

การวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถทางช่างกล
ของนักเรียนมัธยมศึกษาในภาคกลาง

ปริญญานิพนธ์

ของ

สมศักดิ์ ลีลา

สำนักหอสมุดกลาง มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุพรรณิคม ๑๖ พระโขนง กรุงเทพมหานคร โทร. ๓๑๒๑๖๗๕-๓๑๑๕๐๕๑

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้า
ปริญญามหาบัณฑิต
กุมภาพันธ์ ๒๕๒๒
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถทางช่างกล
ของนักเรียนมัธยมศึกษาในภาคกลาง

บทคัดย่อ

ของ

สมศักดิ์ ลีลา

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

กุมภาพันธ์ 2522

การศึกษาค้างนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถทางช่างกล
กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่หก ในภาคกลาง ซึ่งเลือกมาอย่างสุ่มแบบ
หลายชั้น จำนวน 289 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้างครั้งนี้ คือ แบบทดสอบ
วัดความสามารถ 12 ฉบับ มีความเชื่อมั่นดังนี้ 1) มิตีสัมพันธ์ .6324 2) ประกอบ
ชิ้นส่วน .6452 3) แยกองค์ประกอบ .8391 4) จักรกล .4523 5) เหตุผลทาง
คณิตศาสตร์ .6721 6) อัตราส่วน .9501 7) ภาษาไทย .5782 8) กราฟ .8325
9) การรับรู้ .5802 10) ลอกแบบภาพ .7453 11) วางแผนควบคุมการใช้กล้ามเนื้อ
.8217 12) ควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ .7639

ผลจากการศึกษาค้างพบว่า ความสามารถทางช่างกลมีสามองค์ประกอบ คือ
1) ความสามารถด้านพื้นฐาน 2) ความสามารถด้านกล้ามเนื้อ 3) ความสามารถด้าน
จักรกล ชุดของแบบทดสอบที่ใช้พยากรณ์เกรดเฉลี่ยวิชาช่างกลได้คือ ประกอบควย แบบทดสอบ
หกฉบับตามลำดับ คือ 1) เหตุผลทางคณิตศาสตร์ 2) ลอกแบบภาพ 3) อัตราส่วน
4) มิตีสัมพันธ์ 5) กราฟ 6) การรับรู้

A FACTOR ANALYSIS OF MECHANICAL ABILITIES
OF VOCATIONAL SECONDARY-STUDENTS
IN THE CENTRAL REGION

AN ABSTRACT

BY

SOMSAK LILA

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree
at Srinakharinwirot University

February 1979

The purpose of this study was to analyze the mechanical abilities of Vocational Secondary students. The subjects were 289 M.S. 6 students of eight Vocational Secondary schools in the Central region. The mechanical abilities were composed of Spatial Relation, Assembly, Components, Mechanical reasoning, Mathematical reasoning, Ratio, Verbal, Graph, Perception, Copy, Plan to use muscle and Fingers control, which their reliabilites were .6234, .6452, .8391, .4523, .6721, .9501, .5782, .8325, .5802, .7453, .8217 and .7639, respectively.

It was found that the mechanical abilities had three factors as follow : 1) Basic Abilities Factor, 2) Dexterity Factor and 3) Mechanical Factor. Moreover the results suggested that the six tests should be used as a device for selecting the vocational students there were 1) Mathematical reasoning, 2) Copy, 3) Ratio, 4) Spatial relation, 5) Graph and 6) Perception. The Grade Point Average was used as a criterion.

คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำคณะได้พิจารณาปัญหานี้จนบัดนี้แล้ว
เห็นสมควรรับ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษากฎกระทรวงการศึกษามหาบัณฑิต
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....
.....

.....
.....

ประกาศคุณูปการ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ ศรีโสภณ หัวหน้าภาควิชาที่ฐานการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ อาจารย์ ดร. สำเริง บุญเรืองรัตน์ อาจารย์สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร ที่กรุณาให้คำแนะนำในการเขียนปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลงได้เรียบร้อย

ขอขอบพระคุณ ท่านผู้อำนวยการของสถานศึกษาในกลุ่มตัวอย่าง ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และคณะครูที่ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ คุณสุวิภา พวงกนก หัวหน้าฝ่ายบริการภายนอก คณะประสิทธิ์นิลวัชรมณี เจ้าหน้าที่ฝ่ายแผนงานและฝึกอบรม สำนักงานสถิติแห่งชาติ ที่ให้ความช่วยเหลือเกี่ยวกับการคำนวณโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์

ขอขอบคุณ คุณชาญณรงค์ แสงสว่าง คุณวีระวัฒน์ เรืองหนู คุณชวนชัย เชื้อสาครชน คุณฉาญวิทย์ เต็มมบุญประเสริฐ ที่ช่วยเหลือในการเก็บรวบรวมข้อมูล และท่านที่มีโอกาสอ่านงานไว้ในพื้นที่ทุกท่าน ที่มีส่วนช่วยให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงด้วยดี

สมศักดิ์ วิจิรา

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ค่านา	1
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	3
สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า	3
ความสำคัญของปัญหาที่ศึกษาค้นคว้า	3
ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	4
ตัวแปรในการศึกษาค้นคว้า	4
คำจำกัดความของศัพท์	5
2 ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
ทฤษฎีเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพสมองของมนุษย์	6
ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางช่างกล	8
3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	14
ประชากร	14
กลุ่มตัวอย่าง	14
เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล	15
วิธีรวบรวมข้อมูลและการจัดการกับข้อมูล	20
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	23
สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	23
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	24
ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถทางช่างกล	26
ผลการค้นหาตัวพยากรณ์ในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ...	34

5	สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	44
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	44
	กลุ่มตัวอย่าง	44
	เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล	44
	ผลของการวิเคราะห์ข้อมูล	45
	สรุปและอภิปรายผล	46
	ข้อเสนอแนะ	51
	บรรณานุกรม	52
	ภาคผนวก	57

บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 แสดงจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างแยกตามโรงเรียน	15
2 ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเชื่อมั่น และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด	25
3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายใน (Inter correlation coefficient) ของความสามารถทั้ง 12 ด้าน และเกรตเฉลี่ย ..	26
4 แสดงค่า Estimate Communality	27
5 แสดงค่า Eigenvalue เปอร์เซ็นต์ความแปรปรวน เปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนสะสม	28
6 เมตริกขององค์ประกอบ (Factor Matrix) แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบความสามารถทางช่างกล ซึ่งได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยวิธี Principal Factor ก่อนหมุนแกนของ Hotelling	29
7 ค่าน้ำหนักองค์ประกอบความสามารถทางช่างกลภายหลังการหมุนแกนแบบ Orthogonal โดยวิธี Varimax ของ Kaiser	30
8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ (Factor Score Coefficients)	32
9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจากเกรตเฉลี่ยและคะแนนจากความสามารถทางช่างกลของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 289 คน	35
10 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ (b, B) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ (S.E.b) ค่า F ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ (R) ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (S.E. _{est}) และค่าคงที่ของสมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ (a)	36

11	การค้นหาค่าพยากรณ์ที่ดี เพื่อพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนช่วงกล	37
12	ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ (b , B) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ ($S.E.b$) ค่า F ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ (R) ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ($S.E._{est}$) และค่าคงที่ ของสมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ (a)	39
13	การวิเคราะห์ความแปรปรวนในการพยากรณ์แบบพหุคูณ	39
14	การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจากเกรดเฉลี่ย และคะแนน จากความสามารถทางช่วงกลส่วนด้านของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 289 คน	42
15	ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ (b , B) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน ของสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ ($S.E.b$) ค่า F ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ (R) ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ($S.E._{est}$) และค่าคงที่ ของสมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ (a)	43

กล่าวนำ

ในทางการศึกษาปัจจุบันต่างยอมรับว่า การจัดการศึกษาที่ดีนั้นจะคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคลเป็นประการสำคัญ เพราะธรรมชาติของเด็กแต่ละคนนั้นมีบางสิ่งบางอย่างที่แตกต่างกัน เช่น ความแตกต่างทางความสามารถสมอง บุคลิกภาพ ทัศนคติ ตลอดจนความสนใจและพฤติกรรมด้านอื่น ๆ (Bingham. 1937 : 25-26) ทั้งนี้ก็เพื่อสนองกับงานซึ่งต้องอาศัยความสามารถที่แตกต่างกัน บางครั้งครู ผู้ปกครอง และตัวนักเรียนเอง อาจไม่ทราบว่าตนมีความสามารถอย่างไร มีความถนัดอยู่ในด้านใด และวิชาที่ตนเรียนนั้นต้องอาศัยความสามารถในด้านใดบ้าง (พรทิพย์ ภัทรชาคร 2520 : 1) จึงเป็นการยากที่จะตัดสินใจเลือกเรียนและทำงานได้เหมาะสมกับความสามารถของตน ถ้านักเรียนเข้าไปศึกษาในสาขาวิชาที่ตนไม่ถนัดไม่เหมาะสมกับความสามารถของตน ก็อาจจะทำให้นั้นเรียนไม่สำเร็จต้องออกกลางคัน ทำให้เกิดการสูญเปล่าทางการศึกษารวมกันข้าม ถ้าบุคคลใดได้ทำงานตรงกับความสามารถและพยายามพัฒนาประสิทธิภาพในการทำงานให้สูงขึ้นก็จะเป็นสิ่งสำคัญยิ่งคือความสำเร็จในชีวิตและเสริมสร้างความเจริญให้แก่ประเทศชาติ (สมบุญ ชิตพงศ์ และ ดำเรียง บุญเรื่อรัตน์ 2518 : 1) ฉะนั้น การเข้าศึกษาในสาขาวิชาใดต้องอาศัยบุคคลที่มีความสามารถเหมาะสมกับวิชาและงานนั้น

สวัสดี ประทุมราช (สวัสดี ประทุมราช 2517 : 21) กล่าวว่า แบบทดสอบความถนัดสามารถหาเหตุผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ คนที่มีความถนัดทางด้านใดก็มีแนวโน้มที่จะเรียนรู้หรือทำงานทางด้านนั้นได้ดี มีประสิทธิภาพ ดังนั้น แบบทดสอบความถนัดจึงมีความสำคัญในการสอบคัดเลือกเพื่อวัดความสามารถ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียนในระดับมัธยมศึกษา ซึ่งถือว่าเป็นการศึกษาเพื่อสำรวจความสามารถและความถนัดของนักเรียน เพื่อเป็นแนวทางในการออกไปประกอบอาชีพต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับคำกล่าวของ กมล สุกประเสริฐ (กมล สุกประเสริฐ 2518 : 73) ที่ว่าการศึกษาในระดับ

มัธยมศึกษา ควรเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบสิ่งที่ตนถนัดที่สุด แล้วส่งเสริมความถนัดของแต่ละคนไปให้มากที่สุด เพื่อที่จะได้เป็นวิชาชีพที่ใช้ในการดำรงชีวิตที่ดีในอนาคต และเป็นผลดีแก่ประเทศชาติที่ต้องอาศัยบุคคลที่มีความสามารถสูงในแต่ละด้านนั้น ๆ

ช่างกลนั้นนับเป็นวิชาชีพที่น่าสนใจ เพราะงานช่างกลเป็นสาขาหนึ่งของวิศวกรรมศาสตร์ (Considine, 1978 : 1520) ซึ่งทำให้เกิดเทคโนโลยีมากมาย ความเจริญทางเทคโนโลยีนี้มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงงานต่าง ๆ (อนันต์ ศรีโสภา 2520 : 1) ซึ่งเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเรามากที่สุด งานช่างกลจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจ และควรแก่การศึกษาคนควาเป็นอย่างยิ่ง

อนัสตาซี (Anastasi, 1968 : 360) กล่าวว่า ความสามารถทางช่างกลประกอบด้วย

1. ความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของกล้ามเนื้อ (Dexterity)
2. ความรู้และเหตุผลเชิงจักรกล (Mechanical Information and Mechanical Reasoning)
3. สมรรถภาพด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Relation)

นอกจากนี้ยังมีความสามารถด้านตัวเลขและภาษารวมอยู่ด้วย

ส่วน ฟลินนาแกน (Flanagan, 1961 : 23) ได้วิจัยพบว่า ชุดของแบบทดสอบสำหรับความถนัดทางอาชีพช่างกล ควรประกอบด้วยแบบทดสอบต่อไปนี้

1. แบบทดสอบเชิงจักรกล (Mechanics)
2. แบบทดสอบการประกอบชิ้นส่วน (Assembly)
3. แบบทดสอบการแยกองค์ประกอบ (Components)
4. แบบทดสอบมาตราส่วน (Scales)
5. แบบทดสอบการประสาน (Co-ordination)
6. แบบทดสอบกระสวนภาษา (Patterns)

ความสามารถทางช่างกลที่นักจิตวิทยาการศึกษาคนพบนี้ ยังไม่ทราบว่าลักษณะองค์ประกอบของความสามารถเป็นอย่างไร มีมากน้อยแตกต่างกันอย่างไร และแบบทดสอบใด

ควรจะมีประสิทธิภาพในการวัดได้ดีที่สุด การวิเคราะห์องค์ประกอบจะช่วยให้เราทราบว่าความสามารถทางช่างกล ควรมีองค์ประกอบอะไรบ้าง มีน้ำหนักความสำคัญมากน้อยต่างกันอย่างไร ความสามารถต่าง ๆ มีการจัดกลุ่มกันอย่างไร (Gullford. 1954 : 47)

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถทางช่างกลของนักเรียนมัธยมศึกษาในภาคกลาง
2. เพื่อที่จะทราบว่าความสามารถทางช่างกลแต่ละองค์ประกอบสามารถวัดได้ด้วยแบบทดสอบใด และแบบทดสอบวัดความสามารถทางช่างกลควรประกอบด้วยแบบทดสอบใดบ้าง

สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า

1. ความสามารถทางช่างกลมีมากกว่าหนึ่งองค์ประกอบ
2. คิวพยากรณ์เกรตเจลิยวิชาช่างกลที่ดี ประกอบด้วยแบบทดสอบความสามารถจากแต่ละองค์ประกอบอย่างน้อยหนึ่งฉบับ

ความสำคัญของผู้ที่ศึกษาค้นคว้า

- ✓ 1. ผลของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ จะทำให้ทราบว่าลักษณะองค์ประกอบของความสามารถทางช่างกลเป็นอย่างไร เพื่อจะได้เป็นแนวทางในการคัดเลือกและส่งเสริมความสามารถของนักเรียนต่อไป
- ✓ 2. ผลของการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จะทำให้ทราบว่าแบบทดสอบที่ใช้คัดเลือกนักเรียนสาขาวิชาช่างกล ควรใช้แบบทดสอบใดบ้าง

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

๕

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จำกัดอยู่ภายในขอบเขตของความมุ่งหมายที่ตั้งไว้ โดยไม่นำรายละเอียดเกี่ยวกับเพศ สถานภาพครอบครัว ประสบการณ์ อายุ และองค์ประกอบทางด้านจิตวิทยาอื่น ๆ มาควบคุมในการศึกษาค้นคว้า

ตัวแปรในการศึกษาค้นคว้า

ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีดังนี้ แบ่งเป็นสองตอน

ตอนที่ 1 วิเคราะห์องค์ประกอบ มีตัวแปรความสามารถ 12 ด้านดังนี้

1. ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์
2. ความสามารถในการประกอบชิ้นส่วน
3. ความสามารถในการแยกองค์ประกอบ
4. ความสามารถเชิงจักรกล
5. ความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์
6. ความสามารถในอัตราส่วน
7. ความสามารถทางด้านภาษา
8. ความสามารถในการเรียงกราฟ
9. ความสามารถในการรับรู้
10. ความสามารถในการลอกแบบภาพ
11. ความสามารถในการวางแผนควบคุมการใช้กล้ามเนื้อ
12. ความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ

ตอนที่ 2 เป็นการค้นหาตัวพยากรณ์ที่ดีในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาช่างกล โดยใช้เกรกเดิลย์เป็นตัวเกณฑ์ และใช้ตัวแปรความสามารถทั้ง 12 ด้าน ในตอนที่หนึ่งเป็นตัวพยากรณ์

คำว่าักความของศัพท์

ความสามารถ หมายถึง การตอบสนองต่อสิ่งเร้าโดยอาศัยสติปัญญาและ
ประสบการณ์ เป็นเครื่องพิจารณาให้สามารถตอบสนองในทางที่ถูกต้องในเวลาอันรวดเร็ว
และสมเหตุสมผล ในที่นี้สิ่งเร้าจะหมายถึงความเฉพาะแบบทดสอบอันเป็นเครื่องมือในการ
ศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เท่านั้น

- 915
รท 507 8
510 7 ๓2๖ ก
คก 373 ๔467 ๙16 ก
ส
รท 1๖3 ๙4 (กมจร)
นอ 1๖3 ๙4 พ 19 ก
- หมายถึง การศึกษาและทำงานอันเกี่ยวกับเครื่องจักร เครื่องยนต์
งานที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์
ภาคกลาง หมายถึง ภาคที่ประกอบด้วยจังหวัดต่อไปนี้ นครปฐม นนทบุรี ปทุมธานี
สมุทรปราการ ราชบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สุพรรณบุรี กาญจนบุรี
ฉะเชิงเทรา ชลบุรี อ่างทอง ชัยนาท สิงห์บุรี สระบุรี อุทัยธานี นครสวรรค์
พิจิตร นครนายก อยุธยา จันทบุรี และตราด
โรงเรียน หมายถึง โรงเรียนหรือวิทยาลัยที่สังกัดกรมอาชีวศึกษา กระทรวง
ศึกษาธิการ ในภาคกลาง
นักเรียน หมายถึง นักเรียนที่กำลังเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่หก สาขาวิชา
ช่างกล ของสถานศึกษาดังสังกัดกรมอาชีวศึกษา ปีการศึกษา 2521 ในภาคกลาง
เกรดเฉลี่ย หมายถึง การนำเอาคะแนนวิชาที่ช่างกลทุกวิชาที่นักเรียนแต่ละคน
ได้รับมาคิดเฉลี่ย วิธีการเฉลี่ย คือ เอาคะแนนที่นักเรียนได้ในแต่ละวิชาคูณกับหน่วยกิตใน
วิชานั้น แล้วนำมาบวกกัน แล้วหารด้วยจำนวนหน่วยกิตทั้งหมด คะแนนที่ได้ขึ้นอยู่กับระบบห้า
อันดับ คือ 4, 3, 2, 1 และ 0

คำจำกัดความของศัพท์

ความสามารถ หมายถึง การตอบสนองต่อสิ่งเร้าโดยอาศัยสติปัญญาและประสบการณ์เป็นเครื่องมือให้สามารถตอบสนองในทางที่ถูกต้องในเวลาอันรวดเร็ว และสมเหตุสมผล ในที่นี้สิ่งเร้าจะหมายความเฉพาะแบบทดสอบอันเป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เท่านั้น

ช่างกล หมายถึง การศึกษาและทำงานอันเกี่ยวกับเครื่องจักร เครื่องยนต์ ตลอดจนไปถึงงานที่เกี่ยวข้องกับไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์

ภาคกลาง หมายถึง ภาคที่ประกอบด้วยจังหวัดต่อไปนี้ นครปฐม นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรสาคร สมุทรปราการ ราชบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สุพรรณบุรี กาญจนบุรี จันทบุรี สระบุรี อ่างทอง ชัยนาท สิงห์บุรี สระบุรี อโยธยา อุทัยธานี ฉะเชิงเทรา ชลบุรี ปราจีนบุรี นครนายก ระยอง จันทบุรี และตราด

โรงเรียน หมายถึง โรงเรียนหรือวิทยาลัยที่สังกัดกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ในภาคกลาง

นักเรียน หมายถึง นักเรียนที่กำลังเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่หก สาขาวิชาช่างกล ของสถานศึกษาสังกัดกรมอาชีวศึกษา ปีการศึกษา 2521 ในภาคกลาง

เกรดเฉลี่ย หมายถึง การนำเอาคะแนนวิชาต่างทุกวิชาที่นักเรียนแต่ละคนได้รับมาคิดเฉลี่ย วิธีการเฉลี่ย คือ เอาคะแนนที่นักเรียนได้ในแต่ละวิชาคูณกับหน่วยกิตในวิชานั้น แล้วนำมาบวกกัน และหารด้วยจำนวนหน่วยกิตทั้งหมด คะแนนที่ได้ขึ้นอยู่กับระบบหน่วยกิต คือ 4, 3, 2, 1 และ 0

ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ แบ่งเป็นสองตอน คือ ทฤษฎีเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพสมองของมนุษย์ และทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความสามารถทางชาถล

ทฤษฎีเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับสมรรถภาพสมองของมนุษย์

1. ทฤษฎีองค์ประกอบเดี่ยว เจ้าของความคิด คือ บิเน็ต (Binet) ซึ่งเชื่อว่าความสามารถทางสมองเป็นผลรวมของความสามารถที่จะเข้าใจเหตุผลเพื่อตัดสินใจ
2. ทฤษฎีสองตัวประกอบ (Two Factors Theory) เจ้าของความคิด คือ ชาร์ล สเปียร์แมน (Charles Spearman) นักจิตวิทยาชาวอังกฤษ ซึ่งเชื่อว่า สมรรถภาพสมองของมนุษย์นั้นประกอบด้วย ความสามารถพื้นฐานทั่วไป (General Factor) และความสามารถเฉพาะ (Specific Factor)
3. ทฤษฎีหลายตัวประกอบ (Multiple Factors Theory) เริ่มจาก เฮอร์สโตน (Thurstone. 1947 : 315) เป็นผู้วิเคราะห์องค์ประกอบของความสามารถขั้นพื้นฐานของมนุษย์โดยทั่วไป แบ่งออกได้เจ็ดประการ คือ
 - 3.1 สมรรถภาพด้านภาษา (Verbal Factor) เป็นความสามารถในการเข้าใจคำศัพท์ ข้อความ บทกวี หรือเรื่องราวต่าง ๆ
 - 3.2 สมรรถภาพด้านตัวเลขหรือคณิตศาสตร์ (Number Factor) เป็นความสามารถในการคำนวณ และเข้าใจความธรรมชาติเกี่ยวกับตัวเลข
 - 3.3 สมรรถภาพด้านความจำ (Memory Factor) เป็นความสามารถในการระลึกหรือจกหาเหตุการณ์เรื่องราวต่าง ๆ ได้
 - 3.4 สมรรถภาพด้านความคล่องแคล่วในการใช้คำ (Word Fluency Factor) เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว
 - 3.5 สมรรถภาพด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Factor) เป็นความสามารถที่จะมองเห็นความสัมพันธ์ด้านมิติต่าง ๆ ได้

3.6 สมรรถภาพทางเหตุผล (Reasoning Factor) เป็นความสามารถในการจัดประเภทอุปมาอุปไมย และ รูปภาพอย่างละเอียด

3.7 สมรรถภาพทางการรับรู้ (Perceptual Factor) เป็นความสามารถในการที่จะรับรู้ใคร่ครวญเร็วถูกต้อง สามารถมองเห็นรายละเอียดต่าง ๆ ได้

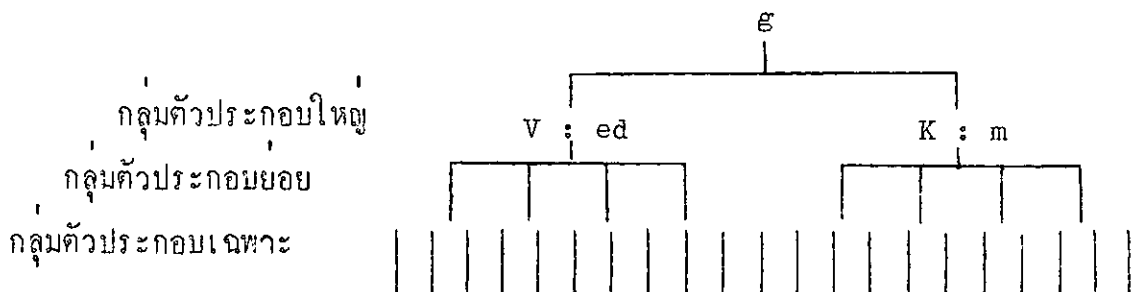
ต่อมา กิลฟอร์ด (Guilford. 1967 : 37) ได้วิจัยและเสนอทฤษฎีสมองซึ่งสามารถมองได้ในรูปสามมิติ คือ

มิติที่ 1 วิธีการคิด (Operation) หมายถึง ขบวนการคิด ซึ่งประกอบด้วย 6 ลักษณะ คือ การรู้ (Cognition) การจำ (Memory) การคิดออกแนก (Divergent Thinking) การคิดเอกล (Convergent Thinking) และการประเมินผล (Evaluation)

มิติที่ 2 เนื้อหา (Content) หมายถึง สิ่งต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดความคิด ความรู้สึก แบ่งออกเป็น 5 ลักษณะ คือ ภาพ (Figural) สัญลักษณ์ (Symbolic) ภาษา (Semantic) และพฤติกรรม (Behavioral)

มิติที่ 3 ผลของการคิด (Product) หมายถึง ผลที่เกิดจากสมองถูกเร้าในมิติเนื้อหา แล้วสามารถจัดระบบออกมาในรูปต่าง ๆ ได้ มี 6 ลักษณะ คือ หน่วย (Unit) จำพวก (Class) ความสัมพันธ์ (Relation) ระบบ (System) การแปลงรูป (Transformation) และการประยุกต์ (Implication)

4. ทฤษฎีระดับชั้นของกลุ่มตัวประกอบ (Hierarchical Theory) นักจิตวิทยาชาวยุโรป โดยเฉพาะชาวอังกฤษได้เป็นผู้ขยายทฤษฎีสองตัวประกอบของสเปียร์แมนขึ้นผู้มีชื่อเสียง ได้แก่ เบอร์ต (Burt. 1944 : 85-89) เวอร์นอน (Vernon. 1960 : 22) นักจิตวิทยาเหล่านี้ได้เสนอแผนผังที่แสดงถึงความสามารถทางสมองทั่ว ๆ ไปไว้ดังนี้



จากผังข้างบนนี้ แสดงว่า ความสามารถทางสมองทั่ว ๆ ไปของมนุษย์ แบ่งออกเป็นกลุ่มตัวประกอบใหญ่ได้สองประเภท คือ ตัวประกอบที่ได้จากการเล่าเรียน (V : ed) และตัวประกอบที่ได้จากพฤติกรรมทักษะ (K : m) ในกลุ่มตัวประกอบใหญ่ แต่ละกลุ่มแบ่งออกเป็นตัวประกอบย่อย และในแต่ละกลุ่มตัวประกอบย่อย แบ่งออกเป็นตัวประกอบเฉพาะลงไปอีก

ทฤษฎีทั้งหลายที่ยกมาข้างนี้ เป็นพื้นฐานว่าสมองความคิดที่นักจิตวิทยา และนักการศึกษา ตั้งขึ้น เพื่อเป็นแนวทางในการอธิบายเกี่ยวกับสมรรถภาพหรือความสามารถทางสมองของมนุษย์ขั้นต้นเท่านั้น ยังมีความสามารถของมนุษย์อีกหลายสิ่งหลายอย่างที่บรรดานักจิตวิทยา และนักการศึกษา กำลังสนใจกันอยู่

ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถทางชาวงกล

1. ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์นี้เป็นความสามารถที่เกี่ยวกับการเห็นความสัมพันธ์ของรูปมิติต่าง ๆ การจำแนกรูปใดเหมือนหรือแตกต่างจากรูปใด ซึ่งไม่จำเป็นต้องบอกความแตกต่างนั้นเป็นถ้อยคำภาษา (Cronbach. 1970 : 213) วิชาชาวงกลเป็นวิชาที่ต้องปฏิบัติเกี่ยวกับเครื่องจักรกล จำเป็นต้องมีความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของวัตถุเครื่องมือเหล่านั้นในรูปลักษณะต่าง ๆ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์นี้ อนัสตาซี (Anastasi. 1968 : 352) กล่าวว่า มีบทบาทสำคัญในแบบทดสอบเชาว์ปัญญาเชิงปฏิบัติทั่วไป และไม่ใช้ภาษาด้วย

โคเนล (Barnett. 1968 : 155 citing Donal. 1967 : 356) วิจัยพบว่า แบบทดสอบมิติสัมพันธ์มีความสัมพันธ์กับความสำเร็ของนักเรียนในสาขา วิศวกรรมศาสตร์ ศิลป ชาวงกล และวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นวิชาวิทย์ที่ต้องอาศัยวิชาคณิตศาสตร์ เป็นพื้นฐาน

2. ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถในการประกอบชิ้นส่วน

ความสามารถในการประกอบชิ้นส่วนเป็นความสามารถในการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ ทางจักรกลเข้าด้วยกัน เป็นความสามารถเฉพาะที่น่าสนใจ อีกประการหนึ่งอันเกี่ยวกับความสามารถทางช่างกล

ฟลินนาแกน (Flanagan. 1961 : 23) พบว่า ความสามารถในการประกอบชิ้นส่วนนี้เป็นองค์ประกอบหนึ่งของผู้ที่มืออาชีพช่างกล เขาได้ทำการวิจัยในมลรัฐฟิลาเดเฟียหาความเชื่อมั่นโดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนมัธยมศึกษา จำนวน 991 คน ได้ค่าความเชื่อมั่น .77 และมีความเที่ยงตรงกับเกรดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 61 คน เท่ากับ .42

3. ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถในการแยกองค์ประกอบ

ความสามารถในการแยกองค์ประกอบ เป็นความสามารถอันเกี่ยวแก่การแยกแยะชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล เป็นการพิจารณาว่ามีชิ้นส่วนใดเป็นองค์ประกอบอยู่ (Anastasi. 1968 : 355) วิชาช่างกลนั้นเป็นวิชาที่ศึกษาและทำงานอันเกี่ยวกับเครื่องจักรกล ฉะนั้นจำเป็นต้องอาศัยความสามารถในการพิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ ของเครื่องจักร

ฟลินนาแกน (Flanagan. 1961 : 23) พบว่า ความสามารถในการแยกองค์ประกอบเป็นองค์ประกอบหนึ่งของผู้ที่มืออาชีพช่างกล เขาได้ทำการวิจัยในมลรัฐฟิลาเดเฟียหาความเชื่อมั่นโดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา จำนวน 991 คน ได้ค่าความเชื่อมั่น .77 และมีความเที่ยงตรงกับเกรดเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 61 คน เท่ากับ .32

4. ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถเชิงจักรกล

ช่างกลเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับเครื่องจักรต่าง ๆ เป็นการนำเอาความรู้ที่เกี่ยวกับแรงที่กระทำต่อวัตถุมาใช้ (Considine. 1971 : 1520) ฉะนั้น ความสามารถทางช่างกล ควรจะประกอบด้วยความรู้เรื่องธรรมชาติของแรง และประสบการณ์อันเกี่ยวกับเครื่องจักรกล

โจนส์ และ มิลเลน (Jones and Millen. 1965 : 459-464) ใช้แบบทดสอบเชิงจักรกลทดสอบกับนักศึกษาใน College of Engineering ของ Iowa State University ได้ค่าความเชื่อมั่น .82 และสรุปว่า แบบทดสอบเชิงจักรกลเหมาะที่จะใช้แนะแนวนักเรียนในโรงเรียนที่ได้รับการฝึกหัดด้านวิศวกรรมสาขาต่าง ๆ

แบบทดสอบเชิงจักรกลที่มีผู้นำไปใช้ทำนายผลสัมฤทธิ์ในการเรียนช่างกลกันมาก ได้แก่ แบบทดสอบความเข้าใจเชิงกลของ T.M.C. แบบทดสอบเหตุผลเชิงจักรกล (Mechanical Reasoning) ของ D.A.T. แบบทดสอบเชิงกล (Mechanics) ของ FACT

5. ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์

ความสามารถอันเกี่ยวกับคณิตศาสตร์นั้นเป็นสมรรถภาพสมองขั้นพื้นฐานของมนุษย์ ดังที่ เซอร์สโตน ได้ระบุไว้ในทฤษฎีหลายตัวประกอบ คณิตศาสตร์มีความจำเป็นในชีวิตประจำวัน และเป็นพื้นฐานอันสำคัญในการศึกษาวิชาการต่าง ๆ ทุกสาขา คณิตศาสตร์มีความสำคัญทั้งในตำแหน่งที่เป็นระบบการคิด และในตำแหน่งที่เป็นเครื่องมือของวิชาการสาขาต่าง ๆ

สตรีกเกอร์ และคณะ (Stricker and others. 1965 : 227) ได้ใช้แบบทดสอบคณิตศาสตร์ชุด SAT พยากรณ์ผลการเรียนในมหาวิทยาลัยของนักศึกษา 225 คน ปรากฏว่า มีค่าสหสัมพันธ์กับเกรดเฉลี่ยสูงถึง .73 แสดงว่า แบบทดสอบคณิตศาสตร์มีประสิทธิภาพในการทำนายสูง

6. ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถในอัตราส่วน

ความสามารถที่น่าสนใจประการหนึ่งเกี่ยวกับความสามารถทางช่างกลก็คือ ความสามารถทางด้านตัวเลข (Numerical) วิชาช่างกล ต้องศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์เครื่องจักรกลต่าง ๆ หลักสูตรเบื้องต้นก็คือ ต้องศึกษานาครูปร่างของเครื่องจักร การเขียนแบบและออกแบบเกี่ยวกับเครื่องจักร ฉะนั้น การใช้ตัวเลขอันเกี่ยวกับอัตราส่วน จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะทำให้นักเรียนสามารถเขียนแบบและจำลองแบบได้ถูกต้อง

และความรู้ทางคำศัพท์นี้เป็นพื้นฐานอันสำคัญในการเรียนวิชาการทุกสาขา
(Richardson and Richardson. 1973 : 25)

7. ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถทางคำภาษา

ภาษาเป็นเครื่องมือที่จำเป็นในการเรียนรู้ ในกระบวนการคิดใด ๆ ก็ตาม ภาษาย่อมมีบทบาทสำคัญที่สุด (Brune. 1953 : 156) ภาษาประกอบขึ้นด้วยถ้อยคำ ความหมาย และระเบียบการจัดถ้อยคำ หรือระเบียบในการสื่อความหมาย (Black. 1949 . 2) การเรียนวิชาข้างกลนั้นจำเป็นต้องใช้ภาษาสื่อความหมายเพื่อส่งงานรับรู้ และเข้าใจในเหตุการณ์ความเป็นไปต่าง ๆ ความสามารถทางคำภาษา จึงมีความสำคัญ ต่อความสามารถทางข้างกล

เกรย์ (Gray. 1965 : 352-354) ได้นำแบบทดสอบความถนัดทาง การเรียนทางคำภาษาไปทดสอบกับนักศึกษาที่ Fort Bliss พบว่า สามารถจำแนก กลุ่มความสามารถของนักศึกษาได้ดีกว่าแบบทดสอบอื่น ๆ

8. ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถในเรื่องกราฟ

ประสาทสัมผัสเกี่ยวกับการมองเห็นและการประสานสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อ มิใช่ เป็นความสามารถใดเดี่ยวย แต่จะต้องมีความสามารถแยกแยะได้ถูกต้องอีกด้วย คุณลักษณะ เช่นนี้มีความสำคัญต่อวิชาการปฏิบัติอย่างใหญ่หลวง (Anastasi. 1968 : 23) ข้างกลเป็นงานที่ต้องปฏิบัติ เพราะฉะนั้น งานข้างกลจึงต้องอาศัยความสามารถในสายตา ประสานสัมพันธ์กับการกระทำอย่างรวดเร็ว

พจน์ สะเพียรชัย (พจน์ สะเพียรชัย 2516 : 23) พบว่า แบบทดสอบ ความเร็วในการอ่านกราฟ ซึ่งมีความเชื่อมั่น .897 มีความเที่ยงตรงกับวิชาชีพของ นักเรียนชั้นปีที่หนึ่ง วิทยาลัยเทคนิคภาคพายัพ จังหวัดเชียงใหม่สูงถึง .56

9. ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถในการรับรู้

ความสามารถในการรับรู้ เป็นสมรรถภาพทางสมองขั้นพื้นฐานของมนุษย์ ตามที่ เซอร์สโตน ได้ระบุไว้ในทฤษฎีหลายตัวประกอบ งานข้างกลของอาศัยบุคคลผู้มีทักษะและรับรู้ได้อย่างรวดเร็ว ฉะนั้น จึงต้องมีความสามารถในการรับรู้ด้วย

บลูม และคณะ (Bloom and others. 1971 : 858) ได้พบว่า การเรียนทางกลนั้น ควรจะมีพฤติกรรมด้านการรับรู้ (Perceptual) ด้วย และเขายังได้แยกพฤติกรรมด้านการรับรู้ทางข้างกลออกเป็น

1. การรับรู้ความรู้สึก (Sensation)
2. การรับรู้ในภาพ (Figure perception)
3. การรับรู้ในสัญลักษณ์ (Symbol perception)
4. การรับรู้ในความหมาย (Perception of meaning)
5. การรับรู้ในการปฏิบัติ (Perception of performance)

10. ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถในการลอกแบบภาพ

ตัวประกอบค่านโมเตอร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในแบบทดสอบความถนัดเชิงจักรกล อาจจะเป็นเพราะความสามารถในการจัดการได้อย่างรวดเร็ว เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับงานค่านนี้ อนัสตาซี (Anastasi. 1968 : 359) กล่าวว่า ปรากฏหลักฐานแสดงว่าการฝึกหัดมีอิทธิพลทำให้ความสามารถค่านโมเตอร์เปลี่ยนแปลงไป

ความสามารถในการมองเห็นและประสิทธิภาพการรวดเร็วในเชิงสัญลักษณ์และการคาดคะเนได้อย่างถูกต้องเป็นสิ่งสำคัญ (Fleishman. 1964 : 57) ความสามารถในการลอกแบบภาพเป็นการวัดความเร็วและการคาดคะเนโดยใช้โมเตอร์ ฉะนั้น ความสามารถในการลอกแบบภาพจึงเป็นความสามารถอันเกี่ยวข้องกับข้างกล โดยทั่วไปแล้วแบบทดสอบทางค่านโมเตอร์สามารถทำนายผลของการทำงานค่านประกอบชิ้นส่วน และควบคุมเกี่ยวกับเครื่องกลไคผลดี (Ghiselli. 1964 : 35)

11. ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถในการวางแผนควบคุมการใช้กล้ามเนื้อ

การวางแผนควบคุมการใช้กล้ามเนื้อนั้น เป็นความสามารถที่นอกจากจะต้องใช้ทักษะแล้ว ต้องสามารถที่จะวางแผนใช้ทักษะของตนได้อย่างรวดเร็วและสะดวกด้วย เป็นการประสานงานกันระหว่างกล้ามเนื้อและระบบประสาทควบคุมกล้ามเนื้อ ความสามารถทางด้านนี้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญประการหนึ่งของบุคคล ซึ่งจะปรากฏออกมาเป็นรูปธรรมก่อให้เกิดสิ่งประหลาดต่าง ๆ เช่น การประกอบเครื่องจักรต่าง ๆ การใช้เครื่องมือกล การประกอบวิทยุและนาฬิกา เหล่านี้ต้องอาศัยบุคคลที่มีความสามารถทางกล้ามเนื้อ และยังมีประสาทต่าง ๆ เกี่ยวกับกล้ามเนื้ออีกด้วย (สมบุรณ์ ชิตพงศ์ และ สำเริง บุญเรืองรัตน์ 2518 : 57)

การวางแผนควบคุมการใช้กล้ามเนื้อ เป็นความสามารถในการพิจารณา (Judgment) เลือกตอบสนองต่อสิ่งเร้าภายในใจต่าง ๆ (บุญส่ง นิลแก้ว 2519 : 198) ซึ่งกลเป็นงานที่ย่างยากซับซ้อน จึงต้องอาศัยความสามารถในการวางแผนควบคุมการใช้กล้ามเนื้ออย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพด้วย

12. ทฤษฎีและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวกับความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ

การทำงานเกี่ยวกับเครื่องจักรกล เป็นงานที่ย่างยากซับซ้อน ต้องอาศัยความสามารถทางกลไกของร่างกายมาก การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถทางกลไกของร่างกาย มักจะวัดความคล่องแคล่วในการใช้มือ (Manual Dexterity) ความเคลื่อนไหวเกี่ยวกับขาหรือเท้านี้มีเพียงเล็กน้อย เพราะงานด้านนี้ส่วนมากใช้มือปฏิบัติ (บุญส่ง นิลแก้ว 2519 : 198)

ตัวอย่างแบบทดสอบที่ใช้วัดทักษะการใช้มือ ได้แก่

O'conor Finger Dexterity Test
General Aptitude Test Battery
Groove Type Steadiness Test
Tapping Test

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนอาชีวศึกษาสาขาวิชาช่างกล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่หก ปีการศึกษา 2521 ของโรงเรียนและวิทยาลัย สังกัดกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ในภาคกลาง ซึ่งมี 25 แห่ง

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนอาชีวศึกษา สาขาวิชาช่างกล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่หก ปีการศึกษา 2521 ของโรงเรียนสังกัดกรมอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ในภาคกลาง ใช้กลุ่มตัวอย่าง 289 คน ซึ่งเลือกมาอย่างสุ่มแบบหลายชั้น (Multi-Stage Sampling) ดังนี้

ขั้นที่ 1 จำแนกโรงเรียนต่าง ๆ เป็นสี่เขตการศึกษา คือ เขตการศึกษาหนึ่ง เขตการศึกษาห้า เขตการศึกษาหก และเขตการศึกษา 12

ขั้นที่ 2 ในแต่ละเขตการศึกษา ทำการสุ่มมาเขตละสองโรงเรียน โดยวิธีสุ่มแบบธรรมดา (Simple Random)

ขั้นที่ 3 ในแต่ละโรงเรียนทำการสุ่มนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่หก สาขาช่างกล มาสองห้องเรียน โดยมีรายละเอียดดังนี้

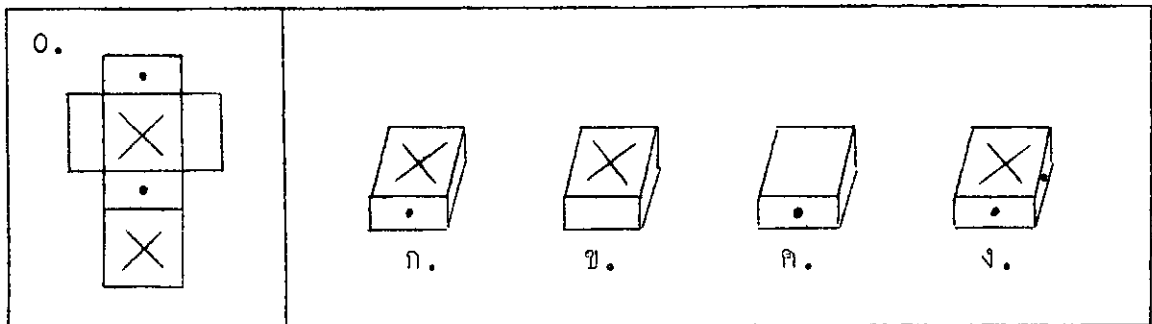
ตาราง 1 แสดงจำนวนนักเรียนในโรงเรียนต่าง ๆ แบบการให้โรงเรียน

ชื่อโรงเรียน	จำนวนนักเรียน
เขตการศึกษาที่ 1	
โรงเรียนเทศบาลนครเชียงใหม่	31
วิทยาลัยเทคนิคนครเชียงใหม่	47
เขตการศึกษาที่ 2	
โรงเรียนเทศบาลนครเชียงใหม่	33
วิทยาลัยเทคนิคนครเชียงใหม่	41
เขตการศึกษาที่ 3	
โรงเรียนเทศบาลนครเชียงใหม่	23
วิทยาลัยเทคนิคนครเชียงใหม่	33
เขตการศึกษาที่ 4	
โรงเรียนเทศบาลนครเชียงใหม่	31
วิทยาลัยเทคนิคนครเชียงใหม่	50
รวม	289

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบสอบถามวัดความพึงพอใจของผู้เรียน เป็นแบบสอบถามวัดความพึงพอใจในการมองเห็นภาพลักษณ์ของรูปภาพที่นักเรียนได้ดู โดยการให้เด็ก ๆ ระบายสีภาพ หรือวาดภาพ หรือเขียนคำบรรยายภาพ หรือประกอบเป็นรูปโครงร่าง จะใช้วิธีใดก็ตามที่ผู้วิจัยปรับปรุงมาจากแบบสอบถาม D.A.T. มีทั้งหมด 20 ข้อ ใช้เวลาทำ 15 นาที

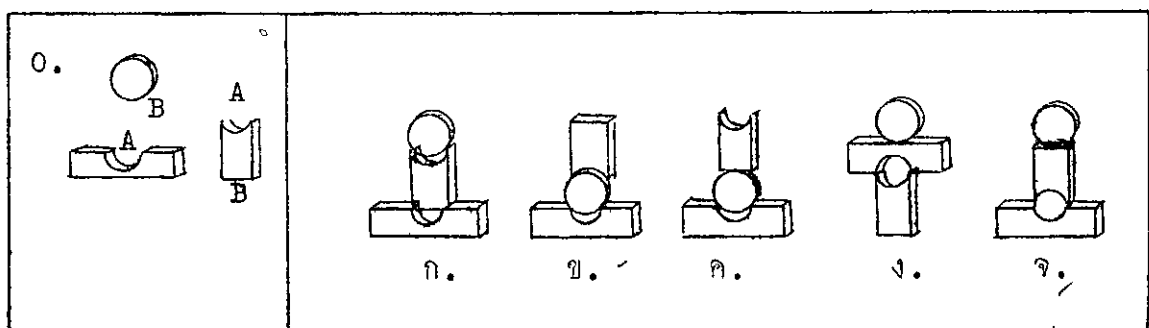
ตัวอย่างคำถามและวิธีตอบ



ข้อนี้ต้องตอบข้อ ง. เพราะจะเห็นว่าเมื่อพับรูปที่ให้ทางซ้ายมือแล้ว จะเป็นรูปดังข้อ ง. ซึ่งสอดคล้องกันทั้งจุดและรอยขีด

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการประกอบชิ้นส่วน เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการนำภาพชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลที่กำหนดไว้ให้หลาย ๆ ชิ้นมาประกอบกันให้ถูกต้อง โดยกำหนดว่าจะต้องนำชิ้นส่วนด้านใดของชิ้นหนึ่งไปประกอบกับด้านใดของอีกชิ้นหนึ่ง เมื่อประกอบกันแล้วจะมีลักษณะอย่างไร ผู้วิจัยได้ปรับปรุงมาจากแบบทดสอบ Assembly ของฟลินนาแกน มีทั้งหมด 20 ข้อ ให้เวลาทำ 15 นาที

ตัวอย่างคำถามและวิธีตอบ



ข้อนี้ต้องตอบข้อ จ. เพราะเมื่อนำชิ้นส่วนที่กำหนดให้ทางซ้ายมือมาต่อกันแล้ว จะเป็นภาพดังข้อ จ.

3. แบบทดสอบความสามารถในการแยกองค์ประกอบ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการแยกแยะองค์ประกอบของเครื่องจักรต่าง ๆ โดยให้พิจารณาภาพของแต่ละชิ้น เมื่อแยกแยะออกมาแล้ว มีชิ้นส่วนใดเป็นองค์ประกอบอยู่ ผู้วิจัยปรับปรุงมาจากแบบทดสอบ Components ของ ฟลินนาแกน มีทั้งหมด 20 ข้อ แบ่งออกเป็นสองตอน ให้เวลาทำ 10 นาที

ตัวอย่างคำถามและวิธีตอบ



ก.



ข.



ค.

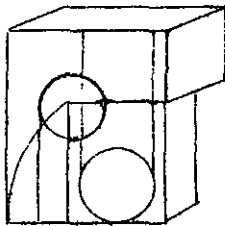


ง.



จ.

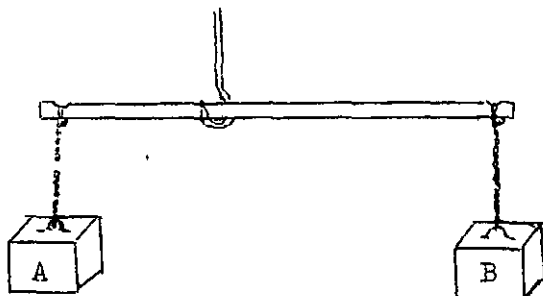
0.



ข้อนี้ต้องตอบข้อ ก. เพราะเมื่อพิจารณาแยกแยะชิ้นส่วนของภาพแล้ว มีชิ้นส่วนของข้อ ก. เป็นองค์ประกอบอยู่

4. แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงจักรกล เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการเข้าใจในสภาพของแรงที่กระทำวัตถุ สภาพการทำงานของเครื่องจักรและเหตุผลเชิงกล ในแต่ละข้อจะกำหนดภาพมาให้แล้วตั้งคำถาม ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง และมีบางส่วนที่ปรับปรุงมาจากแบบทดสอบ D.A.T. มีทั้งหมด 20 ข้อ ให้เวลาทำ 10 นาที

ตัวอย่างคำถามและวิธีการตอบ



วัตถุชิ้นใดหนักกว่า

ก. A

ข. B

ค. เท่ากัน

ง. ไม่แน่นอน

จะเห็นว่า กลอง A อยู่ใกล้จุดหมุนมากกว่ากลอง B การที่กลองอยู่ในสภาวะสมดุลได้ก็เพราะกลอง A หนักกว่ากลอง B ข้อนี้จึงตอบข้อ ก.

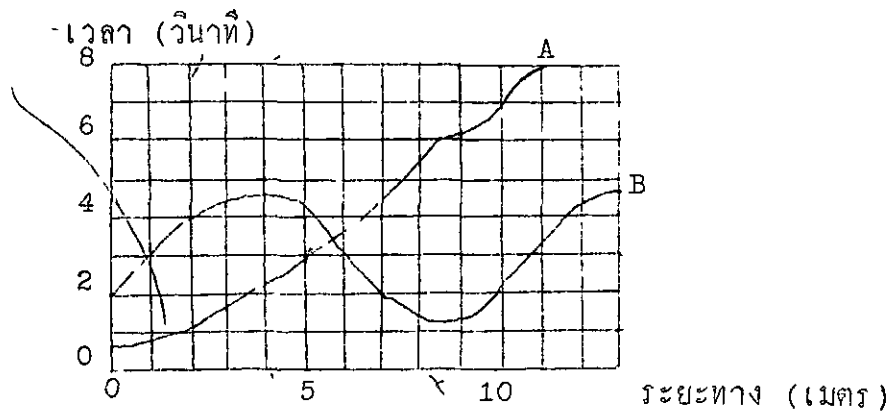
5. แบบทดสอบวัดความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการให้เหตุผลและสรุปผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเข้าใจและถูกต้อง โดยอาศัยความรู้ในกฎเกณฑ์เบื้องต้นเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบมาตรฐานความถนัดทางการเรียน ซึ่งผู้วิจัยยืมจากสำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

6. แบบทดสอบวัดความสามารถในอัตราส่วน เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอัตราส่วนง่าย ๆ ได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง แบบทดสอบฉบับนี้ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง มีทั้งหมด 30 ข้อ ให้เวลาทำ 10 นาที

7. แบบทดสอบวัดความสามารถทางด้านภาษา เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการเข้าใจข้อความ แปลความ หรือสรุปความได้อย่างถูกต้อง แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบมาตรฐานความถนัดทางการเรียนที่ผู้วิจัยยืมจากสำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

8. แบบทดสอบวัดความสามารถในเรื่องกราฟ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการอ่านกราฟ ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งสองสิ่งได้อย่างถูกต้องและรวดเร็ว แบบทดสอบฉบับนี้ ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง มีทั้งหมด 40 ข้อ ให้เวลาทำ 10 นาที

ตัวอย่างคำถามและวิธีตอบ



CURVE A					
เวลา		ระยะทาง			
		ก.	ข.	ค.	ง.
0.	3	3.0	4.0	5.0	6.0
00.	7	5.0	7.0	8.0	10.0

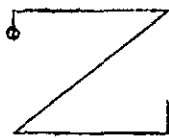
ข้อ 0. ขณะเวลา 3 วินาที ตรงกับระยะทาง 5 เมตรพอดี ก็ไปตอบข้อ ค.

ข้อ 00. ขณะเวลา 7 วินาที ตรงกับระยะทาง 10 เมตรพอดี ก็ไปตอบข้อ ง.

9. แบบทดสอบวัดความสามารถในการรับรู้ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการรับรู้สภาพการณ์หรือจุดที่ก่อให้เกิดอันตรายได้อย่างรวดเร็ว โดยกำหนดภาพมาให้ แล้วให้พิจารณาว่าจุดใดที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้มากที่สุด แบบทดสอบฉบับนี้ ผู้วิจัยยืมจากสำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

10. แบบทดสอบวัดความสามารถในการลอกแบบภาพ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการทำตามหรือคัดคะเน โดยการลอกแบบภาพให้เหมือนกับภาพที่กำหนดมาให้ โดยใช้มือใดอย่างรวดเร็วและถูกต้อง แบบทดสอบฉบับนี้ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง มี 20 ข้อ ให้เวลาทำ 15 นาที

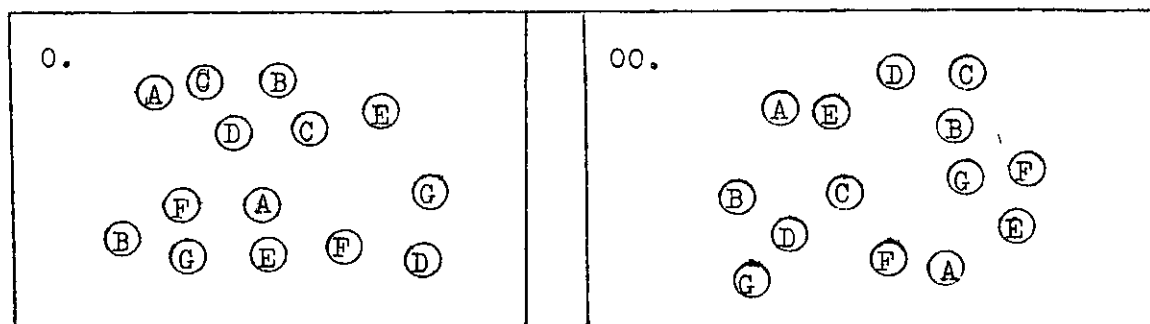
ตัวอย่างคำถามและวิธีการตอบ



ให้นักเรียนลอกภาพให้เหมือนภาพทางซ้ายมือ โดยเริ่มต้นที่วงกลมนั้น

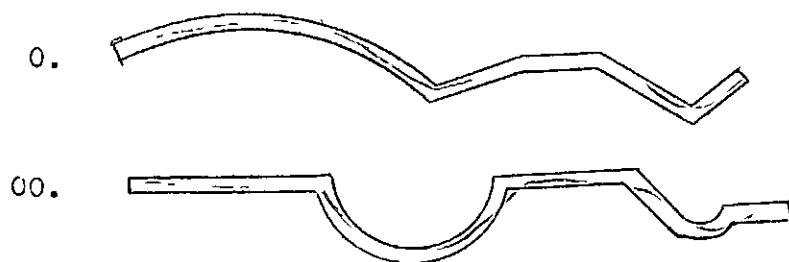
11. แบบทดสอบวัดความสามารถในการวางแผนควบคุมการใช้กล้ามเนื้อ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการที่จะวางแผน ลากเส้นต่อระหว่างวงกลมสองวง โดยไม่ให้เส้นที่ลากนั้นไปสัมผัสหรือตัดกับเส้นอื่น ๆ หรือวงกลมอื่น ๆ วงกลมที่กำหนดมาให้ นั้น จะวางเรียงปะปนกันแบบสุ่ม ต้องวางแผนลากเส้นจากวงกลมหนึ่งไปยังอีกของมัน โดยให้เส้นที่ลากนั้นจรดขอบวงกลมคู่ที่มันพอดีด้วย แบบทดสอบฉบับนี้ ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง มี 20 ข้อ ให้เวลาทำ 20 นาที

ตัวอย่างคำถามและวิธีตอบ



12. แบบทดสอบวัดความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถในการลากเส้นไปตามช่องทางที่กำหนดให้ได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่ให้เส้นสัมผัสกับเส้นอื่นเป็นผนังของช่องทาง โดยใช้มือ แบบทดสอบฉบับนี้ ผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง มี 20 ข้อ ให้เวลาทำ 5 นาที

ตัวอย่างคำถาม

วิธีรวบรวมข้อมูลและการจัดการกับข้อมูล

1. นำแบบทดสอบทั้งหมดไปทดสอบนักเรียน แล้วนำมาตรวจให้คะแนนการให้คะแนนเป็นแบบศูนย์-หนึ่ง
2. แจกแจงความถี่ของคะแนน และคำนวณค่าสถิติพื้นฐาน
3. คำนวณหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตรของคูเคอร์ ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) สูตรที่ 20 (Guilford. 1956 : 455) ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left(\frac{S_t^2 - pq}{S_t^2} \right)$$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
 n แทน จำนวนข้อในแบบทดสอบ
 p แทน สัดส่วนของข้อที่ตอบถูกในแต่ละข้อ
 q แทน $1 - p$
 S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนจากแบบทดสอบ

4. วิเคราะห์องค์ประกอบความถาวรทางข้างกลจากคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบทั้งหมดดังนี้

4.1 คำนวณเมตริกสหสัมพันธ์ภายใน (Inter Correlation Matrix) ของแบบทดสอบทั้ง 12 ฉบับ โดยวิธี Pearson Product Moment Correlation

4.2 คำนวณเมตริกองค์ประกอบ (Factor Matrix) ด้วยการสกัดองค์ประกอบ (Factor Extraction) แบบ Principal Factor ของ Hotelling

4.3 หมุนแกนองค์ประกอบ (Rotated Factor) แบบ Orthogonal ตามวิธี Varimax ของ Kaiser

5. นำคะแนนความสามารถทางข้างกลมาสร้างสมการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์เกรดเฉลี่ยวิชาข้างกล

5.1 ทดสอบความเป็นเส้นตรงของสมการพยากรณ์ โดยใช้ Analysis of Variance ซึ่งสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

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

5.2 ทดสอบความมีนัยสำคัญของความแตกต่างระหว่างสหสัมพันธ์บุคคลเก็บ
กับสหสัมพันธ์บุคคลที่ลดตัวพยากรณ์ลง โดยใช้สูตร (Vert. 1954 : 247) ดังนี้

$$F_{(n, N-m-1)} = \frac{\left[R_{y(1,2,\dots,m)}^2 - R_{y(1,2,\dots,m-n)}^2 \right] (N-m-1)}{n \left[1 - R_{y(1,2,\dots,m)}^2 \right]}$$

เมื่อ $R_{y(1,2,\dots,m)}$ แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่มีตัวพยากรณ์ m ตัว
 $R_{y(1,2,\dots,m-n)}$ แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ลดตัวพยากรณ์ลง
n ตัว

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่ม

m แทน จำนวนตัวพยากรณ์เก็บ

n แทน จำนวนตัวพยากรณ์ที่ลดลง

5.3 คำนวณหาค่าต่าง ๆ เพื่อนำมาสร้างสมการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์เกรดเฉลี่ย

วิชาทางกล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการแปลความหมายผลของการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยจึงได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

N	แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
n	แทน จำนวนข้อของแบบทดสอบ
$\bar{X}$	แทน คะแนนเฉลี่ย
S.D.	แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน
r_{tt}	แทน ความเชื่อมั่นของคะแนนจากแบบทดสอบ
SE _{meas}	แทน ความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเนื่องจากการวัด
X_1	แทน คะแนนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์
X_2	แทน คะแนนความสามารถในการประกอบชิ้นส่วน
X_3	แทน คะแนนความสามารถในการแยกองค์ประกอบ
X_4	แทน คะแนนความสามารถเชิงจักรกล
X_5	แทน คะแนนความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์
X_6	แทน คะแนนความสามารถในอัตราส่วน
X_7	แทน คะแนนความสามารถทางด้านภาษา
X_8	แทน คะแนนความสามารถในเรื่องกราฟ
X_9	แทน คะแนนความสามารถในการรับรู้
X_{10}	แทน คะแนนความสามารถในการลอกแบบภาพ
X_{11}	แทน คะแนนความสามารถในการวางแผนความยาวใช้กล้ามเนื้อ
X_{12}	แทน คะแนนความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ

๕ แทน เกรดเฉลี่ยวิชาช่างกล

๕ แทน เกรดเฉลี่ยวิชาช่างกลที่ได้จากการพยากรณ์

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่ได้วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ แล้วผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็นสองตอนดังนี้

/ตอนที่ 1 ผลของการวิเคราะห์หาค่าประกอบความสามารถทางช่างกล

ตอนที่ 2 ผลการค้นหาค่าพยากรณ์ที่ดีในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาช่างกล

จากการนำแบบทดสอบวัดความสามารถทางช่างกลทั้ง 12 ฉบับไปทดสอบกับนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง ได้ค่าสถิติพื้นฐาน ค่าความเชื่อมั่น และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการวัด ดังแสดงในตารางสอง

ตาราง 2 ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าความเชื่อมั่น และค่าความคลาดเคลื่อน
มาตรฐานของการวัด

แบบทดสอบ	n	$\bar{X}$	S.D.	r_{tt}	SE _{meas}
X ₁	20	9.8166	3.4587	.6324	2.0970
X ₂	20	11.0346	3.5038	.6452	2.0949
X ₃	20	13.5260	4.5514	.8391	1.8257
X ₄	20	14.7578	2.5502	.4523	1.8873
X ₅	30	12.0242	4.4389	.6721	2.5418
X ₆	30	19.5294	8.1858	.9501	1.8285
X ₇	40	17.1868	4.6120	.5782	2.9953
X ₈	40	24.4884	6.7567	.8325	2.7652
X ₉	30	15.0900	4.0696	.5802	2.6368
X ₁₀	20	11.0173	4.0246	.7453	2.0311
X ₁₁	20	11.0692	4.6654	.8217	1.9700
X ₁₂	20	11.3564	4.1710	.7639	2.0267

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถทางทางกล

ตาราง 3 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายใน (Inter correlation coefficient)
ของความสามารถทั้ง 12 ด้าน และเกรดเฉลี่ย

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂
X ₁												
X ₂	.496**											
X ₃	.341**	.446**										
X ₄	.454**	.364**	.317**									
X ₅	.443**	.293**	.241**	.349**								
X ₆	.381**	.340**	.314**	.292**	.600**							
X ₇	.204**	.140*	.183*	.180*	.262**	.199**						
X ₈	.378**	.272**	.208**	.335**	.483**	.413**	.131*					
X ₉	.107	.187*	.206**	.101	-.112	-.008	.078	.133*				
X ₁₀	.019	.206**	.251**	.089	.070	.025	.077	.110	.152*			
X ₁₁	.067	.238**	.316**	.135*	.109	.098	.174*	.092	.115*	.520**		
X ₁₂	-.002	.172*	.155*	.002	-.046	-.048	.104	.054	.114	.727**	.342**	
G	.320**	.246**	.248**	.287**	.380**	.376**	.147*	.335**	-.023	.263**	.229**	.192**

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางสาม จะพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในระหว่างตัวแปรความสามารถต่าง ๆ มีค่าตั้งแต่ $-.112$ ถึง $.727$ เมื่อทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติพบว่า มีค่าสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $.01$ เป็นส่วนมาก เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของความสามารถทั้ง 12 ด้าน กับเกณฑ์เกรดเฉลี่ยวิชาภาษาอังกฤษแล้ว พบว่าความสามารถเกือบทุกด้านมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับเกณฑ์สูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $.01$ ยกเว้นความสามารถด้านภาษา และความสามารถด้านการรับรู้

ตาราง 4 แสดงค่า Estimate Communality

ความสามารถ	EST. Communality
X_1	.4215
X_2	.3769
X_3	.3189
X_4	.2868
X_5	.5116
X_6	.4174
X_7	.1266
X_8	.3230
X_9	.1376
X_{10}	.6294
X_{11}	.3274
X_{12}	.5543

ค่า Communality เป็นค่าความแปรปรวนที่แสดงว่าความสามารถแต่ละด้าน ประกอบรวมกับความสามารถด้านอื่น ๆ มากน้อยเพียงใด ในที่นี้จะเห็นว่าความสามารถ

ในการบอกแบบภาพมีความแปรปรวนรวมกับความสามารถด้านอื่น ๆ สูงสุด ส่วนความสามารถทางภาษามีความแปรปรวนรวมกับความสามารถด้านอื่น ๆ น้อยที่สุด

ตาราง 5 แสดงค่า Eigenvalue เปอร์เซ็นต์ความแปรปรวน เปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนสะสม

องค์ประกอบที่	Eigenvalue	เปอร์เซ็นต์ความแปรปรวน	เปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนสะสม
1	3.5355	29.5	29.5
2	2.0949	17.5	46.9
3	1.1365	9.5	56.4
4	0.9172	7.6	64.0
5	0.8508	7.1	71.1
6	0.7430	6.2	73.3
7	0.6609	5.5	82.8
8	0.5497	4.6	87.4
9	0.4925	4.1	91.5
10	0.4374	3.6	95.2
11	0.3590	3.0	98.1
12	0.2226	1.9	100.0

ค่า Eigenvalue และเปอร์เซ็นต์ความแปรปรวนขององค์ประกอบที่หนึ่ง มีค่าสูงสุด คือ ค่า Eigenvalue เท่ากับ 3.5355 แสดงว่า องค์ประกอบที่หนึ่ง สกักความแปรปรวนจากความแปรปรวนทั้งหมดถึง 29.5 เปอร์เซ็นต์ องค์ประกอบที่สอง และองค์ประกอบที่สาม มีค่าสูงรองลงมาตามลำดับ ถึงแม้ว่าองค์ประกอบที่สี่ถึงองค์ประกอบที่ 12 มีค่า Eigenvalue น้อยกว่า 1.0 ซึ่งถือว่าน้อยมาก ตามกฎของไกเซอร์ (Kaiser's rule) ไม่อาจถือได้ว่าองค์ประกอบเหล่านี้เป็นองค์ประกอบที่แท้จริง

ตาราง 6 เมทริกซ์องค์ประกอบ (Factor Matrix) แสดงค่าน้ำหนักองค์ประกอบ
ความสามารถทางช่างกล ซึ่งได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยวิธี Principal
Factor ก่อนหมุนแกนของ Hotelling

ความสามารถ	องค์ประกอบที่ 1	องค์ประกอบที่ 2	องค์ประกอบที่ 3	Communality
X_1	0.6318	-0.2548	0.2176	0.5114
X_2	0.6228	0.0220	0.3160	0.4883
X_3	0.5596	-0.1482	0.1671	0.3851
X_4	0.5369	-0.1482	0.1671	0.3382
X_5	0.7154	-0.4026	-0.5045	0.9284
X_6	0.5831	-0.2944	-0.1502	0.4492
X_7	0.3147	-0.0140	-0.0219	0.0997
X_8	0.5323	-0.1703	-0.0696	0.3172
X_9	✓ -0.1726	0.1606	0.2196	0.1406
X_{10}	0.4300	✓ 0.8690	0.2227	0.9898
X_{11}	0.3698	0.4147	-0.0057	0.3088
X_{12}	0.2593	0.6656	-0.0922	0.5188

จากตารางทอ จะเห็นว่าค่าน้ำหนักองค์ประกอบในองค์ประกอบที่หนึ่ง มีค่าสูง
ในทางบวกเกือบทุกตัว ยกเว้นความสามารถในการรับรู้ แสดงว่าองค์ประกอบที่หนึ่งเป็น
องค์ประกอบของความสามารถทางช่างกลรวมเกือบทุกด้าน ส่วนองค์ประกอบที่สองมีค่า
น้ำหนักองค์ประกอบสูงตามลำดับ คือ ความสามารถในการลอกแบบภาพ ความสามารถในการ
ในการควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ ความสามารถในการวางแผนควบคุมกล้ามเนื้อ
และความสามารถด้านคณิตศาสตร์ องค์ประกอบที่สามมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบสูงตามลำดับ
คือ ความสามารถด้านคณิตศาสตร์และความสามารถในการประกอบชิ้นส่วน

เมื่อพิจารณาค่า Commuality จะพบว่า ความสามารถในการลอกแบบภาพ
มีองค์ประกอบรวมกับความสามารถด้านอื่น ๆ สูงสุด รองลงมาได้แก่ ความสามารถด้าน
เหตุผลทางคณิตศาสตร์ ส่วนความสามารถทางภาษา มีองค์ประกอบรวมกับความสามารถ
ด้านอื่น ๆ น้อยที่สุด

ตาราง 7 คำนวณน้ำหนักองค์ประกอบความสามารถทางช่างกลภายหลังการหมุนแกนแบบ

Orthogonal โดยวิธี Varimax ของ Kaiser

ความสามารถ	องค์ประกอบที่ 1	องค์ประกอบที่ 2	องค์ประกอบที่ 3	Commuality
X_1	0.5311**	-0.0672	0.4741**	0.5114
X_2	0.3633**	0.1508	0.5775**	0.4883
X_3	0.3067**	0.2140	0.4952**	0.3851
X_4	0.4288**	0.0090	0.3928**	0.3382
X_5	0.9547**	0.0272	-0.1275	0.9284
X_6	0.6579**	-0.0190	0.1265	0.4492
X_7	0.2679*	0.1034	0.1313	0.0997
X_8	0.5303**	0.0523	0.1822	0.3172
X_9	-0.0492	0.1244	0.3503**	0.1406
X_{10}	0.0561	0.9900**	0.0813	0.9898
X_{11}	0.1184	0.5024**	0.2058	0.3088
X_{12}	-0.0451	0.7123**	0.0969	0.5188

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อหมุนแกนแล้ว ได้ทดสอบความมีนัยสำคัญทางสถิติของค่าน้ำหนักองค์ประกอบ เพื่อที่ว่าตัวแปรความสามารถแต่ละด้านมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบต่าง ๆ เพียงพอหรือไม่ ตามสูตรของ Burt-Banks (Child. 1976 : 100) ปรากฏว่า องค์ประกอบที่หนึ่ง ประกอบด้วยความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์สูงสุด รองลงมาตามลำดับ ได้แก่ ความสามารถในการอ่าน ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ความสามารถในการเรียงกราฟ ความสามารถทางจักรกล ความสามารถในการประกอบชิ้นส่วน ความสามารถในการแยกองค์ประกอบ และความสามารถด้านภาษา องค์ประกอบที่สองประกอบด้วยความสามารถในการลอกแบบภาพ รองลงมาตามลำดับได้แก่ ความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ และความสามารถในการวางแผนควบคุมการใช้กล้ามเนื้อ องค์ประกอบที่สาม ประกอบด้วยความสามารถในการประกอบชิ้นส่วน รองลงมาตามลำดับ ได้แก่ ความสามารถในการแยกองค์ประกอบ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ความสามารถเชิงจักรกล ความสามารถในการรับรู้

ตาราง 8 แสดงค่าสัมประสิทธิ์คะแนนองค์ประกอบ (Factor Score Coefficients)

ความสามารถ	องค์ประกอบที่ 1	องค์ประกอบที่ 2	องค์ประกอบที่ 3
X_1	0.0737	-0.0612	0.3035
X_2	0.0168	0.0005	0.3489
X_3	0.0232	0.0049	0.2469
X_4	0.0558	-0.0531	0.1771
X_5	0.8241	-0.0034	-0.5707
X_6	0.2906	-0.0111	0.0622
X_7	-0.0044	0.0581	0.0537
X_8	0.0386	-0.0161	0.0952
X_9	0.0215	-0.0186	0.1111
X_{10}	-0.0401	1.0291	-0.1159
X_{11}	0.0071	-0.0159	0.0830
X_{12}	0.0132	-0.0353	0.0080

สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลตอนที่หนึ่ง ปรากฏว่า ความสามารถทางช่างกล มีสามองค์ประกอบ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อหนึ่งที่ตั้งไว้ว่า "ความสามารถทางช่างกล มีมากกว่าหนึ่งองค์ประกอบ เมื่อจัดกลุ่มของความสามารถทางช่างกลทั้ง 12 ด้านตามลำดับ คำนวณหาค่าองค์ประกอบสูงสุดจากมากไปน้อยได้ดังนี้

องค์ประกอบที่หนึ่งประกอบด้วย ความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในอัตราส่วน ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ความสามารถในเรื่องกราฟ ความสามารถทางจักรกล และความสามารถทางด้านภาษา จะเห็นว่าองค์ประกอบที่หนึ่งนี้ส่วนมากเป็นความสามารถที่เกี่ยวกับสมรรถภาพสมองขั้นพื้นฐานโดยทั่วไปอันเกี่ยวกับ คณิตศาสตร์ มิติสัมพันธ์ เหตุผลทางจักรกลและภาษา จึงสมควรเรียกชื่อองค์ประกอบนี้ว่า "องค์ประกอบด้านความสามารถพื้นฐาน" (Basic Abilities Factor)

องค์ประกอบที่สองประกอบด้วยความสามารถในการลอกแบบภาพ ความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้วมือและความสามารถในการวางแผนควบคุมการใช้กล้ามเนื้อ จะเห็นว่าองค์ประกอบที่สองนี้มีลักษณะเป็นความสามารถเกี่ยวกับการใช้กล้ามเนื้อเหมือนกัน จึงสมควรเรียกชื่อองค์ประกอบนี้ว่า "องค์ประกอบด้านการใช้กล้ามเนื้อ"

(Dexterity Factor)

องค์ประกอบที่สามประกอบด้วยความสามารถในการประกอบชิ้นส่วน ความสามารถในการแยกองค์ประกอบ และความสามารถในการรับรู้ จึงเห็นว่าในองค์ประกอบที่สามนี้มีลักษณะความสามารถคล้ายกันในเรื่องอื่นเกี่ยวกับเครื่องจักรกล จึงสมควรเรียกองค์ประกอบนี้ว่า "องค์ประกอบด้านจักรกล" (Mechanical Factor)

สำหรับความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ความสามารถในการประกอบชิ้นส่วน ความสามารถในการแยกองค์ประกอบ และความสามารถทางจักรกลนั้นมีน้ำหนักองค์ประกอบสูงทั้งในองค์ประกอบที่หนึ่งและองค์ประกอบที่สาม แต่ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางจักรกลมีน้ำหนักองค์ประกอบที่หนึ่งสูงกว่าองค์ประกอบที่สาม ผู้วิจัยจึงจัดไว้ในองค์ประกอบที่หนึ่ง ส่วนความสามารถในการประกอบชิ้นส่วนและความสามารถในการแยกองค์ประกอบมีน้ำหนักองค์ประกอบที่สามมากกว่าองค์ประกอบที่หนึ่ง จึงจัดไว้ในองค์ประกอบที่สาม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนต้นทำให้ทราบค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ซึ่งวัดองค์ประกอบรวมกันดังนี้

แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์	= .6318
แบบทดสอบวัดความสามารถในการประกอบชิ้นส่วน	= .6228
แบบทดสอบวัดความสามารถในการแยกองค์ประกอบ	= .5596
แบบทดสอบวัดความสามารถทางจักรกล	= .5369
แบบทดสอบวัดความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์	= .7154
แบบทดสอบวัดความสามารถในอัตราส่วน	= .5831
แบบทดสอบวัดความสามารถทางภาษา	= .3147

แบบทดสอบวัดความสามารถในเรื่องกราฟ	= .5323
แบบทดสอบวัดความสามารถในการรับรู้	= .1726
แบบทดสอบวัดความสามารถในการลอกแบบภาพ	= .4300
แบบทดสอบวัดความสามารถในการวางแผนควบคุมการใช้กลามเนื้อ	= .3698
แบบทดสอบวัดความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ	= .2593

เมื่อพิจารณากลุ่มความสามารถแล้วจะพบว่าแบ่งเป็นสองพวกใหญ่ ๆ คือ

1. ความสามารถโดยทั่วไป (General Factor) คือ กลุ่มขององค์ประกอบที่หนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยความสามารถด้านคณิตศาสตร์ มีติสัมพันธ์ และภาษา
2. ความสามารถเฉพาะ (Specific Factor) คือ กลุ่มขององค์ประกอบที่สองและองค์ประกอบที่สาม ซึ่งเป็นความสามารถที่เกิดจากการปฏิบัติหรือพฤติกรรมทักษะ (Practical-Mechanical Factor) ซึ่งเป็น K : m Factor ตามทฤษฎีของเวอร์นอน

ความสามารถบางอย่างมีค่าน้ำหนักขององค์ประกอบสูงทั้งสององค์ประกอบ เช่น ความสามารถทางคณิตสัมพันธ์ มีน้ำหนักสมทบสัมพันธ์ในองค์ประกอบที่หนึ่ง เท่ากับ .2820 และในองค์ประกอบที่สองเท่ากับ .2248 ค่า Communalities เท่ากับ .5114 แสดงว่าความสามารถด้านคณิตสัมพันธ์นี้ จัดเป็นความสามารถพื้นฐาน และเป็นความสามารถเฉพาะด้วย ตามสัดส่วนของค่าน้ำหนักสมทบสัมพันธ์นั้น

ตอนที่ 2 ผลการค้นหาตัวพยากรณ์ในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เพื่อทดสอบความเป็นเส้นตรงของคะแนนจากตัวเกณฑ์เกรดเฉลี่ยและคะแนนจากตัวพยากรณ์ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance หรือ F-test) ดังแสดงในตารางเก่า

ตาราง 9 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจากเกรดเฉลี่ยและคะแนนจากความสามารถทางช่างกลของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 289 คน

Source of Variation	df	SS	MS	F
Regression	11	40.1880	3.6535	10.0846**
Residual	277	100.3514	0.3623	
Total	288	140.5394		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจากตัวเกณฑ์และคะแนนจากแบบทดสอบความสามารถทางช่างกลพบว่า ค่า F มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า ตัวเกณฑ์และความสามารถทางช่างกลต่างกันต่าง ๆ มีความสัมพันธ์กันเชิงเส้นตรง

ตาราง 10 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ (b, β) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ
สัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ ($S.E.b$) ค่า F ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ (R) ค่าความ
คลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ ($S.E._{est}$) และค่าคงที่ของสมการพยากรณ์ในรูป
คะแนนดิบ (a)

ตัวพยากรณ์	b	β	$S.E.b$	F
X_5	0.1628	0.1035	0.0113	2.088
X_{10}	0.2483	0.1430	0.0144	2.973
X_6	0.1560	0.1828	0.0057	7.558
X_1	0.2514	0.1245	0.0135	3.491
X_8	0.1229	0.1188	0.0064	3.717
X_9	-0.1524	-0.0888	0.0094	2.654
X_4	0.2358	0.0861	0.0164	2.057
X_{11}	0.1117	0.0746	0.0092	1.478
X_{12}	0.1325	0.0791	0.0126	1.099
X_3	0.4373	0.0285	0.0094	0.215
X_2	-0.4545	-0.0228	0.0128	0.126

$$R = 0.5348$$

$$S.E._{est} = \pm 0.6019$$

$$a = 0.5294$$

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 10 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์
ในรูปคะแนนดิบ (Score Weight) และคะแนนมาตรฐาน (Bata Weight) ส่งผลต่อ
ตัวเกณฑ์การตัดสินทั้งในทางบวกและทางลบ

ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณของตัวแปรเกรคเฉลี่ย และตัวพยากรณ์ค่าเท่ากับ 0.5348 และความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการพยากรณ์เท่ากับ ± 0.6019 ซึ่งค่าสหสัมพันธ์พหุคูณดังกล่าวมีค่าสูงกว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและตัวพยากรณ์แต่ละตัว

สมการพยากรณ์เกรคเฉลี่ยวิชาช่างกล ซึ่งพยากรณ์โดยใช้ความสามารถด้านต่าง ๆ มาเป็นตัวพยากรณ์ จะได้สมการดังนี้

$$\begin{aligned}\hat{G} = & 0.5291 + 0.1628X_5 + 0.2483X_{10} + 0.1560X_6 + 0.2514X_1 \\ & + 0.1229X_8 - 0.1524X_9 + 0.2358X_4 + 0.1117X_{11} + 0.1325X_{12} \\ & + 0.4373X_3 - 0.4545X_2\end{aligned}$$

ค้นหาตัวพยากรณ์ที่ดีในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนช่างกล

ในการค้นหาตัวพยากรณ์ที่ดีในการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้หาค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ โดยการลดตัวพยากรณ์ลงทีละตัว จากนั้นจึงทดสอบความมีนัยสำคัญระหว่างสหสัมพันธ์พหุคูณเต็ม กับสหสัมพันธ์พหุคูณที่ลดตัวพยากรณ์ลงครั้งละหนึ่งตัว ซึ่งใช้ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณกำลังสอง และค่า F-test ดังแสดงในตารางที่ 11

ตาราง 11 การค้นหาตัวพยากรณ์ที่ดี เพื่อพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนช่างกล

ตัวพยากรณ์ที่ใช้	R	R ²	F
X ₁ X ₂ X ₃ X ₄ X ₅ X ₆ X ₈ X ₉ X ₁₀ X ₁₁ X ₁₂	.5348	.2860	
X ₁ - X ₃ X ₄ X ₅ X ₆ X ₈ X ₉ X ₁₀ X ₁₁ X ₁₂	.5341	.2852	0.155
X ₁ - - X ₄ X ₅ X ₆ X ₈ X ₉ X ₁₀ X ₁₁ X ₁₂	.5278	.2785	0.679
X ₁ - - X ₄ X ₅ X ₆ X ₈ X ₉ X ₁₀ X ₁₁ -	.5222	.2727	1.720
X ₁ - - X ₄ X ₅ X ₆ X ₈ X ₉ X ₁₀ - -	.5166	.2669	1.852
X ₁ - - - X ₅ X ₆ X ₈ X ₉ X ₁₀ - -	.5060	.2560	2.328*

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 11 เมื่อลดตัวพยากรณ์ X_2 , X_3 , X_{12} และ X_4 ลงทีละตัวตามลำดับแล้วไม่พบว่าค่าสหสัมพันธ์พหุคูณมีค่าเปลี่ยนไปจากเดิม แต่ถาลดตัวพยากรณ์ X_4 ลงอีกหนึ่งตัว ปรากฏว่าค่าสหสัมพันธ์พหุคูณที่ได้มีค่าแตกต่างไปจากค่าสหสัมพันธ์พหุคูณเดิมที่มีตัวพยากรณ์ 11 ตัว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และตัวพยากรณ์ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง คือ X_5 , X_{10} , X_6 , X_1 , X_8 และ X_9 ตามลำดับ

เพื่อสร้างสมการพยากรณ์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างกลที่เป็นตัวพยากรณ์ที่ดี จึงได้เสนอค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ (b , β) รวมทั้งค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ จากนั้น จึงทำการทดสอบความเป็นเส้นตรงของคะแนนจากตัวเกณฑ์และจากตัวพยากรณ์ โดยใช้วิธีวิเคราะห์ความแปรปรวน หรือ F-test ดังแสดงในตารางที่ 12 และ 13 ตามลำดับ

ตาราง 12 ค่าสัมประสิทธิ์ตัวพยากรณ์ (b, β) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของ
สัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ (S.E.b) ค่า F ค่าสัดส่วนฟังก์ชัน (R) ค่าความ
คลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (S.E._{est}) และค่าคงที่ของสมการพยากรณ์ในรูป
คะแนนดิบ (a)

ตัวพยากรณ์	b	β	S.E.b	F
X_5	0.1698	0.1079	0.0111	2.326
X_{10}	0.4270	0.2460	0.0090	22.582
X_6	0.1643	0.1926	0.0056	8.750
X_1	0.3125	0.1547	0.0119	6.877
X_8	0.1329	0.1285	0.0063	4.422
X_9	-0.1382	-0.0805	0.0092	2.268

$$R = 0.5222$$

$$S.E._{est} = \pm 0.6020$$

$$a = 0.8331$$

ตาราง 13 การวิเคราะห์ความแปรปรวนในการพยากรณ์แบบพหุคูณ

Source of Variation	df	SS	SS	F
Regression	6	38.3306	6.3884	17.6260*
Residual	282	102.2088	0.3624	
Total	288	140.5394		

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการาง 12 พบว่า ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณของตัวพยากรณ์
ที่ติดกับตัวเกณฑ์มีค่าเท่ากับ 0.5222 และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเนื่องจากการพยากรณ์
เท่ากับ ± 0.6020

ผลจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนของตัวพยากรณ์ที่ได้จากการาง 13 พบว่า
ค่า F มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า ตัวพยากรณ์ที่ติดกับเกณฑ์มีความสัมพันธ์กัน
ในเชิงเส้นตรง

เมื่อนำค่าต่าง ๆ มาสร้างสมการพยากรณ์ จะได้สมการพยากรณ์เกรดเฉลี่ย
วิชาช่างกลของนักเรียนดังนี้

$$\hat{G} = 0.8331 + 0.1698X_5 + 0.4270X_{10} + 0.1643X_6 + 0.3125X_1 \\ + 0.1329X_8 - 0.1382X_9$$

สรุปผลในการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏว่า แบบทดสอบที่พยากรณ์ความสามารถ
ทางช่างกลได้คือ ประกอบด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์
แบบทดสอบวัดความสามารถในการลอกแบบภาพ แบบทดสอบวัดความสามารถในอัตราส่วน
แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ แบบทดสอบวัดความสามารถในเรื่องกราฟ
และแบบทดสอบวัดความสามารถในการรับรู้

เมื่อพิจารณาตัวพยากรณ์เกรดเฉลี่ยที่ได้ของแต่ละองค์ประกอบจะเป็นดังนี้

1. องค์ประกอบด้านความสามารถพื้นฐานประกอบด้วย แบบทดสอบความ
สามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์ แบบทดสอบความสามารถในอัตราส่วน แบบทดสอบ
ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และแบบทดสอบความสามารถในเรื่องกราฟ

2. องค์ประกอบด้านกล้านเนื้อ ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการ
ลอกแบบภาพ

3. องค์ประกอบด้านจักรกล ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการรับรู้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนที่สองนี้ปรากฏว่า สอดคล้องกับสมมติฐานข้อสองที่
ตั้งไว้ว่า "ตัวพยากรณ์เกรดเฉลี่ยวิชาช่างกลที่ดีประกอบด้วยแบบทดสอบความสามารถจาก
แต่ละองค์ประกอบอย่างน้อยหนึ่งฉบับ"

จะเห็นว่าผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตอนต้นที่หนึ่งและตอนที่สอง สอดคล้องกันตรงที่ว่า เมื่อจัดกลุ่มองค์ประกอบของความสามารถแล้ว ความสามารถของแต่ละกลุ่มยังเป็นตัวพยากรณ์ ผลสัมฤทธิ์ที่ดีอีกด้วย แสดงถึงความเที่ยงตรงของเครื่องมือเมื่อเทียบกับเกณฑ์เกรดเฉลี่ย

เมื่อพิจารณาแบบทดสอบช่วงแต่ละองค์ประกอบที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบหรือค่าน้ำหนักสมทบสัมพัทธ์สูงที่สุดเพียงฉบับเดียว ผลที่ได้จะเป็นดังนี้

1. องค์ประกอบด้านความสามารถพื้นฐาน ไคแก่ แบบทดสอบวัดความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีค่าน้ำหนักสมทบสัมพัทธ์ .9115 หรือ 91.15 เปอร์เซ็นต์ ค่า Communality .9284

2. องค์ประกอบด้านกล้านเนื้อ ไคแก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการลอกแบบภาพ มีค่าน้ำหนักสมทบสัมพัทธ์ .9801 หรือ 98.01 เปอร์เซ็นต์ ค่า Communality .9898

3. องค์ประกอบด้านจักรกล ไคแก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการประกอบชิ้นส่วน มีค่าน้ำหนักสมทบสัมพัทธ์ .3335 หรือ 33.35 เปอร์เซ็นต์ ค่า Communality .4883

ผลที่ได้นี้คล้ายคลึงกับผลจากการค้นหาตัวพยากรณ์ที่ดีโดยวิธีวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์พหุคูณ ในองค์ประกอบด้านความสามารถพื้นฐานและองค์ประกอบด้านกล้านเนื้อ กล่าวคือ แบบทดสอบที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบสูงในองค์ประกอบนั้นจะมีอำนาจในการพยากรณ์ เกรดเฉลี่ยได้ดีที่สุดขององค์ประกอบนั้นด้วย

ส่วนองค์ประกอบด้านจักรกลนั้น ปรากฏว่า แบบทดสอบที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบสูงสุด ไคแก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการประกอบชิ้นส่วน ส่วนแบบทดสอบที่เป็นตัวพยากรณ์เกรดเฉลี่ยได้ดี ไคแก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการรับรู้ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับเกณฑ์เกรดเฉลี่ย แล้วปรากฏว่า แบบทดสอบความสามารถในการประกอบชิ้นส่วน มีค่า .246 ส่วนแบบทดสอบความสามารถในการรับรู้มีค่า -.023 ถ้ากล่าวถึงความเที่ยงตรงของแบบทดสอบทั้งสองฉบับนี้แล้วปรากฏว่า แบบทดสอบความสามารถในการประกอบชิ้นส่วนมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity)

และความเที่ยงตรงเชิงสัมพันธ์กับเกณฑ์ (Criterion-Related Validity) สูงกว่าแบบทดสอบวัดความสามารถในการรับรู้ ฉะนั้น อาจกล่าวได้ว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการประกอบชิ้นส่วนมีอำนาจในการพยากรณ์สูง แต่ได้วัดร่วมกับตัวประกอบอื่น ๆ สูงกว่าแบบทดสอบวัดความสามารถในการรับรู้ (เพราะค่า Communalities สูงกว่า) จึงไม่เหมาะที่จะใช้วัดร่วมกับแบบทดสอบอื่น ๆ เพราะวัดในสิ่งเดียวกันอยู่แล้ว แต่เหมาะที่จะใช้วัดด้วยตัวมันเองตามลำพัง แต่แบบทดสอบวัดความสามารถในการรับรู้วัดองค์ประกอบร่วมกับตัวอื่น ๆ น้อย มีองค์ประกอบเอกลักษณ์ (Unique Factor) สูง จึงเหมาะที่จะใช้วัดร่วมกับแบบทดสอบอื่น ๆ เพื่อให้ครอบคลุมความสามารถทั้งหมด

ผู้วิจัยจึงได้เสนอผลการวิเคราะห์เพื่อสร้างสมการพยากรณ์ โดยใช้คะแนนจากแบบทดสอบที่มีน้ำหนักองค์ประกอบสูงสุดของแต่ละองค์ประกอบมาเป็นตัวพยากรณ์ดังนี้

ตาราง 14 การวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจากเกรตเจดีย์และคะแนนจากความสามารถทางช่างกลสามด้านของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 289 คน

Source of Variation	df	SS	MS	F
Regression	3	29.5584	9.8528	25.3020 ^{**}
Residual	285	110.9810	0.3894	
Total	288	140.5394		

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของคะแนนจากตัวเกรตเจดีย์และคะแนนความสามารถจากแบบทดสอบที่เป็นตัวแทนของแต่ละองค์ประกอบพบว่า ค่า F มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงว่า ตัวเกรตเจดีย์และความสามารถทางช่างกลทั้งสามด้านนี้มีความสัมพันธ์กันเป็นเชิงเส้นตรง

ตาราง 15 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ (b, β) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ (S.E.b) ค่า F ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณ (R) ค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ (S.E._{est}) และค่าคงที่ของสมการพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ (a)

ตัวพยากรณ์	b	β	S.E.b	F
X_5	0.5268	0.3348	0.0087	36.982
X_{10}	0.3790	0.2184	0.0093	16.480
X_2	0.9733	0.1035	0.0112	3.402

$$R = 0.4586$$

$$S.E._{est} = \pm 0.6240$$

$$a = 0.9733$$

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 15 พบว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวพยากรณ์ในรูปคะแนนดิบ และคะแนนมาตรฐานลงผลต่อตัวเกณฑ์เกรดเฉลี่ยเฉพาะในทางบวก ค่าสหสัมพันธ์พหุคูณของตัวเกณฑ์และตัวพยากรณ์ มีค่าเท่ากับ 0.4586 และค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการพยากรณ์เท่ากับ ± 0.6240

สมการพยากรณ์เกรดเฉลี่ยซึ่งพยากรณ์โดยใช้ตัวแปรความสามารถที่เป็นตัวแทนองค์ประกอบของความสามารถทางช่างกล สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\hat{G} = 0.9733 + 0.5268X_5 + 0.3790X_{10} + 0.9733X_2$$

แสดงว่าเราสามารถนำแบบทดสอบทั้งสามฉบับนี้ไปพยากรณ์เกรดเฉลี่ยได้เช่นกัน แม้จะมีค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานเนื่องจากการวัดสูงกว่าการใช้ทั้งหกฉบับ แต่ก็ดีกว่าที่ประหยัดกว่า

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถทางช่างกลของนักเรียนมัธยมศึกษาในภาคกลาง
2. เพื่อที่จะทราบว่าแบบทดสอบวัดความสามารถทางช่างกล ควรจะประกอบด้วยแบบทดสอบใดบ้าง

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่หกของโรงเรียนที่สังกัดกรมอาชีวศึกษา ปีการศึกษา 2521 ในภาคกลาง จำนวน 289 คน เลือกมาอย่างสุ่มแบบหลายชั้น

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถทางช่างกล 12 ฉบับดังนี้

1. แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ จำนวน 20 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น .6324
2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการประกอบชิ้นส่วน จำนวน 20 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น .6452
3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแยกองค์ประกอบ จำนวน 20 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ .8391
4. แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงจักรกล จำนวน 20 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น .4523

5. แบบทดสอบวัดความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์ เป็นแบบทดสอบมาตรฐาน ความถนัดทางการเรียนของสำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

6. แบบทดสอบความสามารถในอัตราส่วน จำนวน 30 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น .9507

7. แบบทดสอบความสามารถทางด้านภาษา ชูอ่านเข้าใจ เป็นแบบทดสอบมาตรฐานความถนัดทางการเรียน ของสำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

8. แบบทดสอบวัดความสามารถในเรื่องกราฟ จำนวน 40 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น .8325

9. แบบทดสอบวัดความสามารถในการรับรู้ จำนวน 30 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น .5802 เป็นแบบทดสอบของสำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

10. แบบทดสอบวัดความสามารถในการลอกแบบภาพ จำนวน 20 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น .7453

11. แบบทดสอบวัดความสามารถในการวางแผนควบคุมการใช้กล้ำเนื้อ จำนวน 20 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น .8217

12. แบบทดสอบวัดความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ จำนวน 20 ข้อ มีค่าความเชื่อมั่น .7639

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูล

1. องค์ประกอบของความสามารถทางช่างกลมีสามองค์ประกอบ คือ
1) องค์ประกอบของความสามารถพื้นฐาน 2) องค์ประกอบความถนัดด้านกล้ำเนื้อ และ 3) ความสามารถด้านจักรกล

* 2. ตัวพยากรณ์ที่ดีในการพยากรณ์เกรดเฉลี่ยทางการเรียนวิชาช่างกลของนักเรียน ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดความสามารถในการลอกแบบภาพ แบบทดสอบวัดความสามารถในอัตราส่วน
แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ แบบทดสอบวัดความสามารถในเรื่องกราฟ
และแบบทดสอบวัดความสามารถในการรับรู้ เมื่อนำคะแนนจากแบบทดสอบทั้งเจ็ดฉบับนี้
มาสร้างสมการพยากรณ์เกรดเฉลี่ยจะได้อดังนี้

$$\hat{G} = 0.8331 + 0.1698X_5 + 0.4270X_{10} + 0.1643X_6 + 0.3125X_1 \\ + 0.1329X_8 - 0.1382X_9$$

เมื่อคัดเลือกเอาเฉพาะแบบทดสอบที่มีก่าน้ำหนักองค์ประกอบสูงสุดในแต่ละ
องค์ประกอบมาเพียงฉบับเดียว เพื่อพยากรณ์เกรดเฉลี่ยความสามารถทางช่างกล ด้วย
แบบทดสอบของแต่ละองค์ประกอบ ปรากฏว่า

องค์ประกอบด้านความสามารถพื้นฐาน ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถ
ด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์

องค์ประกอบด้านกล้านเนื้อ ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการ
ลอกแบบภาพ

องค์ประกอบด้านจักรกล ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการประกอบ
ชิ้นส่วน

เมื่อนำคะแนนจากแบบทดสอบทั้งสามฉบับมาสร้างสมการพยากรณ์เกรดเฉลี่ย
จะได้อดังนี้

$$\hat{G} = 0.9733 + 0.5268X_5 + 0.3790X_{10} + 0.9733X_2$$

สรุปและอภิปรายผล

1. องค์ประกอบความสามารถทางช่างกล

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ความสามารถทางช่างกลมีสามองค์ประกอบ

คือ

1. องค์ประกอบความสามารถพื้นฐาน
2. องค์ประกอบค่านิยม
3. องค์ประกอบค่านิยม

ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อหนึ่งที่ตั้งไว้ว่า "ความสามารถทางช่างกลมีมากกว่าหนึ่งองค์ประกอบ" การที่ผู้วิจัยตั้งชื่อองค์ประกอบเหล่านี้มีเหตุผลดังนี้

1.1 องค์ประกอบความสามารถพื้นฐาน (Basic Abilities Factor) นำหนักองค์ประกอบเรียงจากมากไปน้อยได้แก่ ความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการอ่าน ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ ความสามารถในการเรียงกราฟ ความสามารถทางจักรกล และความสามารถทางภาษา

จะเห็นว่าความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์ ความสามารถในการอ่าน และความสามารถในการเรียงกราฟ มีลักษณะคล้ายกัน กล่าวคือ เป็นความสามารถอันเกี่ยวกับตัวเลขหรือคณิตศาสตร์ (Number) เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แล้ว ความสามารถเหล่านี้มีความสัมพันธ์กันสูงมาก ระหว่าง .4133 ถึง .6001 ซึ่งสูงกว่าที่ตัวมันเองจะไปสัมพันธ์กับด้านอื่น ๆ ความสามารถเหล่านี้น่าจะเป็นความสามารถทางคณิตศาสตร์ (Number Abilities) นั่นเอง

ส่วนความสามารถด้านมิติสัมพันธ์และความสามารถทางจักรกลนั้น มีลักษณะคล้ายกันตรงที่เป็นเรื่องของทรงกลมเห็นความสัมพันธ์ (Relation) ของสิ่งต่าง ๆ เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แล้ว ปรากฏว่า สูงถึง .4540 ความสามารถเหล่านี้น่าจะเป็นความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ (Spatial Relation) นั่นเอง

ส่วนความสามารถทางภาษามีลักษณะแตกต่างไปจากสองลักษณะที่กล่าวแล้ว และตัวมันเองมีความสัมพันธ์กับด้านอื่น ๆ น้อย องค์ประกอบที่หนึ่งของความสามารถทางช่างกลล้วนแล้วแต่เป็นสมรรถภาพสมองขั้นพื้นฐานตามทฤษฎีหลายตัวประกอบของ เซอร์สโตน กล่าวคือ ประกอบด้วย กลุ่มความสามารถทางคณิตศาสตร์ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถทางภาษา

เมื่อเป็นเช่นนี้ จึงสมควรตั้งชื่อความสามารถทางช่างกลในองค์ประกอบที่หนึ่งว่า "องค์ประกอบด้านความสามารถพื้นฐาน"

1.2 องค์ประกอบด้านกล้านเนื้อ (Dexterity Factor) มีน้ำหนัก

องค์ประกอบเรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ ความสามารถในการลอกแบบภาพ ความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ และความสามารถในการวางแผนควบคุมการใช้กล้านเนื้อ

จะเห็นว่าความสามารถเหล่านี้ล้วนแต่เป็นความสามารถอันเกี่ยวกับทักษะการใช้กล้านเนื้อหรือการใช้มือ (Manual Dexterity) และการประสานสัมพันธ์กันกับประสาทควบคุมกล้านเนื้อด้วย เมื่อเป็นเช่นนั้น จึงสมควรตั้งชื่อความสามารถทางข้างกลในองค์ประกอบที่สองนี้ว่า "องค์ประกอบด้านกล้านเนื้อ"

1.3 องค์ประกอบด้านจักรกล (Mechanical Factor) มีน้ำหนัก

องค์ประกอบเรียงจากมากไปน้อย ได้แก่ ความสามารถในการประกอบชิ้นส่วน ความสามารถในการแยกองค์ประกอบ และความสามารถในการรับรู้

จะเห็นว่า ความสามารถในการประกอบชิ้นส่วนและความสามารถในการแยกองค์ประกอบนั้นเป็นลักษณะที่กระทำกับเครื่องจักรกล ส่วนความสามารถในการรับรู้ นั้น เป็นการรับรู้ในสถานการณ์อันตราย ในสถานการณ์ต่าง ๆ และในขณะปฏิบัติงาน เมื่อเป็นเช่นนั้น จึงสมควรตั้งชื่อความสามารถทางข้างกลในองค์ประกอบที่สามนี้ว่า "องค์ประกอบด้านจักรกล"

2. ผลของการวิเคราะห์องค์ประกอบทำให้ทราบค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) ของแบบทดสอบ ซึ่งวัดองค์ประกอบร่วมกันดังนี้

1. แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์	= .6318
2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการประกอบชิ้นส่วน	= .6228
3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการแยกองค์ประกอบ	= .5596
4. แบบทดสอบวัดความสามารถเชิงจักรกล	= .5569
5. แบบทดสอบวัดความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์	= .7154
6. แบบทดสอบวัดความสามารถในอัตราส่วน	= .5831
7. แบบทดสอบวัดความสามารถทางด้านภาษา	= .3147

8. แบบทดสอบวัดความสามารถในเรื่องกราฟ	= .5323
9. แบบทดสอบวัดความสามารถในการรับรู้	= .1726
10. แบบทดสอบวัดความสามารถในการลอกแบบภาพ	= .1300
11. แบบทดสอบวัดความสามารถในการวางแผนควบคุมการใช้ กลามเนื้อ	= .3698
12. แบบทดสอบวัดความสามารถในการควบคุมการเคลื่อนไหว ของนิ้วมือ	= .2593

3. ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้ง 12 ฉบับ มีค่าตั้งแต่ .4523 – .9501

4. เมื่อพิจารณาลักษณะขององค์ประกอบและการรวมกลุ่มของความสามารถแล้ว จะพบว่าความสามารถทางชางกล ประกอบด้วยความสามารถสองลักษณะ คือ

4.1 ความสามารถโดยทั่วไปหรือความสามารถอันเป็นพื้นฐานโดยทั่วไป ซึ่งมีความสามารถทางคณิตศาสตร์ ความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และความสามารถทางภาษา ความสามารถเหล่านี้ส่วนใหญ่ได้มาจากการศึกษาเล่าเรียนและเป็นสมรรถภาพสมองชั้นต้น

4.2 ความสามารถเฉพาะ คือ ความสามารถอันเกิดจากการปฏิบัติ (Practical-Mechanical Factor) ได้แก่ ความสามารถด้านกลามเนื้อและ ความสามารถด้านจักรกล

5. ผลจากการค้นคว้าหาตัวพยากรณ์ที่ดีในการพยากรณ์เกรดเฉลี่ยวิชาช่างกล ของนักเรียนปรากฏว่า แบบทดสอบความสามารถที่เป็นตัวพยากรณ์ที่ดีดังนี้

แบบทดสอบวัดความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์

แบบทดสอบวัดความสามารถในการลอกแบบภาพ

แบบทดสอบวัดความสามารถในอัตราส่วน

แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์

แบบทดสอบวัดความสามารถในเรื่องกราฟ

แบบทดสอบวัดความสามารถในการรับรู้

เมื่อแยกตัวพยากรณ์เกรดเฉลี่ยที่ดีของแต่ละองค์ประกอบจะเป็นดังนี้

5.1 องค์ประกอบด้านความสามารถพื้นฐาน ประกอบด้วย แบบทดสอบวัดความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์ แบบทดสอบวัดความสามารถในอัตราส่วน แบบทดสอบวัดความสามารถด้านมิติสัมพันธ์ และแบบทดสอบวัดความสามารถในเรื่องกราฟ

5.2 องค์ประกอบด้านกลาเมเนื่อ ประกอบด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการลอกแบบภาพ

5.3 องค์ประกอบด้านจักรกล ประกอบด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการรับรู้

6. ผลจากการคัดเลือกตัวแทนแบบทดสอบของแต่ละองค์ประกอบที่มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบสูงที่สุดในองค์ประกอบนั้น ๆ มาเพียงหนึ่งฉบับ ปรากฏว่า

6.1 องค์ประกอบด้านความสามารถพื้นฐาน คือ แบบทดสอบวัดความสามารถด้านเหตุผลทางคณิตศาสตร์ มีค่าสัมพันธัมพันธ์ 91.15 เปอร์เซ็นต์ ค่า Communalty เท่ากับ .9284 หรือ 92.84 เปอร์เซ็นต์

6.2 องค์ประกอบด้านกลาเมเนื่อ คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการลอกแบบภาพ มีค่าสัมพันธัมพันธ์ 98.01 เปอร์เซ็นต์ ค่า Communalty เท่ากับ .9898 หรือ 98.98 เปอร์เซ็นต์

6.3 องค์ประกอบด้านเครื่องจักร คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการประกอบชิ้นส่วน มีค่าสัมพันธัมพันธ์ 33.35 เปอร์เซ็นต์ ค่า Communalty เท่ากับ .4883 หรือ 48.83 เปอร์เซ็นต์

จะพบว่าแบบทดสอบที่มีอำนาจในการพยากรณ์เกรดเฉลี่ยวิชาข้างกลไกดีที่สุด คือ แบบทดสอบวัดความสามารถด้านคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการวิจัยของ สตรีกเกอร์ และคณะ (Strickers and others. 1965 : 1081-1095) ที่พบว่า ความถนัดทางการเรียนคณิตศาสตร์ เป็นตัวพยากรณ์การเรียนของนักเรียนอาชีวได้ดีกว่าแบบทดสอบอื่น ๆ ~~หรือ~~รองลงมาได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการลอกแบบภาพ ซึ่งมีค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง .4300 และมีความเที่ยงตรงเชิงสัมพันธ์กับเกณฑ์ .2632 ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการวิจัยของ แรนดอล์ฟ (Randolph. 1975 : 264-A) ที่ไ้ทำการวิจัยกับนักเรียนช่างกล พบว่า แบบทดสอบที่เป็น Paper and

Pencil มีค่าสหสัมพันธ์กับการฝึกภาคปฏิบัติ เท่ากับ .5277 ซึ่งสามารถใช้วัดแทนการฝึกภาคปฏิบัติได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการวิจัยเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถทางช่างกล โดยให้มีตัวแปรค่านอื่น ๆ เพิ่มขึ้น เช่น ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ และตัวแปรทางจิตวิทยาอื่น ๆ เช่น อายุ ประสบการณ์ สถานภาพครอบครัว เป็นต้น
2. ควรมีการวิจัยเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถวิชาชีพอื่น ๆ ด้วย
3. แม้ผลการวิจัยนี้จะกระทำกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่หกในภาคกลาง แต่ผลการวิจัยนี้อาจจะเป็นจริงสำหรับนักเรียนในภาคอื่น ๆ ด้วย ฉะนั้น การเรียนการสอนนักเรียนในสาขาวิชาช่างกล ควรเน้นและตระหนักถึงความสามารถทั้งสามองค์ประกอบนี้ และเป็นประโยชน์สำหรับครูแนะแนวที่จะใช้แนะแนวการศึกษาต่อของนักเรียน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กมล สุกประเสริฐ และคณะ "แนวการวัดผลในโรงเรียน" จุดยืนและทิศทางของการศึกษาไทย วัฒนาพานิช 2518, 189 หน้า

จักรเพชร เพชรสุข ความสามารถบางประการที่ส่งผลต่อการเรียนระดับวิชาชีพชั้นสูงของนักศึกษาวิทยาลัยเทคนิคภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปรินิพนธ์ กศ.ม.

วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร 2516, 77 หน้า

ชูเกียรติ ลีสุวรรณ องค์ประกอบที่มีผลต่อการเลือกอาชีพทางกลของนักเรียนชายชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนรัฐบาลในกรุงเทพมหานคร มหาวิทยาลัย

ศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2517, 112 หน้า

บุญส่ง นิลแก้ว การวัดผลทางจิตวิทยา แพทย์พิทยา 2519, 245 หน้า

พจน์ สะเพียรชัย การวิจัยองค์ประกอบของแบบทดสอบความถนัดทางการเรียนสำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 7 โครงการวิจัยเลือกสรร คณะวิชาวิจัยการศึกษา

วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร 2512, 50 หน้า

5 / วิเคราะห์ความถนัดทางเลขานุการและธุรกิจ คณะวิชาวิจัยการศึกษา
วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร 2516, 55 หน้า

พรทิพย์ กัทรชากร ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถภาพสมองกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปรินิพนธ์ กศ.ม.

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร 2520, 56 หน้า

สหัส สุชะเคช การสร้างแบบทดสอบความถนัดในการเรียนสำหรับนักเรียนที่จบชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 และความถนัดในการเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5

ปรินิพนธ์ กศ.ม. วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร 2509, 123 หน้า

สวัสดิ์ ประทุมราช "การเรียนเพื่อรู้" พัฒนาวิวัฒนาการ 10 โรงพิมพ์เจริญพัฒน์ 2517, 127 หน้า

สมบูรณ์ ชิตพงศ์ และ สำเริง บุญเรืองรัตน์ การวัดความถนัด ไทยวัฒนาพานิช 2518, 189 หน้า

ศิริรัตน์ พุทธิพันธ์ ความเที่ยงตรงเชิงพยากรณ์ของแบบทดสอบคัดเลือกลูกเรียนช่าง
ของกรมอาชีวศึกษา ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม. วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประจານมิตร
 2513, 54 หน้า

อนันต์ ศรีโสภณ การวัดและการประเมินผลการศึกษา ไทยวัฒนาพานิช 2520,
 251 หน้า

Anastasi, Anne. Differential Psychology. 3rd ed., New York, Mcmillan, 1954. 654 p.

_____. Psychological Testing. 3rd ed., New York, Mcmillan 1968. 665 p.

Bingham, Walter Van Dyke. Aptitude and Aptitude Testing. New York, Harper & Brother Publish, 1937. 390 p.

Black, M. Language and Psychology. New York Cornell University Press, 1949. 172 p.

15/ Bloom, B.S. and others. Handbook on Formative and Sumative in Evaluation of Student Learning. New York, McGraw-Hill, 1971. 923 p.

_____. Taxonomy of Education Objectives. Vol. 1, New York, Green & Co., 1956. 192 p.

Boyce, Richard W. and R.C. Paxson. "The Predictive of Eleven Tests at One State College," Educational and Psychological Measurement. 4 : 1143-1147, 1965.

Brune, I.H. "Language in Mathematics," The Learning of Mathematics : Its Theory and Practice. p. 156-191, Washington, D.C., The National Council of Teachers of Mathematics, 1953.

Burt, C. "Mental Abilities and Mental Factors," British Journal of Educational Psychology. p. 85-89, 1944.

Child, Dennis. The Essentials of Factor Analysis. London, Billing & Sons Ltd., 1976. 107 p.

Considine, M. Douglas. Van Nostrand's Scientific Encyclopedis. p. 1520, New York, Van Nostrand Reinhold, 1971.

Cronbach, L.J. Essentials of Psychological Testing. 3rd ed., New York, Harper & Row, 1970. 752 p.

- Ewald, Allen L. Experimental Design in Psychological Research. New York, Rinehart Winston, 1958. 446 p.
- ✓ Flanagan, J.C. Flanagan Aptitude Classification Test. Chicago, Science Research Association, Inc., Chicago Illinois, 1961. 61 p.
- Fleishman, Edwin A. The Structure and Measurement of Physical Fitness. with a foreword by Stan Musial, New Jersey, Prentice Hall, 1964. 207 p.
- Ghiselli, Edwin E. Theory of Psychological Measurement. New York, McGraw-Hill, 1964. 408 p.
- Gray, Bernard. "The Differential Aptitude Test in a Military Academic Setting," Journal of Educational Research. p. 352-354, April, 1965.
- 18 ✓ Guilford, J.P. Fundamental Statistics in Psychology and Education. 3rd ed., New York McGraw-Hill Book Company, 1956. 565 p.
- _____. Psychometric Methods : Series in Psychology. New York, McGraw-Hill, 1954. 383 p.
- _____. The Nature of Human Intelligence. New York, McGraw-Hill, 1967. 528 p.
- _____. "The Structure of Intelligence," Handbook of Measurement and Assessment in Behavioral Science. Deank, Whitla, 1968. 376 p.
- Harman, H.H. Modern Factor Analysis. Chicago, The University of Chicago Press, 1976. 487 p.
- ✓ Jones, and Millen. "Correlation of Student Attitude, Mechanical Reasoning and Performance Abilities," Dissertation Abstracts. 7 : 4112-A, January, 1965.
- Lindquist, E.F. Educational Measurement. Washington, American Council on Education, 1951. 819 p.
- Lord and Novick. Statistical Theories of Mental Test Scores. New York, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1968. 568 p.
- 20 ✓ Mehrem, A. William and Irvin J. Lehmann. Measurement and Evaluation in Education and Psychology. Michigan, 1973. 692 p.

Piaget, J. Judement and Reasoning in the Child Humanities.
New York, 1948. 260 p.

Randolph, W. Williams. "The Development and Validation of a
paper and pencil Achievement Test in Automotive Mechanics,"
Dissertation Abstracts. 36 : 264-4, July, 1975.

22

Richardson M. and L.F. Richardson. Fundamentals of Mathematics.
New York, Simon & Schuster, 1956. 167 p.

Stricker, Lawrence J. and others. "Prediction of College
Performance with the Myers Briggs Type Indication,"
Educational and Psychological Measurement. 4 : 1081-1095,
1965.

Thurstone, L.L. Multiple Factor Analysis : A Development and
Expansion of the Vectors of Mind. Chicago, The University
of Chicago Press, 1947. 535 p.

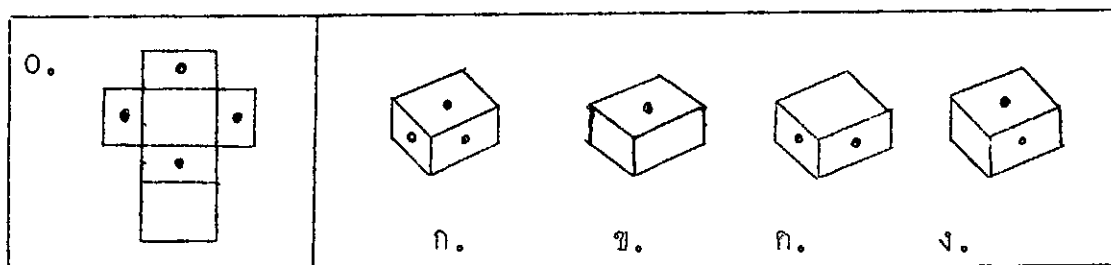
Vernon, P.E. The Structure of Human Abilities. p. 22, London,
Methven, 1960.

Wert, Jane E. and others. Statistical Method in Educational
and Psychological Research. New York, Appleton-Century
Crofts, Inc., 1954. 435 p.

ภาคผนวก

แบบทดสอบมิตีสัมพันธ์

1. แบบทดสอบนี้มี 25 ข้อ ให้เวลาทำ 15 นาที
2. แบบทดสอบนี้ใช้วัดความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของภาพต่างๆ เมื่อนำมาพับหรือประกอบเป็นรูปทรง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวจาก 4 ตัวเลือก
3. วิธีตอบ ทางซ้ายมือเป็นภาพที่กำหนดมาให้ ส่วนทางขวามือเป็นภาพคำตอบ เมื่อเลือกคำตอบได้แล้วให้ไปชี้คำตอบในกระดาษคำตอบ
ตัวอย่างคำถามและวิธีตอบ

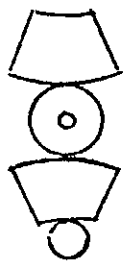


เมื่อเลือกคำตอบที่ถูกต้องได้แล้วให้ไปชี้คำตอบในกระดาษคำตอบดังนี้

(0) ก ☐ ข ☐ ค ☒ ง ☐

4. ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ชี้ $\times$ หักคำตอบที่ไม่ต้องการ
5. โปรดชี้คำตอบให้ตรงกับข้อของคำถาม
6. อย่าขีดหรือทาเครื่องหมายใดๆลงในแบบทดสอบนี้
7. ให้รีบทำจนครบหมดทุกข้อจึงจะได้คะแนน

1.



A.



B.

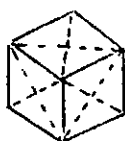
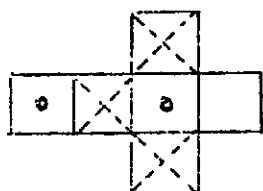


C.

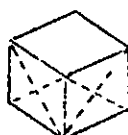


D.

2.



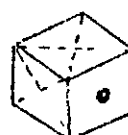
A.



B.

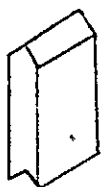
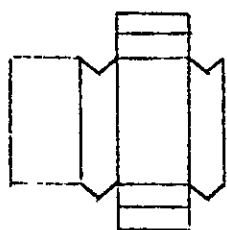


C.

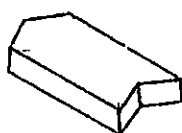


D.

3.



A.



B.

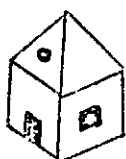
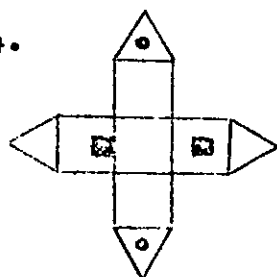


C.

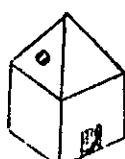


D.

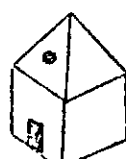
4.



A.



B.



C.

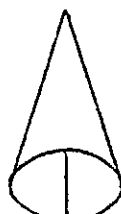


D.

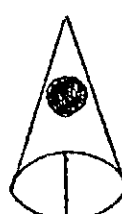
5.



A.



B.

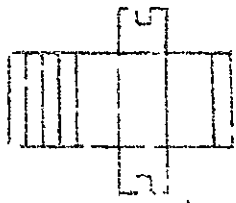


C.

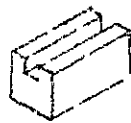


D.

6.



A.



B.

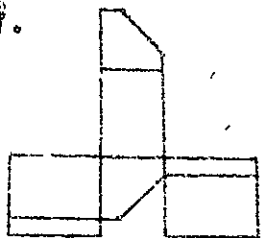


C.



D.

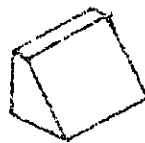
7.



A.



B.

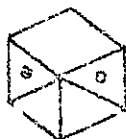
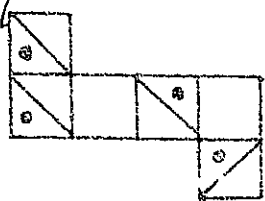


C.



D.

8.



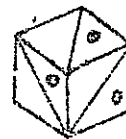
A.



B.

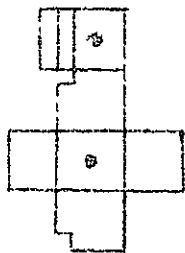


C.



D.

9.



A.



B.

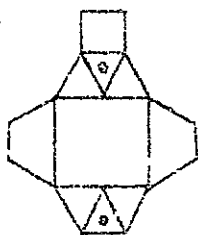


C.



D.

10.



A.



B.

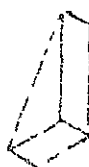
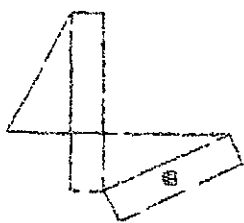


C.



D.

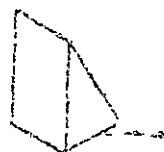
11.



A.



B.

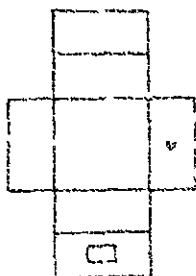


C.

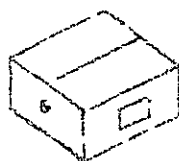


D.

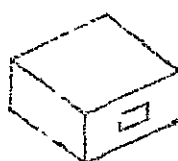
12.



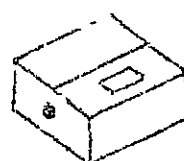
A.



B.

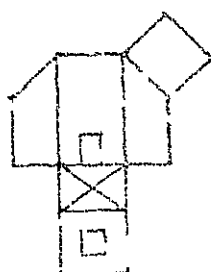


C.



D.

13.



A.



B.

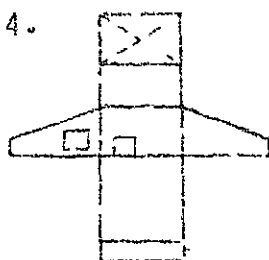


C.



D.

14.



A.



B.

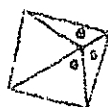
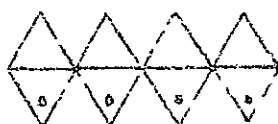


C.



D.

15.



A.



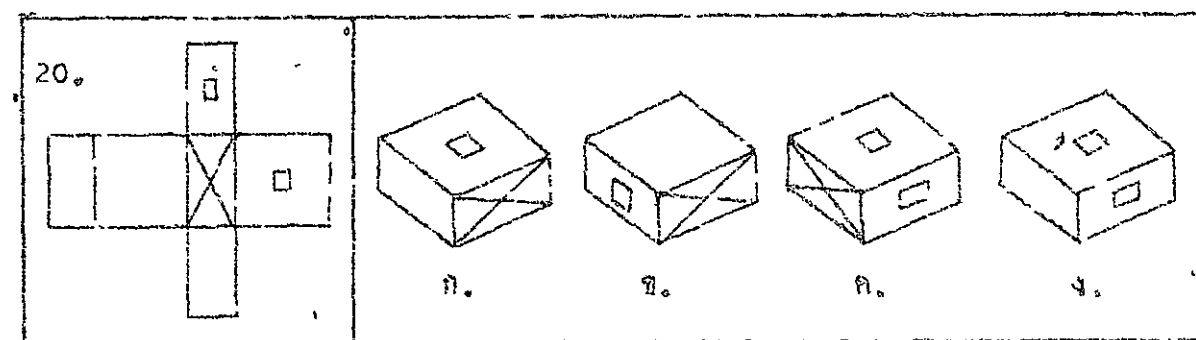
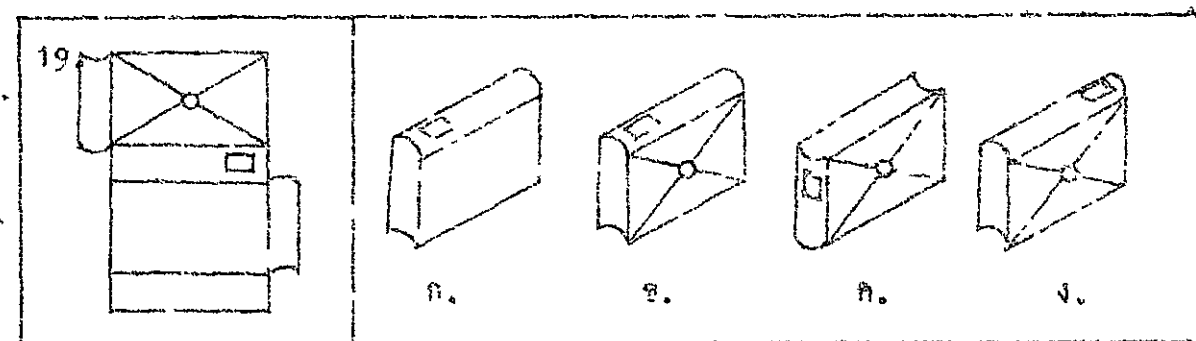
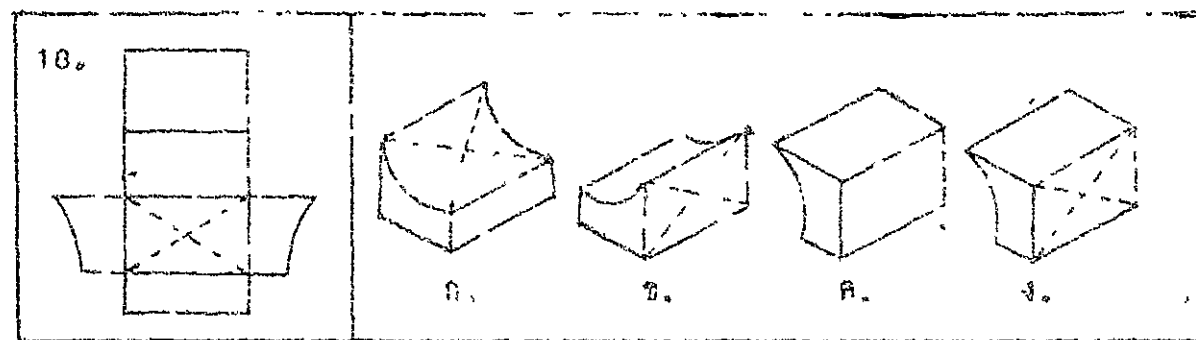
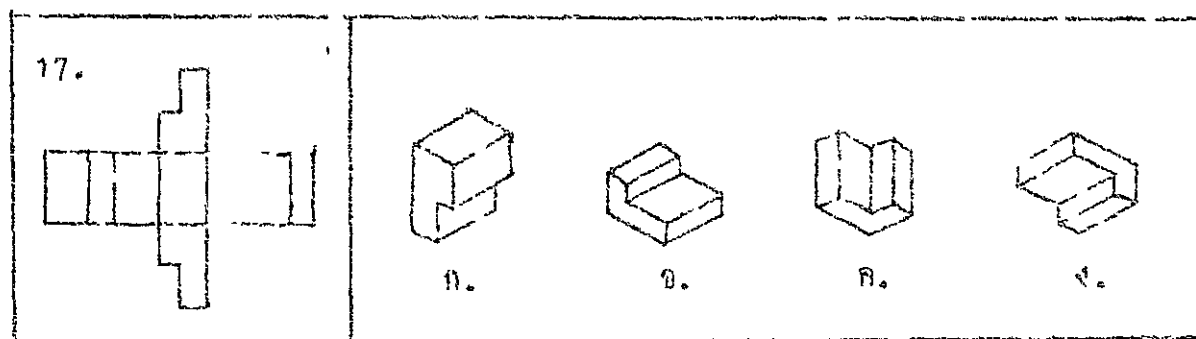
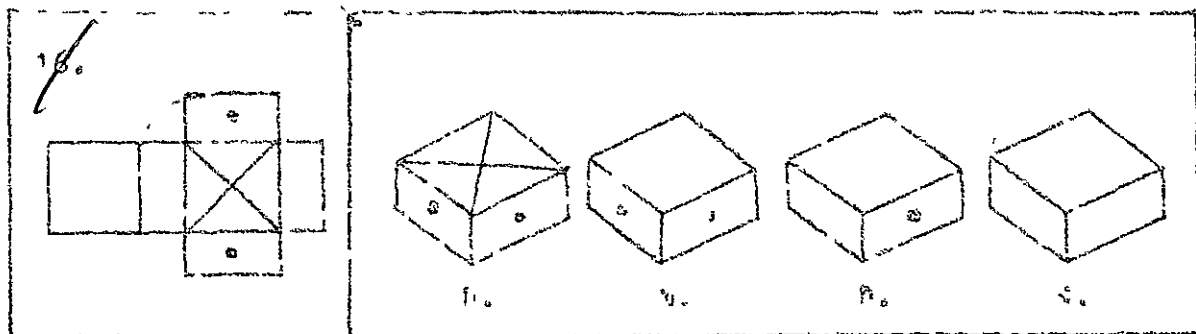
B.



C.

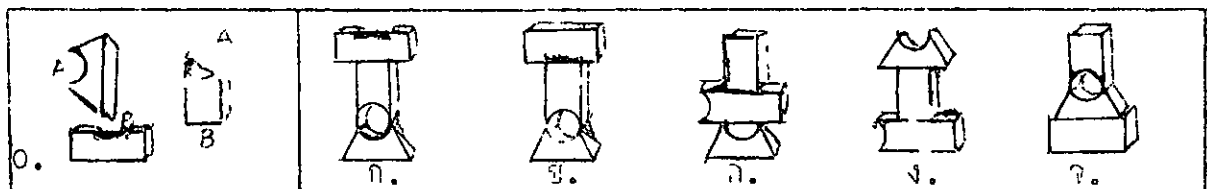


D.



แบบทดสอบการประกอบชิ้นส่วน

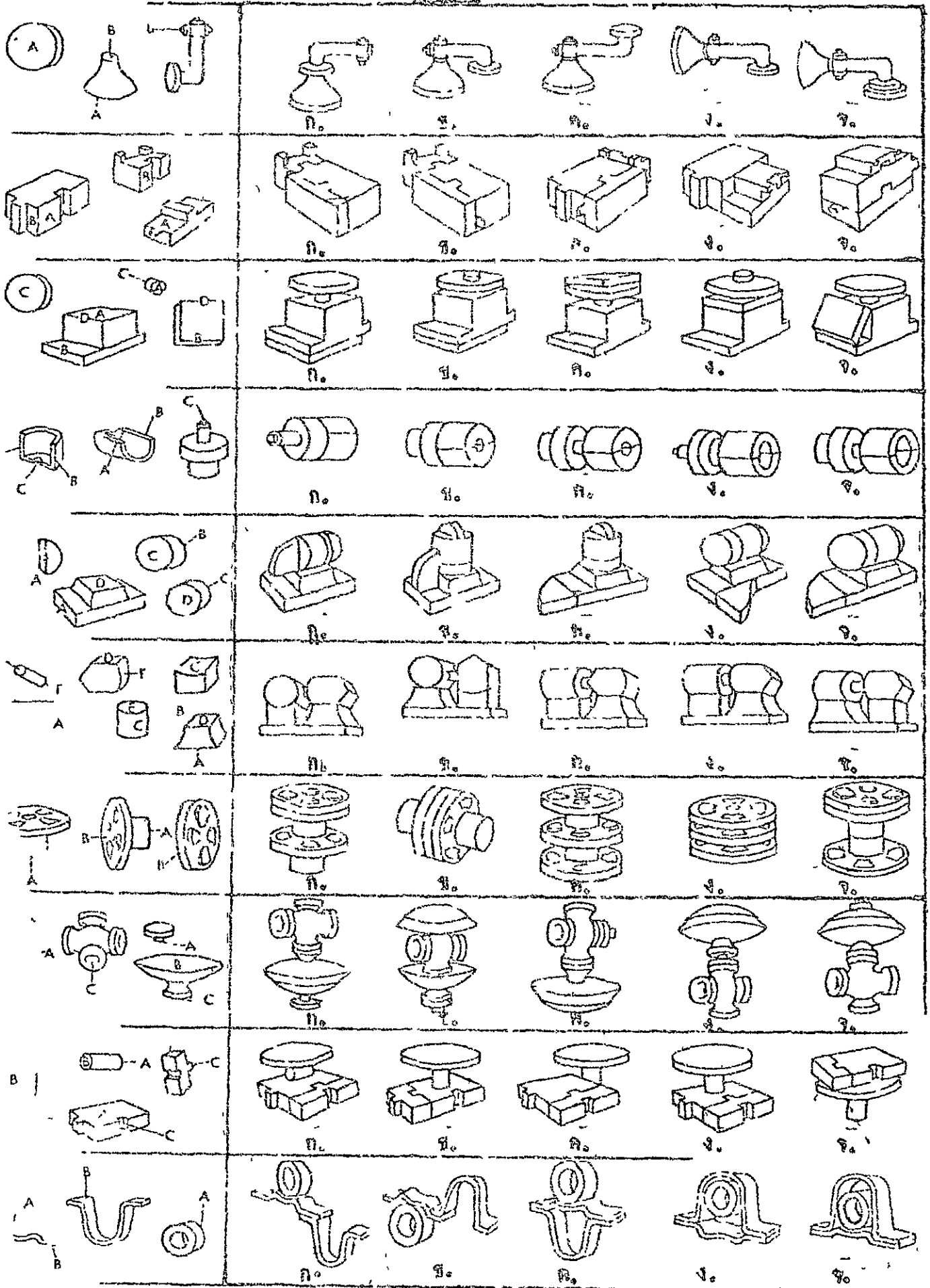
1. แบบทดสอบฉบับนี้มี 20 ข้อ ให้เวลาทำ 15 นาที
2. แบบทดสอบนี้ใช้วัดความสามารถในการนำชิ้นส่วนมาประกอบกัน ทางซ้ายมือจะเป็นข้อคำถาม ทางขวามือจะเป็นภาพของคำตอบให้นักเรียนเลือกเพียงคำตอบเดียวจาก 5 ตัวเลือก
3. วิธีตอบ เพื่อให้นักเรียนเลือกคำตอบได้ชัดให้ขีดตอบในกระดาษคำตอบให้ตรงกับอักษรที่กองการ
ตัวอย่างคำถามและวิธีตอบ

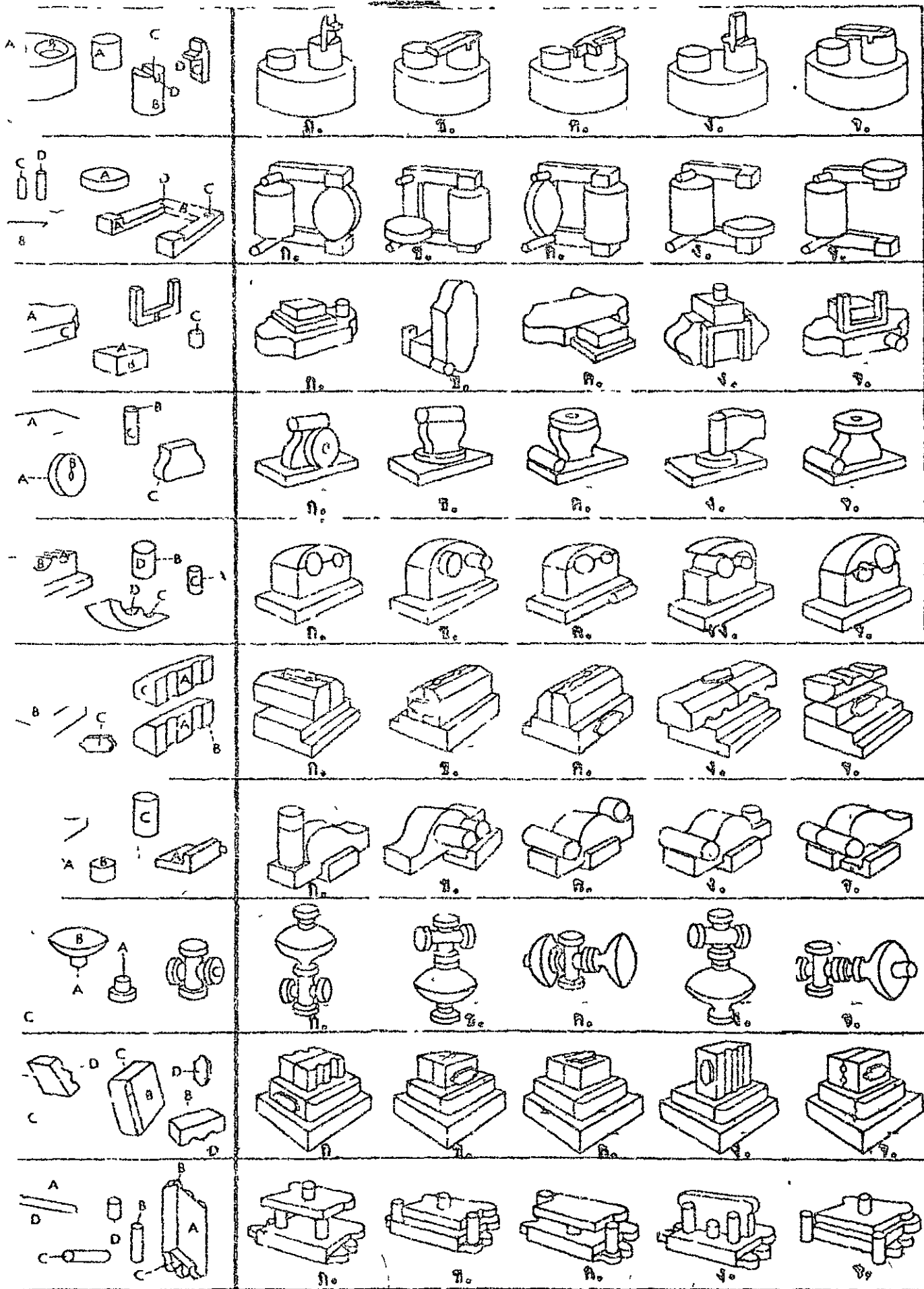


เพื่อนำภาพวัตถุที่กำหนดให้มารวมกับตัวประกอบเป็นภาพของข้อ จ. ให้ไปขีดตอบในกระดาษคำตอบดังนี้

(๑) ก = ข ค = ง จ =

4. ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ขีด ✕ กับคำตอบที่ไม่ต้องการ
5. โปรดขีดตอบให้ตรงกับข้อของคำถาม
6. อย่าขีดหรือทำเครื่องหมายใดๆลงในแบบทดสอบนี้
7. ให้รีบทำและครบทุกข้อจึงจะได้คะแนน





แบบทดสอบวัดความสามารถในการแยกองค์ประกอบ

1. แบบทดสอบนี้มี 20 ข้อ แบ่งออกเป็น 2 ตอน ให้เวลาทำ 10 นาที
2. แบบทดสอบนี้ใช้วัดความสามารถในการแยกองค์ประกอบของภาพได้ว่าประกอบด้วยภาพย่อยๆ ใดบ้าง ปีก่าตอบถูกเพียงคำตอบเดียวจาก 5 ตัวเลือก ก. ข. ก. ง. หรือ จ. ที่กำหนดไว้
3. วิธีตอบ เมื่อเลือกคำตอบได้แล้วให้ขีดตอบในกระดานคำตอบให้ตรงกับอักษรที่ต้องการ

ตัวอย่างคำถามและวิธีตอบ



ก.



ข.



ก.

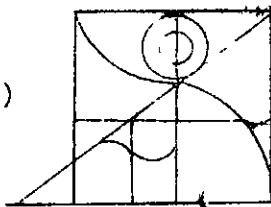


ง.



จ.

(0)



เมื่อพิจารณาแล้วมีภาพของข้อ จ. ประกอบอยู่ภายในให้ไปขีดตอบในกระดานคำตอบดังนี้

(0) ก = ข = ก = ง = จ =

4. ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ผิด $\times$ กับคำตอบที่ไม่ต้องการ
5. โปรดขีดตอบให้ตรงกับข้อของคำถาม
6. อย่าขีดหรือทำเครื่องหมายใดๆลงในแบบทดสอบนี้
7. ได้รับทำจนครบทุกข้อจึงจะไ้คะแนน

ตอนที่ 1



ก.



ข.



ค.

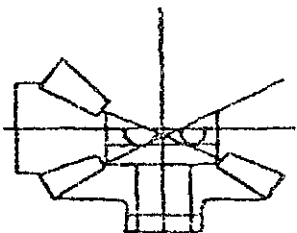


ง.

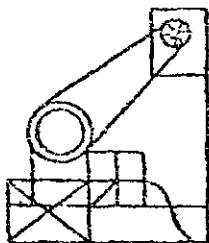


จ.

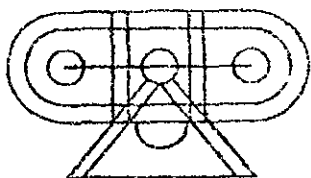
(1)



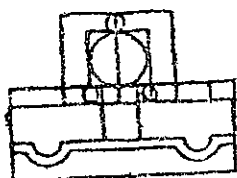
(2)



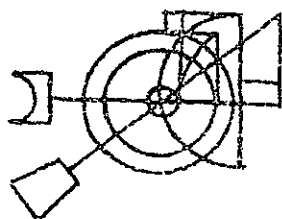
(3)



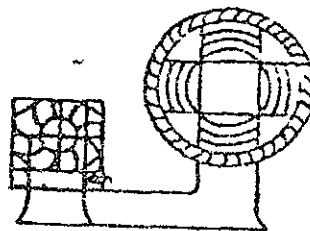
(4)



(5)



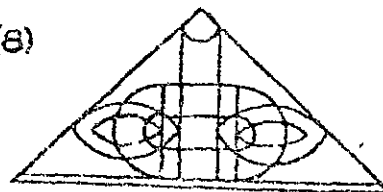
(6)



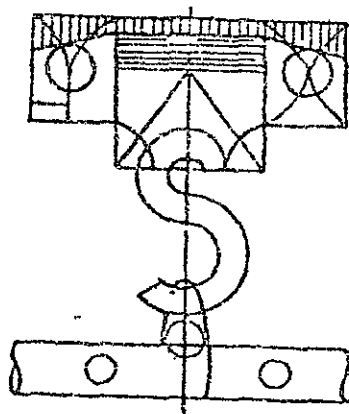
(7)



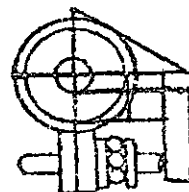
(8)



(9)



(10)



ตอนที่ 2



ก.



ข.



ค.

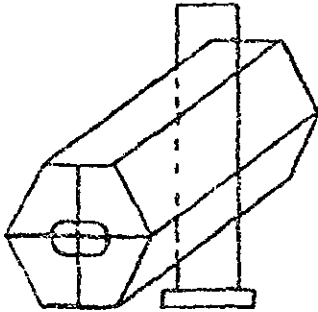


ง.

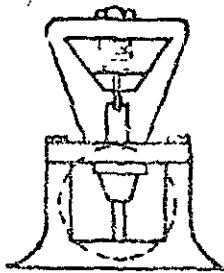


จ.

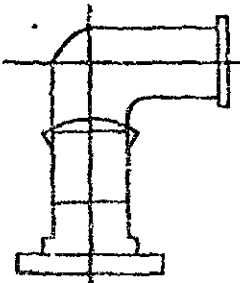
(11)



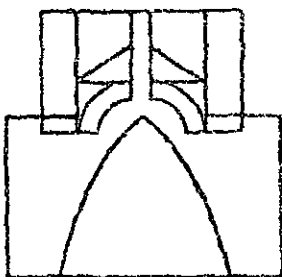
(12)



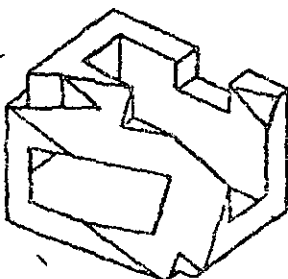
(13)



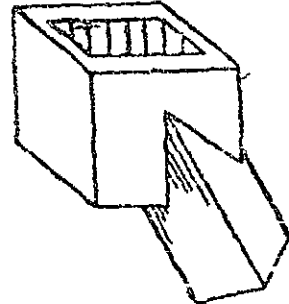
(14)



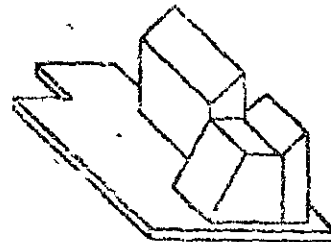
(15)



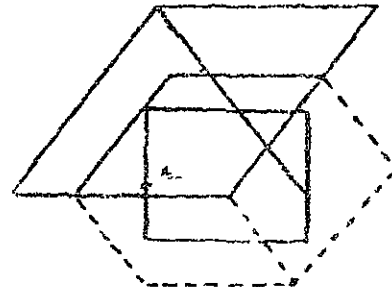
(16)



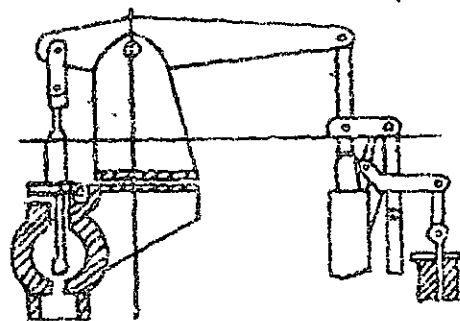
(17)



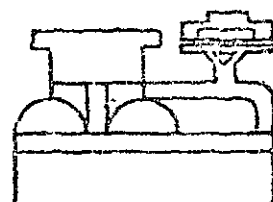
(18)



(19)

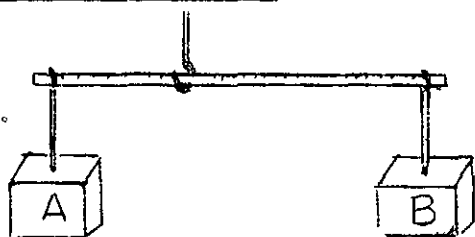


(20)



แบบทดสอบความสามารถทางจักรกล

1. แบบทดสอบฉบับนี้มี 20 ข้อ ให้เวลาทำ 10 นาที
2. แบบทดสอบนี้ใช้วัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับจักรกล แต่ละข้อจะมีภาพใดก็ตาม และมีคำตอบ ให้ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกเพียงคำตอบเดียวจาก 4 ตัวเลือก
3. วิธีตอบ เมื่อเลือกคำตอบที่ถูกได้แล้ว ให้ใส่เครื่องหมายในกระดาษคำตอบให้ตรงกับอักษรที่กองการ
ตัวอย่างคำตอบ และวิธีตอบ



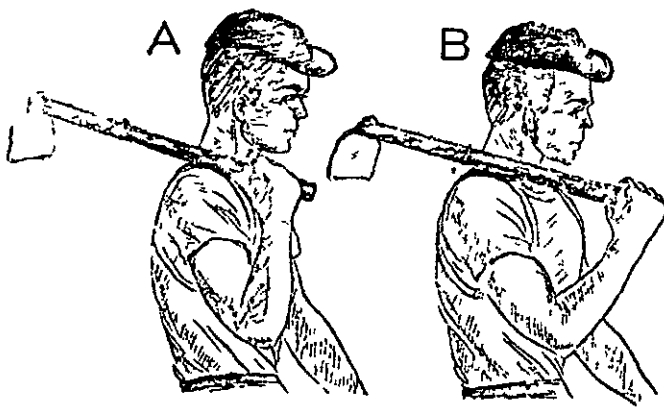
(0) กล้องโทรทัศน์ว่า

- ก. A
- ข. B
- ค. เท่ากัน
- ง. ชุมแน่นจนไขไม่ได้

เมื่อพิจารณาแล้ว กล้อง หนักกว่าเราก็เลือกคำตอบข้อ ก. ได้ไปใช้คำตอบในกระดาษคำตอบดังนี้

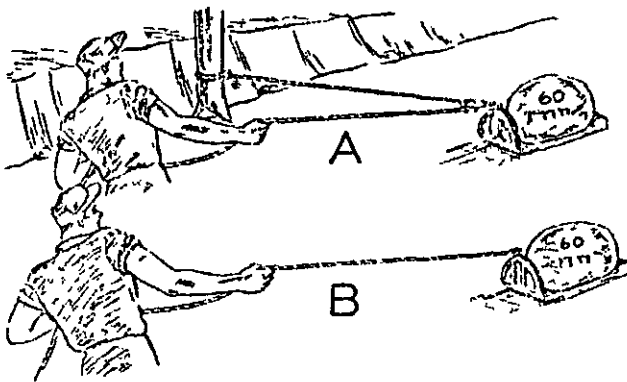
(0) ก ☒ ข ☐ ค ☐ ง ☐

4. จำต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ผิด ☒ หักคำตอบที่ไม่ต้องการ
5. ไปตรวจคำตอบได้ตรงกับข้อของคำถาม
6. อย่าลืมรื้อทำเครื่องหมายใดลงใบแบบทดสอบนี้
7. ให้รีบทำจนครบทุกข้อจึงจะ ได้คะแนน



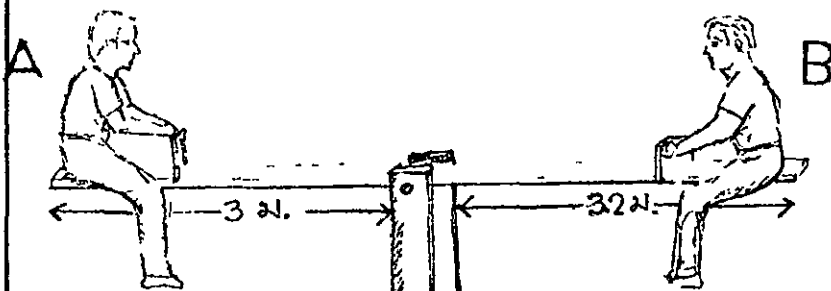
1. ชายคนใดแบกจอบได้สะดวกกว่า

- ก. A
- ข. B
- ค. เท่ากัน
- ง. ไม่แน่นอน



2. ชายคนไหนออกแรงน้อยกว่า

- ก. A
- ข. B
- ค. เท่ากัน
- ง. ไม่แน่นอน



3. ชายคนใดหนักกว่า

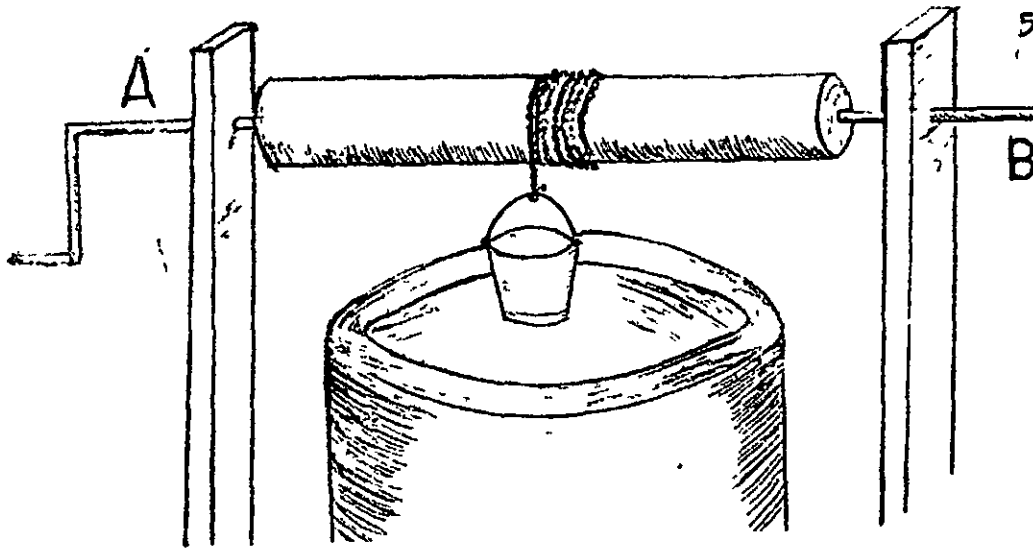
- ก. A
- ข. B
- ค. เท่ากัน
- ง. ไม่แน่นอน

AQ

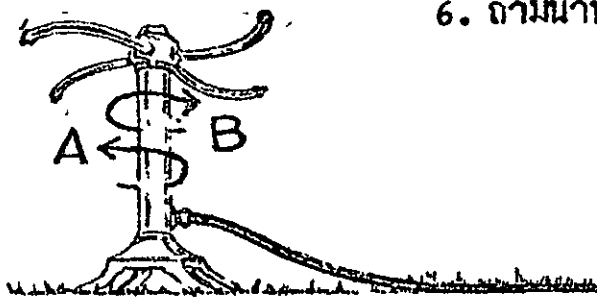
B

4. วัตถุชิ้นใดเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเฉลี่ยน้อยกว่า

- ก. A
- ข. B
- ค. เท่ากัน
- ง. ไม่แน่นอน

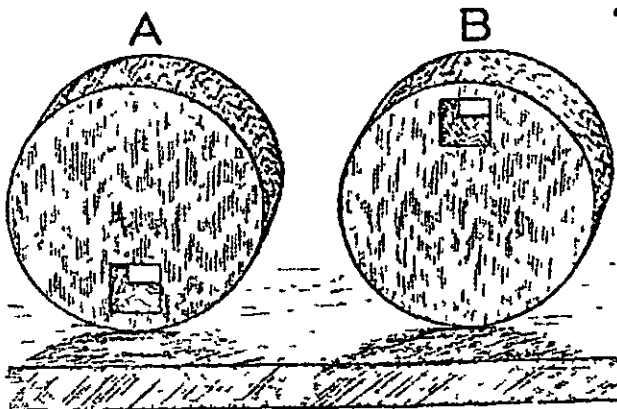


5. ถ้าต้องการดึงถังน้ำขึ้นจากบ่อ ควรใช้
 6. ม้วนอันใดจึงจะ
 7. อดแรงน้อยที่สุด
- A
 - B
 - เท่ากัน
 - ไม่แน่นอน



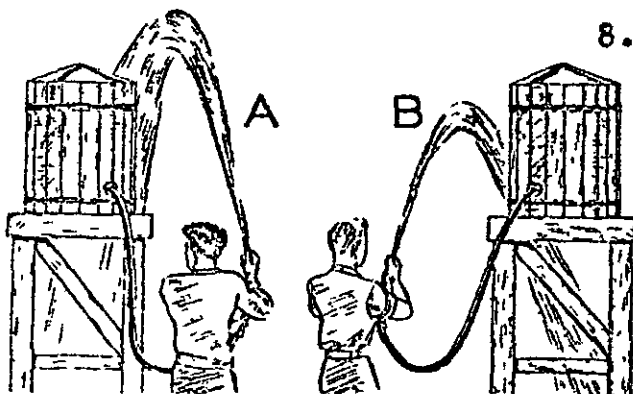
6. ถ้ามีน้ำพุ่งออกหัวฉีดจะหมุนไปในทิศทางใด

- A
- B
- ทั้งสองทาง
- ไม่หมุน



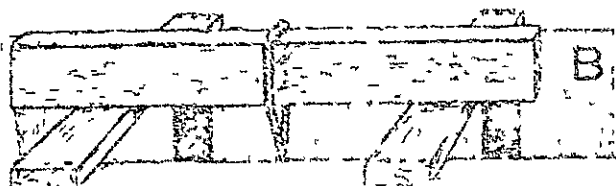
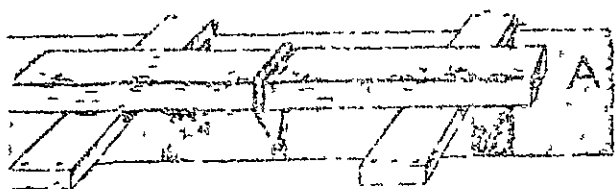
7. ลูกบอลจะอยู่ในลักษณะใดจึงจะถูกตอง

- A
- B
- ทั้งสองภาพ
- ไม่แน่นอน



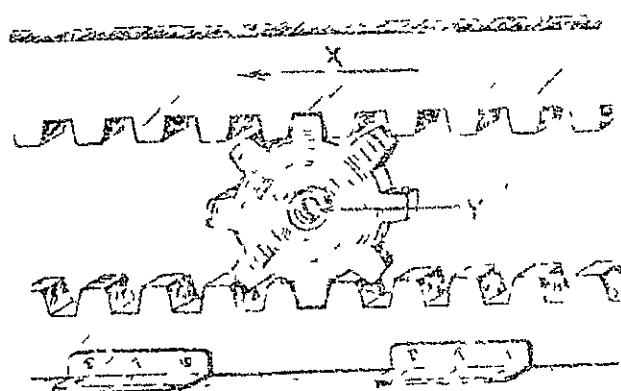
8. ภาพใดถูกต้องตามหลักการ

- A
- B
- ทั้งสองภาพ
- ไม่ถูกต้องทั้งสองภาพ



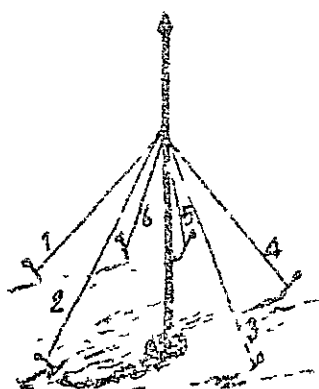
9. ตามในภาพใดที่รับน้ำหนักจากเชือกได้มากกว่า

- ก. A
- ข. B
- ค. เท่ากัน
- ง. ยังสรุปไม่ได้



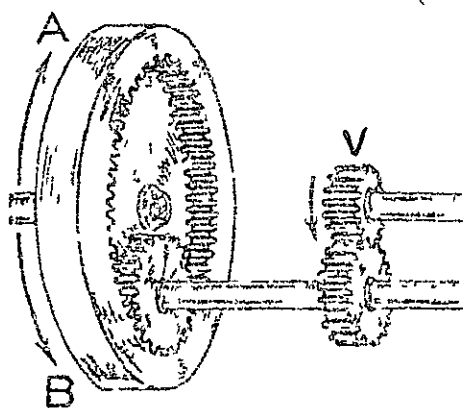
10. ถ้า เครื่องที่ไปตามลูกศร 2 ชุด
เฟือง จะเคลื่อนที่เท่าใด

- ก. มากกว่า 2 ฟุต
- ข. น้อยกว่า 2 ฟุต
- ค. 2 ฟุตพอดี
- ง. สรุปแน่นอนไม่ได้



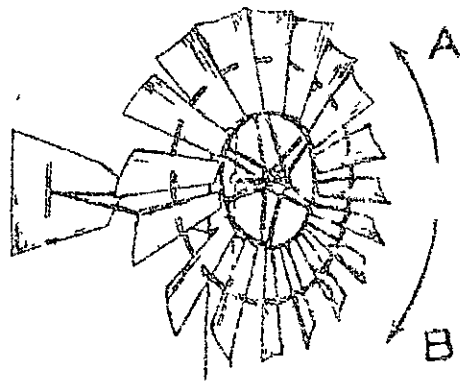
11. เชือกเส้นใดบ้างที่จำเป็นที่จะใช้ยึด
เสาไว้ ?

- ก. 1, 2, 3
- ข. 2, 5, 6
- ค. 2, 4, 6
- ง. 3, 4, 6



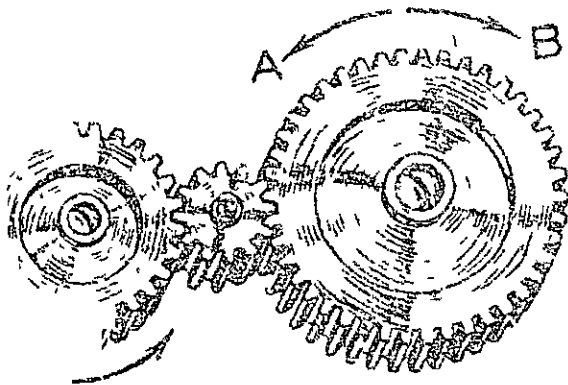
12. เมื่อเฟือง V หมุนไปตามทิศทางของลูกศร
เฟืองใหญ่จะหมุนไปทางใด ?

- ก. A
- ข. B
- ค. หมุนได้ทั้งสองทาง
- ง. สรุปแน่นอนไม่ได้



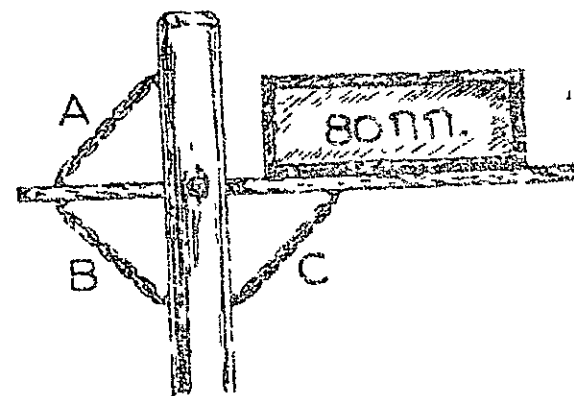
13. เมื่อลมพัดเข้าด้านหน้า กังหันจะหมุนไปทางใด ?

- ก. A
- ข. B
- ค. ทั้งทาง และ
- ง. สรุปแน่นอนไม่ได้



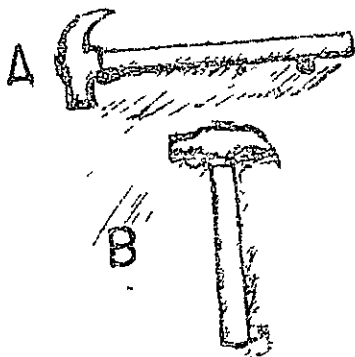
14. ถ้าเฟืองอันทางซ้ายมือหมุนไปตามทิศทางของ
ลูกศร เฟืองอันทางขวามือจะหมุนไปทางทิศใด ?

- ก. A
- ข. B
- ค. หักเคี้ยวกับเฟืองกลาง
- ง. ยังสรุปไม่ได้



15. ใช้เส้นใดว่าเป็นคองโซร์รับน้ำหนัก

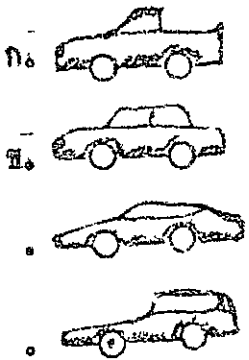
- ก. A
- ข. B
- ค. C
- ง. หงอามเส้น



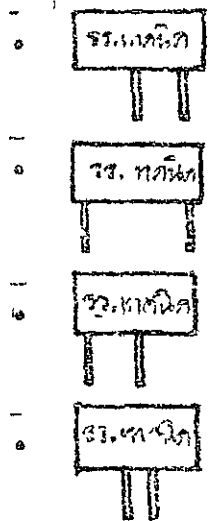
16. ท่อนอันใดจะฉีกจากที่เก็บได้ง่าย

- ก. A
- ข. B
- ค. ทั้งสองอัน
- ง. สรุปแน่นอนไม่ได้

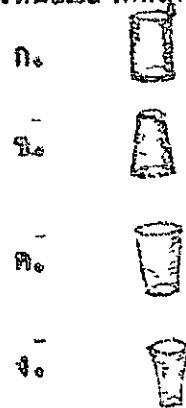
17. รถคันใดที่คันน้อยที่สุด



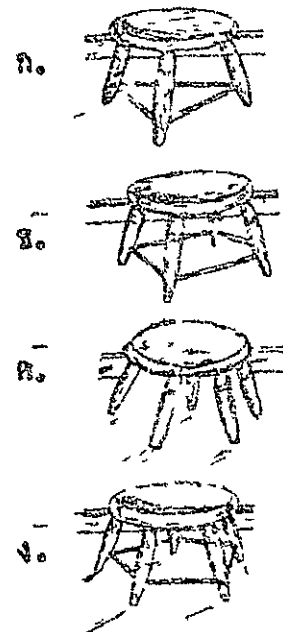
18. ลักษณะป้ายแบบใดแข็งแรงที่สุด



19. แก้วใบไหนมีน้ำมากที่สุด



20. เก้าอี้ตัวใดแข็งแรงที่สุด



แบบทดสอบอัตราส่วน

1. แบบทดสอบนี้มี ๓๐ ข้อ ให้เวลาทำ 10 นาที
2. แบบทดสอบนี้ใช้วัดความสามารถในการคิดอัตราส่วนได้อย่างรวดเร็ว
3. วิธีตอบ ทางซ้ายมือจะเป็นคำถาม ส่วนทางขวามือเป็นคำตอบให้นักเรียนเลือกเพียงคำตอบเดียวจาก 5 ตัวเลือก

ตัวอย่างคำถามและวิธีตอบ

		ก.	ข.	ค.	ง.	จ.
(๐)	$1 : 2 = 2 : ?$	2	3	4	5	6
(๐๐)	$2 : 3 = ? : 6$	3	4	5	6	7
(๐๐๐)	$3 : ? = 6 : 10$	5	6	7	8	9
(๐๐๐๐)	$? : 3 = 10 : 6$	1	2	3	4	5

เมื่อได้คำตอบแล้วให้ไปกาในกระดาษคำตอบดังนี้

(๐)	ก ☐	ข ☐	ค ☐	ง ☐	จ ☐
(๐๐)	ก ☐	ข ☐	ค ☐	ง ☐	จ ☐
(๐๐๐)	ก ☐	ข ☐	ค ☐	ง ☐	จ ☐
(๐๐๐๐)	ก ☐	ข ☐	ค ☐	ง ☐	จ ☐

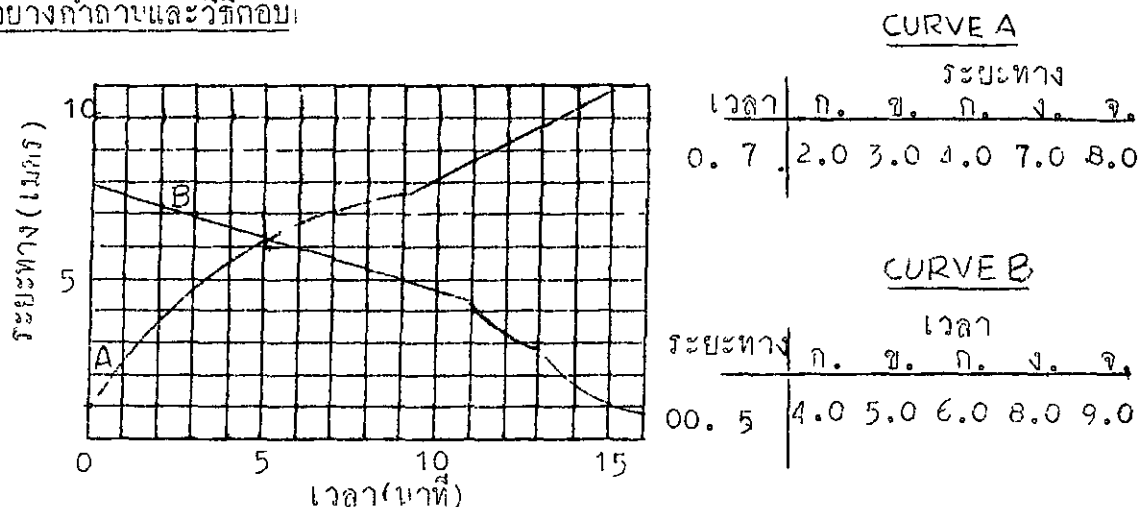
4. ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ขีด ☒ ทับคำตอบที่ไม่ต้องการ
5. โปรดขีดขอบให้ตรงกับชื่อของคำถาม
6. อย่าขีดหรือทำเครื่องหมายใดๆลงในแบบทดสอบนี้
7. ควรรีบทำให้เร็วที่สุดจนครบทุกข้อจึงจะได้คะแนนดี

	n.	?	n.	n.	?
(1) $3 : 7 = 6 : ?$	7	9	12	14	16
(2) $6 : 2 = 27 : ?$	3	4	6	8	9
(3) $4 : 5 = 12 : ?$	10	13	14	15	16
(4) $20 : 5 = 28 : ?$	7	9	14	24	36
(5) $16 : 4 = 4 : ?$	1	2	4	12	16
(6) $9 : 15 = 12 : ?$	18	20	24	30	36
(7) $27 : 6 = 18 : ?$	2	3	4	8	12
(8) $20 : 8 = 30 : ?$	10	12	15	16	18
(9) $2 : 5 = ? : 15$	3	4	5	6	8
(10) $8 : 3 = ? : 9$	16	18	20	22	24
(11) $4 : 6 = ? : 27$	18	24	28	30	36
(12) $15 : 9 = ? : 21$	30	32	35	40	48
(13) $6 : 2 = ? : 9$	18	20	21	24	27
(14) $9 : 2 = ? : 6$	18	20	27	30	36
(15) $5 : 9 = ? : 45$	20	25	27	30	35
(16) $2 : ? = 4 : 32$	6	10	12	14	16
(17) $6 : ? = 9 : 21$	10	14	16	18	27
(18) $8 : ? = 18 : 27$	12	15	16	24	28
(19) $9 : ? = 3 : 2$	4	5	6	8	10
(20) $10 : ? = 4 : 6$	12	13	14	15	16
(21) $1 : ? = 9 : 45$	5	7	8	10	14
(22) $28 : ? = 7 : 3$	8	9	10	11	12
(23) $? : 2 = 14 : 4$	5	7	8	10	12
(24) $? : 6 = 3 : 18$	1	3	4	24	36
(25) $? : 3 = 2 : 1$	4	5	6	9	12
(26) $? : ? = 30 : 12$	3	4	6	8	5
(27) $? : 5 = 15 : 25$	2	3	4	6	10
(28) $? : 26 = 3 : 2$	13	15	30	36	39
(29) $? : 15 = 7 : 3$	10	21	30	35	45
(30) $? : 2 = 35 : 10$	5	7	9	15	20

แบบทดสอบเรื่องกราฟ

1. แบบทดสอบนี้มี 40 ข้อ ให้เวลาทำ 10 นาที
2. แบบทดสอบนี้เป็นการวัดความสามารถในการอ่านกราฟได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง
3. กราฟที่ให้นี้เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลา(นาที) กับ ความเร็ว(เมตร)
ทางซ้ายมือเป็นคำถาม ส่วนทางขวามือเป็นคำตอบให้นักเรียนเลือกตอบเพียงคำตอบ
เดียวจาก 4 ตัวเลือก

ตัวอย่างคำถามและวิธีตอบ

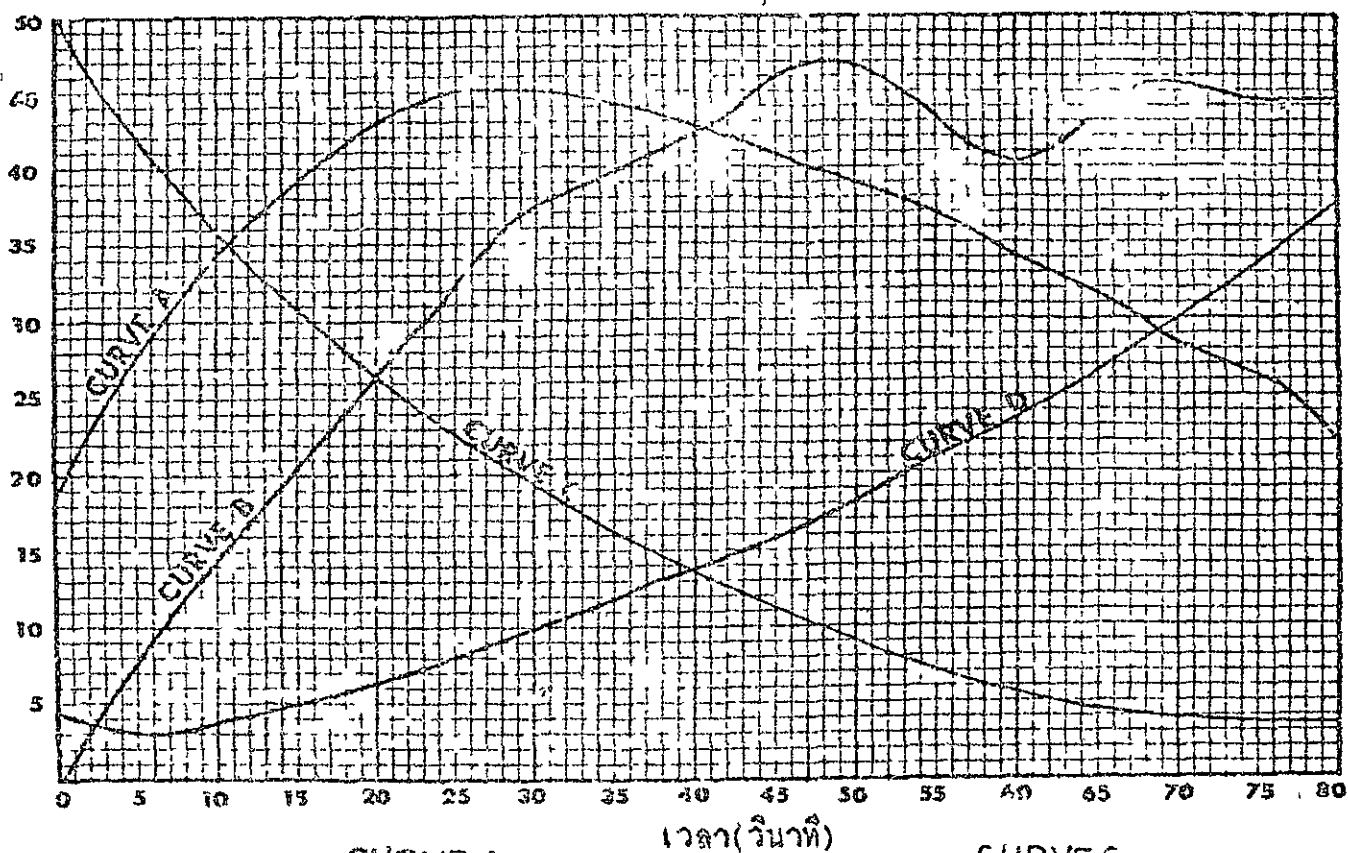


เมื่อเลือกคำตอบได้แล้วให้ไปกาในกระดาษคำตอบดังนี้

(0) ก ☐ ข ☐ ค ☐ ง ☒ จ ☐

(00) ก ☐ ข ☐ ค ☐ ง ☐ จ ☒

4. ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ขีด ~~X~~ ทับคำตอบที่ไม่ต้องการ
5. โปรดขีดตอบให้ตรงกับข้อของคำถาม
6. อย่าขีดหรือทำเครื่องหมายใดๆลงในแบบทดสอบนี้
7. ให้รีบทำให้เร็วที่สุดเพราะเป็นแบบทดสอบความเร็วและแม่นยำ



CURVE A
ระยะทาง

เวลา	ก.	ข.	ค.	ง.	
1.	4	26.0	43.0	25.0	42.0
2.	60	43.0	42.0	34.0	35.0
3.	47	39.0	40.0	41.0	42.0
4.	31	45.0	44.0	37.0	38.0
5.	76	26.0	34.0	44.5	42.0
6.	39	41.0	42.0	43.0	44.0
7.	42	42.0	45.5	44.0	45.0
8.	55	36.0	37.0	44.0	45.0
9.	68	29.0	30.0	31.0	32.0
10.	20	42.0	43.0	26.0	27.0

CURVE C
ระยะทาง

เวลา		ระยะทาง			
		ก.	ข.	ค.	ง.
21.	29	19.5	20.0	21.0	21.5
22.	16	5.0	6.0	29.0	30.0
23.	31	19.0	20.0	20.5	21.0
24.	51	8.0	8.5	9.0	9.5
25.	45	9.5	10.5	11.5	12.0
26.	62	4.0	4.5	5.0	5.5
27.	8	36.5	37.0	37.5	38.0
28.	23	24.0	24.5	25.0	25.5
29.	37	14.5	15.0	15.5	16.0
30.	1	1.0	2.0	20.0	48.0

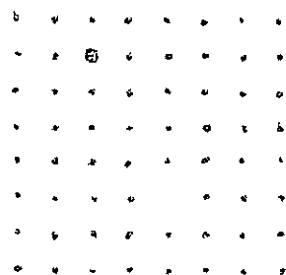
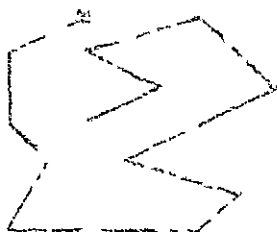
CURVE B
เวลา

ระยะทาง		เวลา			
		ก.	ข.	ค.	ง.
11.	15	10.0	10.5	11.0	11.5
12.	36	29.0	28.0	27.0	26.0
13.	27.	19.0	19.5	20.0	20.5
14.	23	15.0	16.0	17.0	18.0
15.	38	13.5	14.0	30.0	31.0
16.	9	5.0	6.0	13.0	14.0
17.	39	33.5	35.0	50.0	15.0
18.	13.	8.5	9.0	10.0	11.0
19.	3	1.0	2.0	3.0	4.0
20.	32	8.0	9.0	24.0	25.0

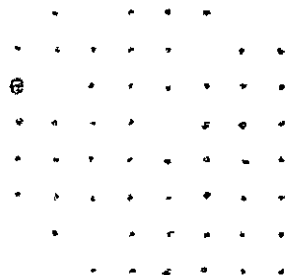
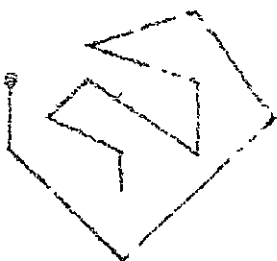
CURVE D
เวลา

ระยะทาง		เวลา			
		ก.	ข.	ค.	ง.
31.	7	19.0	21.0	22.0	23.0
32.	15	42.0	43.0	52.0	54.0
33.	36	28.0	29.0	78.0	79.0
34.	24	61.0	62.0	18.0	23.0
35.	11	7.0	7.5	45.0	33.0
36.	28	66.0	67.0	18.0	20.0
37.	25	61.0	61.5	62.5	63.5
38.	32	73.0	71.0	72.0	73.0
39.	19	49.0	49.5	50.5	51.5
40.	9	28.0	29.0	29.5	30.0

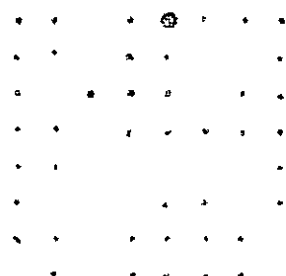
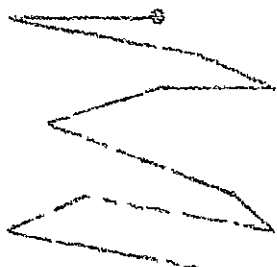
1.



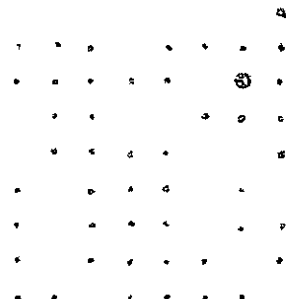
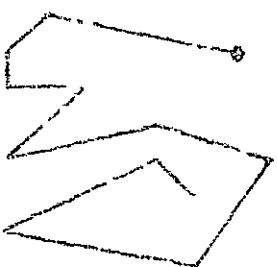
2.



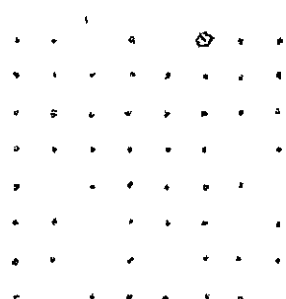
3.



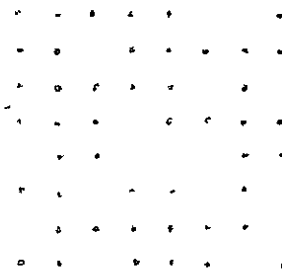
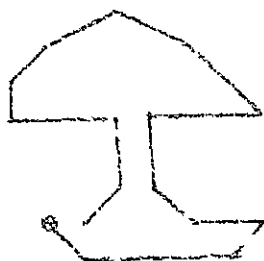
4.



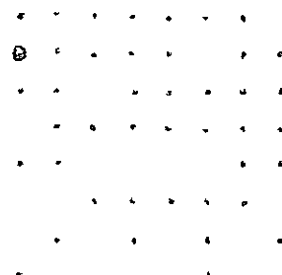
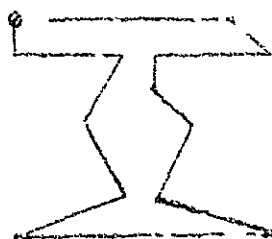
5.



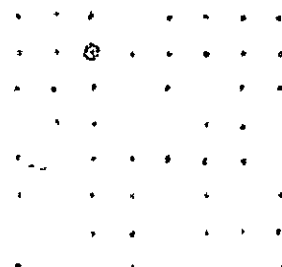
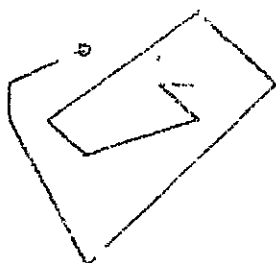
6.



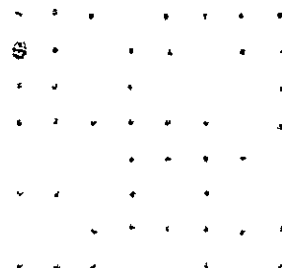
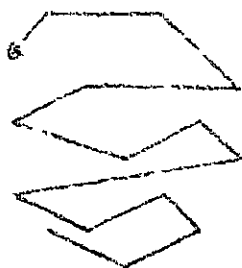
7.



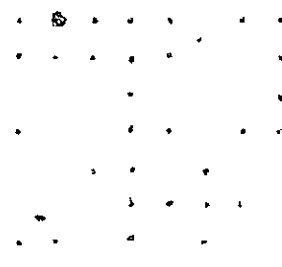
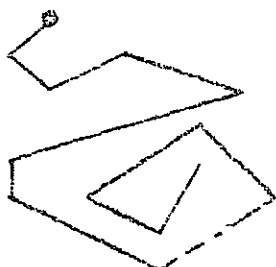
8.



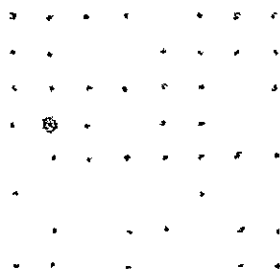
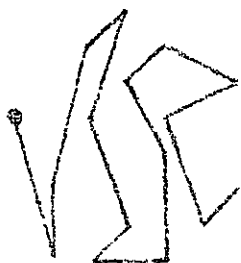
9.



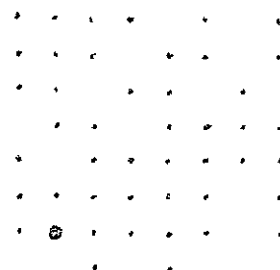
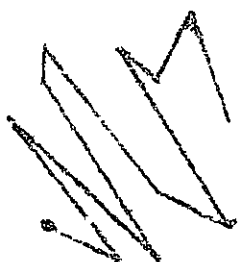
10.



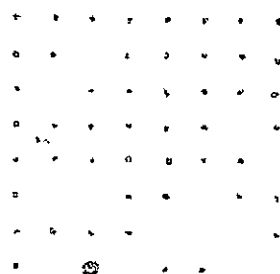
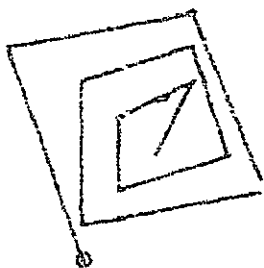
11c.



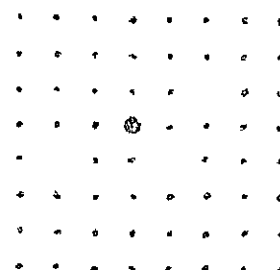
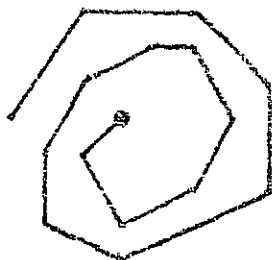
12.



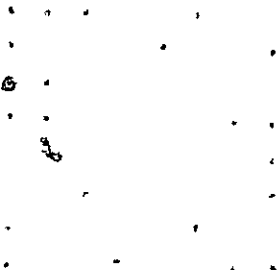
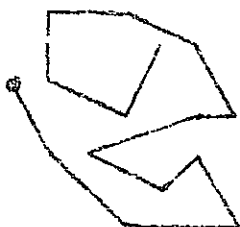
13.



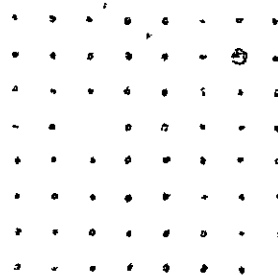
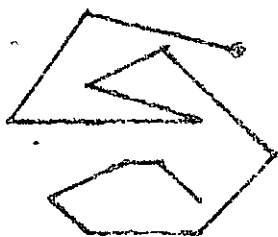
14.



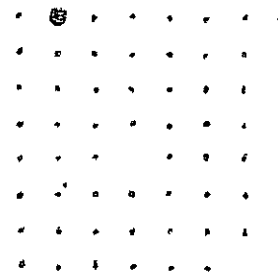
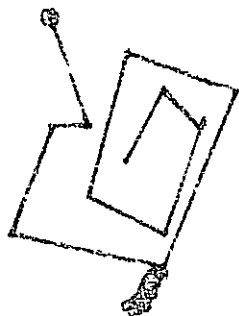
15.



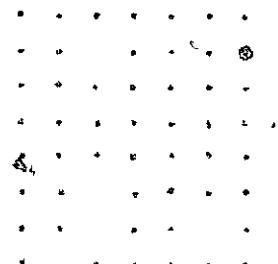
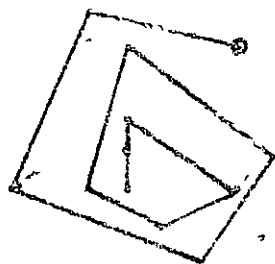
16.



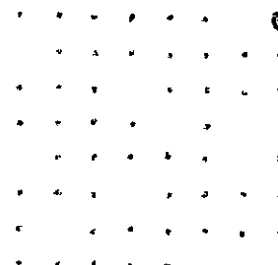
17.



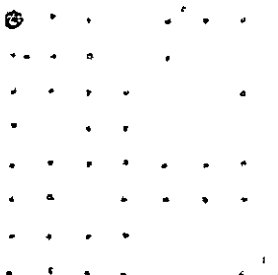
18.



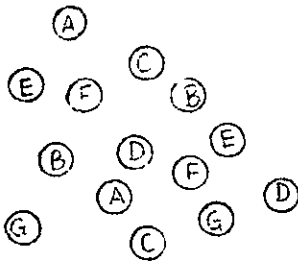
19.



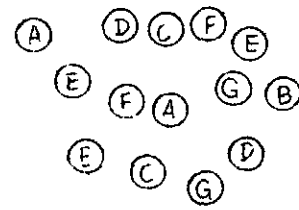
20.



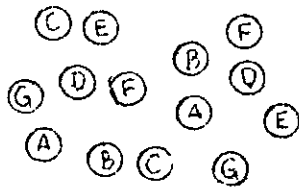
1.



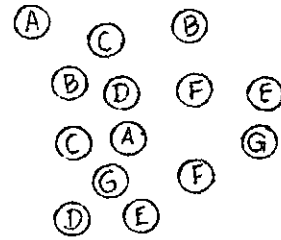
b



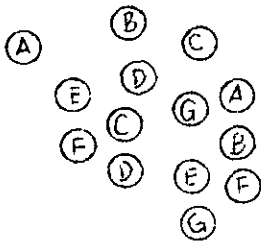
2.



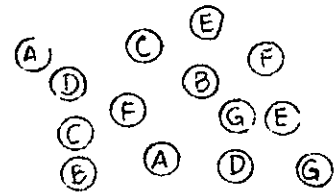
7



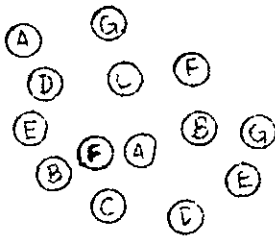
3



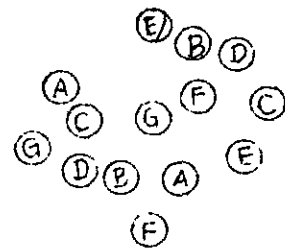
8



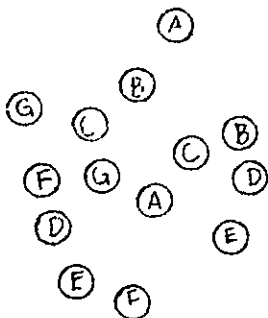
4



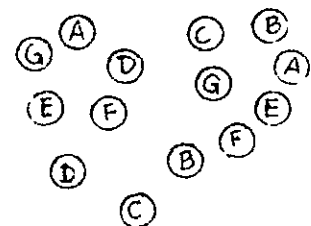
9.



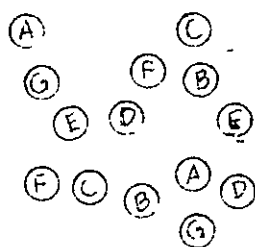
5.



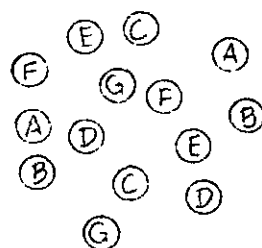
10



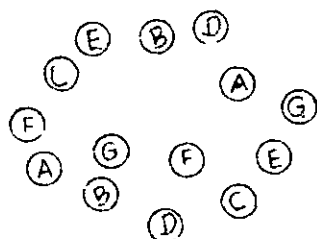
11.



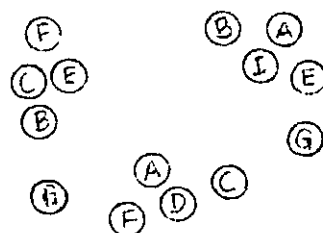
16.



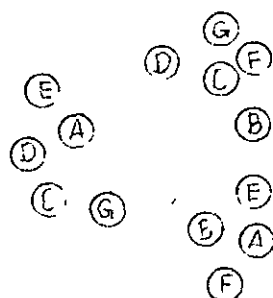
12.



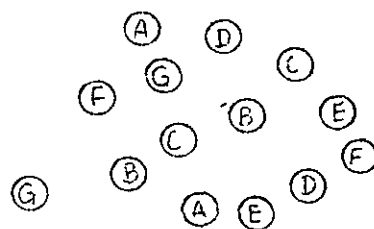
17.



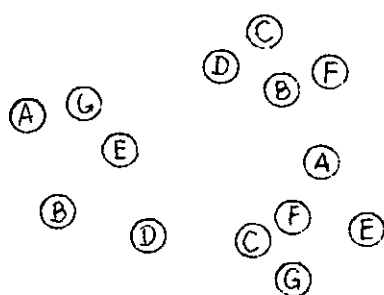
13.



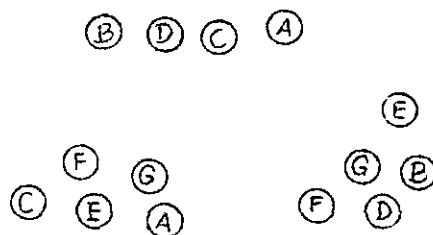
18.



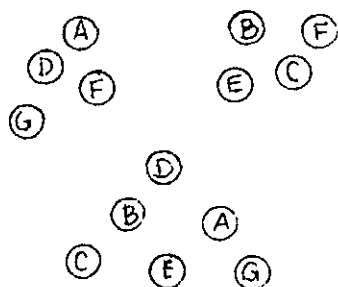
14.



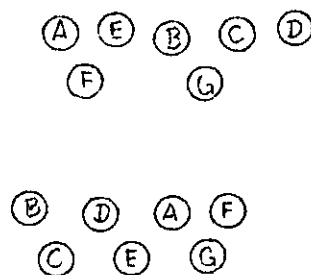
19.



15.



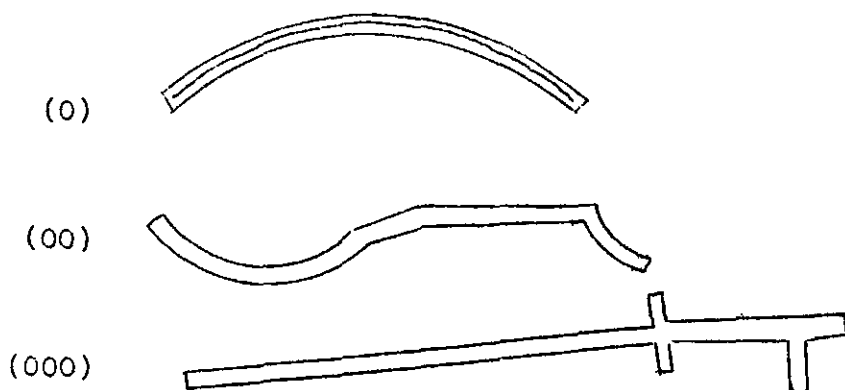
20.



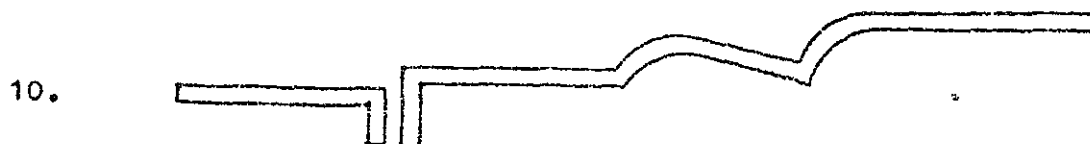
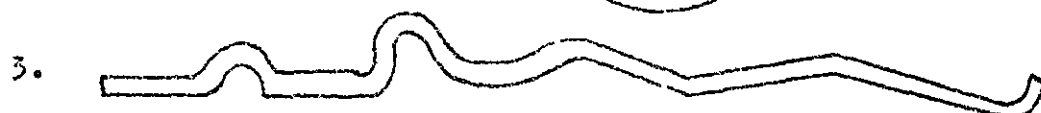
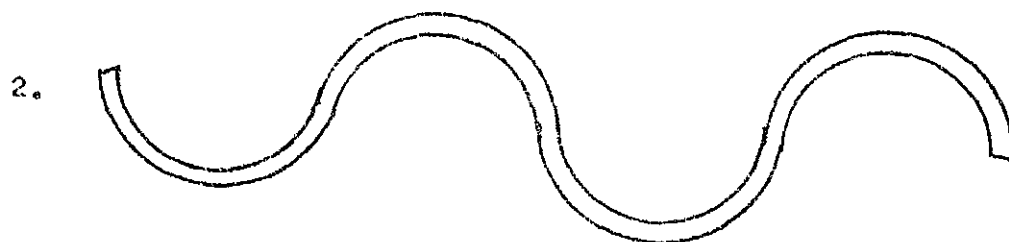
แบบทดสอบการควบคุมการเคลื่อนไหวของนิ้วมือ

1. แบบทดสอบนี้มี 20 ข้อ ให้เวลาทำ 5 นาที
2. แบบทดสอบนี้ใช้วัดความสามารถในการเคลื่อนไหวของนิ้วมือได้อย่างเที่ยงตรงและรวดเร็ว
3. วิธีสอบ ให้นักเรียนลากเส้นไปตามช่องที่กำหนดมาให้ โดยอย่าให้เส้นสัมผัสกับผนังหรือเส้นที่อยู่ข้างๆ ให้ทำลงในแบบทดสอบนี้เลย

ตัวอย่างคำถามและวิธีสอบ



- คำแนะนำ
1. อย่าให้เส้นที่ลากไปสัมผัสกับเส้นข้างๆ เป็นอันขาด มิฉะนั้นจะเสียคะแนน
 2. ถ้าทำข้อใดผิดพลาดแล้วให้รีบเลยไปทำข้ออื่นทันที อย่าเสียเวลาชุลบ
 3. ให้รีบทำให้เร็วที่สุดเพราะเป็นแบบทดสอบความเร็วและความเที่ยงตรงของมือ



11.



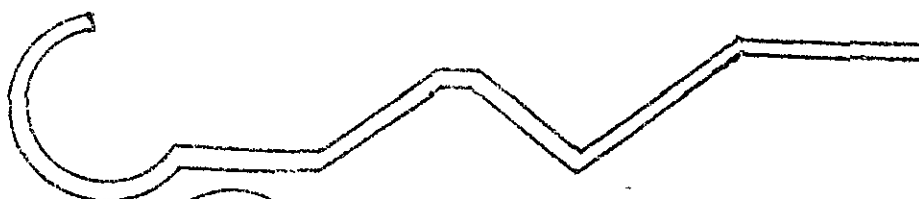
12.



13.



14.



15.



16.



17.



18.



19.



20.

