถามว่าอาคารนี้ควรรุ่งกี่เมตร

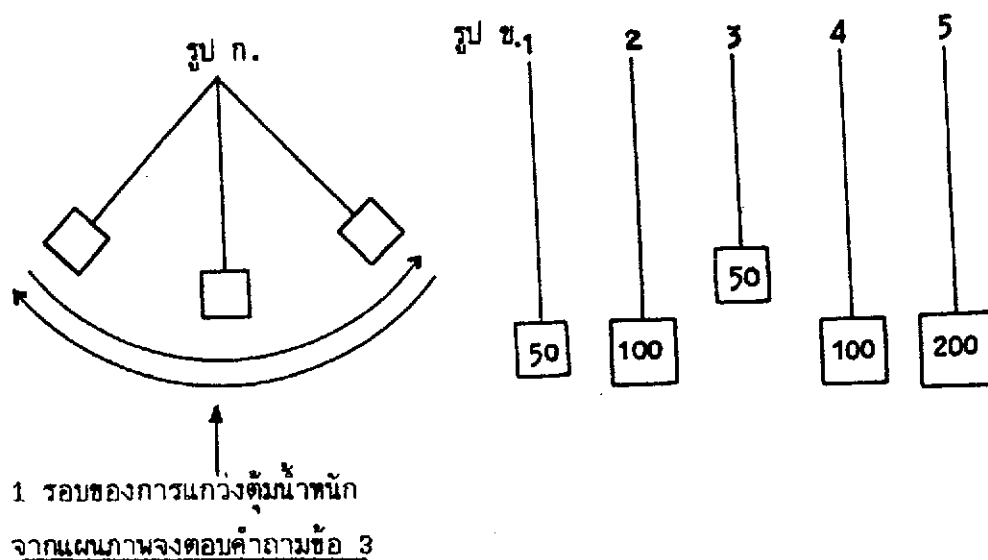
- ก. 32 ข. 47 ค. 49 ง. 72 จ. 98
2. ถูบหนึ่งใส่ลูกหินสีเหลือง 3 ลูก และลูกหินสีแดง 3 ลูก จงหาความน่าจะเป็นที่จะหยิบลูกหินสีเหลือง 1 ลูก

- ก. $1/2$ ข. $1/3$ ค. $1/5$ ง. $1/6$ จ. $1/9$

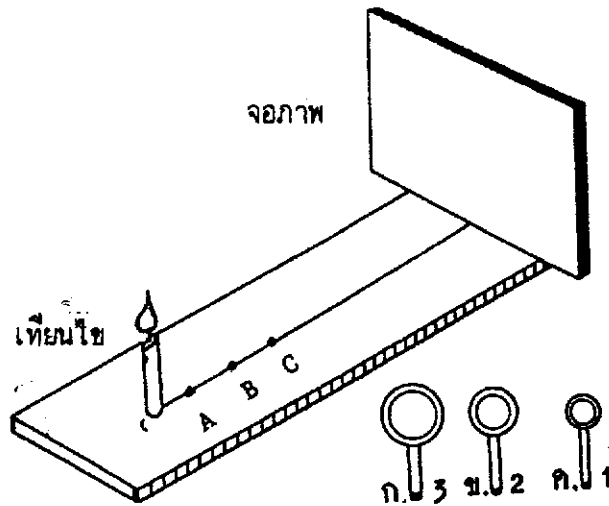
แผนภาพต่อไปนี้แสดงการแกว่งของตุ้มน้ำหนัก

รูป ก. แสดงการแกว่งของตุ้มน้ำหนักครบ 1 รอบ

รูป ข. แสดงความยาวของเส้นเชือก และมวลของตุ้มน้ำหนักซึ่งมีหน่วยเป็นกรัม



แผนภาพต่อไปนี้ แสดงการเกิดเงาบนจอภาพเมื่อวางวัตถุรูปวงแหวนไว้ที่จุด A, B หรือ C ซึ่งอยู่ระหว่างเทียนไขกับจอภาพ คำถามที่เกี่ยวกับเงาบนจอภาพนั้น หมายถึงเงาของวงแหวนเท่านั้น ไม่รวมขาตั้งของวงแหวน



เส้นผ่านศูนย์กลางกลางของวงแหวน (เซนติเมตร)

จากแผนภาพ จงตอบคำถามข้อ 6 - 7

6. จงเปรียบเทียบขนาดของวงแหวน ก เมื่อวางที่จุด B ขนาดของวงแหวน ก เมื่อวางที่จุด C และขนาดของวงแหวน ข เมื่อวางที่จุด C
- ขนาดเท่ากัน
 - ขนาดไม่เท่ากัน เงาของวงแหวน ก. เมื่อวางที่จุด C เล็กกว่าเงาของวงแหวน ข. เมื่อวางที่จุด C
 - ขนาดไม่เท่ากัน เงาของวงแหวน ก. เมื่อวางที่จุด B เล็กกว่าเงาของวงแหวน ก. เมื่อวางที่จุด C
 - ขนาดไม่เท่ากัน เงาของวงแหวน ก. เมื่อวางที่จุด B เล็กกว่าเงาของวงแหวน ข. เมื่อวางที่จุด C
 - ขนาดไม่เท่ากัน เงาของวงแหวน ก. เมื่อวางที่จุด B ใหญ่กว่าเงาของวงแหวน ข. เมื่อวางที่จุด C
7. จงเปรียบเทียบเงาของวงแหวน ก. เมื่อวางที่จุด A ขนาดของเงาของวงแหวน ข. เมื่อวางที่จุด B และขนาดของเงาของวงแหวน ค. เมื่อวางที่จุด C
- ขนาดเท่ากัน
 - ขนาดไม่เท่ากัน เงาของวงแหวน ก. ใหญ่กว่าเงาของวงแหวน ข
 - ขนาดไม่เท่ากัน เงาของวงแหวน ก. เล็กกว่าเงาของวงแหวน ข
 - ขนาดไม่เท่ากัน เงาของวงแหวน ข. เล็กกว่าเงาของวงแหวน ค
 - ขนาดไม่เท่ากัน เงาของวงแหวน ค. ใหญ่กว่าเงาของวงแหวน ก

คำถามข้อ 8 - 9 เป็นการอ้างเหตุผล โดยอาศัยข้อมูล 2 ประการ ในแต่ละข้อ จะให้ข้อมูลมา 2 ประการ และข้อสรุปจากข้อมูลทั้งสองนั้น จงพิจารณาว่าข้อสรุปเหล่านั้น จะสมเหตุสมผลหรือไม่

ตัวอย่าง ข้อมูลที่ 1 ไม่มีเด็กคนใดจะเดินได้เมื่ออายุ 1 ขวบ

ข้อมูลที่ 2 เด็กชายนิค อายุ 1 ขวบ

ดังนั้น เด็กชายนิคยังเดินไม่ได้

ข้อมูลนี้สมเหตุสมผล

8. ข้อสรุปในข้อใดที่สมเหตุสมผล

ก. ปากการราคาแพงกว่าสมุด

สมุดราคาแพงกว่ากระเป๋า

ดังนั้น ปากการราคาถูกกว่ากระเป๋า

ข. ผู้หญิงภาคกลางสวยกว่าผู้หญิงภาคเหนือ

ผู้หญิงภาคกลางสวยกว่าผู้หญิงภาคใต้

ดังนั้น ผู้หญิงภาคเหนือสวยกว่าผู้หญิงภาคใต้

ค. ชาวนั่งอยู่ทางขวามือของแดง

แดงนั่งอยู่ทางขวามือของดำ

ดังนั้น ชาวนั่งอยู่ทางขวามือของดำ

ง. บ้านของเดชเล็กกว่าบ้านของเด่น

บ้านของดอนใหญ่กว่าบ้านของเด่น

ดังนั้น บ้านของเดชมีขนาดใหญ่เท่ากับบ้านของดอน

จ. จำปีเป็นพี่ของจำปา

จำปาเป็นน้องจำปุ่น

ดังนั้น จำปีเป็นพี่ของจำปุ่น

9. ข้อสรุปในข้อใดที่ไม่สมเหตุสมผล

ก. เสือดาววิ่งเร็วกว่าม้าลาย

ม้าลายวิ่งเร็วกว่าสุนัขจิ้งจอก

ดังนั้น เสือดาววิ่งเร็วกว่าสุนัขจิ้งจอก

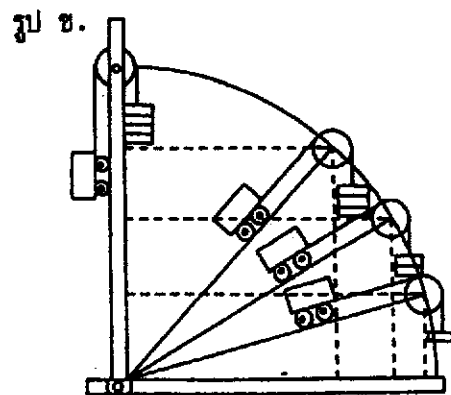
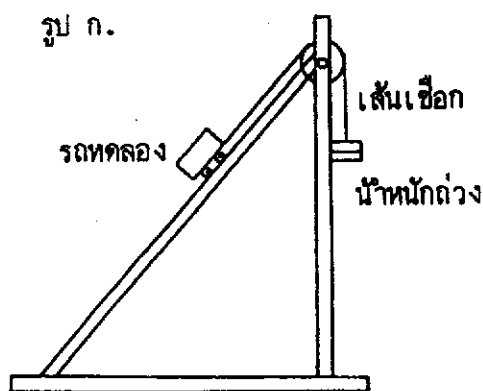
ข. หน้อยมีเงินมากกว่าน้อย

นิดมีเงินมากกว่าน้อย

ดังนั้น นิดมีเงินมากกว่าน้อย

- ค. นักเรียนทุกคนที่เรียนอยู่ในโรงเรียนนี้ชอบเล่นฟุตบอล
 เด็กชายวัฒนาไม่ชอบเล่นฟุตบอล
 ดังนั้น เด็กชายวัฒนาไม่ได้อยู่ในโรงเรียนนี้
- ง. สุรพลร้องเพลงได้ดีกว่าศรชัย
 สุรพลร้องเพลงได้ดีเท่ากับสดีไส
 ดังนั้น ศรชัยร้องเพลงได้ดีเท่ากับสดีไส
- จ. จังหวัดน่านมีประชากรมากกว่าจังหวัดตรัง
 จังหวัดตรังมีประชากรมากกว่าจังหวัดตาก
 ดังนั้น จังหวัดน่านมีประชากรมากกว่าจังหวัดตาก

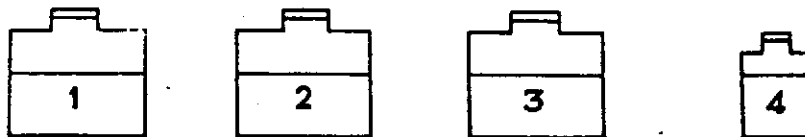
แผนภาพต่อไปนี้ เป็นรถทดลองบนพื้นเอียงที่อยู่ในสภาพหยุดนิ่งดังในรูป ก. และ
 พื้นเอียงสามารถปรับความชันได้ดังในรูป ข.



จากแผนภาพ จงตอบคำถามข้อ 10

10. ถ้าต้องการให้ความสูงของพื้นเอียงเพิ่มขึ้น โดยที่รถทดลองอยู่ในสภาพหยุดนิ่ง
 ไม่เคลื่อนที่ ควรทำการทดลองอย่างไร
- ก. ลดน้ำหนักรถทดลอง
- ข. ลดน้ำหนักถ่วง
- ค. ลดความยาวของเส้นเชือก
- ง. เพิ่มความยาวของเส้นเชือก
- จ. เพิ่มน้ำหนักรถทดลอง

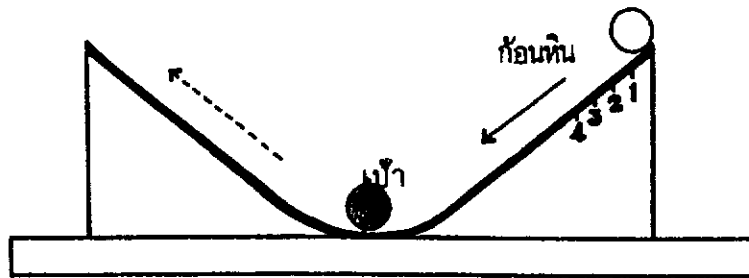
11. แผนภาพต่อไปนี้ เป็นขวด 4 ใบ โดยขวด 3 ใบแรกใส่สารเคมีที่เป็นสารละลาย ไม่มีสี 3 ชนิด และขวดใบที่ 4 ใส่โพตัสเซียมไอโอไดด์ ซึ่งเมื่อหยดลงในสารเคมีบางชนิดก็ทำปฏิกิริยากันที่เฉพาะแล้วจะได้ตะกอนสีเหลือง ข้อใดต่อไปนี้ เป็นวิธีการที่ดีที่สุดที่จะมีโอกาสทำให้เกิดตะกอนสีเหลือง (1 - 2 - 4 หมายถึงสารเคมีชนิดที่ 1, 2 และ 4 ทำปฏิกิริยากัน)



- ก. 1-4, 2-4, 3-4 และ 1-2-3-4
 ข. 1-2-4, 1-3-4, 2-3-4 และ 1-2-3-4
 ค. 1-4, 2-4, 3-4, 1-2-4, 1-3-4, 2-3-4 และ 1-2-3-4
 ง. 1-4, 2-4, 3-4, 1-2-4, 1-3-4, 2-3-4, 2-1-4, 3-1-4 และ 3-2-4
 จ. 1-4, 2-4, 3-4, 1-2-4, 1-3-4, 2-3-4, 1-1-4, 2-2-4 และ 3-3-4
12. ในการวัดความสูงของตึกตาไม้ 2 ตัว ด้วยคลิปสี่เหลี่ยมกระดาษ พบว่าตึกตาไม้ตัวที่หนึ่งสูง 4 หน่วยคลิป และตึกตาไม้ตัวที่สองสูง 6 หน่วยคลิป แต่เมื่อวัดความสูงของตึกตาไม้ตัวที่หนึ่งด้วยกระดาษ พบว่าสูง 10 หน่วยกระดาษ จงหาความสูงของตึกตาไม้ตัวที่สองเมื่อวัดด้วยกระดาษ

- ก. $6 \frac{2}{3}$ ข. 8 ค. 12 ง. $12 \frac{2}{5}$ จ. 15

แผนภาพต่อไปนี้ แสดงการเคลื่อนที่ของก้อนหินให้กระทบเป้า ประกอบไปด้วย ก้อนหินและเป้า ที่มีน้ำหนักไม่เท่ากัน ก้อนหินจะถูกปล่อยลงมาจากจุดปล่อยในระยะต่าง ๆ กัน (ระยะที่ 1 2 3 และ 4 ทางขวามือ) เพื่อกระแทกให้เป้าเคลื่อนที่ไปตามรางของพินลาดเอียง



จากแผนภาพ จงตอบคำถามข้อ 13

13. นักเรียนคนหนึ่งต้องการทดลองเพื่อทดสอบว่าระยะทางที่เป้าเคลื่อนที่จะขึ้นอยู่กับน้ำหนักของก้อนหินที่ปล่อยลงมา ถ้าท่านเป็นนักเรียนคนนั้น ท่านควรทำการทดลองอย่างไร
- ใช้เป้าที่มีน้ำหนักต่างกัน แล้วปล่อยก้อนหินที่มีน้ำหนักเท่ากันลงมาจากจุดปล่อยต่างกัน
 - ใช้เป้าที่มีน้ำหนักต่างกัน แล้วปล่อยก้อนหินที่มีน้ำหนักต่างกันลงมาจากจุดปล่อยเดียวกัน
 - ใช้เป้าที่มีน้ำหนักเท่ากัน แล้วปล่อยก้อนหินที่มีน้ำหนักต่างกันลงมาจากจุดปล่อยเดียวกัน
 - ใช้เป้าที่มีน้ำหนักเท่ากัน แล้วปล่อยก้อนหินที่มีน้ำหนักเท่ากันลงมาจากจุดปล่อยเดียวกัน
 - ใช้เป้าที่มีน้ำหนักเท่ากัน แล้วปล่อยก้อนหินที่มีน้ำหนักต่างกันลงมาจากจุดปล่อยต่างกัน

14. ในการทำปฏิกิริยาของสารพบว่า มีสารเคมี 2 ชนิด ที่เมื่อทำปฏิกิริยากันแล้วจะได้ตะกอนสีส้ม ถ้ามีสารเคมีทั้งหมด 4 ชนิด ถามว่าจะต้องนำสารเคมีเหล่านั้นมาทำปฏิกิริยากันอย่างน้อยกี่ครั้งจึงจะได้ตะกอนสีส้ม

ก. 3

ข. 4

ค. 5

ง. 6

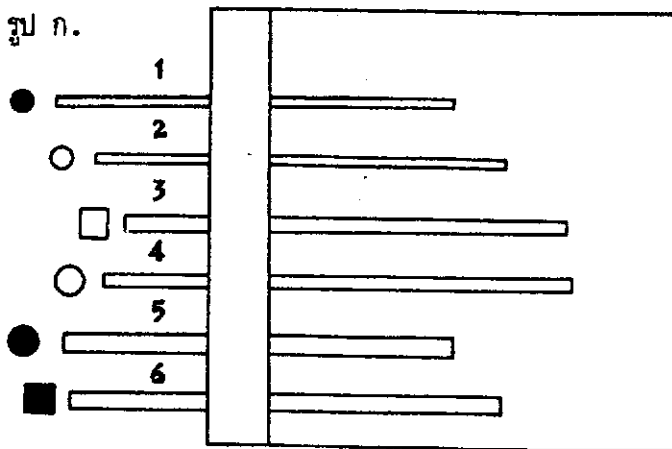
จ. 8

แผนภาพต่อไปนี้แสดงการโค้งตัวของท่อนโลหะ

รูป ก. แสดงความยาวของท่อนโลหะ ด้านซ้ายมือของท่อนโลหะจะแสดงให้เห็นถึงพื้นที่หน้าตัดและชนิดของท่อนโลหะ โดยพื้นที่หน้าตัดที่แลเงาคือท่อนเหล็ก และพื้นที่หน้าตัดไม่แลเงาคือท่อนทองแดง

รูป ข. แสดงการโค้งตัวของท่อนโลหะในภาชนะที่ใส่น้ำ โดยด้านปลายของท่อนโลหะจะมีตุ่มน้ำหนักถ่วง

รูป ก.



รูป ข.



จากแผนภาพ จงตอบคำถามข้อ 15 - 16

15. ถ้าต้องการทดสอบว่าการโค้งตัวของท่อนโลหะขึ้นอยู่กับน้ำหนักที่ถ่วงตรงปลายท่อนโลหะ ควรทำการทดลองอย่างไร
- นำตุ้มน้ำหนัก 200 กรัม ถ่วงที่ปลายท่อนโลหะที่ 1 และตุ้มน้ำหนัก 200 กรัม ถ่วงที่ปลายท่อนโลหะที่ 2
 - นำตุ้มน้ำหนัก 200 กรัม ถ่วงที่ปลายท่อนโลหะที่ 2 และตุ้มน้ำหนัก 300 กรัม ถ่วงที่ปลายท่อนโลหะที่ 4
 - นำตุ้มน้ำหนัก 200 กรัม ถ่วงที่ปลายท่อนโลหะที่ 3 และตุ้มน้ำหนัก 200 กรัม ถ่วงที่ปลายท่อนโลหะที่ 4
 - นำตุ้มน้ำหนัก 200 กรัม ถ่วงที่ปลายท่อนโลหะที่ 2 และตุ้มน้ำหนัก 200 กรัม ถ่วงที่ปลายท่อนโลหะที่ 6
 - นำตุ้มน้ำหนัก 200 กรัม ถ่วงที่ปลายท่อนโลหะที่ 5 แล้วเปลี่ยนเป็นตุ้มน้ำหนัก 300 กรัม
16. ถ้าต้องการทำการทดสอบว่าการโค้งตัวของท่อนโลหะขึ้นอยู่กับรูปร่างของท่อนโลหะ ควรทำการทดลองอย่างไร
- นำตุ้มน้ำหนัก 300 กรัม ถ่วงที่ปลายท่อนโลหะที่ 1 และตุ้มน้ำหนัก 300 กรัม ถ่วงที่ปลายท่อนโลหะที่ 2
 - นำตุ้มน้ำหนัก 200 กรัม ถ่วงที่ปลายท่อนโลหะที่ 2 และตุ้มน้ำหนัก 200 กรัม ถ่วงที่ปลายท่อนโลหะที่ 4
 - นำตุ้มน้ำหนัก 300 กรัม ถ่วงที่ปลายท่อนโลหะที่ 3 และตุ้มน้ำหนัก 300 กรัม ถ่วงที่ปลายท่อนโลหะที่ 4
 - นำตุ้มน้ำหนัก 300 กรัม ถ่วงที่ปลายท่อนโลหะที่ 2 และตุ้มน้ำหนัก 300 กรัม ถ่วงที่ปลายท่อนโลหะที่ 6
 - นำตุ้มน้ำหนัก 200 กรัม ถ่วงที่ปลายท่อนโลหะที่ 1 แล้วเปลี่ยนเป็นตุ้มน้ำหนัก 300 กรัม
17. ในการโยนลูกเต๋า 2 ลูก 1 ครั้ง จงหาความน่าจะเป็นที่ลูกเต๋าทิ้งสองลูกต่างออกแต้มเหมือนกัน
- | | | |
|-----------|-----------|----------|
| ก. $1/2$ | ข. $1/4$ | ค. $1/6$ |
| ง. $1/36$ | จ. $2/36$ | |

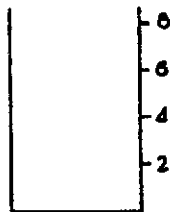
แผนภาพต่อไปนี้เป็นภาพของถ้วยและขวดอย่างละ 3 ใบ ซึ่งมีขนาดไม่เท่ากัน



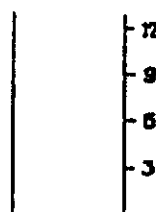
จากแผนภาพ จงตอบคำถามข้อ 18

18. ถ้าน้ำ 1 ขวดเล็กมีปริมาตรเท่ากับน้ำ 2 ถ้วยเล็ก น้ำ 1 ขวดใหญ่มีปริมาตรเท่ากับน้ำ 4 ถ้วยใหญ่ และน้ำ 3 ถ้วยเล็ก จะเต็มลงในถ้วยใหญ่ได้เต็มพอดี ข้อความใดต่อไปนี้เป็นถูกต้อง
- ก. น้ำ 1 ขวดใหญ่ มีปริมาตรเท่ากับน้ำ 6 ขวดเล็ก
- ข. น้ำ 1 ขวดใหญ่ มีปริมาตรเท่ากับน้ำ 8 ขวดเล็ก
- ค. น้ำ 1 ขวดใหญ่ มีปริมาตรเท่ากับน้ำ 8 ถ้วยเล็ก
- ง. น้ำ 1 ถ้วยใหญ่ มีปริมาตรเท่ากับน้ำ 3 ขวดเล็ก
- จ. น้ำ 3 ถ้วยใหญ่ มีปริมาตรเท่ากับน้ำ 2 ขวดเล็ก

19.



กระบอกลวดขนาดใหญ่



กระบอกลวดขนาดเล็ก

จากแผนภาพ แสดงกระบอกลวด 2 ใบ ที่มีความสูงเท่ากันแต่มีขนาดต่างกัน เทน้ำจากกระบอกลวดขนาดใหญ่ซึ่งมีน้ำอยู่สูงถึงขีด 4 ลงในกระบอกลวดขนาดเล็กปรากฏว่าระดับน้ำสูงถึงขีด 6 ถ้าเทน้ำจากกระบอกลวดขนาดใหญ่ซึ่งมีน้ำอยู่สูงถึงขีด 6 ลงในกระบอกลวดขนาดเล็ก ระดับน้ำควรอยู่ที่ขีดใด

ก. 4

ข. 6

ค. 8

ง. 9

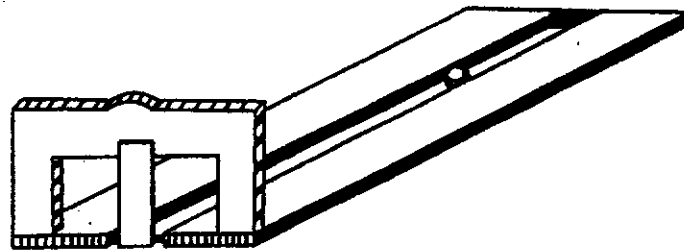
จ. 10

20. แผนภาพต่อไปนี้ เป็นเครื่องมือตัดทรงกลมให้เคลื่อนที่ไปตามรางวิ่ง ทรงกลมมี 3 ชนิด คือ ทรงกลมพลาสติก แก้ว และเหล็ก มี 2 ขนาด คือขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ในการทดลองที่ใช้แรงตึงเท่ากัน ผลปรากฏว่าเมื่อใช้ทรงกลมพลาสติกขนาดเล็ก ทรงกลมจะเคลื่อนที่ได้ทาง 42 เซนติเมตร แต่เมื่อเปลี่ยนเป็นทรงกลมแก้วขนาดใหญ่แทน ทรงกลมนี้จะเคลื่อนที่ได้ทาง 31 เซนติเมตร ถ้าวางถ้าใช้ทรงกลมเหล็กขนาดใหญ่แทน ทรงกลมเหล็กจะเคลื่อนที่ได้ทางประมาณเท่าไร

ทรงกลมพลาสติก  

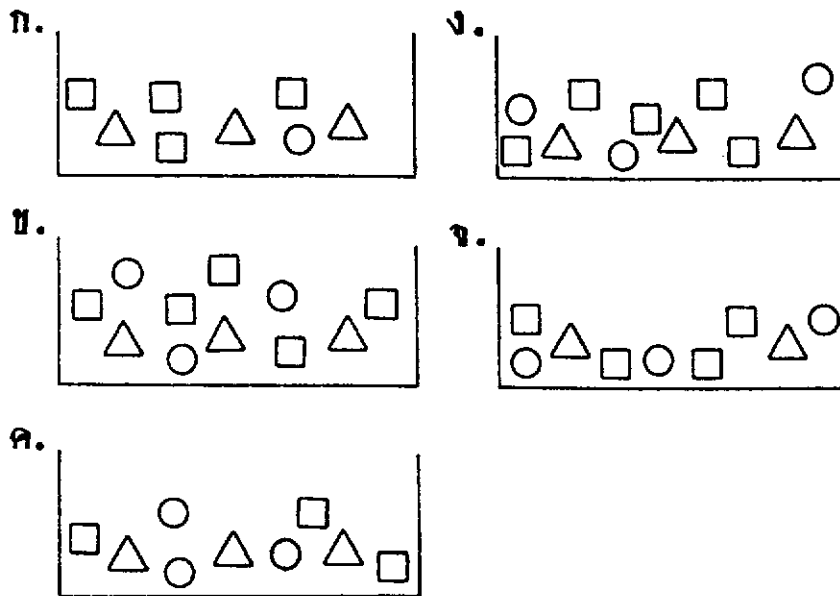
ทรงกลมแก้ว  

ทรงกลมเหล็ก  



- ก. น้อยกว่า 31 เซนติเมตร เพราะทรงกลมแก้วมีน้ำหนักน้อยกว่าทรงกลมเหล็ก ทำให้ทรงกลมแก้วเกิดแรงเฉื่อยและแรงจุดมากกว่าทรงกลมเหล็ก
- ข. น้อยกว่า 31 เซนติเมตร เพราะทรงกลมเหล็กมีน้ำหนักมากกว่าทรงกลมแก้ว ทำให้เกิดความเสียดทานกับพื้นรางวิ่งมากกว่าทรงกลมแก้ว
- ค. เท่ากับ 31 เซนติเมตร เพราะทรงกลมเหล็กมีขนาดเท่ากับทรงกลมแก้ว ทำให้ความเสียดทานของอากาศที่กระทำกับทรงกลมเหล็กและแก้วมีค่าเท่ากัน
- ง. มากกว่า 31 เซนติเมตร แต่ไม่น้อยกว่า 42 เซนติเมตร เพราะทรงกลมเหล็กมีน้ำหนักมากกว่าทรงกลมแก้ว ทำให้เกิดความเสียดทานกับพื้นรางวิ่งน้อยกว่าทรงกลมแก้ว
- จ. มากกว่า 42 เซนติเมตร เพราะทรงกลมเหล็กมีขนาดใหญ่กว่าทรงกลมพลาสติกและมีน้ำหนักมากกว่า ทำให้เกิดความเสียดทานกับพื้นรางวิ่งน้อยกว่าทรงกลมพลาสติก

21. ในแผนภาพเป็นกล่องบรรจุรูปทรงกลม รูปสามเหลี่ยม และรูปสี่เหลี่ยม กล่องในข้อใดที่เมื่อพลิกตาหยิบแล้วรูปสี่เหลี่ยมจะมีโอกาสถูกหยิบขึ้นมามากที่สุด



ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ นายชชาติ ชื่อสกุล จิตต์ประเสริฐ

เกิดวันที่ 28 เดือนมิถุนายน พุทธศักราช 2493

สถานที่เกิด อำเภอวัฒนานคร จังหวัดปราจีนบุรี

สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 748 หมู่บ้านลิต สุมวิท 101/1 พระโขนง

กรุงเทพฯ 10260. โทร 3982720

ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน ผู้ช่วยผู้อำนวยการสามัญศึกษาจังหวัดปราจีนบุรี

สถานที่ทำงานปัจจุบัน สำนักงานสามัญศึกษาจังหวัดปราจีนบุรี

อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี 25000 โทร 037-214440

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2509 ม.ศ.3 โรงเรียนวัฒนานคร จ.ปราจีนบุรี

พ.ศ. 2513 ป.กศ.สูง วิทยาลัยครูเทพสตรี จ.ลพบุรี

พ.ศ. 2515 กศ.บ. วิทยาลัยวิชาการศึกษา พระนคร กรุงเทพมหานคร

พ.ศ. 2536 กศ.ม. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร กรุงเทพมหานคร

การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้โมเดลในวิชาชีพวิทยา เรื่อง การออกไมซิส ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ในโรงเรียน
มัธยมศึกษาสังกัดกรมสามัญศึกษาในกรุงเทพมหานคร ที่มี
ความสามารถทางสติปัญญาตามทฤษฎีของ
เพียเจต์แตกต่างกัน

บทคัดย่อ
ของ
ชูชาติ จิตต์ประเสริฐ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา
มกราคม 2537

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจมีความมุ่งหมาย 3 ประการ คือ (1) เพื่อจัดลำดับความยากง่ายของมโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิส (2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสามารถทางสติปัญญากับผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้มโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิส (3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้มโนคติในวิชาชีววิทยา เรื่องการออสโมซิสของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน

ประชากรของการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2535 ในโรงเรียนสังกัด กรมสามัญศึกษา ในกรุงเทพมหานคร ส่วนกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนจำนวน 480 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอนจากกลุ่มโรงเรียน 8 กลุ่ม ๆ ละ 2 โรงเรียน ๆ ละ 1 ห้องเรียน ๆ ละ 30 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ชนิดคือ (1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ด้านมโนคติในวิชาชีววิทยาเรื่องการออสโมซิส (ค่าความเชื่อมั่น 0.88) และ (2) แบบทดสอบการคิดอย่างมีเหตุผล (ค่าความเชื่อมั่น 0.87)

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบทั้งสองไปทดสอบกลุ่มตัวอย่าง และทำการวิเคราะห์ผลโดยการคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน (ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบ เพียร์สัน ไพรดักท์โมเมนต์ และการทดสอบนัยสำคัญของความแตกต่างของค่าเฉลี่ย ด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนตลอดจนทดสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ด้วยวิธีของเชฟเฟ การวิเคราะห์ในเชิงสถิติทั้งหมดนี้ดำเนินการโดยใช้คอมพิวเตอร์ของสำนักบริการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. โดยภาพรวมระดับความยากง่ายของมโนคติเรื่องการออสโมซิสมีความสอดคล้องกับระดับความยากง่ายที่จอห์นสโตน (Johnstone) และมามูด (Mahmoud) จัดไว้แต่เมื่อพิจารณาในรายละเอียดเป็นรายมโนคติพบว่ามีความแตกต่างกันอยู่บ้าง
2. ระดับความสามารถทางสติปัญญากับผลการเรียนมโนคติเรื่องการออสโมซิสโดยจำแนกเป็นรายมโนคติ 15 มโนคติ และโดยภาพรวมมีความสัมพันธ์กัน

3. นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางสติปัญญาแตกต่างกัน 3 ระดับ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ใหม่เรื่องการออสโมซิสแตกต่างกัน เมื่อวิเคราะห์โดยภาพรวม และโดยจำแนกเป็นรายใหม่ 15 มใหม่ติ โดยกลุ่มปฏิบัติการด้วยนามธรรมมีผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่มต่อเนื่อง กลุ่มต่อเนื่องมีผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่มปฏิบัติด้วยรูปธรรม และกลุ่มปฏิบัติการด้วยนามธรรมมีผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่มปฏิบัติการด้วยรูปธรรมในทุกกรณี

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะว่าควรจัดลำดับของมใหม่ติ เรื่องการออสโมซิสให้สอดคล้องกับการวิจัยครั้งนี้ หรือหากจะใช้ลำดับขั้นของจอห์นสโตน (Johnstone) และ มามูด (Mahmoud) ก็ควรปรับปรุงการสอนมใหม่ติที่ยากให้มีความเป็นรูปธรรมมากขึ้น ตลอดจนได้เสนอแนะให้เห็นความสำคัญของการเลือกวิธีสอน และสื่อที่เหมาะสมเป็นพิเศษสำหรับการสอนมใหม่ติที่มีความเป็นนามธรรมสูง

A STUDY OF THE BIOLOGICAL CONCEPT ACHIEVEMENT IN "OSMOSIS" ATTAINED
BY M.S.IV. SCIENCE - MATHEMATICS STREAM STUDENTS, ENROLLED
IN SCHOOLS UNDER THE DEPARTMENT OF GENERAL
EDUCATION IN BANGKOK, HAVING DIFFERENT
PIAGETIAN COGNITIVE ABILITIES

AN ABSTRACT

BY

CHOOCHART JITPRASERT

Presented in partial fulfillment of the requirement for the
Master of Education degree in Science Education
at Srinakharinwirot University
January 1994

The purposes of this survey research were of three folds; (1) to set the order and arrange the sequence of the 15 Osmosis concepts, (2) to figure out correlations between the Piagetian cognitive ability and the Osmosis concept attainment, (3) to compare the concept attainment between students having different levels of cognitive ability.

The population of this study was defined as the Science stream M.S. IV students enrolled in the Department of General Education High Schools in Bangkok in the first semester of the 1992 academic year. The sample comprised 480 students randomly selected, by means of the multistage random sampling technique, from the defined population.

Two kinds of instruments were used in the investigation, the Achievement Test on the Osmosis concept (the reliability of 0.88) and the Piagetian Cognitive Ability Test (the reliability of 0.87)

The researcher tested the sample to earn raw data, then computed the basic statistics (Mean, and Standard Deviation), the Pearson - Product Moment Correlation, as well as testing significant difference of the group means, through the Analysis of Variance along with the Scheffe Multiple Comparison method. All stages of data analysis were accomplished by computer computation.

The results of the study were as follows :

1. The sequence of the 15 Osmosis concepts were, in general, correspond with the one proposed by Johnstone and Mahmoud, with some differences in details.

2. The Piagetian Cognitive Ability and the Osmosis concepts attainment were found significantly correlated.

3. The students possessing different levels of cognitive ability differently attained the Osmosis concepts. The Formal students were the most superior, the Transition were in between, the Concrete ones were the most inferior group, in all cases of comparison.

Some recommendations were released that the Johnstone and Mahmoud's sequence regarding the Osmosis concepts should be revised with respect to the new findings, or appropriate improvement in the teaching of some abstract concepts is necessary. The significance of the Piagetian cognitive ability, as a key factor for concept learning achievement, was enhanced. Teachers' awareness of more concrete instruction on abstract science concepts should also be focused.