ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยบูรพา
Burapha University

ภาคผนวก ก

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจแบบทดสอบและคุณภาพบทเรียน
- หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย
- หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือเพื่อการวิจัย
- หนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจแบบทดสอบ และคุณภาพบทเรียน

นายนิรันดร์	วิทิตอนันต์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
นายสกุล	ศรีญาณลักษณ์	อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
นายจักรพันธ์	ถาวรธิรา	อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
นายมานพ	แจ่มกระจ่าง	อาจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
นางสาวนัญฑา	ผลิตวานนท์	อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ที่ ทม 2003/096

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

14 มกราคม 2546

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย
เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิรันดร์ วิทิตอนันตร์
สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนายอุทัศน์ พิทักษ์สายชล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสูญญากาศ ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร.ฉลอง ทับศรี ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัยได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือ เพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานเลขานุการบัณฑิตวิทยาลัย
โทรศัพท์ 0-3874-5855
โทรสาร 0-3839-3466

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ที่ ทม 2003/097

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

14 มกราคม 2546

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์สกุล ศรีญาณลักษณ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนายอุทัศน์ พิทักษ์สายชล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสูญญากาศ ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร.ฉลอง ทับศรี ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัยได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือ เพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานเลขานุการบัณฑิตวิทยาลัย
โทรศัพท์ 0-3874-5855
โทรสาร 0-3839-3466

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ที่ ทม 2003/098

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

14 มกราคม 2546

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์จักรพันธ์ ถาวรธิรา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนายอุทัศน์ พิทักษ์สายชล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสูญญากาศ ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร.ฉลอง ทับศรี ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัยได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือ เพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานเลขานุการบัณฑิตวิทยาลัย
โทรศัพท์ 0-3874-5855
โทรสาร 0-3839-3466

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ที่ ทม 2003/1060

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

17 เมษายน 2546

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน หัวหน้าห้องปฏิบัติการและวิจัยเทคโนโลยีสุญญากาศและฟิล์มบาง

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนายอุทัศน์ พิทักษ์สายชล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษา-มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร.ฉลอง ทับศรี ประธานกรรมการ มีความประสงค์ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจาก นิสิตคณะวิทยาศาสตร์ เอกฟิสิกส์ โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ 1 – 30 พฤษภาคม 2546

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานเลขานุการบัณฑิตวิทยาลัย
โทรศัพท์ 0-3874-5855
โทรสาร 0-3839-3466

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ที่ ทม 2003/1063

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

17 เมษายน 2546

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.นัญฑา ผลิตวานนท์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนายอุทัศน์ พิทักษ์สายชล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร.ฉลอง ทับศรี ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัยได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือ เพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานเลขานุการบัณฑิตวิทยาลัย
โทรศัพท์ 0-3874-5855
โทรสาร 0-3839-3466

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ที่ ทม 2003/1062

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

17 เมษายน 2546

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย
เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิรันดร์ วิทิตอนันต์
สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนายอุทัศน์ พิทักษ์สายชล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร.ฉลอง ทับศรี ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัยได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือ เพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานเลขานุการบัณฑิตวิทยาลัย
โทรศัพท์ 0-3874-5855
โทรสาร 0-3839-3466

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ที่ ทม 2003/1061

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

17 เมษายน 2546

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.มานพ แจ่มกระจ่าง

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนายอุทัศน์ พิทักษ์สายชล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร.ฉลอง ทับศรี ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัยได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือ เพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานเลขานุการบัณฑิตวิทยาลัย
โทรศัพท์ 0-3874-5855
โทรสาร 0-3839-3466

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สำเนา

ที่ ทม 2003/ 1588

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

8 มิถุนายน 2546

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย
เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนายอุทัศน์ พิทักษ์สายชล นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษา-มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ ในความควบคุมดูแลของ รศ.ดร.ฉลอง ทับศรี ประธานกรรมการ มีความประสงค์จะขอความอนุเคราะห์จากท่าน เพื่ออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจาก นิสิตคณะวิทยาศาสตร์ชั้นปีที่ 3 และชั้นปีที่ 4 จำนวน 30 คน โดยวิธีการรับสมัครผู้สนใจเข้าร่วมโครงการและคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คน โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ 5 - 30 มิถุนายน 2546 (ติดต่อผู้วิจัยโทร. 0-9543-9925)

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ประทุม ม่วงมี)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานเลขานุการบัณฑิตวิทยาลัย
โทรศัพท์ 0-3874-5855
โทรสาร 0-3839-3466

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก ข

- แบบประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา
- แบบกำหนดเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัดที่เหมาะสมต่อการผ่านการทดสอบ
- แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรม
- แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เรียน
- ตารางผลการพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ตารางแสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ตารางกำหนดคะแนนเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัดที่เหมาะสมต่อการผ่านการทดสอบ
- การคำนวณหาค่าสัดส่วนประสิทธิภาพกับกลุ่มประชากร

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แบบประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือการวิจัย
โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

ชื่อเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ

ชื่อผู้วิจัย นายอุทัศน์ พิทักษ์สายชล

วิชาเอก เทคโนโลยีทางการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

คำชี้แจง

1. แบบประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของเครื่องมือวิจัยฉบับนี้ต้องการให้ท่านช่วยตัดสินคุณภาพเครื่องมือการวิจัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบ่งเป็น 3 ส่วน

ส่วนที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบสุญญากาศ

ส่วนที่ 2 องค์ประกอบของระบบสุญญากาศ

ส่วนที่ 3 การสร้างภาวะสุญญากาศ

2. ในฐานะที่ท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในด้านระบบสุญญากาศและมีประสบการณ์ในการวิจัยหรือสร้างเครื่องมือการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ ระบบสุญญากาศ ผู้วิจัยใคร่ขอความกรุณาจากท่าน ช่วยอ่านข้อคำถามที่เป็นแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศที่อยู่ในช่องด้านซ้ายมือ และตัดสินใจว่าข้อคำถามหรือข้อความนั้นเกี่ยวข้องกับเรื่องที่วิจัยหรือไม่, มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของบทเรียนหรือไม่, ข้อความมีความชัดเจนหรือไม่ และภาษามีความเหมาะสมหรือไม่ โดยให้ท่านแสดงความคิดเห็นในช่องความเห็นผู้ทรงคุณวุฒิด้านซ้ายมือ โดยกาเครื่องหมาย / ในช่องความคิดเห็นดังนี้

+ 1	เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อนั้น
0	เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อนั้น
- 1	เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบไม่วัดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อนั้น

ถ้ามีข้อเสนอแนะใด ๆ เพิ่มเติม ได้โปรดเขียนข้อเสนอแนะทุกข้อ ไว้ท้ายแบบทดสอบที่ผู้วิจัยจัดเตรียมไว้ จักเป็นพระคุณยิ่ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ

ชุดวิชา เทคโนโลยีสุญญากาศ

ส่วนที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบสุญญากาศ

ข้อคำถาม	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
1. แก๊สในสุญญากาศหมายถึง ก. แก๊สที่เกิดการกลั่นตัว ข. ไอบางชนิด เช่น ไนโตรเจน, ออกซิเจน ค. แก๊สที่ไม่กลั่นตัวและไอบางชนิด ง. แก๊สที่ไม่กลั่นตัวและไอทุกชนิด			
2. โมเลกุลแก๊สในภาชนะปิดตามทฤษฎีจลน์ของแก๊สจะมีอัตราเร็วเป็นอย่างไร ก. ทุกโมเลกุลมีความเร็วเท่ากัน ข. ทุกโมเลกุลมีความเร็วไม่เท่ากัน ค. มีบางโมเลกุลเท่ากัน บางโมเลกุลไม่เท่ากัน ง. ผิดทุกข้อ			
3. ในกรณีแก๊สอุดมคติ อัตราเร็วเฉลี่ย ของโมเลุลแก๊สจะขึ้นกับค่าใด ก. อุณหภูมิของแก๊ส ข. ขนาดของโมเลกุลแก๊ส ค. ขนาดของภาชนะที่บรรจุแก๊ส ง. ชนิดของโมเลกุลแก๊ส			
4. การชนกันของโมเลกุลเล็ก ๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของแก๊สหรือชนกับผนังของภาชนะแล้วสะท้อนกลับไปมา ทำให้เกิดสิ่งใดขึ้น ก. เกิดการขยายตัวของโมเลกุลภายในภาชนะ ข. เกิดการหดตัวของโมเลกุลภายในภาชนะ ค. เกิดเสียงดังขึ้นในภาชนะ ง. เกิดความดันขึ้นภายในภาชนะ			
5. ถ้าความดันของแก๊สในภาชนะปิดต่ำพอ โมเลกุลของแก๊สก็จะสามารถเคลื่อนที่จากผนังด้านหนึ่งของภาชนะไปยังอีกด้านหนึ่งได้โดยไม่มีการชนกับโมเลกุลอื่น เรียกความดันในสภาวะนี้ว่า ก. ช่วงความดันของโมเลกุลปกติ ข. ช่วงความดันของโมเลกุลอิสระ ค. ช่วงความดันของโมเลกุลปลอดการชน ง. ช่วงความดันของโมเลกุลหนืด			
6. ถ้าหากต้องการให้ความดันในภาชนะปิด ลดลงสามารถทำได้ด้วยวิธีในข้อใด ก. ลดปริมาตรของภาชนะปิด ข. ลดอุณหภูมิของแก๊สในภาชนะปิด ค. ถูกทั้งสองข้อ ง. ผิดทั้งสองข้อ			

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข้อคำถาม	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
7. ข้อใดเป็นไปตามกฎของบอยล์ (Boyle's Law) ก. เมื่ออุณหภูมิแก๊สเพิ่ม ความดันแก๊สจะเพิ่ม ข. เมื่ออุณหภูมิแก๊สเพิ่ม ปริมาตรแก๊สจะลด ค. เมื่อปริมาตรแก๊สเพิ่ม ความดันแก๊สจะลด ง. เมื่อปริมาตรแก๊สลด ความดันแก๊สจะลด			
8. ข้อใดเป็นไปตามกฎของชาร์ล (Charle's Law) ก. เมื่ออุณหภูมิแก๊สเพิ่ม ปริมาตรแก๊สจะเพิ่ม ข. เมื่ออุณหภูมิแก๊สเพิ่ม ปริมาตรแก๊สจะลดลง ค. เมื่อความดันแก๊สเพิ่ม ปริมาตรแก๊สจะลดลง ง. เมื่อความดันแก๊สลด ปริมาตรแก๊สจะลดลง			
9. low vacuum คือความดันภายในภาชนะปิดช่วงใด ก. 10^{-3} - 10^{-6} mbar ข. 25 - 10^{-3} mbar ค. 10^{-6} - 10^{-9} mbar ง. 760 – 25 mbar			
10. high vacuum คือความดันภายในภาชนะปิดช่วงใด ก. 10^{-3} - 10^{-6} mbar ข. 25 - 10^{-3} mbar ค. 10^{-6} - 10^{-9} mbar ง. 0 – 25 mbar			
11. very high vacuum คือความดันภายในภาชนะปิดช่วงใด ก. 10^{-3} - 10^{-6} mbar ข. 25 - 10^{-3} mbar ค. 10^{-6} - 10^{-9} mbar ง. 0 – 25 mbar			
12. ความดัน 1 บรรยากาศ หรือ 10^5 N/m^2 มีค่าเท่ากับ ก. 500 mm Hg ข. 760 mm Hg ค. 1,000 mm Hg ง. 1,200 mm Hg			
13. ถ้าภาชนะ A มีระยะปลอดการชนเฉลี่ยมากกว่า ภาชนะ B หมายความว่าอย่างไร ก. ภาชนะ A มีความดัน มากกว่าภาชนะ B ข. ภาชนะ B มีความดัน มากกว่าภาชนะ A ค. ภาชนะ A มีความดัน เท่ากับ ภาชนะ B ง. ผิดทุกข้อ			

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข้อคำถาม	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
14. เมื่อนำวัสดุมาใช้เป็นส่วนประกอบของระบบสุญญากาศ เมื่อสูบแก๊สออกจากระบบทำให้ความดันภายในระบบลดลง แก๊สที่ซึมซับอยู่ในเนื้อหรือตามผิวของวัสดุจะเริ่มหลุดออก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ก. diffusion ข. outgassing ค. permeation ง. degassing			
15. แก๊สที่เกิดจากการคายแก๊ส ทำให้ความดันในภาชนะสุญญากาศลดลงถึงความดันสุดท้ายช้าลง วิธีแก้ปัญหานี้ที่ดีที่สุดคือวิธีใด ก. อบภาชนะในขณะสูบแก๊สออก ข. สูบให้นานขึ้น ค. เพิ่มอัตราการสูบของเครื่องสูบ ง. เพิ่มจำนวนเครื่องสูบ			
16. การแพร่ผ่านของแก๊สจากผิวด้านนอกเข้าสู่ด้านในของภาชนะ เรียกว่า ก. diffusion ข. outgassing ค. permeation ง. degassing			

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ

ชุดวิชา เทคโนโลยีสุญญากาศ

ส่วนที่ 2 ส่วนประกอบของระบบสุญญากาศ

ข้อที่	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
1. ชิ้นส่วนในข้อใดไม่จำเป็นต้องมีในระบบสุญญากาศพื้นฐาน ก. ที่ดักไอน้ำมัน ข. ภาชนะสุญญากาศ ค. เครื่องสูบสุญญากาศ ง. มาตรวัดความดัน			
2. เครื่องสูบสุญญากาศในข้อใด เพียงพอสำหรับระบบสุญญากาศที่ต้องการความดันในภาชนะสุญญากาศในช่วง 10^{-3}-10^{-1} mbar ก. เครื่องสูบกลโรตารี ข. เครื่องสูบรูท ค. เครื่องแพร่ไอ ง. เครื่องสูบซึมซับ			
3. หากต้องการความดันในภาชนะสุญญากาศของระบบอยู่ในช่วง 10^{-7}-10^{-5} mbar ต้องใช้เครื่องสูบชนิดใด ก. เครื่องสูบกลโรตารี ข. เครื่องสูบรูท ค. เครื่องแพร่ไอ ง. เครื่องสูบซึมซับ			
4. เครื่องสูบกลโรตารีเป็นเครื่องสูบที่อาศัยหลักการทำงานเชิงกล ที่สามารถลดความดันได้ในระดับใด ก. จากบรรยากาศ จนถึงความดัน 10^{-3} mbar ข. จากบรรยากาศ จนถึงความดัน 10^{-6} mbar ค. จากบรรยากาศ จนถึงความดัน 10^{-9} mbar ง. จากบรรยากาศ จนถึงความดัน 10^{-12} mbar			
5. เครื่องสูบท้าย หรือ backing pump คือเครื่องสูบใด ก. เครื่องสูบแบบแพร่ไอ ข. เครื่องสูบกลโรตารี ค. เครื่องสูบอุคแอนด์คลอว์ ง. เครื่องสูบซึมซับ			
6. เครื่องสูบแบบแพร่ไอ หรือ diffusion pump จะสามารถทำความดันได้ในช่วงใด ก. 10^{3}-10^{-3} mbar ข. 10^{-2}-10^{-7} mbar ค. 10^{-6}-10^{-9} mbar ง. 10^{-9}-10^{-12} mbar			

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข้อที่	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
7. เครื่องสูบที่สามารถทำงานได้ตั้งแต่ความดันบรรยากาศได้ คือ ข้อใด ก. เครื่องสูบกลโรตารี และ เครื่องสูบแบบแพร่ไอ ข. เครื่องสูบกลโรตารี และ เครื่องสูบซึมซับ ค. เครื่องสูบกลโรตารี และ เครื่องสูบรูท ง. เครื่องสูบแบบแพร่ไอ และ เครื่องสูบรูท			
8. เครื่องสูบที่เริ่มทำงานที่ความดันต่ำกว่าความดันของบรรยากาศ คือ ข้อ ใด ก. เครื่องสูบกลโรตารี และ เครื่องสูบแบบแพร่ไอ ข. เครื่องสูบกลโรตารี และ เครื่องสูบซึมซับ ค. เครื่องสูบกลโรตารี และ เครื่องสูบรูท ง. เครื่องสูบแบบแพร่ไอ และ เครื่องสูบรูท			
9. มาตรวัดความดันแบบพิรานี (Pirani gauge) ใช้วัดความดันในระดับใด ก. ความดันบรรยากาศ ข. ความดันต่ำ ค. ความดันสูง ง. ความดันสูงมาก			
10. เราสามารถวัดความดันระดับต่ำจนถึงระดับ 10^{-3} mbar ได้ด้วยเครื่องมือวัดแบบใด ก. แบบบัวดอง (Bourdon gauge) ข. แบบแม็คคลาวด์ (McLeod gauge) ค. แบบเพนนิง (Penning gauge) ง. แบบพิรานี (Pirani gauge)			
11. เราสามารถวัดความดันระดับ 10^{-3} ถึง 10^{-6} mbar ได้ด้วยเครื่องมือวัดแบบใด ก. แบบบัวดอง (Bourdon gauge) ข. แบบแม็คคลาวด์ (McLeod gauge) ค. แบบเพนนิง (Penning gauge) ง. แบบพิรานี (Pirani gauge)			
12. มาตรวัดความดันที่อาศัยหลักการพาความร้อนของแก๊ส คือมาตรวัดความดันแบบใด ก. แบบบัวดอง (Bourdon gauge) ข. แบบแม็คคลาวด์ (McLeod gauge) ค. แบบเพนนิง (Penning gauge) ง. แบบพิรานี (Pirani gauge)			
13. เครื่องสูบหยาบ (roughing pump) คือ ก. เครื่องสูบแบบแพร่ไอ ข. เครื่องสูบกลโรตารี ค. เครื่องสูบที่สูบความดันในช่วง 10^{-7}-10^{-5} mbar ง. เครื่องสูบที่สูบความดันในช่วง 10^{-12}-10^{-9} mbar			

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข้อที่	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
14. เมื่อสูบอากาศออกจากภาชนะ ความดันของแก๊สในภาชนะจะลดลงจนถึงระดับหนึ่ง ซึ่งจะไม่ลดลงต่อไปอีก เนื่องด้วยสาเหตุใด ก. มีแก๊สส่วนหนึ่งย้อนกลับจากเครื่องสูบ ข. มีแก๊สส่วนหนึ่งคายออกมาจากผนัง ค. มีแก๊สส่วนหนึ่งที่เกิดจากการรั่วไหล ง. ถูกทุกข้อ			
15. การรั่ว (leak) ในระบบสุญญากาศหมายถึง ก. ความดันในระบบสุญญากาศต่ำเกินไป ข. ความดันในระบบสุญญากาศสูงเกินไป ค. เกิดการรั่วขึ้นในระบบสุญญากาศ ง. ถูกทุกข้อ			
16. เครื่องสูบใดที่จำเป็นต้องมีการต้มน้ำมันด้วยขดลวดไฟฟ้าจนเดือดภายในเครื่องสูบก่อนการใช้งาน ก. เครื่องสูบแบบแพร่ไอ ข. เครื่องสูบกลโรตารี ค. เครื่องสูบรูท ง. เครื่องสูบ			

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ

ชุดวิชา เทคโนโลยีสุญญากาศ

ส่วนที่ 3 การสร้างภาวะสุญญากาศ

ข้อที่	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
1. ระบบสุญญากาศพื้นฐานจะประกอบด้วย ก. ภาชนะสุญญากาศ เครื่องสูบสุญญากาศ ข. วาล์ว มาตรวัดความดัน ท่อและวาล์ว ค. เฉพาะ ข้อ ก หรือ ข้อ ข ก็ได้ ง. ถูกทั้ง ข้อ ก หรือ ข้อ ข			
2. เงื่อนไขเริ่มต้นของระบบสุญญากาศ ก่อนสร้างภาวะสุญญากาศจะต้องเป็นไปตามข้อใด ก. วาล์วทุกตัวอยู่ในสถานะปิด มาตรวัดความดันอยู่ในสถานะปิด ระบบทั้งหมดอยู่ที่ความดันบรรยากาศ ข. วาล์วทุกตัวอยู่ในสถานะเปิด มาตรวัดความดันอยู่ในสถานะปิด ระบบทั้งหมดอยู่ที่ความดันบรรยากาศ ค. วาล์วทุกตัวอยู่ในสถานะปิด มาตรวัดความดันอยู่ในสถานะปิด ระบบทั้งหมดอยู่สูงกว่าความดันบรรยากาศ ง. วาล์วทุกตัวอยู่ในสถานะปิด มาตรวัดความดันอยู่ในสถานะเปิด ระบบทั้งหมดอยู่ที่ความดันบรรยากาศ			
3. ในการสร้างภาวะสุญญากาศนั้นสามารถข้ามขั้นตอนได้หรือไม่เพราะอะไร ก. ได้ เพราะแต่ละขั้นตอนเป็นอิสระจากกัน ข. ได้ เพราะระบบออกแบบให้สามารถทำได้ ค. ไม่ได้ เพราะจะทำให้ระบบเสียหาย ง. ไม่ได้ เพราะจะทำให้จำไม่ได้ว่าทำอะไรไปแล้ว			
4. สิ่งแรกที่ต้องทำก่อนเปิดการทำงานของระบบสุญญากาศคือข้อใด ก. ต้มน้ำมันเครื่องสูบแบบแพร่ไอแล้วจึงเปิดวาล์วท้าย ข. สูบอากาศในภาชนะสุญญากาศด้วยเครื่องสูบแบบแพร่ไอก่อนจึงเปิดเครื่องสูบกลโรตารี ค. สูบอากาศในภาชนะสุญญากาศด้วยเครื่องสูบกลโรตารีก่อนจึงเปิดเครื่องสูบแบบแพร่ไอ ง. ตรวจสอบสถานะของวาล์วทุกตัวว่าอยู่ในสถานะปิดหรือไม่			

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข้อที่	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
5. ในการสร้างภาวะสุญญากาศขั้นต้นเป็นการลดความดันภายในภาชนะสุญญากาศจากค่าใดถึงค่าใด ก. จากบรรยากาศ จนถึงความดัน 10^{0} mbar ข. จากบรรยากาศ จนถึงความดัน 10^{-1} mbar ค. จากบรรยากาศ จนถึงความดัน 10^{-2} mbar ง. จากบรรยากาศ จนถึงความดัน 10^{-3} mbar			
6. เครื่องสูบที่ใช้ในการสร้างภาวะสุญญากาศขั้นต้นคือเครื่องสูบในข้อใด ก. เครื่องสูบแบบแพร่ไอ ข. เครื่องสูบกลโรตารี ค. เครื่องสูบฮุคแอนด์คลอว์ ง. เครื่องสูบชีมซับ			
7. สถานะของวาล์วท้ายและวาล์วหยาบในการสร้างภาวะสุญญากาศขั้นต้น ในข้อใดถูกต้อง ก. วาล์วท้าย : ปิด ส่วน วาล์หยาบ : เปิด ข. วาล์วท้าย : เปิด ส่วน วาล์หยาบ : เปิด ค. วาล์วท้าย : ปิด ส่วน วาล์หยาบ : ปิด ง. วาล์วท้าย : เปิด ส่วน วาล์หยาบ : ปิด			
8. สถานะของวาล์วท้ายและวาล์วหยาบเมื่อสร้างภาวะสุญญากาศขั้นต้น ในภาชนะสุญญากาศได้แล้วคือข้อใด ก. วาล์วท้าย : ปิด ส่วน วาล์หยาบ : เปิด ข. วาล์วท้าย : เปิด ส่วน วาล์หยาบ : เปิด ค. วาล์วท้าย : ปิด ส่วน วาล์หยาบ : ปิด ง. วาล์วท้าย : เปิด ส่วน วาล์หยาบ : ปิด			
9. สถานะของวาล์วท้ายและวาล์วหยาบเมื่อต้องการสร้างภาวะสุญญากาศสูงภายในภาชนะสุญญากาศคือข้อใด ก. วาล์วท้าย : ปิด ส่วน วาล์หยาบ : เปิด ข. วาล์วท้าย : เปิด ส่วน วาล์หยาบ : เปิด ค. วาล์วท้าย : ปิด ส่วน วาล์หยาบ : ปิด ง. วาล์วท้าย : เปิด ส่วน วาล์หยาบ : ปิด			

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ข้อที่	ความคิดเห็น		
	+1	0	-1
10. เมื่อเปิดวาล์วสุญญากาศสูง จะทำให้ความดันภายในภาชนะสุญญากาศลดต่ำลงเรื่อยๆ จนได้ความดันที่ต้องการ ความดันค่านี้เรียกว่าความดันอะไร ก. ความดันพื้น (background pressure) ข. ความดันท้าย (backing pressure) ค. ความดันต่ำสุด (base pressure) ง. ความดันสุดท้าย (ultimate pressure)			
11. วาล์วคู่ใดที่สามารถอยู่ในสถานะเปิดพร้อมกันได้ ก. วาล์วท้าย และวาล์วหยาบ ข. วาล์วท้าย และวาล์วปล่อย ค. วาล์วท้าย และ วาล์สุญญากาศสูง ง. วาล์วสุญญากาศสูง และ วาล์หยาบ			
12. วาล์วที่ทำหน้าที่ช่วยในการเปิดภาชนะสุญญากาศคือวาล์วใด ก. วาล์วท้าย ข. วาล์วปล่อย ค. วาล์สุญญากาศสูง ง. วาล์หยาบ			
13. อุปกรณ์ใดในระบบสุญญากาศที่ต้องเปิดเป็นลำดับแรก และ ต้องปิดเป็นลำดับสุดท้าย ก. มาตรวัดความดัน ข. เครื่องสูบกลโรตารี ค. เครื่องสูบแบบแพร่ไอ ง. ผิดทุกข้อ			
14. สิ่งแรกที่ต้องทำในการปิดการสร้างภาวะสุญญากาศคือข้อใด ก. ปิดเครื่องสูบกลโรตารี ข. ปิดมาตรวัดความดัน ค. ปิดเครื่องสูบแบบแพร่ไอ ง. ปิดวาล์วทุกตัว			
15. ขณะที่ปิดการทำงานของเครื่องสูบแบบแพร่ไอ ห้ามปิดการทำงานของอุปกรณ์ใด ก. มาตรวัดความดัน ข. เครื่องสูบกลโรตารี ค. วาล์วทุกตัว ง. ไม่มีข้อถูก			

ข้อเสนอแนะ .....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
ต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ

ชื่อเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ
ชื่อผู้วิจัย นายอุทัศน์ พิทักษ์สายชล
วิชาเอก เทคโนโลยีทางการศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

คำชี้แจง

1. แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศฉบับนี้ต้องการให้ท่านช่วยประเมินคุณภาพและตรวจโปรแกรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบ่งส่วนหลักออกเป็น 4 ส่วน

ส่วนที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบสุญญากาศ
ส่วนที่ 2 องค์ประกอบของระบบสุญญากาศ
ส่วนที่ 3 การสร้างภาวะสุญญากาศ
ส่วนที่ 4 การฝึกการสร้างภาวะสุญญากาศ

2. ในฐานะที่ท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในด้านคอมพิวเตอร์ช่วยสอนและมีความเชี่ยวชาญในด้านเนื้อหาของระบบสุญญากาศประกอบกับมีประสบการณ์ในการวิจัยหรือสร้างเครื่องมือการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์ช่วยสอน ผู้วิจัยใคร่ขอความกรุณาจากท่าน ช่วยประเมินคุณภาพและตรวจโปรแกรมจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศที่อยู่ในรูปแบบของ CD-ROM โดยตรวจสอบบทเรียนใน 4 ด้านคือ ด้านเนื้อหา ด้านคุณภาพการสอน ด้านเทคนิคของโปรแกรม และด้านการออกแบบ แบบประเมินเป็นแบบ 2 ตัวเลือก โดยให้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นว่าใช้ได้หรือควรปรับปรุง และมีช่องว่างสำหรับให้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นเพิ่มเติมว่าต้องปรับปรุงอย่างไรในกรณีที่ลงความเห็นว่าควรปรับปรุง และสรุปผลการประเมินด้วยการประเมินค่า 5 ระดับ พร้อมแจ้งจุดเด่นของโปรแกรม จุดอ่อนของโปรแกรม รวมถึงข้อเสนอแนะ จักเป็นพระคุณยิ่ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
ต่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ

ชื่อเรื่อง การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ
ใช้กับคอมพิวเตอร์ Pantium II 333 MHz หรือสูงกว่าและประกอบด้วยการ์ดเสียงและลำโพง
ใช้ประกอบการฝึกอบรม ระบบสุญญากาศ

ลักษณะที่ต้องการประเมิน ด้านเนื้อหา	ใช้ได้	ควรปรับปรุง	สิ่งที่ควรปรับปรุง
1. ความถูกต้องของเนื้อหา			
2. ความชัดเจนของการเสนอเนื้อหา			
3. การลำดับขั้นการเสนอเนื้อหาต่อความเข้าใจ			
4. คุณค่าเนื้อหาต่อการเรียนรู้			
ลักษณะที่ต้องการประเมิน ด้านคุณภาพการสอน	**ใช้ได้**	**ควรปรับปรุง**	**สิ่งที่ควรปรับปรุง**
5. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียนได้กำหนดไว้ชัดเจน			
6. บทเรียนสามารถให้ผลตามจุดประสงค์ที่วางไว้			
7. ความยากง่ายของเนื้อหาที่มีความเหมาะสมกับผู้ใช้ ตามเป้าหมาย			
9. มีการทบทวนถึงเนื้อหาเดิมที่เรียนผ่านไปแล้ว			
10. ผู้เรียนสามารถควบคุมการเลือกเนื้อหาได้ตามต้องการ			
11. บทเรียนเร้าความสนใจดี			
12. มีการทดสอบการเรียนของผู้เรียน			
13. แบบทดสอบการเรียนรู้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้			
ลักษณะที่ต้องการประเมิน ด้านเทคนิคของโปรแกรม	**ใช้ได้**	**ควรปรับปรุง**	**สิ่งที่ควรปรับปรุง**

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

14. มีคู่มือแนะนำชัดเจน			
15. บทเรียนสามารถใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ได้อย่างเหมาะสม			
16. ผู้เรียนสามารถควบคุมบทเรียนได้ด้วยตนเอง			
17. สามารถกลับเมนูหลักได้ตลอดเวลา			
18. ออกจากโปรแกรมได้ในขณะที่เรียน			
ลักษณะที่ต้องการประเมิน ด้านการออกแบบ	**ใช้ได้**	**ควรปรับปรุง**	**สิ่งที่ควรปรับปรุง**
19. ความเหมาะสมในการใช้ภาพประกอบ			
20. ความเหมาะสมในการใช้เสียงประกอบ			
21. ภาษาที่ใช้เหมาะสมกับระดับการคิดของผู้ใช้			
22. การจัดตำแหน่งข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอเหมาะสม			
23. ข้อมูลที่แสดงสามารถอ่านได้ง่ายชัดเจน			

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สรุปผลการประเมิน

ลักษณะที่ต้องการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
	มากที่สุด	มาก	ปาน กลาง	น้อย	น้อยที่สุด
1. ด้านเนื้อหาของบทเรียน					
2. ด้านคุณภาพการสอน					
3. ด้านการเทคนิคของโปรแกรม					
4. ด้านการการออกแบบ					

จุดเด่นของโปรแกรม .....

.....

.....

.....

จุดเด่นของโปรแกรม .....

.....

.....

.....

จุดเด่นของโปรแกรม .....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

( )

ตำแหน่ง

.....

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

วัน เดือน พ.ศ.

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ

ชุดวิชา เทคโนโลยีสุญญากาศ **เวลา** 30 **นาที**

หน่วยที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบสุญญากาศ

คำสั่ง : จงเลือกตอบข้อที่ถูกที่สุดเพียง 1 ข้อ

1. ข้อใดให้แนวคิดเกี่ยวกับ ภาวะสุญญากาศ ภายในภาชนะปิด ได้ถูกต้อง
   ก. เมื่อความดันภายในภาชนะสูงกว่าความดันบรรยากาศ
   ข. เมื่อความดันภายในภาชนะปิดเท่ากับความดันบรรยากาศ
   ค. เมื่อความดันภายในภาชนะปิดต่ำกว่าความดันบรรยากาศ
   ง. ถูกทุกข้อ
2. สสารที่มีผลสำคัญต่อการสร้างภาวะสุญญาศในภาชนะปิดคือข้อใด
   ก. ของแข็ง ข. ของเหลว
   ค. ของไหล ง. แก๊ส
3. ปกติอากาศในบรรยากาศจะประกอบด้วยแก๊สต่างๆ หลายชนิด ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับส่วนประกอบของแก๊ส
   ก. แก๊สไนโตรเจน ประมาณ 21% แก๊สออกซิเจน 78% และแก๊สอื่นๆ รวมกันประมาณ 1%
   ข. แก๊สไนโตรเจน ประมาณ 78% แก๊สออกซิเจน 21% และแก๊สอื่นๆ รวมกันประมาณ 1%
   ค. แก๊สไนโตรเจน ประมาณ 87% แก๊สออกซิเจน 12% และแก๊สอื่นๆ รวมกันประมาณ 1%
   ง. แก๊สไนโตรเจน ประมาณ 45% แก๊สออกซิเจน 45% และแก๊สอื่นๆ รวมกันประมาณ 10%
4. แก๊สในสุญญากาศหมายถึง
   ก. แก๊สที่เกิดการกลั่นตัว ข. ไอบางชนิด เช่น ไนโตรเจน, ออกซิเจน
   ค. แก๊สที่ไม่กลั่นตัวและไอบางชนิด ง. แก๊สที่ไม่กลั่นตัวและไอทุกชนิด
5. ในกรณีแก๊สอุดมคติ อัตราเร็วเฉลี่ย ของโมเลุลแก๊สจะขึ้นกับค่าใด
   ก. อุณหภูมิของแก๊ส ข. ขนาดของโมเลกุลแก๊ส
   ค. ขนาดของภาชนะที่บรรจุแก๊ส ง. ชนิดของโมเลกุลแก๊ส

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

6. การเคลื่อนที่แบบบราวเนียนท์ คือ

ก. การเคลื่อนที่ที่บอกทิศทางได้ ข. การเคลื่อนที่ที่ไม่สามารถบอกทิศทางได้

ค. การเคลื่อนที่ในที่ว่าง ง. การเคลื่อนที่แบบไร้แรงต้าน

7. แก๊สอุดมคติ ในทฤษฎีจลน์แก๊สมีลักษณะเป็นอย่างไร

ก. เป็นโมเลกุลที่มีลักษณะกลมๆ เล็กๆ อยู่รวมกันเป็นกลุ่มเต็มภาชนะที่บรรจุ แก๊สแต่ละโมเลกุลไม่มีแรงกระทำต่อกัน มีการเคลื่อนที่แบบไร้ทิศทาง

ข. เป็นโมเลกุลที่มีลักษณะกลมๆ เล็กๆ อยู่กันอย่างกระจัดกระจายเต็มภาชนะที่บรรจุ แก๊สแต่ละโมเลกุลมีแรงดึงดูดอ่อนๆ กระทำต่อกัน มีการเคลื่อนที่แบบไร้ทิศทาง

ค. เป็นโมเลกุลที่มีลักษณะกลมๆ เล็กๆ อยู่กันอย่างกระจัดกระจายเต็มภาชนะที่บรรจุ แก๊สแต่ละโมเลกุลไม่มีแรงกระทำต่อกัน มีการเคลื่อนที่แบบไร้ทิศทาง

ง. เป็นโมเลกุลที่มีลักษณะกลมๆ เล็กๆ อยู่กันรวกันเป็นกลุ่มเต็มภาชนะที่บรรจุ แก๊สแต่ละโมเลกุลไม่มีแรง
ดึงดูดอ่อนๆ กระทำต่อกัน มีการเคลื่อนที่แบบไร้ทิศทาง

8. การชนกันของโมเลกุลเล็ก ๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของแก๊สหรือชนกับผนังของภาชนะแล้วสะท้อนกลับไปมา ทำให้เกิดสิ่งใดขึ้น

ก. เกิดการขยายตัวของโมเลกุลภายในภาชนะ ข. เกิดการหดตัวของโมเลกุลภายในภาชนะ

ค. เกิดเสียงดังขึ้นในภาชนะ ง. เกิดความดันขึ้นภายในภาชนะ

9. ถ้าหากต้องการให้ความดันในภาชนะปิดลดลง สามารถทำได้ด้วยวิธีในข้อใด

ก. ลดปริมาตรของภาชนะปิด ข. ลดอุณหภูมิของแก๊สในภาชนะปิด

ค. ถูกทั้งสองข้อ ง. ผิดทั้งสองข้อ

10. กำหนดให้ภาชนะปิด 2 ใบ (A และ B) มีขนาดเท่ากัน ข้อใดถูกต้อง

ก. ความดันของแก๊สใบ A จะเท่ากับ ความดันของแก๊สใบที่ B ไม่ว่าภาชนะทั้งสองจะมีจำนวนโมเลกุลของแก๊สเท่าใดก็ตาม

ข. ความดันของแก๊สใบ A จะมากกว่า ความดันของแก๊สใบที่ B ถ้าจำนวนโมเลกุลของแก๊สใบ A น้อยกว่า จำนวนโมเลกุลของแก๊สใบ B

ค. ความดันของแก๊สใบ A จะมากกว่า ความดันของแก๊สใบที่ B ถ้าความเร็วของโมเลกุลแก๊สใบ A มากกว่า ความเร็วของโมเลกุลแก๊สใบ B

ง. ความดันของแก๊สใบ A จะน้อยกว่า ความดันของแก๊สใบที่ B ถ้าอุณหภูมิของแก๊สใบ A มากกว่า อุณหภูมิของแก๊สใบ B

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

11. ข้อใดเป็นไปตามกฎของชาร์ล (Charle's Law)
    ก. เมื่ออุณหภูมิแก๊สเพิ่ม ปริมาตรแก๊สจะเพิ่ม
    ข. เมื่ออุณหภูมิแก๊สเพิ่ม ปริมาตรแก๊สจะลดลง
    ค. เมื่อความดันแก๊สเพิ่ม ปริมาตรแก๊สจะลดลง
    ง. เมื่อความดันแก๊สลด ปริมาตรแก๊สจะลดลง
12. ถ้าเรามีภาชนะใบหนึ่งและต้องการทำให้ภาชนะนั้นมีภาวะสุญญากาศ เราสามารถทำได้อย่างไร
    ก. ทำได้โดยการปิดภาชนะนั้นให้แน่นหนาไม่ให้โมเลกุลแก๊สเข้าหรือออกได้
    ข. ทำได้โดยใช้ตัวดูดซับโมเลกุลของแก๊สไว้ภายในภาชนะปิด
    ค. ทำได้โดยการสูบโมเลกุลของแก๊สออกจากภาชนะปิดหรือทำให้โมเลกุลแก๊สอยู่กับที่
    ง. ทำได้โดยการสูบโมเลกุลของแก๊สออกจากภาชนะปิดพร้อมทั้งทำให้โมเลกุลแก๊สอยู่กับที่
13. ระดับความเป็นสุญญากาศของภาชนะปิดใดๆ อาจบอกได้ด้วยระดับความดัน ข้อใดถูกต้อง
    ก. เมื่อ ความดันมีค่ามาก แสดงว่า ความเป็นสุญญากาศสูง
    ข. เมื่อ ความดันมีค่าน้อย แสดงว่า ความเป็นสุญญากาศต่ำ
    ค. เมื่อ ความดันมีค่ามาก แสดงว่า ความเป็นสุญญากาศต่ำ
    ง. เมื่อ ความดันสูง แสดงว่า ความเป็นสุญญากาศสูง
14. ภาวะสุญญากาศต่ำ (low vacuum) คือความดันภายในภาชนะปิดช่วงใด
    ก. 10^{3} mbar
    ข. 10^{2} - 10^{-2} mbar
    ค. 10^{6} mbar
    ง. 10^{-3} - 10^{-7} mbar
15. ภาวะสุญญากาศสูง (high vacuum) คือความดันภายในภาชนะปิดช่วงใด
    ก. 10^{3} mbar
    ข. 10^{3} - 10^{-0} mbar
    ค. 10^{-0} - 10^{-3} mbar
    ง. 10^{-3} - 10^{-7} mbar

****

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ

ชุดวิชา เทคโนโลยีสุญญากาศ **เวลา** 30 **นาที**

หน่วยที่ 2 ส่วนประกอบของระบบสุญญากาศ

<u>คำสั่ง</u> : จงเลือกตอบข้อที่ถูกที่สุดเพียง 1 ข้อ

1. ชิ้นส่วนในข้อใดไม่จำเป็นต้องมีในระบบสุญญากาศพื้นฐาน
   ก. ที่ดักไอน้ำมัน ข. ภาชนะสุญญากาศ
   ค. เครื่องสูบสุญญากาศ ง. มาตรวัดความดัน
2. หากต้องการความดันในภาชนะสุญญากาศของระบบอยู่ในช่วง 10^{-7}-10^{-5} mbar ต้องใช้เครื่องสูบชนิดใด
   ก. เครื่องสูบกลโรตารี ข. เครื่องสูบรูท
   ค. เครื่องแพร่ไอ ง. เครื่องสูบซึมซับ
3. เครื่องสูบกลโรตารีเป็นเครื่องสูบที่อาศัยหลักการทำงานเชิงกล ที่สามารถลดความดันได้ในระดับใด
   ก. จากบรรยากาศ จนถึงความดัน 10^{-3} mbar
   ข. จากบรรยากาศ จนถึงความดัน 10^{-6} mbar
   ค. จากบรรยากาศ จนถึงความดัน 10^{-9} mbar
   ง. จากบรรยากาศ จนถึงความดัน 10^{-12} mbar
4. เครื่องสูบท้าย หรือ backing pump คือเครื่องสูบใด
   ก. เครื่องสูบแบบแพร่ไอ ข. เครื่องสูบกลโรตารี
   ค. เครื่องสูบฮุคแอนด์คลอว์ ง. เครื่องสูบซึมซับ
5. เครื่องสูบแบบแพร่ไอ หรือ diffusion pump จะสามารถทำความดันได้ในช่วงใด
   ก. 10^{3}-10^{-3} mbar ข. 10^{-2}-10^{-7} mbar
   ค. 10^{-6}-10^{-9} mbar ง. 10^{-9}-10^{-12} mbar
6. เครื่องสูบที่สามารถทำงานได้ตั้งแต่ความดันบรรยากาศ คือ ข้อใด
   ก. เครื่องสูบแบบแพร่ไอ ข. เครื่องสูบกลโรตารี
   ค. เครื่องสูบกลโรตารี และ เครื่องสูบแบบแพร่ไอ ง. ไม่มีข้อถูก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

7. เครื่องสูบที่เริ่มทำงานที่ความดันต่ำกว่าความดันของบรรยากาศ คือ ข้อ ใด
   ก. เครื่องสูบแบบแพร่ไอ
   ข. เครื่องสูบกลโรตารี
   ค. เครื่องสูบกลโรตารี และ เครื่องสูบแบบแพร่ไอ
   ง. ไม่มีข้อถูก
8. เหตุผลที่ผนังของตัวถังเครื่องสูบแบบแพร่ไอต้องมีการระบายความร้อนคือข้อใด
   ก. เพื่อลดอุณหภูมิของไอน้ำมันที่วิ่งชนผนังของตัวถังเครื่องสูบแบบแพร่ไอ
   ข. เพื่อระบายความร้อนของระบบเครื่องสูบของระบบสุญญากาศ
   ค. เพื่อยืดอายุน้ำมันของเครื่องสูบแบบแพร่ไอ
   ง. เพื่อป้องกันปัญหาความร้อนที่เกิดขึ้นจากระบบสุญญากาศ
9. มาตรวัดความดันแบบพิรานี (Pirani gauge) ใช้วัดความดันในระดับใด
   ก. ความดันบรรยากาศ
   ข. ความดันต่ำ
   ค. ความดันสูง
   ง. ความดันสูงมาก
10. เครื่องสูบหยาบ (roughing pump) คือ
   ก. เครื่องสูบแบบแพร่ไอ
   ข. เครื่องสูบกลโรตารี
   ค. เครื่องสูบที่สูบความดันในช่วง 10^{-7}-10^{-5} mbar
   ง. เครื่องสูบที่สูบความดันในช่วง 10^{-12}-10^{-9} mbar
11. เครื่องสูบใดที่จำเป็นต้องมีการต้มน้ำมันด้วยขดลวดไฟฟ้าจนเดือดภายในเครื่องสูบก่อนการใช้งาน
   ก. เครื่องสูบแบบแพร่ไอ
   ข. เครื่องสูบกลโรตารี
   ค. เครื่องสูบรูท
   ง. เครื่องสูบ
12. ท่อที่ต่อจากภาชนะสุญญากาศมายังเครื่องสูบกลโรตารี ที่ทำหน้าที่สูบแก๊สจากภาชนะสุญญากาศในช่วงแรกคือท่อในข้อใด
   ก. ท่อท้าย
   ข. ท่อหยาบ
   ค. ท่อหน้า
   ง. ท่อปล่อย

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

13. ท่อหยาบและท่อท้ายมีหน้าที่อะไร

ก. ท่อหยาบมีหน้าที่นำแก๊สออกจากภาชนะปิด ส่วนท่อท้ายมีหน้าที่นำแก๊สออกจากเครื่องสูบแบบแพร่ไอ

ข. ท่อหยาบมีหน้าที่นำแก๊สออกจากเครื่องสูบแบบแพร่ไอ ส่วนท่อท้ายมีหน้าที่นำแก๊สออกจากภาชนะปิด

ค. ท่อหยาบและท่อท้ายทำหน้าที่เหมือนกันคือทำหน้าที่นำแก๊สออกจากเครื่องสูบแบบแพร่ไอโดยตรง

ง. ท่อหยาบและท่อท้ายทำหน้าที่เหมือนกันคือทำหน้าที่นำแก๊สออกจากภาชนะสุญญากาศโดยตรง

14. วาล์วที่ทำหน้าที่ปล่อยอากาศเข้าสู่ภาชนะหรือบริเวณที่ต้องการให้ความดันในชิ้นส่วนนั้นเท่ากับความดันบรรยากาศคือวาล์วในข้อใด

ก. วาล์วท้าย
ข. วาล์วหยาบ
ค. วาล์วหน้า
ง. วาล์วปล่อย

15. ทำไมเราต้องเปิดวาล์วปล่อยที่ท่อหยาบเมื่อปิดเครื่องสูบกลโรตารี่

ก. เพื่อทำให้ความดันภายในภาชนะสุญญากาศเท่ากับความดันบรรยากาศเพื่อเปิดฝาภาชนะ

ข. เพื่อป้องกันน้ำมันจากเครื่องสูบกลโรตารีไหลย้อนเข้าไปในท่อหยาบ

ค. เพื่อควบคุมความดันของเครื่องสูบกลโรตารีให้คงที่

ง. เพื่อควบคุมความดันของเครื่องสูบแบบแพร่ไอให้คงที่

****

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ

ชุดวิชา เทคโนโลยีสุญญากาศ **เวลา** 30 **นาที**

หน่วยที่ 3 การสร้างภาวะสุญญากาศ

<u>คำสั่ง</u> : จงเลือกตอบข้อที่ถูกที่สุดเพียง 1 ข้อ

1. ระบบสุญญากาศพื้นฐานจะประกอบด้วย
   ก. ภาชนะสุญญากาศ เครื่องสูบสุญญากาศ ข. วาล์ว มาตรวัดความดัน ท่อและวาล์ว
   ค. เฉพาะ ข้อ ก หรือ ข้อ ข ก็ได้ ง. ถูกทั้ง ข้อ ก หรือ ข้อ ข
2. เงื่อนไขเริ่มต้นของระบบสุญญากาศ ก่อนสร้างภาวะสุญญากาศจะต้องเป็นไปตามข้อใด
   ก. วาล์วทุกตัวอยู่ในสถานะปิด ระบบทั้งหมดอยู่ที่ความดันบรรยากาศ
   ข. วาล์วทุกตัวอยู่ในสถานะเปิด ระบบทั้งหมดอยู่ที่ความดันบรรยากาศ
   ค. วาล์วทุกตัวอยู่ในสถานะปิด ระบบทั้งหมดอยู่สูงกว่าความดันบรรยากาศ
   ง. วาล์วทุกตัวอยู่ในสถานะปิด ระบบทั้งหมดอยู่ที่ความดันบรรยากาศ
3. ในการสร้างภาวะสุญญากาศนั้นสามารถข้ามขั้นตอนได้หรือไม่เพราะอะไร
   ก. ได้ เพราะแต่ละขั้นตอนเป็นอิสระจากกัน ข.ได้ เพราะระบบออกแบบให้สามารถทำได้
   ค. ไม่ได้ เพราะจะทำให้ระบบเสียหาย ง.ไม่ได้ เพราะจะทำให้จำไม่ได้ว่าทำอะไรไปแล้ว
4. สิ่งแรกที่ต้องทำก่อนเปิดการทำงานของระบบสุญญากาศคือข้อใด
   ก. ต้มน้ำมันเครื่องสูบแบบแพร่ไอแล้วจึงเปิดวาล์วท้าย
   ข. สูบอากาศในภาชนะสุญญากาศด้วยเครื่องสูบแบบแพร่ไอก่อนจึงเปิดเครื่องสูบกลโรตารี
   ค. สูบอากาศในภาชนะสุญญากาศด้วยเครื่องสูบกลโรตารีก่อนจึงเปิดเครื่องสูบแบบแพร่ไอ
   ง. ตรวจสอบสถานะของวาล์วทุกตัวว่าอยู่ในสถานะปิดหรือไม่
5. ในการสร้างภาวะสุญญากาศขั้นต้นเป็นการลดความดันภายในภาชนะสุญญากาศจากค่าใดถึงค่าใด
   ก. จากบรรยากาศ จนถึงความดัน 10^{0} mbar ข. จากบรรยากาศ จนถึงความดัน 10^{-1} mbar
   ค. จากบรรยากาศ จนถึงความดัน 10^{-2} mbar ง. จากบรรยากาศ จนถึงความดัน 10^{-7} mbar
6. เครื่องสูบที่ใช้ในการสร้างภาวะสุญญากาศขั้นต้นคือเครื่องสูบในข้อใด
   ก. เครื่องสูบแบบแพร่ไอ ข. เครื่องสูบกลโรตารี
   ค. เครื่องสูบฮุคแอนด์คลอว์ ง. เครื่องสูบซึมซับ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

7. สถานะของวาล์วท้ายและวาล์วหยาบขณะสร้างภาวะสุญญากาศขั้นต้น ในภาชนะสุญญากาศ คือข้อใด

ก. วาล์วท้าย : ปิด ส่วน วาล์หยาบ : เปิด
ข. วาล์วท้าย : เปิด ส่วน วาล์หยาบ : เปิด
ค. วาล์วท้าย : ปิด ส่วน วาล์หยาบ : ปิด
ง. วาล์วท้าย : เปิด ส่วน วาล์หยาบ : ปิด

8. สถานะของวาล์วท้ายและวาล์วหยาบเมื่อต้องการสร้างภาวะสุญญากาศสูงภายในภาชนะสุญญากาศคือข้อใด

ก. วาล์วท้าย : ปิด ส่วน วาล์หยาบ : เปิด
ข. วาล์วท้าย : เปิด ส่วน วาล์หยาบ : เปิด
ค. วาล์วท้าย : ปิด ส่วน วาล์หยาบ : ปิด
ง. วาล์วท้าย : เปิด ส่วน วาล์หยาบ : ปิด

9. วาล์วคู่ใดที่สามารถอยู่ในสถานะเปิดพร้อมกันได้

ก. วาล์วท้าย และวาล์วหยาบ
ข. วาล์วท้าย และวาล์วปล่อย
ค. วาล์วท้าย และ วาล์สุญญากาศสูง
ง. วาล์วสุญญากาศสูง และ วาล์หยาบ

10. วาล์วที่กั้นระหว่างภาชนะสุญญากาศและเครื่องสูบแบบแพร่ไอคือข้อใด

ก. วาล์วหยาบ
ข. วาล์วปล่อย
ค. วาล์วท้าย
ง. วาล์วสุญญากาศสูง

11. วาล์วที่ทำหน้าที่ช่วยในการเปิดภาชนะสุญญากาศคือวาล์วใด

ก. วาล์วท้าย
ข. วาล์วปล่อย
ค. วาล์สุญญากาศสูง
ง. วาล์หยาบ

12. อุปกรณ์ใดในระบบสุญญากาศที่ต้องเปิดเป็นลำดับแรก และ ต้องปิดเป็นลำดับสุดท้าย

ก. มาตรวัดความดัน
ข. เครื่องสูบกลโรตารี
ค. เครื่องสูบแบบแพร่ไอ
ง. ผิดทุกข้อ

13. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับการปิดการสร้างภาวะสุญญากาศ

ก. ในการปิดการสร้างภาวะสุญญากาศเราสามารถปิดอุปกรณ์ทุกตัวได้พร้อมกัน
ข. ลำดับขั้นตอนการปิดการสร้างภาวะสุญญากาศเริ่มจากปิดวาลว์ทุกตัว และปิดเครื่องกลโรตารี
ค. อุปกรณ์แรกที่ต้องปิดก่อน เริ่มขั้นตอนการปิดการสร้างภาวะสุญญากาศคือ วาล์วสุญญากาศสูง
ง. ไม่มีข้อถูก

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

14. สิ่งแรกที่ต้องทำในการปิดการสร้างภาวะสุญญากาศคือข้อใด

ก. ปิดเครื่องสูบกลโรตารี
ข. ปิดมาตรวัดความดัน
ค. ปิดเครื่องสูบแบบแพร่ไอ
ง. ปิดวาล์วสุญญากาศสูง

15. ขณะที่ปิดการทำงานของเครื่องสูบแบบแพร่ไอ ห้ามปิดการทำงานของอุปกรณ์ใด

ก. มาตรวัดความดัน
ข. เครื่องสูบกลโรตารี
ค. วาล์วทุกตัว
ง. ไม่มีข้อถูก

****

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้เรียนที่มีต่อ
"บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ"

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นต่อ "บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ" โดย X ทับข้อที่ตรงกับความรู้สึกของผู้เรียนหลังจากผ่านการใช้บทเรียนแล้ว โดย 5 หมายถึง มากที่สุด, 4 หมายถึง มาก, 3 หมายถึง ปานกลาง, 2 หมายถึง น้อย, และ 1 หมายถึง น้อยที่สุด

ด้านเนื้อหา

ข้อ	เรื่อง	ระดับความเหมาะสม				
1	ความชัดเจนของการเสนอเนื้อหา	5	4	3	2	1
2	การลำดับขั้นการเสนอเนื้อหาต่อความเข้าใจ	5	4	3	2	1
3	ความเข้าใจต่อบทเรียนหลังจากที่ท่านเรียนจบแล้ว	5	4	3	2	1

ด้านคุณภาพการสอน

ข้อ	เรื่อง	ระดับความเหมาะสม				
4	กำหนดจุดประสงค์ของบทเรียนไว้ชัดเจน	5	4	3	2	1
5	บทเรียนสามารถให้ผลตามจุดประสงค์ที่วางไว้	5	4	3	2	1
6	มีการทบทวนถึงเนื้อหาเดิมที่เรียนผ่านไปแล้ว	5	4	3	2	1
7	สามารถควบคุมการเลือกเรียนเนื้อหาได้ตามต้องการ	5	4	3	2	1
8	บทเรียนเร้าความสนใจดี	5	4	3	2	1

ด้านเทคนิคของโปรแกรม

ข้อ	เรื่อง	ระดับความเหมาะสม				
9	ความเหมาะสมในการใช้ภาพประกอบ	5	4	3	2	1
10	ความเหมาะสมในการใช้เสียงประกอบ	5	4	3	2	1
11	ภาษาที่ใช้ทำให้เข้าใจต่อบทเรียน	5	4	3	2	1
12	การจัดตำแหน่งข้อมูลที่แสดงบนหน้าจอเหมาะสม	5	4	3	2	1
13	ข้อมูลที่แสดงสามารถอ่านได้ง่ายชัดเจน	5	4	3	2	1

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ด้านการออกแบบ

ข้อ	เรื่อง	ระดับความเหมาะสม				
14	ความเหมาะสมของการใช้ภาพและเสียงประกอบ	5	4	3	2	1
15	การใช้สีและการเน้นข้อความที่เอื้อต่อการเรียนรู้	5	4	3	2	1
16	การเร้าความสนใจ	5	4	3	2	1

ด้านคู่มือประกอบบทเรียน

ข้อ	เรื่อง	ระดับความเหมาะสม				
17	มีคำแนะนำการใช้บทเรียนชัดเจน ง่ายต่อความเข้าใจ	5	4	3	2	1
18	ขนาดรูปเล่มและความเหมาะสมของการจัดรูปแบบ	5	4	3	2	1

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 17 ผลการพิจารณาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 47 ข้อ โดยผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน

ข้อ	ผู้ทรงคุณวุฒิ			รวม	เฉลี่ย
	1	2	3		
1	1	1	1	3	1
2	1	1	1	3	1
3	1	1	1	3	1
4	1	1	1	3	1
5	-1	-1	-1	-3	-1*
6	1	1	1	3	1
7	1	1	1	3	1
8	1	1	1	3	1
9	1	1	1	3	1
10	1	1	1	3	1
11	-1	0	-1	-2	-0.67*
12	1	1	1	3	1
13	-1	0	-1	-2	-0.67*
14	-1	-1	-1	-3	-1*
15	-1	-1	-1	-3	-1*
16	-1	-1	-1	-3	-1*
17	1	1	1	3	1
18	1	1	1	3	1
19	1	1	1	3	1
20	1	1	1	3	1
21	1	1	1	3	1
22	1	1	1	3	1
23	1	1	1	3	1
24	1	1	1	3	1

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ข้อ	ผู้ทรงคุณวุฒิ			รวม	เฉลี่ย
	1	2	3		
25	1	1	1	3	1
26	1	1	1	3	1
27	1	1	1	3	1
28	1	1	1	3	1
29	1	1	1	3	1
30	-1	0	-1	-2	-0.67*
31	-1	0	-1	-2	-0.67*
32	1	1	1	3	1
33	1	1	1	3	1
34	1	1	1	3	1
35	1	1	1	3	1
36	1	1	1	3	1
37	1	1	1	3	1
38	1	1	1	3	1
39	1	1	1	3	1
40	1	1	1	3	1
41	1	1	1	3	1
42	1	1	1	3	1
43	1	1	1	3	1
44	1	1	1	3	1
45	1	1	1	3	1
46	1	1	1	3	1
47	1	1	1	3	1

หมายเหตุ ค่า IOC มากกว่า 0.5 เป็นข้อสอบที่ใช้ได้

ค่า IOC น้อยกว่า 0.5 เป็นข้อสอบที่ต้องตัดทิ้ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 18 แสดงค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (B) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อ	ค่า P	ค่า B	ข้อ	ค่า P	ค่า B	ข้อ	ค่า P	ค่า B
1	.8	.7	21	.6	.4	41	.5	.2
2	.7	.5	22	.5	.2	42	.8	.7
3	.8	.2	23	.6	.9	43	.7	.5
4	.1*	.1*	24	.6	.9	44	.6	.4
5	.2	.3	25	.6	.9	45	.5	.2
6	0*	0*	26	.5	.7	46	.6	-.1*
7	.7	.5	27	.8	.7	47	.8	.7
8	.8	.7	28	.8	.2	48	.6	.4
9	.2	.3	29	.3	.4	49	.6	.9
10	.7	.5	30	.4	.6	50	.6	.9
11	.8	.7	31	.2	-.7*	51	.2	-.2*
12	.8	.2	32	.1*	.1*	52	.6	.9
13	.6	.4	33	0*	0*	53	.2	-.2*
14	.8	.7	34	.6	.4	54	.3	.4
15	.2	.3	35	.8	.7	55	.8	.7
16	.6	-.6*	36	.8	.7	56	.7	.5
17	.6	.4	37	.6	.9	57	.6	.9
18	.3	0*	38	.5	.7	58	.4	.6
19	.8	.7	39	.7	1	59	.8	.2
20	.8	.7	40	.4	.6	60	.8	.7

ค่าความเชื่อมั่น (r_{cc}) = .95

หมายเหตุ ค่าความยากง่าย (P) อยู่ที่ 0.2 – 0.8 เป็นข้อสอบที่ใช้ได้
ค่าอำนาจจำแนก (B) ตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไปเป็นข้อสอบที่ใช้ได้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ตารางที่ 19 ตารางกำหนดคะแนนเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัดที่เหมาะสมต่อการผ่านการทดสอบแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผู้เชี่ยวชาญ	ระดับคะแนนเกณฑ์
คนที่ 1	60%
คนที่ 2	60%
คนที่ 3	60%
เฉลี่ย	60%

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การคำนวณหาค่าสัดส่วนประสิทธิภาพกับกลุ่มประชากร

H0 : $\pi \leqslant 80\ \%$

H1 : $\pi > 80\ \%$

$\alpha = .05$

Z .05 = 1.64

$$Z = \frac{\hat{P} - Po}{\sqrt{\frac{Po(1-Po)}{N}}}$$

$$\hat{P} = \frac{f}{N} = \frac{28}{30} = .933$$

$$Z = \frac{.933 - .80}{\sqrt{\frac{.80(.20)}{30}}}$$

Z = 1.82

สรุป : ค่า Z ที่คำนวณได้ > ค่า Z จากตาราง ค่า Z ที่คำนวณได้อยู่นอกเขตวิกฤต ดังนั้น จึงยอมรับสมมุติฐานที่ว่า บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมมีประสิทธิภาพหลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 80 ของผู้เรียน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ภาคผนวก ค

- แผ่นเรื่องราว (Storyboard)
- คู่มือผู้เรียน
- ภาพส่วนหนึ่งในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ
- รูปแบบคำสั่งการฝึกสร้างภาวะสุญญากาศต่ำ
- รูปแบบคำสั่งการฝึกสร้างภาวะสุญญากาศสูง
- สถานะของวาล์วต่าง ๆ ขณะฝึกสร้างภาวะสุญญากาศ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

แผ่นเรื่องราว (Storyboard)
บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ

บทที่	ภาพ	การเสนอเนื้อหา / ลักษณะภาพ
Intro	ไตเติ้ลเข้าสู่บทเรียน	ภาพ Logo VTTF 3 D หมุนอยู่ตรงกาว, ชื่อบทเรียนอยู่ด้านล่าง (ดนตรีประกอบเร้าใจ)
Menu	เมนูหลัก (main menu)	เมนูหลักมีรายการให้เลือกเข้าสู่บทเรียน (มีเสียงบรรยายแนะนำการใช้,ดนตรีประกอบสบาย ๆ) 1. ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบสุญญากาศ 2. ส่วนประกอบของระบบสุญญากาศ 3. การสร้างภาวะสุญญากาศ 4. คำแนะนำ 5. ออกจากบทเรียน
Sub menu บทที่ 1	เมนูรอง (Sub menu) ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบสุญญากาศ	เมนูรองมีรายการให้เลือกเข้าสู่บทเรียน 7 รายการ 1. สุญญากาศคืออะไร? 2. ธรรมชาติของแก๊ส 3. แก๊สอุดมคติ 4. แก๊สทำให้เกิดความดันได้อย่างไร 5. กฎของบอยล์และกฎของชาร์ล 6. เราสร้างภาวะสุญญากาศได้อย่างไร 7. เมื่อไรจึงจะเกิดภาวะเป็นสุญญากาศ
1-1	1. อักษรแสดง สุญญากาศ หรือ Vacuum หมายถึง ที่ว่าง 2. ภาพภาชนะปิดแล้วเปิดช่องเพื่อให้อากาศไหลมาภายนอก	**สุญญากาศคืออะไร** สุญญากาศ หรือ Vacuum หมายถึง ที่ว่าง ดังนั้นเมื่อเราพูดถึงระบบสุญญากาศ เราจำเป็นต้องนึกถึง บริเวณหรือภาชนะปิดที่จะทำให้เป็นสุญญากาศ ซึ่งเดิมบริเวณหรือภาชนะปิดนั้นจะมีอากาศอยู่ภายใน ถ้าเราต้องการให้ภายในภาชนะปิดนั้นมีภาวะสุญญากาศ เราจะต้องดึงอากาศออกจากภาชนะปิดนั้นให้หมด อากาศที่เราพูดถึงในที่นี้ จะหมายถึง โมเลกุลเล็กๆ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

	3. ภาพโลกและมีอักษรปรากฏถึงสสารต่างๆ บนโลกจะมีอยู่ด้วยกัน 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และ แก๊ส 4. ภาพประกอบอื่นที่เกี่ยวข้องกับระบบ	ของแก๊สชนิดต่างๆ นั้นเอง หากย้อนกลับไปพิจารณาแนวความคิดของสถานะของสสาร เราจะพบว่า สสารต่างๆ บนโลกจะมีอยู่ด้วยกัน 3 สถานะ คือ ของแข็ง ของเหลว และ แก๊ส ซึ่งอธิบายได้ดังนี้ ในกรณีที่โมเลกุลของสสารเรียงอยู่ชิดติดกันหรือรวมตัวกันหนาแน่น เราจะเรียกสสารนั้นว่า อยู่ในสถานะของแข็ง แต่เมื่อโมเลกุลของสสารอยู่ห่างกัน เราจะเรียกสสารนั้นว่าอยู่ในสถานะของเหลว และเมื่อโมเลกุลของสสารอยู่ห่างกันออกไปอีกมากๆ จนกระทั่งแต่ละโมเลกุลไม่มีแรงกระทำต่อกันหรือมีแรงกระทำต่อกันเป็นศูนย์ เราจะเรียกสสารที่อยู่ในสถานะนี้ว่า แก๊ส ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอากาศนั่นเอง จะเห็นได้ว่า แก๊ส เป็นองค์ประกอบสำคัญของอากาศที่มีอยู่ในภาชนะปิดที่เราต้องการทำให้เกิดภาวะสุญญากาศ ดังนั้นก่อนที่เราจะได้เรียนรู้เรื่องของระบบสุญญากาศต่อไป เราควรจะต้องมาเรียนรู้เกี่ยวกับลักษณะและสมบัติที่สำคัญของแก๊สกันก่อน
1-2	1. อักษรแสดงความหมายของแก๊สและแก๊สที่ไม่กลั่นตัว 2. กราฟแสดงส่วนประกอบของแก๊ส ได้แก่ แก๊สไนโตรเจน ประมาณ 78% แก๊สออกซิเจน 21% และแก๊สอื่นๆ รวมกัน ประมาณ 1%	**ธรรมชาติของแก๊ส** “แก๊ส” ในสุญญากาศจะหมายถึง แก๊สที่ไม่กลั่นตัวและไอทุกชนิด โดย “แก๊สที่ไม่กลั่นตัว” หมายถึง แก๊สที่ไม่สามารถที่จะกลั่นตัวเป็นของเหลวหรืออัดตัวเป็นของแข็งได้ภายใต้สภาวะปกติ เช่น อากาศแห้ง ส่วน “ไอ” หมายถึง โมเลกุลของแก๊สที่มีขนาดเล็ก เช่น ไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศ โดยปกติแล้วอากาศจะประกอบด้วยแก๊สหลายชนิด ได้แก่ แก๊สไนโตรเจน ประมาณ 78%แก๊สออกซิเจน 21% และแก๊สอื่นๆ รวมกันประมาณ 1% ปกติแล้วแก๊สที่บรรจุอยู่ในภาชนะปิดนั้นจะมีความดันอยู่ค่าหนึ่งเสมอ โดยความดันนี้จะเกิดขึ้นเนื่องจากโมเลกุลเล็กๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบของแก๊สนั้น จะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วในทุกทิศทุกทาง และอาจจะชนกันเอง หรือชน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

	3. ภาพภาชนะที่มีแก๊สอยู่ภายในภาชนะมีมาตรวัดความดันและมาตรวัดอุณหภูมิ	กับผนังของภาชนะแล้วสะท้อนกลับออกมา การชนผนังภาชนะของโมเลกุลแก๊สเหล่านี้เองที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความดันในภาชนะนั้น
1-3	1. อักษรแสดงความหมายของแก๊สอุดมคติ 2. ภาพภาชนะที่มีแก๊สอยู่ภายในเน้นแสดงการเคลื่อนที่ของแก๊สที่มีลักษณะไร้ทิศทาง 3. ภาพภาชนะที่มีแก๊สอยู่ภายใน มีโมเลกุลของแก๊สอยู่ 5 โมเลกุล เคลื่อนที่ไปมา ชนกันเองบ้างและชนผนังบ้าง 4. ภายขยายของแก๊สในภาชนะที่เน้นที่ความเร็วในการเคลื่อนที่ ที่มี 3 ระดับคือ เร็ว กลาง ช้า 5. อักษรแสดงสมการ $E_k = 1/2\ mv^2$	**แก๊สอุดมคติ** การศึกษาลักษณะและสมบัติของแก๊สนั้น ทำได้โดยอาศัยหลักการของทฤษฎีจลน์ของแก๊ส ที่มีสมมติฐานเบื้องต้นว่า แก๊ส ที่จะศึกษานั้น เป็นแก๊สอุดมคติ ซึ่งเป็นโมเลกุลที่มีลักษณะกลมๆ เล็กๆ อยู่กันอย่างกระจัดกระจายเต็มภาชนะที่บรรจุ แก๊สแต่ละโมเลกุลไม่มีแรงกระทำต่อกัน มีการเคลื่อนที่แบบไร้ทิศทาง ที่เรียกว่าการเคลื่อนที่แบบบราวเนียนท์ และการชนกันของโมเลกุลแก๊สแต่ละครั้งจะเป็นการชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ คือ ไม่มีการสูญเสียพลังงาน ตัวอย่างเช่น ถ้ามีภาชนะปิดใบหนึ่ง ภายในมีโมเลกุลของแก๊สอยู่ 5 โมเลกุล โมเลกุลแก๊สเหล่านี้จะไม่อยู่รวมตัวกันเป็นกลุ่ม หรือ หนาแน่นในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง แต่โมเลกุลแก๊สเหล่านี้จะพยายามกระจายตัวกันอยู่เต็มภาชนะปิดที่บรรจุ โดยมีการเคลื่อนที่แบบไร้ทิศทาง ทำให้ขณะที่โมเลกุลแก๊สเคลื่อนที่ไปมานั้น โมเลกุลของแก๊สอาจมีการชนกันเองบ้าง หรือ อาจชนกับผนังภาชนะปิดบ้าง อย่างไรก็ดี การชนกันแต่ละครั้งนั้นจะไม่มีการสูญเสียพลังงานเกิดขึ้น นั้นคือพลังงานของโมเลกุลแก๊สก่อนชนและหลังชนจะเท่ากันเสมอ พฤติกรรมหนึ่งที่น่าสนใจของแก๊สคือ การเคลื่อนที่เนื่องจากอากาศปริมาณหนึ่งจะประกอบด้วยโมเลกุลของแก๊สจำนวนมากซึ่งเคลื่อนที่แบบไร้ทิศทาง ด้วยความเร็วที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นเมื่อพูดถึงความเร็วของโมเลกุลแก๊ส เราจะพิจารณาค่าเฉลี่ยของความเร็ว หมายถึงความเร็วเฉลี่ยที่เป็น

	และแสดงความหมายของสมการ 6. แสดงการเปลี่ยนแปลงของอุณภูมิภายในภาชนะและความเร็วในการเคลื่อนที่ของโมเลกุล 7. แสดงการสูบอากาศออกจากภาชนะโดยใช้เครื่องสูบ	ตัวแทนความเร็วของโมเลกุลแก๊สทั้งหมด ซึ่งจะสัมพันธ์กับพลังงานจลน์ของแก๊ส ตามสมการ $E_k = 1/2\ mv^2$ เมื่อ E_k คือ พลังงานจลน์ m คือ มวล และ v คือ ความเร็ว นอกจากนี้พลังงานจลน์ของแก๊สนี้ยังอาจหาได้จาก $E_k = 3/2\ k_BT$ จากทั้งสองสมการจะเห็นว่า ความเร็วของโมเลกุลแก๊สจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิของแก๊ส หมายความว่า ถ้าอุณหภูมิของแก๊สสูงขึ้น โมเลกุลแก๊สจะเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้นนั่นเอง ตัวอย่างการเคลื่อนที่ของโมเลกุลแก๊สในภาชนะปิดแสดงได้ดังรูป ซึ่งแก๊สแต่ละโมเลกุลอาจจะมีอัตราเร็วต่างกันไป แต่อาจพิจารณาว่าโมเลกุลแก๊สเหล่านี้เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากัน เรียกว่า “อัตราเร็วเฉลี่ย” นอกจากนี้เมื่อพิจารณาโดยเฉลี่ยแล้วก็ยังถือว่าจำนวนโมเลกุลที่เคลื่อนที่ในแต่ละทิศทางเท่ากันอีกด้วย และเมื่อแก๊สในภาชนะได้รับความร้อนจากภายนอกอัตราเร็วเฉลี่ยนี้จะมีค่าสูงขึ้น เนื่องจากโมเลกุลของแก๊สจะวิ่งด้วยอัตราเร็วสูงในทิศทางต่างๆ กัน ซึ่งนอกจากจะทำให้โมเลกุลชนกันเองแล้วยังทำให้โมเลกุลเหล่านี้ชนผนังภาชนะด้วย เมื่อโมเลกุลชนผนังภาชนะจะสะท้อนกลับ โมเลกุลแก๊สจะถ่ายเทโมเมนตัมให้แก่ผนังทำให้เกิดแรงกระทำต่อผนังภาชนะ แรงที่โมเลกุลแก๊สกระทำต่อพื้นที่ 1 ตารางหน่วย คือ ความดัน (pressure) ของแก๊สในภาชนะนั่นเอง ซึ่งความดันนี้เป็นปริมาณที่สำคัญมากในทางสุญญากาศ เมื่อมีการสูบเอาแก๊สออกจากภาชนะความดันก็จะลดลง เพราะจำนวนโมเลกุลที่ชนผนังภาชนะในหนึ่งหน่วยเวลาลดลง เมื่อมีการให้ความร้อนแก่แก๊สอุณหภูมิของแก๊สก็จะสูงขึ้น อันมีผลทำ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		ให้อัตราเร็วของโมเลกุลภายในมากขึ้นไปด้วยจำนวนครั้งที่โมเลกุลชนผนังภาชนะในหนึ่งหน่วยเวลาจึงเพิ่มขึ้น ลักษณะเช่นนี้ทำให้ความดันของแก๊สเพิ่มขึ้น
1-4	1. อักษรแสดงคำบรรยายทฤษฎีจลน์ของแก๊ส 2. ภาพโมเลกุล A และ โมเลกุล B ชนกันและสะท้อนกลับ โดยยังคงรักษาพลังงานจลน์ไว้ 3. ภาพโมเลกุล A และ โมเลกุล B ชนผนังและสะท้อนกลับ โดยยังคงรักษาพลังงานจลน์ไว้ 4. แสดงสมการ P = F/A พร้อมบรรยายความหมายของสมการ 5. แสดงการสูบอากาศออกจากภาชนะโดยใช้เครื่องสูบและความดันภายในภาชนะลดลง 6. แสดงการให้ความ	**แก๊สทำให้เกิดความดันได้อย่างไร** จากทฤษฎีจลน์ของแก๊สเราจะพบว่า ในกรณีปกติโมเลกุลของแก๊สจะขยายตัวออกเต็มภาชนะที่บรรจุทำให้ปริมาตรของแก๊สมีค่าเท่ากับปริมาตรของภาชนะปิดที่บรรจุแก๊สนั้นไว้ โดยโมเลกุลของแก๊สในภาชนะปิดนั้นจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร้ทิศทาง ที่เรียกว่าการเคลื่อนที่แบบบราว์เนียนท์ ทำให้บางครั้ง โมเลกุลของแก๊สจะมีการชนกันกันเอง หรือ บางครั้งโมเลกุลของแก๊สชนกับผนังของภาชนะปิด ซึ่งการชนแต่ละครั้งโมเลกุลแก๊สสะท้อนกลับออกโดยไม่มีการสูญหายของพลังงาน ตัวอย่างเช่น ถ้าสมมุติให้ภาชนะปิดใบหนึ่งมีแก๊ส 2 โมเลกุล คือ โมเลกุล A และ B โดยที่แก๊สโมเลกุล A มีพลังงานจลน์เท่ากับ 5 จูล และแก๊สโมเลกุล B ก็มีพลังงานจลน์เท่ากับ 5 จูล เช่นกัน เมื่อแก๊สโมเลกุล A และ B เกิดการชนกัน โมเลกุลของแก๊สทั้งสองจะสะท้อนกลับในทิศทางตรงกันข้ามโดยที่พลังงานจลน์ของแก๊สโมเลกุล A และ B จะยังคงมีค่าเท่ากับ 5 จูลเช่นเดิม ทำนองเดียวกัน ถ้า แก๊สโมเลกุล A หรือ B วิ่งเข้าชนกับผนังภาชนะปิดจะเกิดการสะท้อนกลับออกมาในทิศทางตรงข้าม ก็จะพบว่าพลังงานจลน์ของแก๊สโมเลกุล A และ B จะยังคงมีค่าเท่ากับ 5 จูลเช่นเดิม ดังที่ได้กล่าวแล้ว เมื่อโมเลกุลแก๊สชนผนังภาชนะจะสะท้อนกลับออกมา โมเลกุลแก๊สนั้นจะถ่ายเทโมเมนตัมให้แก่ผนังทำให้เกิดแรงกระทำต่อผนังภาชนะ แรงที่โมเลกุลแก๊สกระทำต่อพื้นที่ 1 ตารางหน่วย คือ ความดันของแก๊สใน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

	ร้อนกับภาชนะและความดันภายในภาชนะเพิ่มขึ้น 7. เปรียบเทียบปริมาตรของภาชนะ 2 ใบ ความดันต่างกัน (เป็นคำถาม) 8. เปรียบเทียบจำนวนของโมเลกุลในภาชนะ 2 ใบความดันต่างกัน (เป็นคำถาม) 9. เปรียบเทียบความเร็วของโมเลกุลในภาชนะ 2 ใบความดันต่างกัน (เป็นคำถาม)	ภาชนะปิดนั่นเอง ซึ่งเราสามารถหา ค่าความดันที่เกิดขึ้นนี้ได้จากสมการ P = F/A เมื่อ P คือ ความดันที่เกิดขึ้นในภาชนะปิด A คือ พื้นที่หน้าตัดของผนังที่ถูกชน และ F คือ แรงที่เกิดจากการโมเลกุลแก๊สชนผนัง ดังนั้นค่าความดัน (P) ที่เกิดขึ้นในภาชนะปิดจะขึ้นอยู่กับ แรงที่เกิดจากการโมเลกุลแก๊สชนผนัง (F) และพื้นที่หน้าตัดของผนังที่ถูกชน (A) จากสมการ P = F/A จะเห็นได้ว่า ความดันจะแปรผันตรงกับแรงจากการชนของโมเลกุลแก๊สมาก และแปรผกผันกับพื้นที่หน้าตัดของผนัง ในกรณีที่แรงจากการชนของโมเลกุลแก๊สที่ผนังมีค่าคงที่ ความดันที่เกิดขึ้นในภาชนะปิดก็จะขึ้นกับพื้นที่หน้าตัดของผนังที่ถูกแก๊ส หรือ ปริมาตรของภาชนะปิดนั้น ในทำนองเดียวกันถ้าภาชนะปิดที่มีพื้นที่หน้าตัดของผนังที่ถูกแก๊สชนมีค่าคงที่ ซึ่งทำให้ปริมาตรของแก๊สคงที่ด้วยนั้น ความดันที่เกิดขึ้นในภาชนะปิดจะขึ้นกับแรงจากการชนของโมเลกุลแก๊สที่ผนังนั้นเอง ความดันที่เกิดขึ้นในภาชนะปิดนี้เป็นปริมาณที่สำคัญมากในทางสุญญากาศ เนื่องจากเมื่อเราสูบเอาแก๊สออกจากภาชนะปิดความดันก็จะลดลง เพราะจำนวนโมเลกุลที่ชนผนังภาชนะในหนึ่งหน่วยเวลาลดลง แต่ถ้ามีการให้ความร้อนแก่แก๊สอุณหภูมิแก๊สจะสูงขึ้น อันมีผลทำให้อัตราเร็วของโมเลกุลภายในมากขึ้นไปด้วยจำนวนครั้งที่โมเลกุลชนผนังภาชนะในหนึ่งหน่วยเวลาจึงเพิ่มขึ้น ลักษณะเช่นนี้ทำให้ความดันของแก๊สเพิ่มขึ้น ทั้งนี้โดยสรุปแล้ว ความดันในภาชนะปิดนั้นจะขึ้นอยู่กับ 1. ปริมาตรแก๊ส (V)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		2. จำนวนโมเลกุลแก๊ส (n) 3. ความเร็วของโมเลกุลแก๊ส (v) **1. ปริมาตรแก๊ส** จากทฤษฎีจลน์ของแก๊ส เราจะพบว่า ปริมาตรแก๊สนั้นจะมีค่าเท่ากับขนาดของภาชนะปิดที่บรรจุแก๊สดังนั้นเราจึงอาจบอกปริมาตรของแก๊สที่พิจารณาด้วยปริมาตรของภาชนะปิดได้ สำหรับผลของปริมาตรแก๊ส หรือ ขนาดของภาชนะปิด ที่มีต่อความดันในภาชนะปิดนั้นอาจอธิบายได้ดังนี้ คือ ถ้าเรามีภาชนะปิด 2 อัน โดยภาชนะปิดอันที่ 1 มีขนาดหรือปริมาตรเท่ากับ 10 ลิตร และภาชนะปิดอันที่ 2 มีขนาดหรือปริมาตรเท่ากับ 20 ลิตร โดยในภาชนะทั้ง 2 อัน มีโมเลกุลแก๊ส 5 โมเลกุลเท่ากัน ถามว่าค่าความดันในภาชนะปิดใดสูงกว่ากัน <u>ตอบ</u> อันที่ 1/ อันที่ 2 ถูกต้อง / ไม่ถูกต้อง ในกรณีนี้จะพบว่า ค่าความดันที่จะเกิดขึ้นในภาชนะปิดใบที่ 1 จะมีค่ามากกว่า เนื่องจากขนาดของภาชนะปิดใบที่ 1 มีขนาดเล็กกว่าภาชนะปิดใบที่ 2 ทำให้โมเลกุลแก๊สในภาชนะปิดใบที่ 1 มีระยะทางสั้น โอกาสที่โมเลกุลแก๊สจะชนผนังจึงมีบ่อยครั้งกว่า ส่งผลให้เกิดความดันมากขึ้นด้วย ในทางปฏิบัติการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของแก๊สสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนภาชนะที่บรรจุแก๊สใหม่ ให้มีขนาดปริมาตรตามที่ต้องการนั่นเอง **2. จำนวนโมเลกุลแก๊ส** ผลของจำนวนโมเลกุลแก๊สในภาชนะปิดที่มีต่อความดันในภาชนะปิด อาจพิจารณาได้ดังนี้ ถ้าสมมติเรามีภาชนะปิด 2 อัน ที่มีขนาดเท่ากัน แต่ในภาชนะปิดอันที่ 1 มี

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		โมเลกุลแก๊ส 10 โมเลกุล ส่วนภาชนะปิดอันที่ 2 มีโมเลกุลแก๊ส 5 โมเลกุล ถามว่าภาชนะปิดใดจะมีความดันมากที่สุด ตอบ อันที่ 1 / อันที่ 2 ถูกต้อง / ไม่ถูกต้อง ในกรณีนี้ เนื่องจากจำนวนโมเลกุลของแก๊สในภาชนะปิดอันที่ 1 มากกว่าของภาชนะปิดอันที่ 2 ดังนั้นโอกาสที่โมเลกุลแก๊สจะวิ่งชนผนังแล้วทำให้เกิดแรงที่ผนังจึงมากกว่าของภาชนะปิดอันที่ 2 ด้วย ส่งผลให้ความดันในภาชนะปิดอันที่ 1 จึงมากที่สุดนั้นเอง ในทางปฏิบัติการเปลี่ยนแปลงจำนวนโมเลกุลของแก๊ส สามารถทำได้โดยเพิ่มหรือลดปริมาตรของแก๊สที่ต้องการศึกษานั่นเอง 3. **ความเร็วของโมเลกุลแก๊ส** ความเร็วของโมเลกุลแก๊สในภาชนะปิดที่มีต่อความดัน อาจพิจารณาได้ดังนี้ คือ ถ้าเรามีภาชนะปิด 2 อัน ที่มีขนาดเท่ากัน และในแต่ละอันมีโมเลกุลแก๊สเท่ากัน แต่โมเลกุลแก๊สในภาชนะปิดใบที่ 1 มีความเร็วมากกว่าโมเลกุลแก๊สในภาชนะปิดใบที่ 2 ถามว่าภาชนะปิดใดจะมีความดันมากที่สุด ตอบ อันที่ 1 / อันที่ 2 ถูกต้อง / ไม่ถูกต้อง ในกรณีนี้ เนื่องจากความเร็วของโมเลกุลแก๊สในภาชนะปิดอันที่ 1 มากกว่าของภาชนะปิดอันที่ 2 ดังนั้นโอกาสที่โมเลกุลแก๊สจะวิ่งชนผนังแล้วทำให้เกิดแรงที่ผนังจึงมากกว่าของภาชนะปิดอันที่ 2 ด้วย ส่งผลให้ความดันในภาชนะปิดอันที่ 1 มากกว่าภาชนะปิดอันที่ 2 นั้นเอง ในทางปฏิบัติการเปลี่ยนแปลงความเร็วของโมเลกุลแก๊ส สามารถทำได้โดยเพิ่มหรือลดอุณหภูมิของแก๊สที่ต้องการศึกษานั่นเอง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

1-5	1. แสดงปุ่มเพื่อให้ผู้เรียนเลือกกฎของบอยล์และกฎของชาร์ล 2. อักษรแสดงความหมายกฎของบอยล์ 3. ภาพภาชนะปิดผนังสามารถเลื่อนเข้าหรือออกได้ภายในภาชนะปิดบรรจุแก๊สอยู่ และภาชนะเลื่อนเข้าและเลื่อนออกโดยส่งผลต่อความดันในภาชนะ 4. อักษรแสดงความหมายกฎของชาร์ล 5. ภาพการให้ความร้อนแก่ภาชนะปิดแล้วทำให้อุณหภูมิของแก๊สเพิ่มขึ้นส่งผลให้โมเลกุลของแก๊สเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สูงขึ้น	**กฎของบอยล์และกฎของชาร์ล** ในการศึกษาเกี่ยวกับระบบสุญญากาศ เราจำเป็นที่จะต้องเรียนรู้ถึงกฎสำคัญที่เกี่ยวข้อง 2 กฎด้วยกันคือ กฎของบอยล์และกฎของชาร์ล 1. **กฎของบอยล์** (Boyle's Law) กฎของบอยล์ กล่าวว่า "เมื่ออุณหภูมิแก๊สคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผกผันกับความดัน" นั่นหมายถึง ถ้าเราเพิ่มปริมาตรของแก๊ส ความดันจะลดลง หรือ ถ้าลดปริมาตรของแก๊ส ความดันก็จะเพิ่มขึ้น กฎของบอยล์ สามารถแสดงได้ดังนี้ ถ้าเรามีภาชนะปิด ซึ่งผนังสามารถเลื่อน เข้าหรือออก เพื่อ เพิ่มหรือลดปริมาตร ได้อยู่ 1 อัน ภายในภาชนะปิดนี้บรรจุแก๊สอยู่ปริมาณหนึ่ง สมมติว่าสถานะเริ่มต้นของแก๊สในภาชนะปิดนี้มีปริมาตร V_0 และมีความดัน P_0 ต่อมาถ้าเราเลื่อนผนังทุกด้านของภาชนะปิดแล้วทำให้ภาชนะปิดนั้นมีปริมาตรลดลง พบว่าขณะนั้นแก๊สจะมีปริมาตรลดลงเป็น V_1 ด้วย ผลที่ตามมาคือความดันในภาชนะปิดนั้นกลับเพิ่มขึ้นเป็น P_1 ที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อเราลดปริมาตรของแก๊สซึ่งทำได้โดยการลดขนาดของภาชนะปิด จะทำให้โมเลกุลของแก๊สในภาชนะปิดนั้น มีโอกาสวิ่งชนกับผนังของภาชนะปิดได้มากและบ่อยครั้งขึ้น เนื่องจากระยะทางในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลแก๊สสั้นลง เป็นผลให้ความดันในภาชนะเพิ่มขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าเราเลื่อนผนังทุกด้านของภาชนะปิด แล้วทำให้ภาชนะปิดนั้นมีปริมาตรมากขึ้น จะพบว่าขณะนั้นแก๊สจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้นเป็น V_2 ผลที่ตามมาคือความดันในภาชนะปิดนั้นลดลงเป็น P_2 ที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อเราเพิ่มปริมาตรของแก๊สซึ่งทำได้โดยการเพิ่มขนาดของภาชนะปิด จะทำให้โมเลกุลของแก๊สในภาชนะปิดนั้น มีโอกาสวิ่งชนกับผนังของภาชนะปิดได้น้อยลง เนื่องจากระยะ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ทางในการเคลื่อนที่ของโมเลกุลแก๊สยาวขึ้น เป็นผลให้ความดันในภาชนะลดลง

2. **กฎของชาร์ล** (Charle's Law)

กฎของชาร์ล กล่าวว่า "เมื่อความดันคงที่ ปริมาตรของแก๊สจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิของแก๊ส" นั่นหมายถึง ถ้าอุณหภูมิของแก๊สเพิ่มขึ้น ปริมาตรของแก๊สก็จะเพิ่มตามด้วย หรือ ถ้าอุณหภูมิของแก๊สลดลง ปริมาตรของแก๊สก็จะลดลงด้วย

กฎของชาร์ล สามารถแสดงได้ดังนี้ ถ้าเรามีภาชนะปิด ซึ่งผนังสามารถเลื่อน เข้าหรือออก เพื่อ เพิ่มหรือลดปริมาตร ได้อยู่ 1 อัน ภายในภาชนะปิดนี้มีแก๊สอยู่ปริมาณหนึ่ง สมมติว่าสถานะเริ่มต้นของแก๊สในภาชนะปิดนี้มีปริมาตร V_0 และมีอุณหภูมิ T_0 ต่อมาถ้าเราให้ความร้อนแก่ภาชนะปิดแล้วทำให้อุณหภูมิของแก๊สเพิ่มขึ้นเป็น T_1 กรณีนี้ปริมาตรของแก๊สจะเพิ่มขึ้นเป็น V_1 ด้วย ที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อเราเพิ่มอุณหภูมิของแก๊ส จะทำให้พลังงานจลน์ของแก๊สเพิ่มขึ้น ส่งผลให้โมเลกุลของแก๊สเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สูงขึ้น ดังนั้นโอกาสที่โมเลกุลแก๊สจะวิ่งชนผนังภาชนะปิดจึงมากและบ่อยครั้งขึ้น ผลที่ตามมาคือความดันจะสูงขึ้นด้วย ในกรณีเราต้องควบคุมความดันให้คงที่เพื่อให้เป็นไปตามกฎของชาร์ล โดยการเพิ่มปริมาตรของแก๊ส

ในทางตรงกันข้ามถ้าเรานำภาชนะที่บรรจุแก๊สนี้ไปไว้ในที่เย็นมากๆ จะทำให้อุณหภูมิของแก๊สลดลงเป็น T_2 กรณีนี้ปริมาตรของแก๊สจะลดลงเป็น V_2 ด้วย ที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อเราลดอุณหภูมิของแก๊ส จะทำให้พลังงานจลน์ของแก๊สลดลง ส่งผลให้โมเลกุลของแก๊สเคลื่อนช้าลง ดังนั้นโอกาสที่โมเลกุลแก๊สจะวิ่งชนผนังภาชนะปิดจึงน้อยครั้ง ผลที่ตามมาคือความดันจะลดลงด้วย ในกรณีเราต้องควบคุมความดันให้คงที่เพื่อให้เป็นไปตามกฎของชาร์ล โดยการลด

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		ปริมาตรของแก๊ส
1-6	1. แสดงแก๊สในภาชนะปิดที่มีจำนวนมากและแสดงมาตรวัดความดันมีค่าสูง 2. แสดงแก๊สในภาชนะปิดที่มีจำนวนน้อยและแสดงมาตรวัดความดันมีค่าต่ำ 3. แสดงการสูบอากาศออกจากภาชนะโดยใช้เครื่องสูบกล ทำให้ความดันในภาชนะลดลง 4. แสดงการลดอุณหภูมิของแก๊สในภาชนะโดยใช้การควบแน่น (ความเย็น) ทำให้ความดันในภาชนะลดลง	**เราสร้างภาวะสุญญากาศได้อย่างไร** ตอนนี้เราจะมาพิจารณา วิธีการสร้างภาวะสุญญากาศในภาชนะปิดที่เราต้องการ ปกติในภาชนะหนึ่งๆ นั้น แม้ว่าเราจะปิดผนึกภาชนะนั้นเป็นอย่างดีแล้วก็ตาม แต่ในภาชนะปิดนั้นจะยังไม่เป็นสุญญากาศ เพราะในภาชนะปิดนั้นยังคงมีอากาศหรือโมเลกุลของแก๊สชนิดต่างๆ อยู่เต็มภาชนะปิดนั้น ซึ่งพิจารณาได้จากความดันภายในภาชนะปิด จากแนวคิดเกี่ยวกับ สุญญากาศ ที่ได้กล่าวมาตั้งแต่ต้น จะพบว่า สิ่งที่มีผลต่อความเป็นสุญญากาศในภาชนะปิดคือ แก๊สชนิดต่างๆ ในบรรยากาศนั่นเอง เพราะถ้ามีแก๊สในภาชนะปิดมากๆ ความเป็นสุญญากาศก็น้อย ส่งผลให้ความดันภายในภาชนะปิดมีค่าสูง ในทางกลับกันถ้ามีแก๊สในภาชนะปิดน้อยๆ ความเป็นสุญญากาศก็จะมาก และความดันภายในภาชนะปิดก็จะน้อย ดังนั้นในการสร้างภาวะสุญญากาศในภาชนะปิดใดๆ เราจำเป็นต้องจัดการกับแก๊สในภาชนะปิดนั้น ซึ่งทำได้ 2 วิธี ดังนี้ วิธีแรก เป็นดึงโมเลกุลของแก๊สชนิดต่างๆ ในภาชนะปิดออกมาทิ้งนอกภาชนะปิด ซึ่งทำได้โดยการใช้เครื่องสูบชนิดต่างๆ สูบเอาแก๊สในภาชนะปิดนั้นออกมา ประเด็นสำคัญของวิธีนี้ คือ เป็นวิธีที่มีการสูบเอาโมเลกุลแก๊สภายในภาชนะปิดออกมาทิ้งข้างนอกจริงๆ ทำให้จำนวนโมเลกุลของแก๊สในภาชนะปิดนั้นลดน้อยลงและเกิดเกิดที่ว่าง หรือสุญญากาศ ในภาชนะปิดมากขึ้นส่งผลให้ความดันในภาชนะลดต่ำลง ตัวอย่างของวิธีนี้เช่น การใช้เครื่องสูบกลโรตารีสูบเอาโมเลกุลแก๊สออกจากภาชนะปิด วิธีที่สอง เป็นการควบแน่นโมเลกุลแก๊สให้มีขนาดเล็กลงเพื่อไม่ให้ฟุ้งกระจายไปทั่วภาชนะปิด ผลจากการควบแน่นโมเลกุลแก๊สนี้จะทำให้เกิดที่ว่าง หรือ สุญญากาศ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		ในภาชนะปิดนั่นเอง สำหรับการควบแน่นโมเลกุลแก๊สในวิธีนี้อาศัยแนวคิดเกี่ยวกับพลังงานจลน์ของแก๊สที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิของแก๊ส ตามสมการ $E_k = 3/2\ k_BT$ ซึ่งจะเห็นได้ว่าถ้าอุณหภูมิของแก๊สลดลง พลังงานจลน์ของแก๊สก็จะลดลงด้วย ส่งผลให้โมเลกุลแก๊สเคลื่อนที่ช้าลง และมาควบแน่นอยู่ในบริเวณที่กำหนด ทำให้เกิดที่ว่าง หรือ สุญญากาศ ในภาชนะปิดนั้น ส่งผลให้ความดันในภาชนะลดต่ำลงด้วย ประเด็นสำคัญของวิธีนี้คือ เป็นวิธีที่ไม่มีการสูบหรือนำโมเลกุลของแก๊สออกนอกภาชนะปิด แต่ใช้วิธีควบแน่นหรือจับให้โมเลกุลแก๊สมารวมตัวกันเพื่อให้เกิดที่ว่าง หรือสุญญากาศในภาชนะปิดเท่านั้น
1-7	1. อักษรแสดงค่าความดันระดับบรรยากาศ 2. ตารางแสดงระดับความเป็นสุญญากาศ	**เมื่อไรจึงจะเกิดภาวะเป็นสุญญากาศ** ความเป็นสุญญากาศในบริเวณใดๆ นั้น เราสามารถบอกได้ด้วย ค่าระดับความดัน ทั้งนี้โดยทั่วไปจะถือว่า ถ้าความดันในบริเวณที่พิจารณามีค่าต่ำกว่าความดันบรรยากาศซึ่งมีค่าเท่ากับ 1,000 mbar ก็จะถือว่าในบริเวณนั้นมีความเป็นสุญญากาศ หรือ เกิดภาวะสุญญากาศ ขึ้นแล้ว สำหรับการพิจารณาว่าภาชนะปิดใดๆ นั้น มีความเป็นสุญญากาศมากน้อยเพียงใดนั้น เราสามารถพิจารณาได้จากระดับความดันในภาชนะปิดนั้นๆ โดย ถ้าความดันในภาชนะปิดนั้นมีค่าน้อย ความเป็นสุญญากาศก็จะมาก ในทางกลับกัน ถ้าความดันในภาชนะปิดนั้นมีค่ามาก ความเป็นสุญญากาศก็จะน้อย ในทางสากลจะบอกช่วงหรือระดับความเป็นสุญญากาศ ด้วย องศาความเป็นสุญญากาศ ซึ่งขึ้นกับระดับความดัน โดยจะแบ่งเป็นช่วงต่างๆ ตามค่าความดัน เช่น ที่ความดันเท่ากับ 10^{+3} mbar จะเรียกว่าความดันบรรยากาศ ถ้าความดันอยู่ในช่วง 10^{+3}-1 mbar เรียกว่า

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		ภาวะสุญญากาศต่ำ ถ้าความดันอยู่ในช่วง 1-10^{-3} mbar เรียกว่าภาวะสุญญากาศปานกลาง และถ้าความดันอยู่ในช่วง 10^{-3}-10^{-7} mbar เรียกว่าภาวะสุญญากาศสูง เป็นต้น
Sub menu บทที่ 2	เมนูรอง (Sub menu) ส่วนประกอบของระบบสุญญากาศ	เมนูรองมีรายการให้เลือกเข้าสู่บทเรียน 5 รายการ 1. ส่วนประกอบของระบบสุญญากาศ 2. ภาชนะสุญญากาศ (Vacuum chamber) 3. เครื่องสูบสุญญากาศ (vacuum pump) 4. มาตรวัดความดัน pressure gauge 5. ท่อและวาล์ว (pipe and valves)
2-1	1. ภาพประกอบที่เกี่ยวข้องกับส่วนประกอบของระบบสุญญากาศ 2. ภาพระบบสุญญากาศจริงเปรียบเทียบกับภาพจำลองที่สร้างขึ้นและชี้ส่วนประกอบทีละชิ้นส่วน	**ส่วนประกอบของระบบสุญญากาศ** เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ต้องใช้เทคนิคด้านสุญญากาศนั้น จะต้องมีระบบสุญญากาศเป็นส่วนประกอบพื้นฐาน ซึ่งระบบสุญญาศเหล่านี้จะมีลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานเป็นสำคัญ ทั้งนี้โดยพื้นฐานแล้ว ระบบสุญญากาศจะมีส่วนประกอบหลักๆ ดังนี้คือ คือ 1. ภาชนะปิดหรือที่เรียกว่าภาชนะสุญญากาศ เป็นส่วนที่ต้องการสร้างภาวะสุญญากาศเพื่อใช้งาน 2. เครื่องสูบสุญญากาศ เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการสูบอากาศหรือโมเลกุลของแก๊สภายในภาชนะปิด 3. มาตรวัดความดัน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตรวจวัดระดับความดันภายในภาชนะปิด 4. ท่อและวาล์ว เป็นอุปกรณ์สำหรับเชื่อมต่ออุปกรณ์และส่วนต่างๆ ของระบบสุญญากาศ 5. อุปกรณ์ประกอบอื่นๆ เป็นอุปกรณ์พิเศษเฉพาะ ซึ่งจะมีหรือไม่ก็ได้ขึ้นกับการใช้งาน อย่างไรก็ดี ความจำเป็นและความต้องการอุปกรณ์เหล่านี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบและการใช้งานระบบสุญญากาศนั้น ในตอนนี้เราจะกล่าวถึงเฉพาะส่วนประกอบและอุปกรณ์ที่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		จำเป็นของของระบบสุญญากาศพื้นฐานเท่านั้น
2-2	1. ภาพระบบสุญญากาศจริงเปรียบเทียบกับภาพจำลองที่สร้างขึ้นและชี้ภาชนะสุญญากาศ 2. ภาพประกอบที่เกี่ยวข้องกับประโยชน์ของสุญญากาศ 3. ภาพส่วนประกอบที่ภาชนะสุญญากาศ	**ภาชนะสุญญากาศ** ภาชนะสุญญากาศ ที่เรียกว่า vacuum chamber เป็นภาชนะที่ต้องการสร้างภาวะสุญญากาศ เพื่อใช้สำหรับงานที่ จำเป็นต้องอยู่ในภาวะสุญญากาศ เช่น การเคลือบฟิล์มบางลงบนผิววัสดุ การศึกษาเกี่ยวกับพลาสม่า ปกติแล้วภาชนะสุญญากาศจะทำจากชิ้นส่วนที่เป็นสเตนเลส ซึ่งนำมาประกอบเป็น ตัวถังรูปร่างต่างๆ ตามต้องการ เช่น ทรงกระบอก ทรงเหลี่ยม นอกจากนี้จะมี แผ่นฐาน ที่เรียกว่า base plate แผ่นปิดบน ที่เรียกว่า top plate รวมถึงหน้าแปลนขนาดต่างๆ ตามต้องการ เช่น หน้าแปลนสำหรับติดตั้งมาตรวัดความดัน หน้าแปลนสำหรับติดตั้งขั้วไฟฟ้า หน้าแปลนสำหรับติดกระจกเพื่อสังเกตปรากฏการณ์ในภาชนะสุญญากาศ ฯลฯ
2-3	1. ภาพเครื่องสูบที่ใช้กันในระบบสุญญากาศ 2. ภาพระบบสุญญากาศจริงเปรียบเทียบกับภาพจำลองที่สร้างขึ้น	**เครื่องสูบสุญญากาศ** เครื่องสูบสุญญากาศ ที่เรียกว่า vacuum pump เป็นอุปกรณ์สำหรับสร้างภาวะสุญญากาศ หรือลดความดันภายในภาชนะสุญญากาศ ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายแบบ หลายชนิด ขึ้นกับช่วงระดับความดันที่ต้องการใช้งาน สำหรับระบบสุญญากาศพื้นฐานทั่วไป ที่ต้องการความเป็นสุญญากาศไม่มากนัก เช่นต้องการระดับความดันในภาชนะสุญญากาศในช่วง 10^{-3} mbar นั้น สามารถใช้เครื่องสูบกลโรตารีอย่างเดียวก็เพียงพอ แต่ถ้าเป็นระบบสุญญากาศที่ต้องการความเป็นสุญญากาศมากขึ้น เช่น ต้องการความดันอยู่ในช่วง 10^{-7}-10^{-5} mbar นั้นเครื่องสูบของระบบนี้จะต้องประกอบด้วยเครื่องสูบอย่างน้อย 2 ชนิด ได้แก่ เครื่องสูบกลโรตารี และเครื่องสูบแบบแพร่ไอ
Sub	เมนูรอง (Sub menu)	เมนูรองมีรายการให้เลือกเข้าสู่บทเรียน 2 รายการ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

menu บทที่ 2-3	เครื่องสูบสุญญากาศ	1. เครื่องสูบกลโรตารี 2. เครื่องสูบแพร่ไอ
2-3-1	1. ภาพ โวล์ฟแกง เกเด 2. อักษรแสดง ค.ศ. ที่คิดค้นขึ้น 3. ภาพประกอบของเครื่องสูบกล 4. ภาพระบบสุญญากาศจริงเปรียบเทียบกับภาพจำลองที่สร้างขึ้น 5. ภาพจำลองส่วนประกอบภายในของเครื่องสูบกลโรตารี 6. ภาพจำลองและแสดงการทำงานของเครื่องสูบกลโรตารี	**เครื่องสูบกลโรตารี** บุคคลสำคัญที่คิดค้นและพัฒนา เครื่องสูบกลโรตารี หรือ rotary pump คือ โวล์ฟแกง เกเด (Wolfgang Gaede) เขาได้คิดค้นและประดิษฐ์ เครื่องสูบโรตารีชนิดซีลน้ำมัน สำเร็จในปี ค.ศ. 1907 ซึ่งเครื่องสูบกลโรตารีที่ใช้ในปัจจุบันส่วนใหญ่ยังคงใช้หลักการเดียวกับเครื่องสูบ ที่ เกเด ประดิษฐ์ขึ้น เพียงแต่มีการปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้น นั้นเอง เครื่องสูบกลโรตารี เป็นเครื่องสูบที่อาศัยหลักการทำงานเชิงกล ที่สามารถลดความดันจาก ความดันบรรยากาศ คือความดันในช่วง 10^3 mbar จนถึงความดันประมาณ 10^{-3} mbar ปกติเครื่องสูบกลโรตารีนี้จะใช้เป็นเครื่องสูบสำหรับสร้างภาวะสุญญากาศขั้นต้นให้กับภาชนะสุญญากาศ และบางครั้งยังใช้เป็นเครื่องสูบท้าย หรือ backing pump ให้กับเครื่องสูบแบบแพร่ไออีกด้วย จากภาพจะเป็นภาพตัดขวางของเครื่องสูบโรตารีชนิดน้ำมัน ซึ่งภายในเครื่องสูบจะประกอบด้วยโลหะทรงกระบอก B ซึ่งเรียกว่าโรเตอร์ โรเตอร์นี้จะหมุนอยู่ในช่องทรงกระบอก A ซึ่งเรียกว่าสเตเตอร์ โดยแกนหมุนของโลหะทรงกระบอก B จะเยื้องกับแกนกลางของทรงกระบอก A ทำให้ผิวด้านหนึ่งของโรเตอร์อยู่เกือบชิดกับผิวของสเตเตอร์ โรเตอร์จะมีช่องในแนวเส้นผ่านศูนย์กลาง ซึ่งสอดใบพัดสำหรับกวาดแก๊สที่ต้องการสูบออกอยู่สองอัน โดยมีสปริงอยู่ตรงกลางระหว่างใบพัดทั้งสอง สปริงนี้จะทำหน้าที่ดันใบพัดให้ชิดกับผนังของสเตเตอร์ตลอดเวลา ผนังสเต

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		เตอร์นี้จะจมอยู่ในน้ำมัน ซึ่งน้ำมันนี้จะทำหน้าที่เป็นซีลและเป็นสารหล่อลื่นไปในตัว เมื่อโรเตอร์หมุน อากาศที่ต้องการสูบออกจะเข้าที่ช่องทางเข้า และถูกอัดด้วยใบพัดที่ติดกับโรเตอร์ ในแต่ละรอบการหมุนของโรเตอร์ จะเกิดการอัดอากาศสองครั้ง ความดันทางด้านใต้ของวาล์วช่องทางออกจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อความดันนี้สูงกว่าความดันของบรรยากาศอากาศภายนอกเครื่องสูบจะดันผ่านวาล์วออกสูบรรยากาศ
2-3-2	1. ภาพเปรียบเทียบของนักวิทยาศาสตร์ 2 คน คือ เกเด และแลงมัว มีอักษรแสดงประเทศและปีที่คิดค้น 2. ภาพระบบสุญญากาศจริงเปรียบเทียบกับภาพจำลองที่สร้างขึ้น โดยการแสดงการทำงานอย่างคราว ๆ ของการสร้างสุญญากาศต่ำและการสร้างสุญญากาศสูง 3. ภาพส่วนประกอบของเครื่องสูบแพร่ไอ 4. ภาพตัวถังเครื่อง	**เครื่องสูบแบบแพร่ไอ** เครื่องสูบแบบแพร่ไอ หรือ diffusion pump เป็นเครื่องสูบที่ได้รับการคิดค้นและประดิษฐ์ขึ้นโดยนักวิทยาศาตร์สองคนในเวลาที่ใกล้เคียงกันแต่คนละทวีป คือ เกเด และ แลงมัว (I.Langmuir) โดยเกเด ได้คิดค้นและประดิษฐ์เครื่องสูบแบบแพร่ไอขึ้นที่ประเทศเยอรมันในปี ค.ศ. 1915 ส่วนแลงมัวคิดค้นและประดิษฐ์ขึ้นที่ประเทศสหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 1916 เครื่องสูบแบบแพร่ไอนี้ ต่างจากเครื่องสูบกลโรตารี คือไม่สามารถทำงานที่ความดันบรรยากาศ แต่จะทำเริ่มทำงานได้ที่ความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ คือจะทำงานได้ในช่วงความดันระหว่าง 10^{-2}-10^{-7} mbar ดังนั้นก่อนใช้เครื่องสูบแบบแพร่ไอ จะต้องลดความดันในภาชนะสุญญากาศให้อยู่ในช่วงประมาณ 10^{-2} mbar ก่อน ซึ่งทำได้โดยการใช้เครื่องสูบกลโรตารีลดความดันในภาชนะสุญญากาศก่อน การลดความดันนี้เป็นการทำสุญญากาศขั้นต้น บางครั้ง จึงเรียกว่า การสูบแบบหยาบ และเรียกเครื่องสูบกลโรตารีที่ทำหน้าที่นี้ว่า เครื่องสูบหยาบ หรือ roughing pump เมื่อภาชนะสุญญากาศมีความดันประมาณ 10^{-2} mbar หลังจากนั้นจึงใช้เครื่องสูบแบบแพร่ไอในการสร้างภาวะสุญญากาศสูงต่อไป

	สูบถูกผ่าเพื่อให้เห็นหัวฉีดด้านใน 5. ภาพจำลองเครื่องสูบแพร่ไอ แสดงหลักการทำงานของเครื่องสูบตามขั้นตอน	เครื่องสูบแบบแพร่ไอมีส่วนประกอบดังภาพ คือ มีตัวถังของเครื่องสูบแบบแพร่ไอจะมีลักษณะทรงกระบอกกลวง มีท่อน้ำสำหรับให้น้ำเย็นไหลผ่านเพื่อระบายความร้อน หรือบางครั้งอาจใช้พัดลมในการระบายความร้อนก็ได้ ด้านใต้เครื่องสูบจะมีลวดความร้อนสำหรับต้มน้ำมันที่อยู่ภายในเครื่องสูบ ภายในเครื่องสูบแบบแพร่ไอนี้จะมีท่อเป็นปล่องซ้อนสำหรับนำไอของน้ำมันที่ถูกต้มขึ้นสู่ด้านบนของปล่องซึ่งมีลักษณะเป็นช่องวงแหวน ที่เรียกว่า หัวฉีด หรือ เจ็ต ซึ่งจะฉีดไอน้ำมันออกด้านข้าง สำหรับ ปล่องและหัวฉีดอาจมีได้หลายชั้น หรือหลายตอน เช่น เครื่องสูบแบบแพร่ไอที่แสดงในรูปจะมีปล่องสามชั้น จะเรียกว่า เครื่องสูบสามตอน สำหรับหลักการทำงานของเครื่องสูบแบบแพร่ไอ คือ น้ำมันของเครื่องสูบซึ่งอยู่ที่ก้นท่อเหล็กรูปทรงกระบอกจะถูกเผาให้ร้อนด้วยขดลวดความร้อนจนเดือด น้ำมันจะระเหยกลายเป็นไอลอยตัวขึ้นไปตามช่องของปล่องท่อกลวง ไอน้ำมันที่ลอยขึ้นมานี้จะปะทะกับช่องของหัวฉีด หรือ เจ็ตที่ระดับต่างๆ ซึ่งจะเป็นการบังคับทิศทางการเคลื่อนที่ของไอน้ำมันให้พ่นออกด้านข้างเข้าชนกับตัวถังของเครื่องสูบด้วยความเร็วเหนือเสียง โมเลกุลของไอน้ำมันที่ถูกพ่นออกมาจะชนและพาโมเลกุลแก๊สที่อยู่บริเวณข้างเคียงหัวฉีด หรือ เจ็ตไปชนกับผนังของ ที่ผนังของตัวถังเครื่องสูบจะมีการระบายความร้อนด้วยน้ำ ดังนั้นเมื่อไอน้ำมันและโมเลกุลของแก๊สที่มีอุณหภูมิสูงวิ่งเข้าชนกับผนังของตัวถังเครื่องสูบที่เย็นกว่า จะทำให้ไอน้ำมันและโมเลกุลแก๊สสูญเสียพลังงานและเกิดการควบแน่น ตกลงด้านล่างของตัวถังเครื่องสูบ ทำให้บริเวณด้านบนเหนือหัวฉีด หรือ เจ็ต เกิดที่ว่าง ซึ่งโมเลกุลของแก๊สที่อยู่ด้านบนขึ้นไปนั้นจะมีการแพร่ หรือ เคลื่อนที่ลงมาในทิศ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		ทางจากบนลงล่าง จากการทำงานที่ต่อเนื่องของเครื่องสูบแบบแพร่ไอนี้ จะทำให้ดูเหมือนว่า ไอน้ำมันปริมาณมากที่ถูกฉีดออกมาจาก หัวฉีด หรือ เจ็ต นั้นจะกวาดเอาโมเลกุลแก๊สที่อยู่ข้างเคียงลงมาเป็นจังหวะพร้อมๆ กัน ทำให้บริเวณต้นบนสุดของเครื่องสูบที่ต่อกับภาชนะสุญญากาศนั้นเกิดที่ว่าง โมเลกุลของแก๊สในภาชนะสุญญากาศจึงสามารถแพร่ หรือ เคลื่อนที่เข้ามาในเครื่องสูบได้ ซึ่งโมเลกุลแก๊สเหล่านี้จะถูกไอน้ำมันกวดลงมาด้านล่างอีกต่อหนึ่ง โมเลกุลของแก๊สที่ถูกสูบลงมารวมกันอยู่ที่ด้านล่างของตัวถังเครื่องสูบนั้นจะทำให้ความดันของแก๊สบริเวณนี้มากกว่าด้านบน เพื่อไม่ให้เกิดการไหลย้อนกลับ จึงต้องใช้เครื่องสูบกลโรตารีสูบโมเลกุลของแก๊สเหล่านี้ออกจากเครื่องสูบแบบแพร่ไออีกต่อหนึ่ง และเรียกเครื่องสูบกลโรตารีที่ทำหน้าที่นี้ว่า เครื่องสูบท้าย หรือ backing pump
2-4	1. ภาพของท่อและวาล์วที่ใช้ในระบบสุญญากาศ 2. ภาพจริงของระบบและภาพจำลองที่สร้างขึ้นแสดงส่วนที่เป็นท่อและวาล์ว 3. อักษรแสดงชื่อของวาล์วแต่ละชนิดพร้อมชี้ตำแหน่ง 4. ภาพจำลองแสดงหน้าที่การทำงานของวาล์วปล่อย	**ท่อและวาล์ว** อุปกรณ์สุดท้ายที่จำเป็นของระบบสุญญากาศคือ ท่อและวาล์ว เนื่องจากอุปกรณ์ในระบบสุญญากาศส่วนใหญ่จะเป็นอุปกรณ์ที่มีการปิดผลึก หรือ ซีลด์ เป็นอย่างดี ดังนั้นการเชื่อมต่ออุปกรณ์แต่ละส่วนเข้าด้วยกัน สามารถทำได้โดยการใช้ต่อซึ่งอาจทำจากโลหะ หรือ ยาง หรือ แก้ว ก็ได้ในการเชื่อมต่อกัน นอกจากนี้ในบางครั้งเราจำเป็นต้องปิด หรือ ตัด หรือ แยกส่วนการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ออกจากกัน เราก็สามารถทำได้โดยการใช้ วาล์ว ทั้งนี้โดยพื้นฐานแล้วท่อและวาล์วที่ใช้ในระบบสุญญากาศจะมีลักษณะการทำงานเหมือนหรือคล้ายกัน แต่จะมีชื่อเรียกที่ต่างกันตามหน้าที่ของท่อและวาล์วนั้น เช่น ท่อหยาบ หรือ roughing line และวาล์วหยาบ หรือ rounghing valve อุปกรณ์ชุดนี้จะเป็นท่อและวาล์ว ที่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		ต่อจากภาชนะสุญญากาศมายังเครื่องสูบกลโรตารี เพื่อทำหน้าที่ในการนำแก๊สจากภาชนะสุญญากาศสูบผ่านเครื่องสูบกลโรตารีออกสู่บรรยากาศภายนอกในช่วงแรก ท่อท้าย หรือ backing line และ วาล์วท้าย หรือ backing valve อุปกรณ์ชุดนี้เป็นท่อและวาล์ว ที่ต่อจากเครื่องสูบแบบแพร่ไอมายังเครื่องสูบกลโรตารี ทำหน้าที่ในการนำแก๊สที่เครื่องสูบแบบแพร่ไอสูบออกมาจากภาชนะสุญญากาศแล้วส่งต่อให้กับเครื่องสูบกลโรตารีเพื่อปล่อยออกสู่บรรยากาศเพื่อให้ความดันภายในภาชนะสุญญากาศลดลงตามต้องการ วาล์วสุญญากาศสูง หรือ high vacuum valve อุปกรณ์นี้จะเป็นวาล์วที่ทำหน้าที่ในการแยกส่วนของบริเวณสุญญากาศสูงและเครื่องสูบสุญญากาศออกจากกัน วาล์วปล่อย หรือ release valve หรือ vent valve เป็นวาล์วที่ทำหน้าที่ปล่อยอากาศจากภายนอกเข้าสู่ชิ้นส่วนของระบบสุญญากาศที่ต้องการให้ความดันในชิ้นส่วนนั้นเท่ากับความดันบรรยากาศ ปกติในระบบสุญญากาศพื้นฐานจะมีอยู่ 2 ชุด คือ (1) วาล์วปล่อยสำหรับภาชนะสุญญากาศ ใช้เมื่อต้องการเปิดฝาของภาชนะสุญญากาศ เนื่องจากเมื่อภาชนะสุญญากาศมีความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศเราจะไม่สามารถเปิดฝาของภาชนะสุญญากาศได้ เราจะต้องทำให้ความดันภายในภาชนะสุญญากาศเท่ากับความดันบรรยากาศภายนอกก่อน จึงจะสามารถเปิดภาชนะสุญญากาศได้ ซึ่งทำได้โดยเปิดวาล์วปล่อยเพื่อให้อากาศจากภายนอกเข้าสู่ภาชนะสุญญากาศจนความดันภายในภาชนะสุญญากาศเท่ากับบรรยากาศภายนอก และ (2) วาล์ปล่อยสำหรับ roughing line ของเครื่องสูบกลโรตารี เนื่องจากเราปิดการทำงานของเครื่องสูบกลโรตารี ความดันใน roughing line ที่ต่ออยู่กับเครื่องสูบ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		กลโรตารีจะต่ำกว่าความดันบรรยากาศทำให้น้ำมันภายในเครื่องสูบกลโรตารีอาจไหลย้อนเข้าสู่ roughing line ได้ดังนั้นเพื่อป้องกันปัญหานี้จึงต้องเพิ่มความดันใน roughing line ให้เท่ากับความดันบรรยากาศ โดยการปิดวาล์วปล่อยนี้ให้อากาศจากภายนอกเข้าสู่ roughing line
2-5	1. ภาพจำลองมาตรวัดความดันพร้อมแสดงการทำงาน 2. ภาพมาตรวัดแต่ละชนิดที่ใช้ในระบบสุญญากาศ 3. ภาพระบบสุญญากาศและภาพจำลองที่ถูกสร้างขึ้นพร้อมทั้งอธิบาย (มีภาพขยายของมาตรวัด)	**มาตรวัดความดัน** การบอกระดับความเป็นสุญญากาศภายในภาชนะสุญญากาศนั้น เราสามารถบอกได้ด้วย ระดับความดันในภาชนะนั้น โดยใช้ มาตรวัดความดัน หรือ pressure gauge ในการวัด มาตรวัดความดัน เป็นอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดความดันภายในภาชนะสุญญากาศ ซึ่งมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน แต่ละชนิดจะอาศัยหลักการในการวัดความดันที่แตกต่างกัน เช่นการวัดความดันที่มีค่าสูงๆ จะใช้หลักการที่ให้ความต่างศักย์ของแก๊สกระทำต่อเครื่องวัดโดยตรง แล้วนำมาแปลผลเป็นความดัน ส่วนการวัดความดันที่มีค่าต่ำๆ จะใช้สมบัติบางประการของแก๊สและไอ เช่นการนำความร้อนมาเป็นหลักในการวัด นอกจากนี้มาตรวัดความดันแต่ละชนิดก็จะมีความเหมาะสมสำหรับการใช้งานในช่วงความดันและชนิดของแก๊สที่แตกต่างกันอีกด้วย ทั้งนี้โดยทั่วไปแล้ว มาตรวัดความดันอาจแบ่งได้เป็นสองกลุ่มคือ (1) มาตรวัดความดันรวม เป็นมาตรที่ใช้วัดความดันที่เกิดจากแก๊สโดยรวม เช่นความดันอากาศ และ (2) มาตรวัดความดันส่วนย่อย เป็นมาตรที่ใช้วัดความดันที่เกิดจากส่วนผสมใดส่วนผสมหนึ่งในแก๊ส เช่น ความดันส่วนย่อยของออกซิเจนในอากาศ สำหรับในบทนี้เราจะกล่างถึงอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้วัดความดันรวมที่ใช้ในระบบสุญญากาศพื้นฐาน ซึ่งจะประกอบด้วยมาตรวัดความดัน 2 ชนิดคือ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		1. มาตรวัดความดันต่ำ มาตรวัดความดันต่ำนี้จะสามารถวัดความดันได้ในช่วง บรรยากาศ คือ ประมาณ 10^{3} mbar ไปจนถึงความดันประมาณ 10^{-3} mbar เท่านั้น ตัวอย่างของมาตรวัดความดันนี้ เช่น มาตรวัดความดันแบบพิรานี หรือ Pirani gauge ซึ่งอาศัยหลักการพาความร้อนของแก๊ส โดยถ้าความดันในภาชนะสุญญากาศมีค่าสูง กล่าวคือ มีแก๊สในปริมาณมาก ก็จะสามารถพาความร้อนได้ดี แต่ถ้าความดันต่ำ นั้นคือ มีแก๊สปริมาณน้อย การพาความร้อนก็จะไม่ดี 2. มาตรวัดความดันสูง มาตรวัดความดันสูงนี้สามารถวัดความดันตั้งแต่ 10^{-2} mbar ลงไป ตัวอย่างของมาตรวัดความดันนี้ เช่น มาตรวัดความดันแบบเพนนิง หรือ Penning gauge ซึ่งอาศัยหลักการแตกตัวของแก๊ส โดยถ้าความดันภายในภาชนะสุญญากาศมีค่าสูง นั้นแสดงว่า มีแก๊สในปริมาณมาก ก็เกิดการแตกตัวของแก๊สมาก การนำไฟฟ้าของหัววัดก็จะดีทำให้วัดความดันได้สูง แต่ถ้าความดันต่ำ นั้นคือ มีแก๊สอยู่ในปริมาณน้อย การแตกตัวของแก๊สก็จะน้อยด้วย การนำไฟฟ้าของหัววัดก็จะไม่ดีทำให้วัดความดันได้ต่ำ เป็นต้น
Sub menu บทที่ 3	เมนูรอง (Sub menu) การสร้างภาวะสุญญากาศ	เมนูรองมีรายการให้เลือกเข้าสู่บทเรียน 4 รายการ 1. การสร้างภาวะสุญญากาศ 2. การเปิดการสร้างภาวะสุญญากาศ 3. ปิดการสร้างภาวะสุญญากาศ 4. การเปิดภาชนะสุญญากาศชั่วคราว
3-1	1. ภาพระบบสุญญากาศที่มีใช้อยู่ 2. ภาพระบบสุญญากาศและ	**การสร้างภาวะสุญญากาศ** ดังที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วว่า ระบบสุญญากาศพื้นฐานนั้น ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเฉพาะตัว แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานเป็นสำคัญ ตอนนี้เราจะมาศึกษากันถึงขั้นตอนการสร้างภาวะสุญญากาศสำหรับระบบ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

	ภาพจำลองระบบพร้อมแนะนำส่วนประกอบต่าง ๆ อีกครั้ง	สุญญากาศพื้นฐานซึ่งติดตั้งเฉพาะอุปกรณ์ที่จำเป็นเท่านั้น กรณีนี้สมมติว่าเราต้องการระบบสุญญากาศที่มีองศาความเป็นสุญญากาศสูง หรือ high vacuum กล่าวคือ ต้องการความดันอยู่ในช่วง 10^{-7}-10^{-5} mbar และก่อนที่เราจะเริ่มศึกษาถึงขั้นตอนการสร้างภาวะสุญญากาศสำหรับระบบสุญญากาศที่เราต้องการข้างต้นนั้น เราจะมาทบทวนถึงอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบสุญญากาศพื้นฐานกันก่อน ดังนี้ อุปกรณ์ชิ้นแรกที่ต้องรู้จัก คือ ภาชนะปิด หรือ ภาชนะสุญญากาศ หรือ vacuum chamber ซึ่งเป็นส่วนที่เราต้องการสร้างภาวะสุญญากาศ ต่อมาคือ ระบบเครื่องสูบสุญญากาศ สำหรับสูบอากาศหรือโมเลกุลของแก๊สภายในภาชนะปิดออก ในกรณีนี้เราจะใช้เครื่องสูบสุญญากาศ 2 ชนิด ร่วมกัน คือ เครื่องสูบกลแบบโรตารี หรือ rotary pumpและ เครื่องสูบแบบแพร่ไอ หรือ diffusion pump โดยเครื่องสูบทั้งสองจะต่อเข้ากับภาชนะสุญญากาศ ด้วยท่อสุญญากาศและมีวาล์วเปิด-ปิดสำหรับแยกส่วนการทำงาน โดยท่อและวาล์วที่ใช้ในระบบนี้จะประกอบด้วย ท่อชุดที่ 1 ซึ่งต่อระหว่างภาชนะสุญญากาศกับเครื่องสูบกลโรตารี ทำหน้าที่ในการลดความดันขั้นต้น เรียกท่อนี้ว่า ท่อหยาบ หรือ roughing line และวาล์วสำหรับเปิด-ปิดการทำงานของท่อหยาบนี้จะเรียกว่า วาล์วหยาบ หรือ roughing valve ท่อชุดที่ 2 คือ ท่อที่ต่อจากเครื่องสูบแบบแพร่ไอ ไปยัง เครื่องสูบกลโรตารี ท่อนี้จะสูบอากาศที่เครื่องสูบแบบแพร่ไอสูบมาจากภาชนะสุญญากาศอีกต่อหนึ่ง เรียกท่อนี้ว่า ท่อท้าย หรือ backing line และเรียกวาล์วสำหรับเปิด-ปิด การทำงานของท่อท้ายนี้ว่า วาล์ท้าย หรือ backing valve นอกจากวาล์วทั้งสองแล้ว ในระบบสุญญากาศยัง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		จำเป็นต้องมีวาล์วที่สำคัญอีก 2 ตัวคือ วาล์วที่กั้นอยู่ระหว่างภาชนะสุญญากาศกับเครื่องสูบแบบแพร่ไอ เรียกวาล์วตัวนี้ว่า วาล์วสุญญากาศสูง หรือ high vacuum valve และเนื่องจากวาล์นี้จะทำหน้าที่ในการแยกส่วนของภาชนะสุญญากาศออกจากระบบเครื่องสูบสุญญากาศ จึงเรียกว่าวาล์วแยกส่วน หรือ isolate valve สำหรับวาล์ตัวสุดท้ายของระบบสุญญาศคือ วาล์วปล่อย หรือ release vale หรือ vent valve ตัวชนิดนี้จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ตัวคือ วาล์วปล่อยที่ต่ออยู่กับภาชนะสุญญากาศทำหน้าที่ปล่อยอากาศเข้าสู่ภาชนะสุญญากาศเมื่อต้องการเปิดฝาภาชนะสุญญากาศ และวาล์วปล่อยที่ต่ออยู่กับท่อท้ายทำหน้าที่ปล่อยอากาศเข้าสูท่อท้ายเมื่อปิดระบบสุญญากาศเพื่อป้องกันการไหลย้อนกลับของน้ำมันเครื่องสูบเข้าสู่ท่อท้าย สำหรับอุปกรณ์สุดท้ายของระบบสุญญากาศพื้นฐานที่เราจะศึกษานี้ ได้แแก่ มาตรวัดความดัน ซึ่งเป็นอุปกรณ์ตรวจวัดระดับความดันภายในภาชนะสุญญากาศ เนื่องจากเราต้องการระบบสุญญากาศที่มีความเป็นสุญญากาศในระดับสูง หรือ high vacuum ซึ่งจะมีความดันอยู่ในช่วง 10^{-7}-10^{-5} mbar นั้นในการวัดความดันเราจะต้องใช้หัววัดความดัน 2 ชุด คือ ในขั้นการสร้างภาวะสุญญากาศขั้นต้น ซึ่งความดันจะอยู่ในช่วง 10^{-2} mbar นั้น เราจะอ่านค่าความดันได้จากหัววัดแบบพิรานี และเมื่อระบบเข้าสู่ภาวะสุญญากาศสูง คือมีความดันตั้งแต่ 10^{-3} mbar ลงมา เราจะอ่านค่าความดันได้จากหัววัดแบบเพนนิง ปกติหัววัดความดันทั้งสองอาจมีชุดแสดงผลค่าความดันแยกกันหรือรวมกันเป็นชุดเดียวก็ได้
3-2	1. อักษรบรรยายลำดับขั้นตอนการสร้างภาวะสุญญากาศ	**ขั้นต้นการเปิดการสร้างภาวะสุญญากาศ** สมมติว่าเราต้องการสร้างภาวะสุญญากาศสูง ที่มีความดันอยู่ในช่วง 10^{-7}-10^{-5} mbar สำหรับระบบสุญญากาศที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น และเนื่องจากการสร้าง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

	2. ภาพจำลองระบบสุญญากาศที่อธิบายหลักการทำงานและการสร้างภาวะสุญญากาศตามขั้นตอน	ภาวะสุญญากาศในภาชนะสุญญากาศนั้นจะต้องทำตามลำดับขั้นตอน มิฉะนั้นอาจทำให้ระบบสุญญากาศชำรุดเสียหายได้ ดังนั้นเพื่อให้ง่ายและสะดวกต่อความเข้าใจเราจะแบ่งขั้นตอนการสร้างภาวะสุญญาศในกรณีนี้ออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ ขั้นการเตรียมความพร้อมก่อนสร้างภาวะสุญญากาศ ขั้นการสร้างภาวะสุญญากาศขั้นต้น และขั้นการสร้างภาวะสุญญากาศสูง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ **1. ขั้นเตรียมความพร้อมก่อนสร้างภาวะสุญญากาศ** ในขั้นเตรียมความพร้อมก่อนสร้างภาวะสุญญากาศมีขั้นตอนดังนี้คือ เริ่มจากตรวจสอบวาล์วทุกตัวในระบบให้อยู่ในสถานะปิด จากนั้นจึงเปิดเครื่องสูบกลโรตารีให้ทำงาน ต่อมาเปิดวาล์ท้ายเพื่อสูบอากาศออกจากเครื่องสูบแบบแพร่ไอโดยผ่านท่อท้าย จนความดันในท่อท้ายมีค่าประมาณ 10^{-2} mbar จึงเปิดเครื่องสูบแบบแพร่ไอ โดยจ่ายไฟฟ้าให้กับขดลวดความร้อนเพื่อต้มน้ำมันภายในเครื่องสูบแบบแพร่ไอ การต้มน้ำมันของเครื่องสูบแบบแพร่ไอนี้จะใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที เครื่องสูบแบบแพร่ไอจึงพร้อมทำงาน หรืออาจสังเกตจากเสียงของไอน้ำมันวิ่งชนตัวถังของเครื่องสูบแบบแพร่ไอก็ได้ **2. ขั้นการสร้างภาวะสุญญากาศขั้นต้น** ระหว่างที่รอให้เครื่องสูบแบบแพร่ไอพร้อมทำงานนั้น เราอาจเข้าสู่การสร้างภาวะสุญญากาศขั้นต้นก่อนก็ได้ โดยในขั้นนี้จะใช้เครื่องสูบกลโรตารีสูบเอาอากาศภายในภาชนะปิดมาทิ้งนอกภาชนะ ซึ่งจะทำให้ความดันลดลงจนมีค่าประมาณ 10^{-2} mbar ในขั้นนี้จะเรียกว่าการสร้างภาวะสุญญากาศขั้นต้น หรือ การสูบแบบหยาบ มีขั้นตอนดังนี้คือ เริ่มจากปิดวาล์วท้าย จากนั้นเปิดวาล์วหยาบเพื่อให้เครื่องสูบกลโรตารีสูบอากาศออกจากภาชนะสุญญากาศ จนได้ความดันขั้นต้นที่ต้องการคืออยู่ในช่วงประมาณ 10^{-2} mbar

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		จึงปิดวาล์วหยาบ และเปิดวาล์วท้ายเพื่อเตรียมเข้าสู่ขั้นตอนการสร้างภาวะสุญญากาศสูงต่อไป **3. ขั้นการสร้างภาวะสุญญากาศสูง** ทั้งนี้หลังจากสร้างภาวะสุญญากาศขั้นต้นแล้ว และเครื่องสูบแบบแพร่ไอจะพร้อมทำงานแล้ว ต่อไปจะเป็นการสร้างภาวะสุญญากาศสูง ซึ่งในขั้นนี้จะเป็นการทำงานร่วมกันของเครื่องสูบแบบแพร่ไอและเครื่องสูบกลโรตารีในการสูบอากาศออกจากภาชนะสุญญากาศให้มีความดันต่ำกว่า 10^{-2} mbar มีขั้นตอนดังนี้คือ ตอนนี้วาล์วหยาบจะอยู่ในสถานะปิด ส่วนวาล์วท้ายจะอยู่ในสถานะเปิด และภายในภาชนะสุญญากาศมีความดันประมาณ 10^{-2} mbar เมื่อเราต้องการสร้างภาวะสุญญากาศสูง ให้เปิดวาล์วสุญญากาศสูง เพื่อให้เครื่องสูบแบบแพร่ไอสูบอากาศออกจากภาชนะปิดแล้วส่งผ่านไปยังเครื่องสูบกลโรตารีซึ่งจะถูกส่งออกสู่บรรยากาศภายนอกต่อไป ข้อสังเกตการทำงานในขั้นนี้คือ เมื่อเปิดวาล์วสุญญากาศสูงแล้ว ความดันในภาชนะสุญญากาศจะลดลงอย่างรวดเร็ว โดยความดันนี้จะลดต่ำลงไปเรื่อยๆ จนถึงความดันที่ต้องการ ซึ่งเราจะเรียกความดันนี้ว่า ความดันต่ำสุด หรือ base pressure
3-3	1. ภาพจำลองระบบสุญญากาศที่อธิบายขั้นตอนการปิดระบบ	**ขั้นต้นการปิดการสร้างภาวะสุญญากาศ** หลังจากใช้งานระบบสุญญากาศเรียบร้อยแล้ว เมื่อต้องการปิดการสร้างภาวะสุญญากาศในภาชนะ ให้ปฏิบัติตามขั้นตอนดังนี้คือ เริ่มจากปิดวาล์วสุญญากาศสูง โดยขณะนั้นวาล์วหยาบจะอยู่ที่สถานะปิด และวาล์วท้ายอยู่ที่สถานะเปิด ขณะนี้ภาชนะสุญญากาศจะถูกตัดออกจากระบบเครื่องสูบสุญญากาศแล้ว จากนั้นจึงหยุดการทำงานของเครื่องสูบแบบแพร่ไอโดยการหยุดต้มน้ำมันเพื่อลดความอุณหภูมิของน้ำมันในเครื่องสูบแบบแพร่ไอ ปกติในช่วงนี้จะใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที ขณะที่รอให้น้ำมันของเครื่อง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		สูบแบบแพร่ไอเย็นตัวนั้น วาล์วท้ายจะต้องอยู่ในสถานะเปิด เพื่อให้เครื่องสูบกลโรตารีสามารถสูบไอน้ำมันจากเครื่องสูบแบบแพร่ไอตลอดเวลา เมื่อครบเวลาหรือน้ำมันในเครื่องสูบแบบแพร่ไอเย็นแล้ว จึงปิดวาล์วท้าย จากนั้นจึงปิดการทำงานของเครื่องสูบกลโรตารี และเปิดวาล์วปล่อยของท่อท้าย ให้ความดันในท่อท้ายเท่ากับความดันบรรยากาศ เพื่อป้องกันการไหลย้อนของน้ำมันในเครื่องสูบกลโรตารีเข้ามายังท่อท้าย
3-4	1. ภาพจำลองระบบสุญญากาศที่อธิบายขั้นตอนการปิดระบบ	**การเปิดภาชนะสุญญากาศชั่วคราว** บางครั้งเมื่อเราทำงานในภาวะสุญญากาศเรียบร้อยแล้ว และเราต้องการเปิดภาชนะสุญญากาศชั่วคราว เพื่อเปลี่ยนชิ้นงาน หรือเตรียมอุปกรณ์ หรือปรับแต่งอุปกรณ์อื่นๆ ในภาชนะสุญญากาศ โดยที่ไม่หยุดการทำงานของเครื่องสูบทั้งสองนั้นเราทำโดยมีขั้นตอนดังนี้คือ เริ่มจากปิดวาล์วสุญญากาศสูง โดยขณะนั้นวาล์วหยาบจะอยู่ที่สถานะปิด และวาล์วท้ายอยู่ที่สถานะเปิด ขณะนี้ภาชนะสุญญากาศจะถูกตัดออกจากระบบเครื่องสูบสุญญากาศแล้ว จากนั้นเปิดวาล์วปล่อยของภาชนะสุญญากาศเพื่อให้ความดันภายในภาชนะสุญญากาศเท่ากับความดันบรรยากาศ เราจึงสามารถเปิดภาชนะสุญญากาศได้ โดยที่ไม่ต้องหยุดการทำงานของเครื่องสูบทั้งสอง เมื่อเราทำงานภายในภาชนะสุญญากาศเรียบร้อยและปิดฝาภาชนะสุญญากาศแล้ว และต้องการสร้างภาวะสุญญากาศในภาชนะสุญญากาศนั้นอีกครั้ง ตอนนี้จะเป็นการสร้างภาวะสุญญากาศใหม่โดยที่เครื่องสูบทั้งสองยังคงทำงานอยู่ซึ่งไม่ได้เป็นการเริ่มระบบใหม่ตั้งแต่ต้น ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้คือ เริ่มจากการสร้างภาวะสุญญากาศขั้นต้นด้วยเครื่องสูบกลโรตารี โดยปิดวาล์วท้าย และเปิดวาล์หยาบเพื่อให้เครื่องสูบกลโรตารีสูบอากาศออกจากภาชนะสุญญากาศ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		จนได้ความดันขั้นต้นที่ต้องการคือประมาณ 10^{-2} mbar จากนั้นจึงปิดวาล์วหยาบ และเปิดวาล์วท้ายเพื่อสูบอากาศจากเครื่องสูบแบบแพร่ไอ เมื่อต้องการลดความดันในภาชนะสุญญากาศ จึงเปิดวาล์วสุญญากาศสูงเพื่อให้เครื่องสูบแบบแพร่ไอสูบอากาศออกจากภาชนะปิดแล้วส่งผ่านไปยังเครื่องสูบกลโรตารีซึ่งจะถูกส่งออกสู่บรรยากาศภายนอกต่อไป ข้อสังเกตการทำงานในขั้นนี้คือ เมื่อเปิดวาล์วสุญญากาศสูง ความดันในภาชนะสุญญากาศจะลดลงอย่างรวดเร็ว จนถึงความดันที่ต้องการ ซึ่งเราจะเรียกความดันนี้ว่า ความดันต่ำสุด หรือ base pressure นั้นเอง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

คู่มือสำหรับผู้เรียน

ข้อตกลงก่อนเรียน

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ (Computer Based Training on Vacuum System) เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับระบบสุญญากาศพื้นฐานที่มีช่วงความดันที่ $10^{3} - 10^{-2}$ mbar ทั้งในด้านของการศึกษาเชิงทฤษฎีและหลักการ รวมถึงการฝึกปฏิบัติสร้างภาวะสุญญากาศด้วยตนเองในรูปแบบของ Simulation

2.การศึกษาจากบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมนี้ควรศึกษาตามขั้นตอน

3. ขั้นตอนการศึกษาอบรม

3.1 ทำแบบทดสอบก่อนเรียน (Pre test)

3.2 นำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศไปศึกษา (Learning) เพื่อทำการศึกษาและฝึกปฏิบัติสร้างภาวะสุญญากาศด้วยตนเองตามช่วงระยะเวลา

3.3 ทำแบบทดสอบหลังเรียน (Post test) ตามกำหนดการนัดหมาย

คำแนะนำการใช้บทเรียน

1. บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ (Computer Based Training on Vacuum System) เป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับระบบสุญญากาศทั้งในด้านของการศึกษาเชิงทฤษฎีและหลักการ รวมถึงการฝึกปฏิบัติสร้างภาวะสุญญากาศด้วยตนเองในรูปแบบของ Simulation มีเนื้อหาดังนี้

บทที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบสุญญากาศ ประกอบด้วย

- สุญญากาศคืออะไร
- ธรรมชาติของแก๊ส
- แก๊สอุดมคติ
- แก๊สทำให้เกิดความดันได้อย่างไร
- กฎของบอยล์และกฎของชาร์ล
- เราสร้างภาวะสุญญากาศได้อย่างไร
- เมื่อไรจึงจะเกิดภาวะเป็นสุญญากาศ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

บทที่ 2 ส่วนประกอบของระบบสุญญากาศ

- ส่วนประกอบของระบบสุญญากาศ
- ภาชนะสุญญากาศ (Vacuum chamber)
- เครื่องสูบสุญญากาศ (vacuum pump)
- มาตรวัดความดัน pressure gauge
- ท่อและวาล์ว (pipe and valves)

บทที่ 3 การสร้างภาวะสุญญากาศ

- ระบบสุญญากาศพื้นฐาน
- ขั้นต้นการเปิดการสร้างภาวะสุญญากาศ
- ขั้นต้นการปิดการสร้างภาวะสุญญากาศ
- การเปิดภาชนะสุญญากาศชั่วคราว

บทที่ 4 การฝึกการสร้างภาวะสุญญากาศ

- ฝึกสร้างภาวะสุญญากาศต่ำ
- ฝึกสร้างภาวะสุญญากาศสูง

2. เมื่อนำบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศไปศึกษา (Learning) ผู้เรียนควรเรียนตามลำดับจากเมนูหลัก และเมนูย่อยในบทเรียน โดยผู้เรียนสามารถเรียนแต่ละบทเรียนซ้ำไปมาได้จนกว่าผู้เรียนจะเข้าใจเป็นอย่างดี เมื่อเข้าใจหลักการและวิธีการสร้างสุญญากาศแล้ว ผู้เรียนสามารถทดลองฝึกสร้างภาวะสุญญากาศต่ำและสุญญากาศสูงด้วยตนเอง

3. ผู้เรียนสามารถออกจากบทเรียนหนึ่งไปเรียนอีกบทเรียนหนึ่งได้เมื่อต้องการ โดยเลือก MAIN MENU แล้วเลือกหัวข้อย่อยนั้น ๆ

4. ผู้เรียนสามารถออกจากบทเรียนได้ทุกเวลาตามต้องการ เมื่อกดปุ่ม EXIT

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

จุดประสงค์ของบทเรียน

เพื่อให้ผู้เรียนสามารถที่จะนำคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศดังกล่าวไปทำการศึกษาและทดลองปฏิบัติทำสุญญากาศบนจอคอมพิวเตอร์ด้วยตนเอง เพื่อจะได้มีความรู้และความเข้าใจในพื้นฐานเบื้องต้นก่อนการปฏิบัติจริง

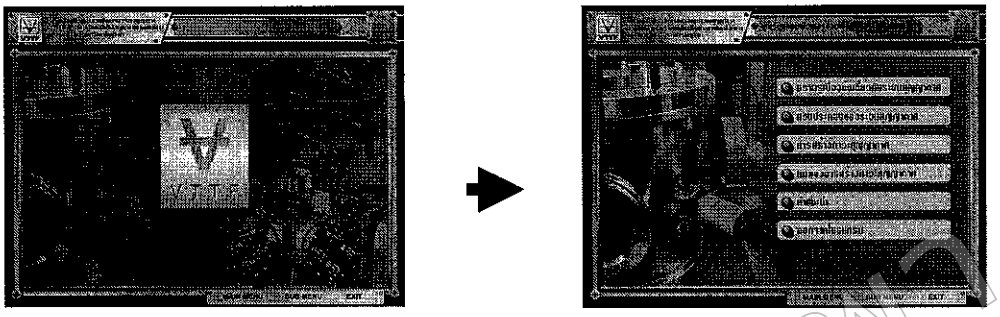
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. หลังจากเรียนเรื่อง "ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับระบบสุญญากาศ" แล้วผู้เรียนสามารถ
   1.1 บอกความหมายของสุญญากาศได้
   1.2 บอกความหมายของแก๊สและความสำคัญของแก๊สที่มีต่อสุญญากาศได้
   1.3 บอกแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างสุญญากาศในภาชนะปิดได้
2. หลังจากเรียนเรื่อง "ส่วนประกอบของระบบสุญญากาศ" แล้วผู้เรียนสามารถ
   2.1 บอกส่วนประกอบที่จำเป็นต้องใช้และมีในระบบสุญญากาศพื้นฐานได้
   2.2 บอกหน้าที่และความสำคัญของเครื่องสูบสุญญากาศได้
   2.3 บอกลักษณะและการทำงานของเครื่องสูบสุญญากาศได้
   2.4 บอกลักษณะ หน้าที่และการทำงานของมาตรวัดความดันสุญญากาศได้
   2.5 บอกลักษณะ หน้าที่และการทำงานของท่อและวาล์วได้
3. หลังจากเรียนเรื่อง "การสร้างภาวะสุญญากาศ" แล้วผู้เรียนสามารถ
   3.1 บอกอุปกรณ์ประกอบของระบบสุญญากาศได้
   3.2 บอกลำดับขั้นตอนการเปิดการสร้างภาวะสุญญากาศได้
   3.3 บอกลำดับขั้นตอนการปิดการสร้างภาวะสุญญากาศได้

คำแนะนำการใช้โปรแกรม

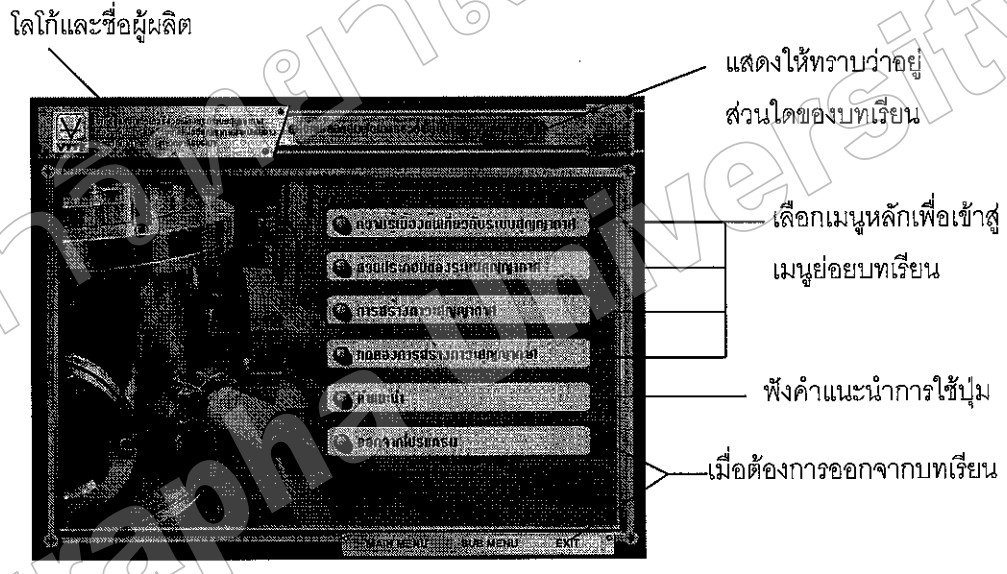
1. ใส่แผ่น CD บทเรียนใน CD-ROM Drive โปรแกรมจะทำงานเองโดยอัตโนมัติ (Auto Run) หรือผู้เรียนสามารถเรียกโปรแกรมให้ทำงานโดยเปิด file Info.exe ผ่านทาง Explore บน windows เมื่อโปรแกรมทำงานจะแสดง ดังนี้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

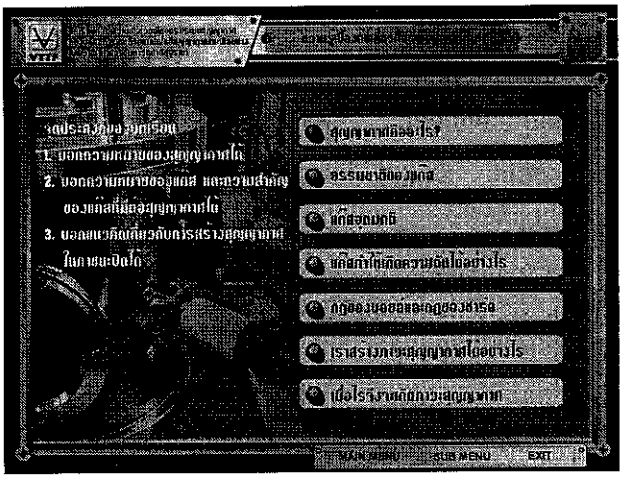


แสดงหน่วยงานผู้ผลิต (info.exe) แล้วเข้าสู่หน้าเมนูหลักของบทเรียน

2. ส่วนประกอบต่าง ๆ บนหน้าจอเมนูหลัก

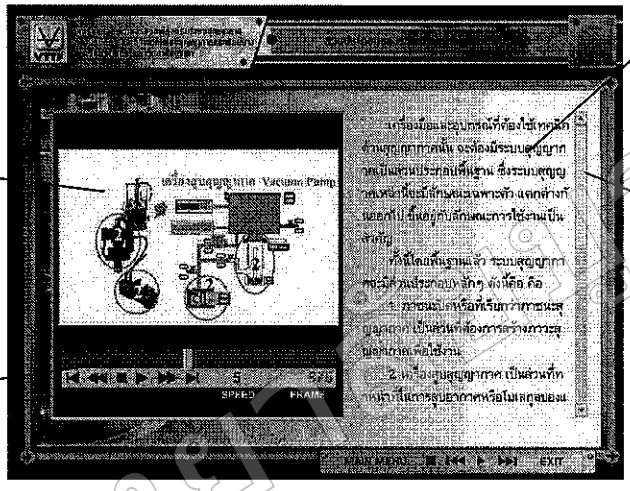


3. เมื่อเลือกหัวข้อจากเมนูหลัก โปรแกรมจะเข้าสู่เมนูย่อยของบทเรียนนั้นและจะแสดงจุดประสงค์การเรียนของแต่ละบทเรียน



มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4. ส่วนประกอบต่าง ๆ บนหน้าจอบทเรียน

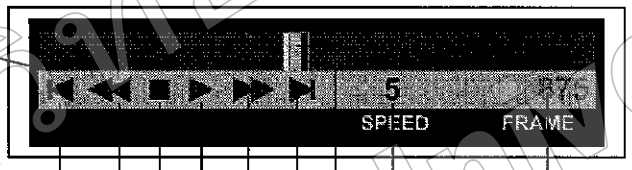


ส่วนแสดงเนื้อหาที่เป็นตัวอักษรเพื่ออ่านทบทวน

ส่วนแสดงเนื้อหาที่เป็นภาพและเสียงของบทเรียน

Score bar เลื่อนเพื่อดูเนื้อหาด้านล่างที่มีต่อ

ส่วนควบคุมการแสดงเนื้อหาที่เป็นภาพและเสียงของบทเรียนมีรายละเอียดดังนี้



เลข FRAME ที่ภาพและเสียงเล่นถึง

เลขความเร็วในการเดินหน้าและถอยหลัง
(สามารถเพิ่มหรือลดได้ด้วยการพิมพ์เลขทับที่เดิม)

Scroll Bar เพื่อเลื่อนหาตำแหน่งที่ต้องการ

ไปจุดสุดท้ายของบทเรียน

เดินหน้าเพื่อหาตำแหน่งที่ต้องการ

เล่นภาพและเสียงต่อ

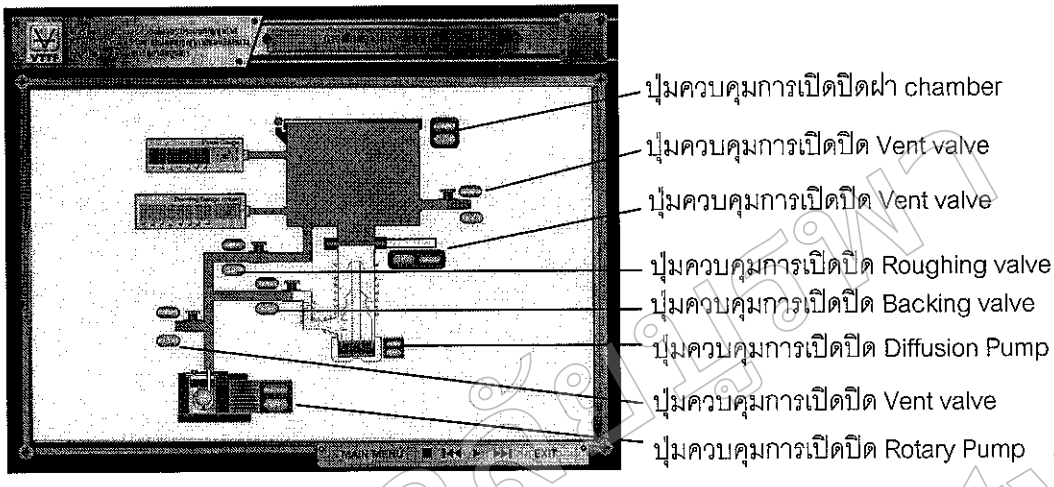
หยุดการเล่นภาพและเสียง

ถอยหลังเพื่อหาตำแหน่งที่ต้องการ

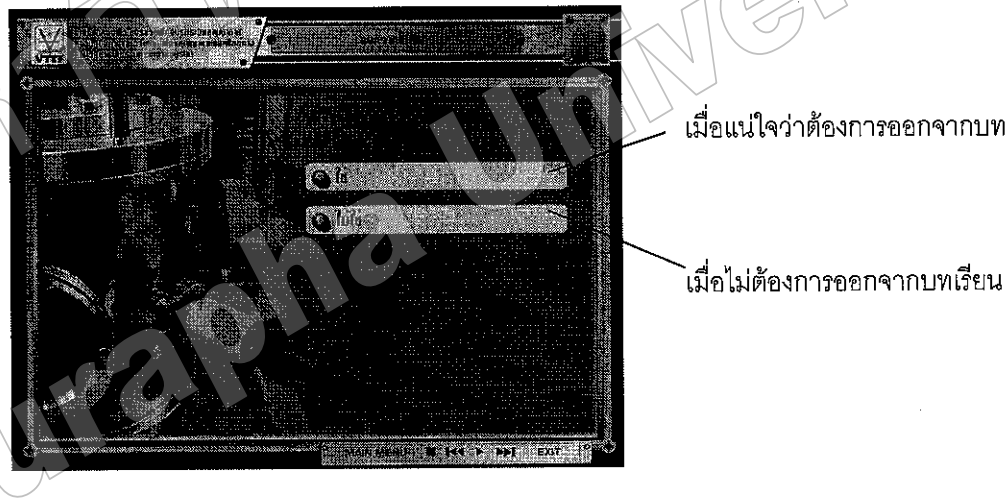
ไปจุดสุดเริ่มต้นของบทเรียน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

5. ส่วนประกอบต่าง ๆ บนหน้าจอการทดลองสร้างภาวะสุญญากาศด้วยตนเอง (Simulate)



6. ปุ่มควบคุมการทำงานและส่วนประกอบต่าง ๆ บนหน้าจอออกจากโปรแกรม

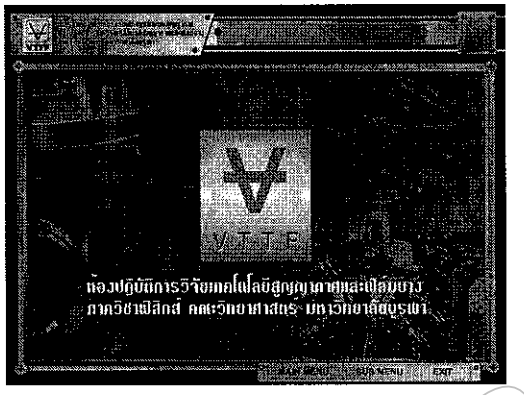


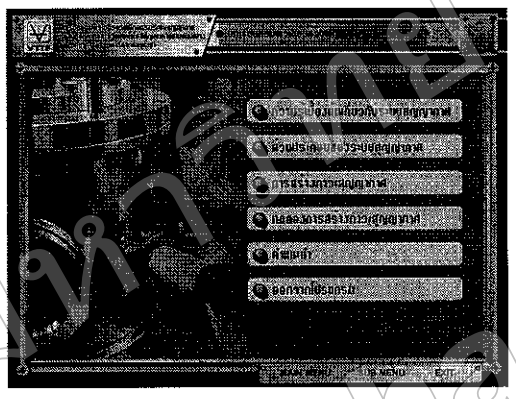
คำแนะนำอื่น ๆ

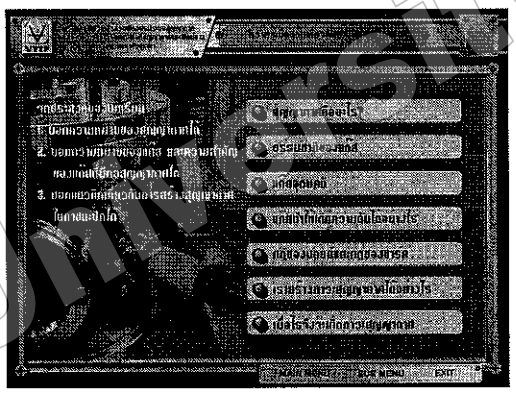
เมื่อท่านพบปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งและใช้งานในโปรแกรมของ “บทเรียนคอมพิวเตอร์ ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ” ให้ติดต่อที่ห้องปฏิบัติการและวิจัยเทคโนโลยีสุญญากาศและฟิล์มบางได้ที่ หมายเลขโทรศัพท์ (038) 745900 ต่อ 3084 หรือที่ คุณอุทัศน์ พิทักษ์สายชล หมายเลขโทรศัพท์ (038) 745900 ต่อ 4325 หรือที่ (09) 5439925

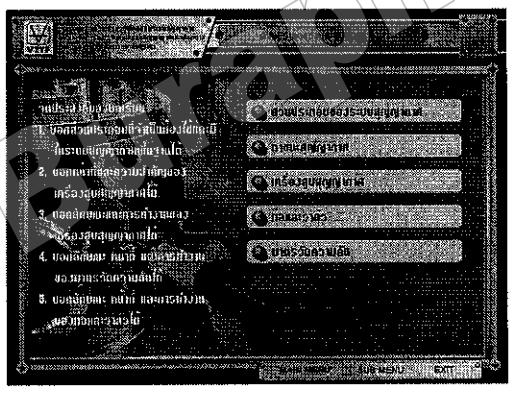
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

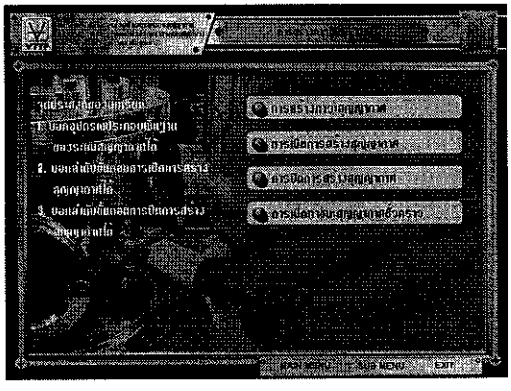
ภาพส่วนหนึ่งในบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ

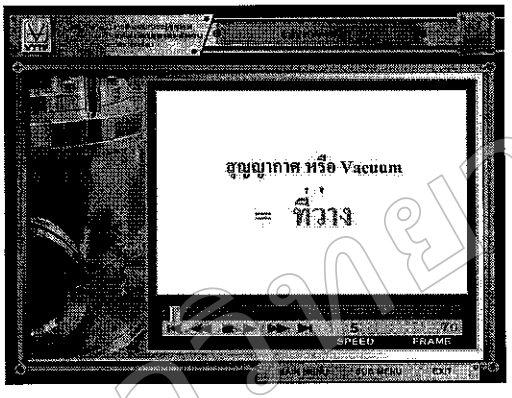


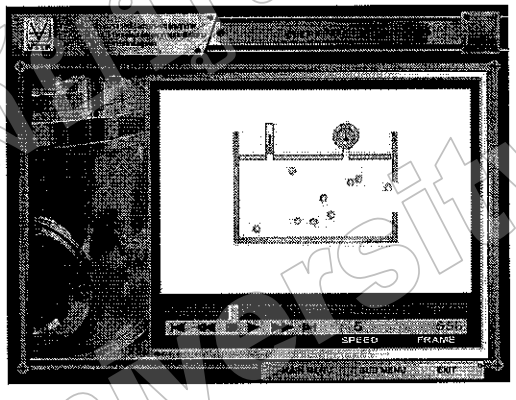


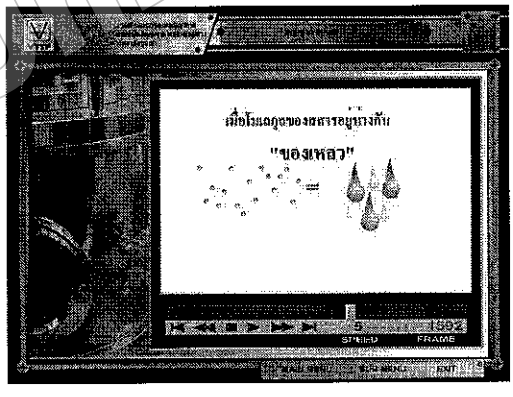


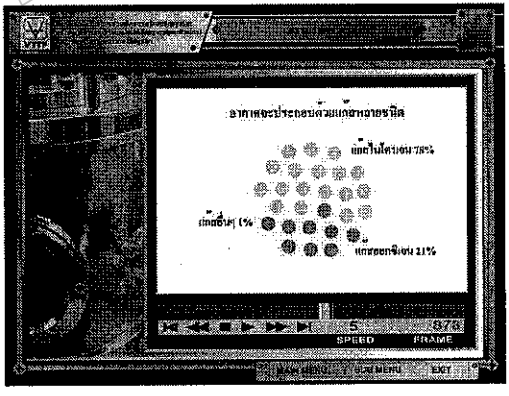


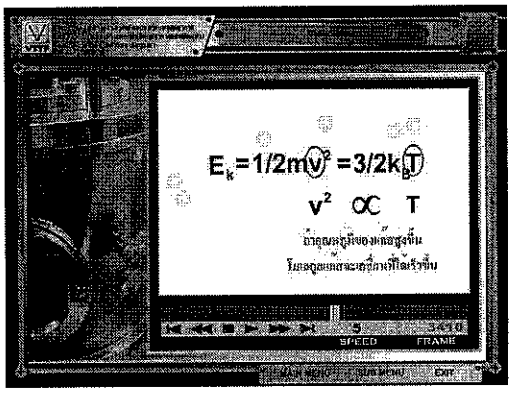




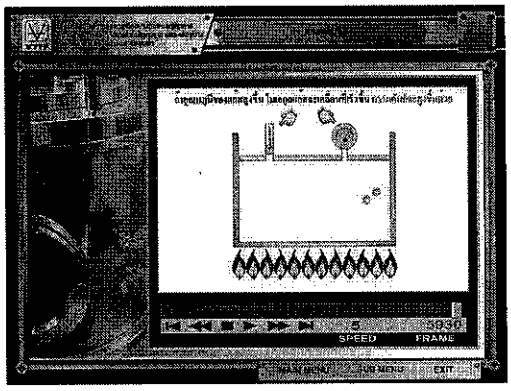


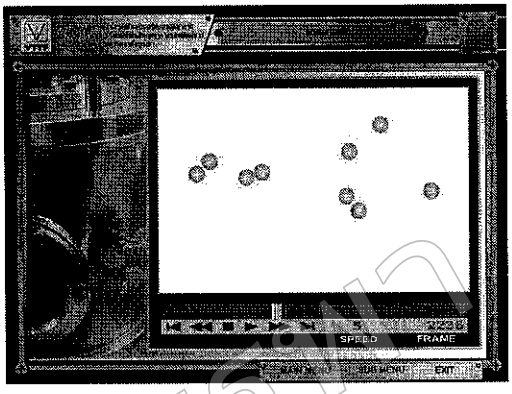


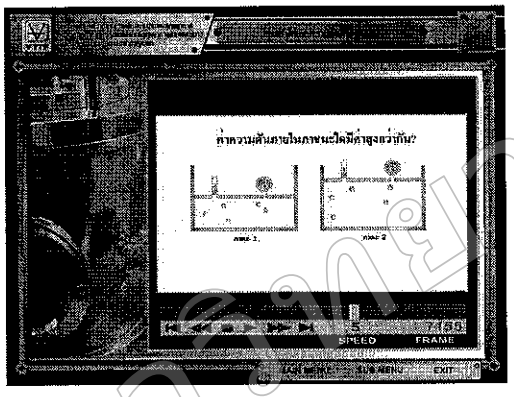


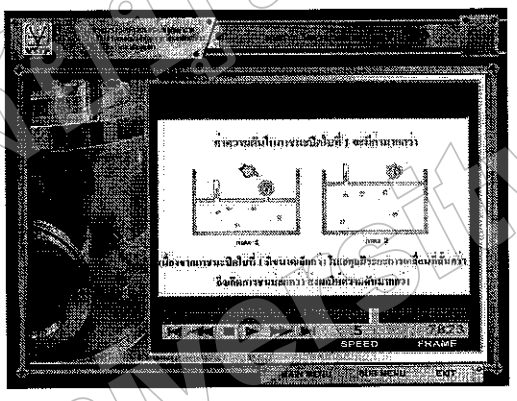


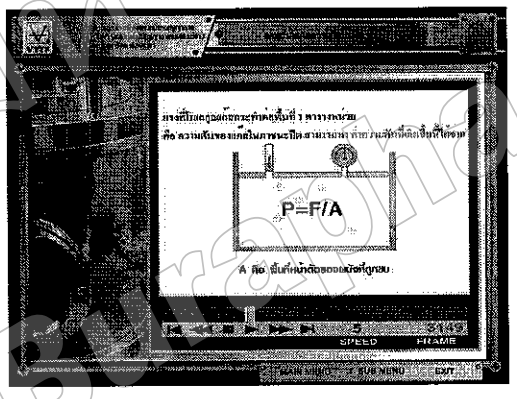
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

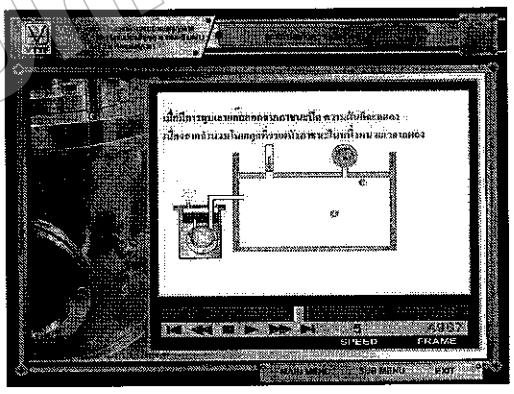


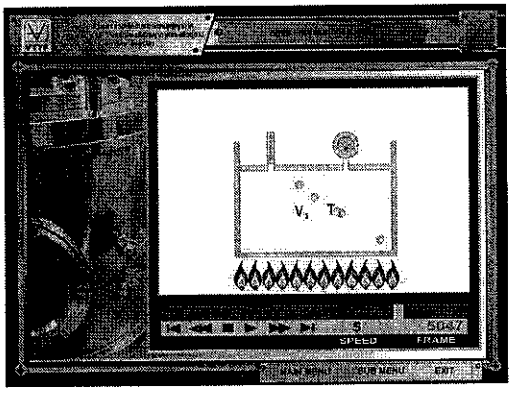




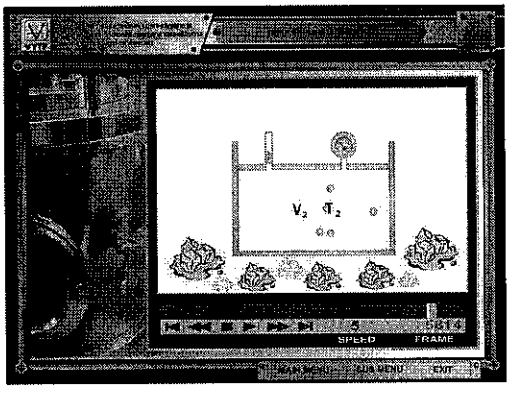


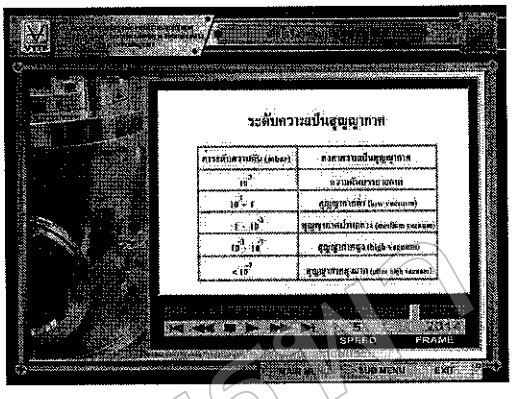


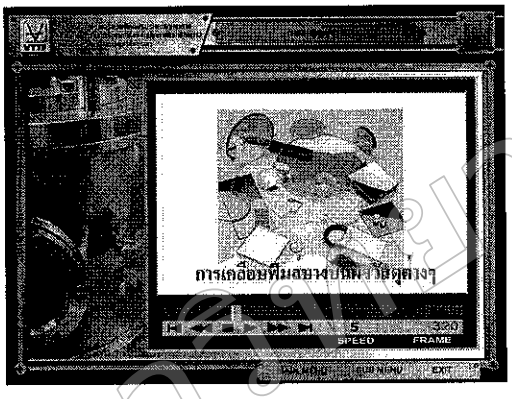


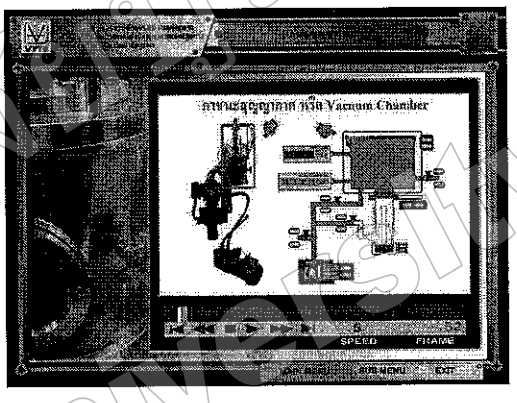


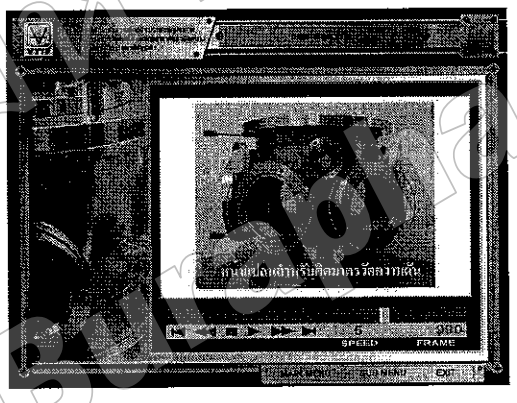
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University


V_2 T_2
SPEED
FRAME

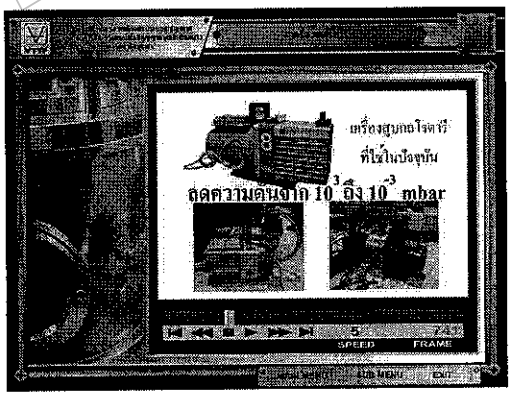

ระดับความเป็นสุญญากาศ
SPEED
FRAME

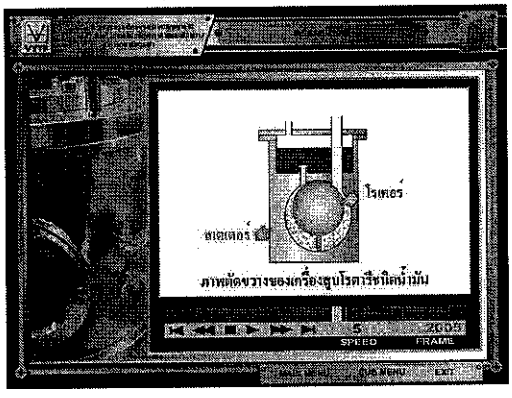

การเคลือบฟิมลบางชนิดด้วยสุญญากาศ
SPEED
FRAME

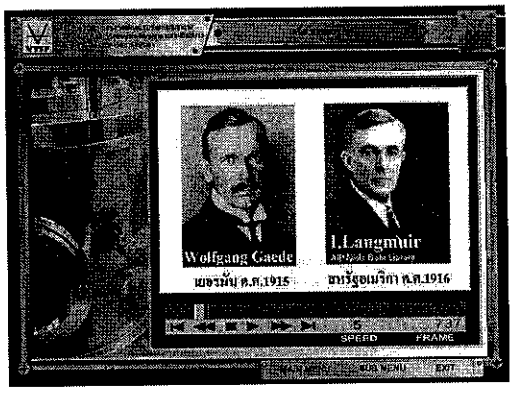

ภาพตัดขวางของ Vacuum Chamber
SPEED
FRAME

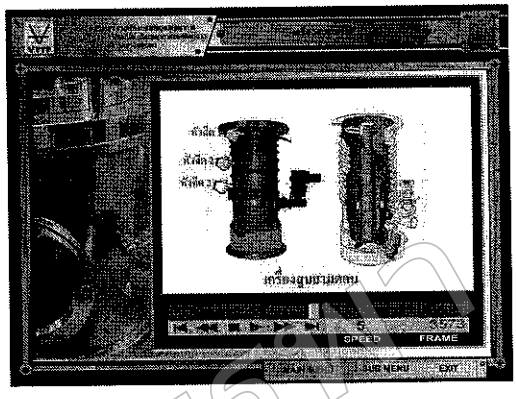

SPEED
FRAME

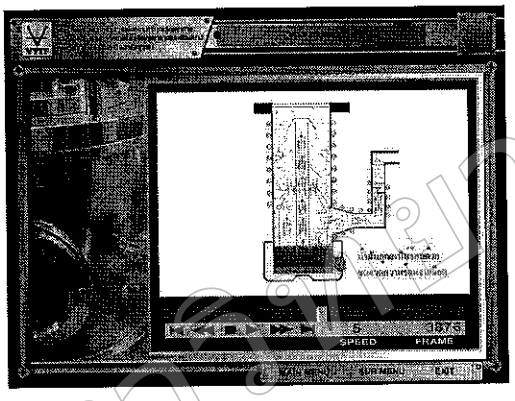
ประดิษฐขึ้น
ค.ศ. 1907
SPEED
FRAME

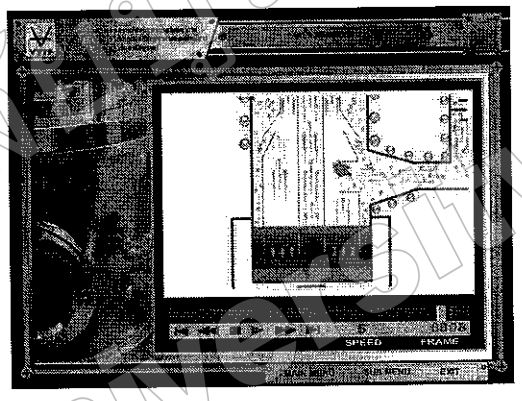

เครื่องสูบแบบโรตารี
ที่ใช้ในปัจจุบัน
SPEED
FRAME

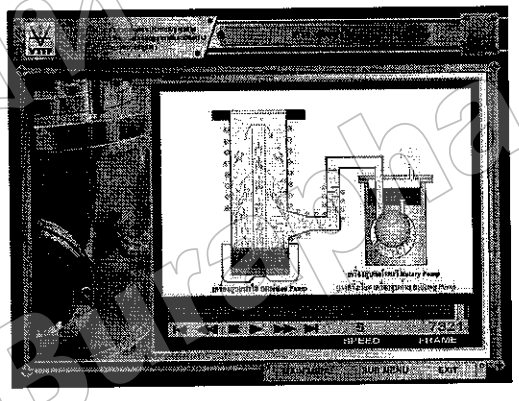

โรเตอร์
สเตเตอร์
ภาพตัดขวางของเครื่องสูบโรตารีชนิดน้ำมัน
SPEED
FRAME

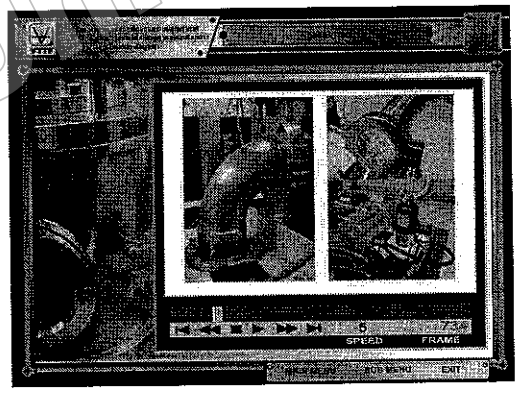


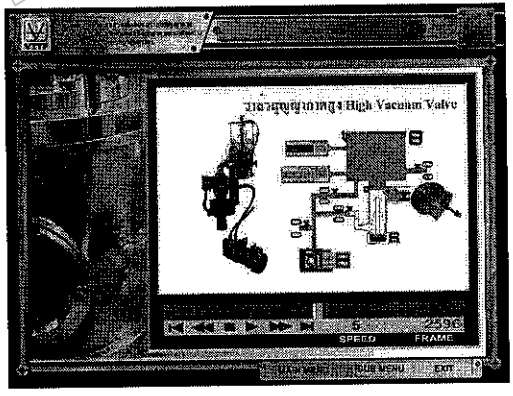


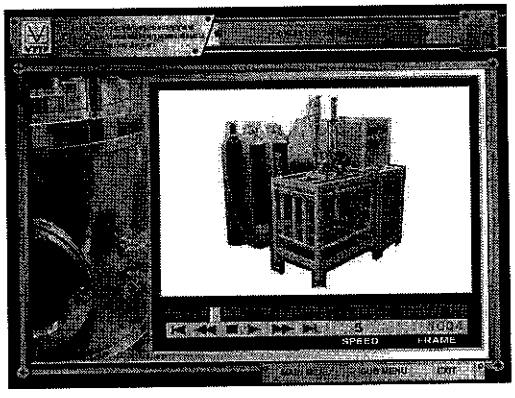




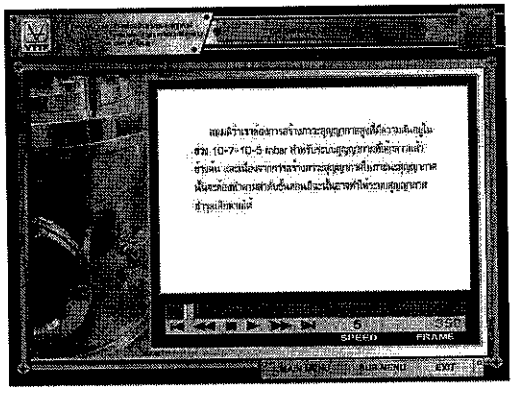


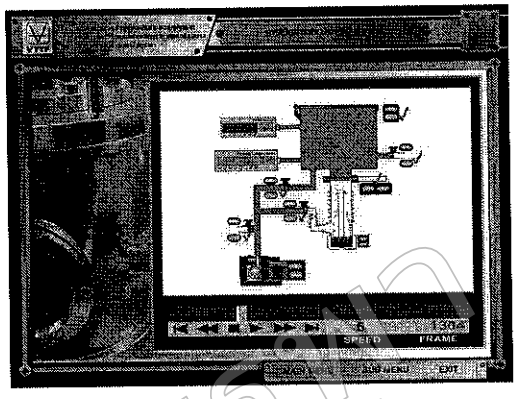


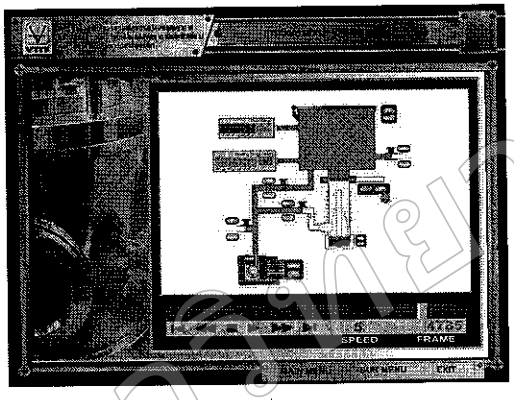


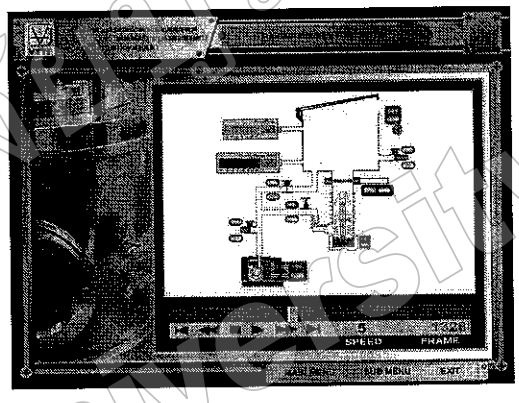


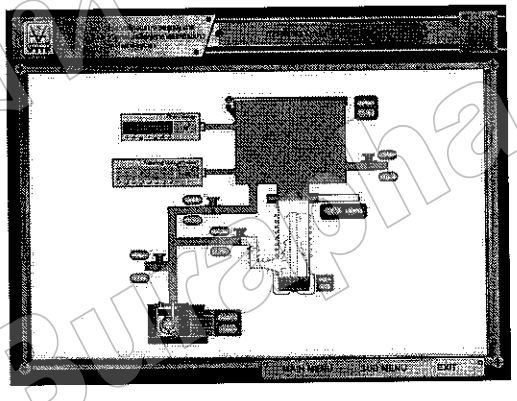
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

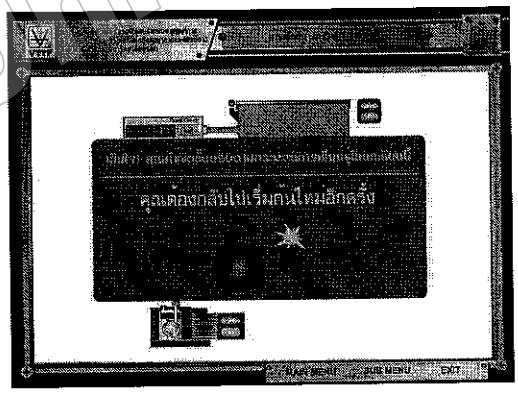


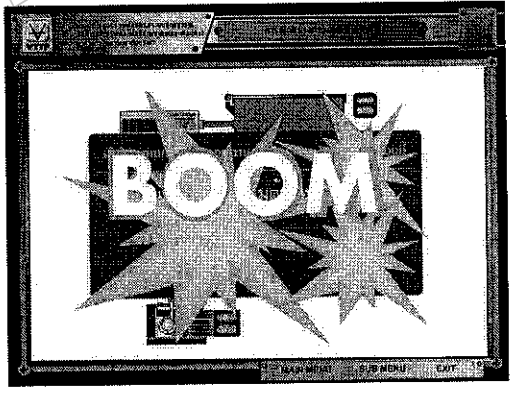


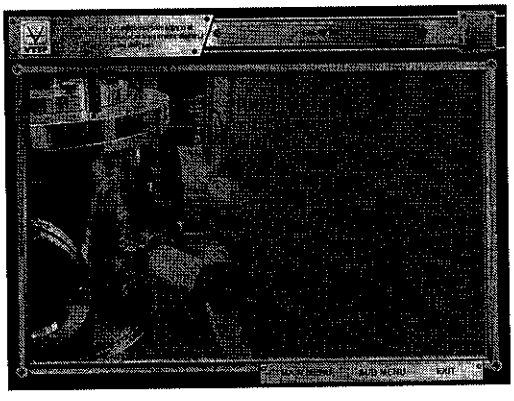












มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปแบบคำสั่งการฝึกสร้างภาวะสุญญากาศต่ำ

	สั่งการที่	คำสั่ง	ผลของคำสั่ง

1	Root Scene 1
	เริ่มต้นการฝึก
		targetPath(chart_all.ch.air_jet);
		chart_all.ch.air_jet.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.backing_v);
		chart_all.ch.backing_v.gotoAndPlay(5);
		targetPath(_root.chart_all.ch.chamber);
		chart_all.ch.chamber.gotoAndPlay(1);
		targetPath(chart_all.ch.cover_chember);
		chart_all.ch.cover_chember.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.high_vacval);
		chart_all.ch.high_vacval.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.pap1);
		chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(1);
		targetPath(chart_all.ch.pump_jet);
		chart_all.ch.pump_jet.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.rota);
		chart_all.ch.rota.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.roughing_val);
		chart_all.ch.roughing_val.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.vence_chember);
		chart_all.ch.vence_chember.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.vent_backing);
		chart_all.ch.vent_backing.gotoAndPlay(5);
			1. ปุ่มต่าง ๆ อยู่ในสภาวะปิดในโหมด Graphic ไม่รับคำสั่งใด
			2. อุปกรณ์ทั้งหมดอยู่ในสภาวะปิด
			3. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^3 mbar

2	Root Scene 685
	แจ้งสถานะของวาล์วแล้วรอรับคำสั่งจากผู้ฝึก
		targetPath(chart_all.ch.air_jet);
		chart_all.ch.air_jet.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.backing_v);
		chart_all.ch.backing_v.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.chamber);
		chart_all.ch.chamber.gotoAndPlay(1);
		targetPath(chart_all.ch.cover_chember);
		chart_all.ch.cover_chember.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.high_vacval);
		chart_all.ch.high_vacval.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.pap1);
		chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(1);
		targetPath(chart_all.ch.pump_jet);
			1. ปุ่ม On ของ Rotary pump รอรับคำสั่งที่ถูกต้อง
			2. ปุ่มอื่น ๆ รอรับคำสั่งเมื่อทำผิดขั้นตอน
			3. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^3 mbar

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		chart_all.ch.pump_jet.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.rota);
		chart_all.ch.rota.gotoAndPlay(1);
		targetPath(chart_all.ch.roughing_val);
		chart_all.ch.roughing_val.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.vence_chember);
		chart_all.ch.vence_chember.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.vent_backing);
		chart_all.ch.vent_backing.gotoAndPlay(3);	

3	ปุ่ม on ของ rotary scene 1	on (release) {
		targetPath(_root.chart_all.ch.pap1);
		_root.chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(2);
		targetPath(_root.chart_all.ch.roughing_val);
		_root.chart_all.ch.roughing_val.gotoAndPlay(1);
		}
		on (release) {
		gotoAndPlay(6);
		}
			1. Rotary pump ทำงาน
			2. ปุ่ม Roughing valve รอรับคำสั่งที่ถูกต้อง
			3. ปุ่มอื่น ๆ รอรับคำสั่งเมื่อทำผิดขั้นตอน
			4. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^{3} mbar
			5. อากาศใน Roughing Line ลดลง

4	ปุ่ม open ของ Roughing valve scene 1	on (release) {
		gotoAndPlay(6);
		targetPath(_root.chart_all.ch.chamber);
		_root.chart_all.ch.chamber.gotoAndPlay(40);
		targetPath(_root.chart_all.ch.pap1);
		_root.chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(26);
		}
			1. Rotary pump ทำงาน
			2. Roughing valve เปิด
			3. ความดันใน Chamber ลดงอยู่ที่ระดับ 10^{-2} mbar

5	chamber scene 240	stop();
		targetPath(_root);
		_root.gotoAndPlay(720);
			1. ไปเล่นที่ root scene 720

6	root scene 720	targetPath(chart_all.ch.backing_v);
		chart_all.ch.backing_v.gotoAndPlay(5);
		targetPath(_root.chart_all.ch.chamber);
		chart_all.ch.chamber.gotoAndPlay(240);
		targetPath(chart_all.ch.cover_chember);
		chart_all.ch.cover_chember.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.high_vacval);
		chart_all.ch.high_vacval.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.pap1);
			1. แจ้งว่าสามารถสร้างสุญญากาศต่ำได้แล้ว และแจ้งสภาวะของอุปกรณ์แต่ละตัว
			2. Rotary pump ทำงาน
			3. Roughing valve เปิด
			4. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^{-2} mbar
			5. ทุกปุ่มไม่รับคำสั่ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(209);
		targetPath(chart_all.ch.pump_jet);
		chart_all.ch.pump_jet.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.rota);
		chart_all.ch.rota.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.roughing_val);
		chart_all.ch.roughing_val.gotoAndPlay(6);
		targetPath(chart_all.ch.vence_chember);
		chart_all.ch.vence_chember.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.vent_backing);
		chart_all.ch.vent_backing.gotoAndPlay(5);	

7	root scene 1632	stop();
		targetPath(chart_all.ch.air_jet);
		chart_all.ch.air_jet.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.backing_v);
		chart_all.ch.backing_v.gotoAndPlay(3);
		targetPath(_root.chart_all.ch.chamber);
		chart_all.ch.chamber.gotoAndPlay(241);
		targetPath(chart_all.ch.cover_chember);
		chart_all.ch.cover_chember.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.high_vacval);
		chart_all.ch.high_vacval.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.pump_jet);
		chart_all.ch.pump_jet.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.rota);
		chart_all.ch.rota.gotoAndPlay(4);
		targetPath(chart_all.ch.roughing_val);
		chart_all.ch.roughing_val.gotoAndPlay(2);
		targetPath(chart_all.ch.vence_chember);
		chart_all.ch.vence_chember.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.vent_backing);
		chart_all.ch.vent_backing.gotoAndPlay(3);
			1. Rotary pump ทำงาน
			2. Roughing valve เปิด
			3. ปุ่ม close ของ Roughing valve รอรับคำสั่ง
			4. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^{-2} mbar

8	ปุ่ม close ของ Roughing valve scene 2	on (release) {
		gotoAndPlay(3);
		targetPath(_root.chart_all.ch.rota);
		_root.chart_all.ch.rota.gotoAndPlay(2);
		}
			1. Rotary pump ทำงาน
			2. Roughing valve ปิด
			3. ปุ่ม Off ของ Rotary pump รอรับคำสั่ง
			4. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^{-2} mbar

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

9	ปุ่ม Off ของ Rotary pump scene 2	on (release) {
		gotoAndPlay(7);
		targetPath(_root.chart_all.ch.vent_backing);
		_root.chart_all.ch.vent_backing.gotoAndPlay(1);
		targetPath(_root.chart_all.ch.pap1);
		_root.chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(290);
		}
			1. Rotary pump หยุดทำงาน
			2. ปุ่ม Open ของ Vent valve รอรับคำสั่ง
			3. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^{-2} mbar

10	ปุ่ม Open ของ Vent valve scene 1	on (release) {
		gotoAndPlay(2);
		targetPath(_root);
		_root.gotoAndPlay(1635);
		targetPath(_root.chart_all.ch.pap1);
		_root.chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(1);
		}
			1. แจ้งปิดภาวะสุญญากาศสมบูรณ์
			2. ถามความต้องการฝึกอีกครั้ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

รูปแบบคำสั่งการฝึกสร้างภาวะสุญญากาศสูง

	สั่งการที่	คำสั่ง	ผลของคำสั่ง

1	Root Scene 1
	เริ่มต้นการฝึก
		targetPath(chart_all.ch.air_jet);
		chart_all.ch.air_jet.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.backing_v);
		chart_all.ch.backing_v.gotoAndPlay(5);
		targetPath(_root.chart_all.ch.chamber);
		chart_all.ch.chamber.gotoAndPlay(1);
		targetPath(chart_all.ch.cover_chember);
		chart_all.ch.cover_chember.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.high_vacval);
		chart_all.ch.high_vacval.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.pap1);
		chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(1);
		targetPath(chart_all.ch.pump_jet);
		chart_all.ch.pump_jet.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.rota);
		chart_all.ch.rota.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.roughing_val);
		chart_all.ch.roughing_val.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.vence_chember);
		chart_all.ch.vence_chember.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.vent_backing);
		chart_all.ch.vent_backing.gotoAndPlay(5);
			1. ปุ่มต่าง ๆ อยู่ในสภาวะปิดในโหมด Graphic ไม่รับคำสั่งใด
			2. อุปกรณ์ทั้งหมดอยู่ในสภาวะปิด
			3. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^3 mbar

2	Root Scene 685
	แจ้งสถานะของวาล์วแล้วรอรับคำสั่งจากผู้ฝึก
		targetPath(chart_all.ch.air_jet);
		chart_all.ch.air_jet.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.backing_v);
		chart_all.ch.backing_v.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.chamber);
		chart_all.ch.chamber.gotoAndPlay(1);
		targetPath(chart_all.ch.cover_chember);
		chart_all.ch.cover_chember.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.high_vacval);
		chart_all.ch.high_vacval.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.pap1);
		chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(1);
		targetPath(chart_all.ch.pump_jet);
			1. ปุ่ม On ของ Rotary pump รอรับคำสั่งที่ถูกต้อง
			2. ปุ่มอื่น ๆ รอรับคำสั่งเมื่อทำผิดขั้นตอน
			3. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^3 mbar

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		chart_all.ch.pump_jet.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.rota);
		chart_all.ch.rota.gotoAndPlay(1);
		targetPath(chart_all.ch.roughing_val);
		chart_all.ch.roughing_val.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.vence_chember);
		chart_all.ch.vence_chember.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.vent_backing);
		chart_all.ch.vent_backing.gotoAndPlay(3);	

3	ปุ่ม on ของ rotary scene 1	on (release) {
		gotoAndPlay(4);
		targetPath(_root.chart_all.ch.backing_v);
		_root.chart_all.ch.backing_v.gotoAndPlay(1);
		targetPath(_root.chart_all.ch.pap1);
		_root.chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(2);
		}
			1. Rotary pump ทำงาน
			2. ปุ่ม Backing valve รอรับคำสั่งที่ถูกต้อง
			3. ปุ่มอื่น ๆ รอรับคำสั่งเมื่อทำผิดขั้นตอน
			4. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^3 mbar
			5. อากาศใน Roughing Line ลดลง

4	ปุ่ม open ของ backing_v scene 1	on (release) {
		gotoAndPlay(4);
		targetPath(_root.chart_all.ch.air_jet);
		_root.chart_all.ch.air_jet.gotoAndPlay(2);
		targetPath(_root.chart_all.ch.pap1);
		_root.chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(211);
		targetPath(_root.chart_all.ch.pump_jet);
		_root.chart_all.ch.pump_jet.gotoAndPlay(1);
		}
			1. Rotary pump ทำงาน
			2. Backing valve เปิด
			3. ปุ่มอื่น ๆ รอรับคำสั่งเมื่อทำผิดขั้นตอน
			4. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^3 mbar
			5. อากาศใน Roughing Line ลดลง
			6. อากาศใน Backing Line ลดลง

5	ปุ่ม on ของ diffusion pump scene 1	on (release) {
		gotoAndPlay(4);
		targetPath(_root.chart_all.ch.backing_v);
		_root.chart_all.ch.backing_v.gotoAndPlay(2);
		targetPath(_root.chart_all.ch.pap1);
		_root.chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(249);
		}
			1. Rotary pump ทำงาน
			2. Diffusion pump ทำงาน
			3. Backing valve เปิด
			4. ปุ่มอื่น ๆ รอรับคำสั่งเมื่อทำผิดขั้นตอน
			5. ความดันใน Chamber อยู่ที่

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

			ระดับ 10^3 mbar

6	ปุ่ม close ของ backing_v scene 2	on (release) {
		gotoAndPlay(3);
		targetPath(_root.chart_all.ch.air_jet);
		_root.chart_all.ch.air_jet.gotoAndPlay(3);
		targetPath(_root.chart_all.ch.pap1);
		_root.chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(210);
		targetPath(_root.chart_all.ch.roughing_val);
		_root.chart_all.ch.roughing_val.gotoAndPlay(1);
		}
			1. Rotary pump ทำงาน
			2. Diffusion pump ทำงาน
			3. Backing valve ปิด
			4. ปุ่ม open ของ Roughing valve รอรับคำสั่ง
			5. ปุ่มอื่น ๆ รอรับคำสั่งเมื่อทำผิดขั้นตอน
			6. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^3 mbar

7	ปุ่ม open ของ roughing_v scene 1	on (release) {
		gotoAndPlay(2);
		targetPath(_root.chart_all.ch.chamber);
		_root.chart_all.ch.chamber.gotoAndPlay(40);
		targetPath(_root.chart_all.ch.pap1);
		_root.chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(26);
		}
			1. Rotary pump ทำงาน
			2. Diffusion pump ทำงาน
			3. Backing valve ปิด
			4. Roughing valve เปิด
			5. ปุ่ม cloes ของ Roughing valve รอรับคำสั่ง
			6. ปุ่มอื่น ๆ รอรับคำสั่งเมื่อทำผิดขั้นตอน
			7. ความดันใน Chamber ลดลงอยู่ที่ระดับ 10^{-2} mbar

8	ปุ่ม close ของ roughing_v scene 2	on (release) {
		gotoAndPlay(3);
		targetPath(_root.chart_all.ch.backing_v);
		_root.chart_all.ch.backing_v.gotoAndPlay(7);
		targetPath(_root.chart_all.ch.chamber);
		_root.chart_all.ch.chamber.gotoAndPlay(240);
		targetPath(_root.chart_all.ch.pap1);
		_root.chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(209);
		}
			1. Rotary pump ทำงาน
			2. Diffusion pump ทำงาน
			3. ปุ่ม open ของ Backing valve รอรับคำสั่ง
			4. Roughing valve ปิด
			5. ปุ่มอื่น ๆ รอรับคำสั่งเมื่อทำผิดขั้นตอน
			6. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^{-2} mbar

9	ปุ่ม open ของ backing_v Scene 7 (action2)	on (release) {
		gotoAndPlay(4);
		targetPath(_root.chart_all.ch.air_jet);
		_root.chart_all.ch.air_jet.gotoAndPlay(2);
		targetPath(_root.chart_all.ch.chamber);
			1. Rotary pump ทำงาน
			2. Diffusion pump ทำงาน
			3. Backing valve เปิด
			4. ปุ่ม open ของ High vacuum

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		_root.chart_all.ch.chamber.gotoAndPlay(241);
		targetPath(_root.chart_all.ch.high_vacval);
		_root.chart_all.ch.high_vacval.gotoAndPlay(1);
		targetPath(_root.chart_all.ch.pap1);
		_root.chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(211);
			valve รอรับคำสั่ง
			5. ปุ่มอื่น ๆ รอรับคำสั่งเมื่อทำผิดขั้นตอน
			6. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^{-2} mbar

10	ปุ่ม open ของ high_vac scene 1	on (release) {
		gotoAndPlay(2);
		targetPath(_root.chart_all.ch.chamber);
		_root.chart_all.ch.chamber.gotoAndPlay(280);
		targetPath(_root.chart_all.ch.pap1);
		_root.chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(250);
		}
			1. Rotary pump ทำงาน
			2. Diffusion pump ทำงาน
			3. Backing valve เปิด
			4. High vacuum valve เปิด
			5. ความดันใน Chamber ลดลงอยู่ที่ระดับ 10^{-7} mbar
			6. ทุกปุ่มไม่รับคำสั่ง

10.2	Chamber scene 480	stop();
		targetPath(_root);
		_root.gotoAndPlay(720);
			1. ไปเล่นที่ root scene 720

11	root scene 720	targetPath(chart_all.ch.air_jet);
		chart_all.ch.air_jet.gotoAndPlay(2);
		targetPath(chart_all.ch.backing_v);
		chart_all.ch.backing_v.gotoAndPlay(6);
		targetPath(_root.chart_all.ch.chamber);
		chart_all.ch.chamber.gotoAndPlay(519);
		targetPath(chart_all.ch.cover_chember);
		chart_all.ch.cover_chember.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.high_vacval);
		chart_all.ch.high_vacval.gotoAndPlay(6);
		targetPath(chart_all.ch.pap1);
		chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(250);
		targetPath(chart_all.ch.pump_jet);
		chart_all.ch.pump_jet.gotoAndPlay(6);
		targetPath(chart_all.ch.rota);
		chart_all.ch.rota.gotoAndPlay(6);
		targetPath(chart_all.ch.roughing_val);
		chart_all.ch.roughing_val.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.vence_chember);
		chart_all.ch.vence_chember.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.vent_backing);
		chart_all.ch.vent_backing.gotoAndPlay(5);
			1. แจ้งว่าสามารถสร้างสุญญากาศสูงได้แล้ว และแจ้งสภาวะของอุปกรณ์แต่ละตัว
			2. Rotary pump ทำงาน
			3. Diffusion pump ทำงาน
			4. Backing valve เปิด
			5. High vacuum valve เปิด
			6. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^{-7} mbar
			7. ทุกปุ่มไม่รับคำสั่ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

12	root scene 1715	stop();
		targetPath(chart_all.ch.air_jet);
		chart_all.ch.air_jet.gotoAndPlay(2);
		targetPath(chart_all.ch.backing_v);
		chart_all.ch.backing_v.gotoAndPlay(4);
		targetPath(_root.chart_all.ch.chamber);
		chart_all.ch.chamber.gotoAndPlay(519);
		targetPath(chart_all.ch.cover_chember);
		chart_all.ch.cover_chember.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.high_vacval);
		chart_all.ch.high_vacval.gotoAndPlay(2);
		targetPath(chart_all.ch.pap1);
		chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(250);
		targetPath(chart_all.ch.pump_jet);
		chart_all.ch.pump_jet.gotoAndPlay(4);
		targetPath(chart_all.ch.rota);
		chart_all.ch.rota.gotoAndPlay(4);
		targetPath(chart_all.ch.roughing_val);
		chart_all.ch.roughing_val.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.vence_chember);
		chart_all.ch.vence_chember.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.vent_backing);
		chart_all.ch.vent_backing.gotoAndPlay(3);
			1. Rotary pump ทำงาน
			2. Diffusion pump ทำงาน
			3. Backing valve เปิด
			4. High vacuum valve เปิด
			5. ปุ่ม close ของ High vacuum valve รอรับคำสั่ง
			6. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^{-7} mbar

13	ปุ่ม close ของ high_vac scene 2	on (release) {
		gotoAndPlay(3);
		targetPath(_root.chart_all.ch.pump_jet);
		_root.chart_all.ch.pump_jet.gotoAndPlay(2);
		targetPath(chart_all.ch.air_jet);
		chart_all.ch.air_jet.gotoAndPlay(2);
		targetPath(chart_all.ch.backing_v);
		chart_all.ch.backing_v.gotoAndPlay(4);
		targetPath(_root.chart_all.ch.chamber);
		chart_all.ch.chamber.gotoAndPlay(520);
		targetPath(chart_all.ch.cover_chember);
		chart_all.ch.cover_chember.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.pap1);
		chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(250);
		targetPath(chart_all.ch.rota);
		chart_all.ch.rota.gotoAndPlay(4);
			1. Rotary pump ทำงาน
			2. Diffusion pump ทำงาน
			3. High vacuum valve ปิด
			4. ปุ่ม Off ของ Diffusion pump รอรับคำสั่ง
			5. Backing valve เปิด
			6. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^{-7} mbar

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		targetPath(chart_all.ch.roughing_val);
		chart_all.ch.roughing_val.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.vence_chember);
		chart_all.ch.vence_chember.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.vent_backing);
		chart_all.ch.vent_backing.gotoAndPlay(3);	

14	ปุ่ม off ของ diffusion scene 2	on (release) {
		gotoAndPlay(3);
		targetPath(_root.chart_all.ch.backing_v);
		_root.chart_all.ch.backing_v.gotoAndPlay(8);
		}
			1. Rotary pump ทำงาน
			2. Diffusion pump หยุดทำงาน
			3. Backing valve เปิด
			4. ปุ่ม close ของ Backing valve รอรับคำสั่ง
			5. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^{-7} mbar

15	ปุ่ม off ของ backing_v scene 8 (action2)	on (release) {
		gotoAndPlay(3);
		targetPath(_root.chart_all.ch.rota);
		_root.chart_all.ch.rota.gotoAndPlay(8);
		targetPath(_root.chart_all.ch.air_jet);
		_root.chart_all.ch.air_jet.gotoAndPlay(3);
		}
			1. Rotary pump ทำงาน
			2. Backing valve ปิด
			3. ปุ่ม Off ของ Rotary pump รอรับคำสั่ง
			4. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^{-7} mbar

16	ปุ่ม off ของ rotary scene 8 (action2)	on (release) {
		gotoAndPlay(3);
		targetPath(_root.chart_all.ch.vent_backing);
		_root.chart_all.ch.vent_backing.gotoAndPlay(1);
		targetPath(_root.chart_all.ch.pap1);
		_root.chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(290);
			1. Rotary pump หยุดทำงาน
			2. ปุ่ม Open ของ Vent valve รอรับคำสั่ง
			3. ความดันใน Chamber อยู่ที่ระดับ 10^{-7} mbar

17	ปุ่ม open ของ vent_backing scene 1	on (release) {
		gotoAndPlay(4);
		targetPath(_root.chart_all.ch.pap1);
		_root.chart_all.ch.pap1.gotoAndPlay(1);
		targetPath(_root);
		_root.gotoAndPlay(1731);
			1. Vent valve เปิด
			2. อากาศเข้าเต็มท่อหยาบ

18	Root scene 1731	targetPath(chart_all.ch.air_jet);
		chart_all.ch.air_jet.gotoAndPlay(3);
		targetPath(chart_all.ch.backing_v);
		chart_all.ch.backing_v.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.cover_chember);
		chart_all.ch.cover_chember.gotoAndPlay(5);
			1. แจ้งปิดภาวะสุญญากาศสมบูรณ์
			2. ถามความต้องการฝึกอีกครั้ง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

		targetPath(chart_all.ch.high_vacval);
		chart_all.ch.high_vacval.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.pump_jet);
		chart_all.ch.pump_jet.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.rota);
		chart_all.ch.rota.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.roughing_val);
		chart_all.ch.roughing_val.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.vence_chember);
		chart_all.ch.vence_chember.gotoAndPlay(5);
		targetPath(chart_all.ch.vent_backing);
		chart_all.ch.vent_backing.gotoAndPlay(6);	

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

สถานะของวาล์วและชุดคำสั่งการฝึกการสร้างสุญญากาศ (action keyframe)

สถานะของวาล์วขณะฝึกสร้างสุญญากาศต่ำ

	แจ้งสถานะ	สร้างสุญญากาศต่ำ			แจ้งสถานะ	ปิดการสร้างสุญญากาศต่ำ				แจ้งสถานะ
		รอเปิด rotary	รอเปิดroughing	เปิดroughing แล้ว		รอปิดrouging	รอปิด rotary	รอเปิด vent backing	เปิด vent backing แล้ว	
อากาศใน backing line (Air jet)	Graphic	3	3	3	Graphic	3	3	3	3	Graphic
Backing valae	Graphic5	3	3	3	Graphic	3	-	-	3	Graphic5
chamber	Graphic	1	1	241	Graphic	241	-	-	241	Graphic
ฝา chamber	Graphic5	3	3	3	Graphic	3	-	-	3	Graphic5
High_vacuum valae	Graphic5	3	3	3	Graphic	3	-	-	3	Graphic5
อากาศใน roughing line (pep 1)	Graphic	1	25	26	Graphic	210	-	290	1	Graphic
Pump_jet	Graphic5	3	3	3	Graphic	3	-	-	3	Graphic5
Rotary	Graphic5	1	4	4	Graphic	4	2	3	3	Graphic5
Roughing_valve	Graphic5	3	1	4	Graphic	2	3	-	3	Graphic5
Vent_chamber	Graphic5	3	3	3	Graphic	3	-	-	3	Graphic5
Vent_backing	Graphic5	3	3	3	Graphic	3	-	1	4	Graphic6
		สั่งactionที่ root	สั่งที่ปุ่ม on rotary	สั่งที่ปุ่มopen roughing	สั่งactionที่ root	สั่งที่ root	สั่งที่ปุ่ม close roughing	สั่งที่ปุ่ม off rotary	สั่งที่ปุ่ม close vent_back	

สถานะของวาล์วขณะฝึกสร้างสุญญากาศสูง

	แจ้งสถานะ	ขั้นตอนเตรียมความพร้อม				สร้างสุญญากาศขั้นต้น		สร้างสุญญากาศสูง			แจ้งสถานะ	ปิดระบบ						แจ้งสถานะ
		รอเปิด rotary	รอเปิด backing	รอเปิด diffusion	รอปิด backing	รอเปิด roughing	รอปิด roughing	รอเปิด backing (รอบ2)	รอเปิด high_vac			รอปิด high_vac	รอปิด diffusion	รอปิด backing	รอปิด rotary	รอเปิด vent backing	เปิด vent backing แล้ว	
อากาศใน backing line (Air jet)	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3
Backing valae	Graphic5	3	1	4	2	3	3	7	4	4	Graphic6	4	4	8	3	3	3	Graphic5
chamber	Graphic	1	1	1	1	1	40	240	241	280	479	479	480	480	480	480	480	480
ฝา chamber	Graphic5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Graphic5	3	3	3	3	3	3	Graphic5
High_vacuum valae	Graphic5	3	3	3	3	3	3	3	1	2	Graphic6	2	3	3	3	3	3	Graphic5
อากาศใน roughing line (pep 1)	Graphic	1	2	211	249	210	26	209	211	250	250	250	250	250	250	290	1	1
Pump_jet	Graphic5	3	3	1	4	4	4	4	4	4	Graphic6	4	2	3	3	3	3	Graphic5
Rotary	Graphic5	1	4	4	4	4	4	4	4	4	Graphic6	4	4	4	2	3	3	Graphic5
Roughing_valve	Graphic5	3	3	3	3	1	2	3	3	3	Graphic5	3	3	3	3	3	3	Graphic5
Vent_chamber	Graphic5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Graphic5	3	3	3	3	3	3	Graphic5
Vent_backing	Graphic5	3	3	3	3	3	3	3	3	3	Graphic5	3	3	3	3	1	4	Graphic6
	สั่งactionที่ root scene 1	สั่งactionที่ root scene 708	สั่งที่ปุ่ม on rotary scene 1	สั่งที่ปุ่ม open backing scene 1	สั่งการที่ on diffusion	สั่งที่ปุ่ม close backing	สั่งที่ปุ่ม open roughing	สั่งที่ปุ่ม close roughing	สั่งที่ปุ่ม open backing Scene 7	สั่งที่ปุ่ม open high_vac	สั่งactionที่ root 720	สั่งที่ root 1715	สั่งที่ปุ่ม close high_vac	สั่งที่ปุ่ม close diffusion	สั่งที่ปุ่ม close backing scene 8	สั่งที่ปุ่ม off rotary	สั่งที่ปุ่ม open vent_back	สั่งที่ root 1731

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ความหมายเลขคำสั่งในวาล์วควบคุมต่าง ๆ

เลขคำสั่ง	สถานะที่เป็น	รอคำสั่ง	ข้อความ	คำอธิบาย
1	OFF	ON		ปิดอยู่....รอการเปิด และทำตาม action ที่อยู่ภายใน
2	ON	OFF		เปิดอยู่....รอการปิด และทำตาม action ที่อยู่ภายใน
3	OFF (ไม่มีaction)	ถ้ากดปุ่ม ON แจ้งระบบเสียหาย...ลงโทษ	เสียใจ! คุณทำผิดขั้นตอนการเรียนรู้ในบทเรียนนี้ กลับไปเริ่มต้นใหม่ (ระเบิดทำงาน 3..2..1...BOOM)	ปิดอยู่....ไม่ต้องการให้เปิด..ถ้าเปิดมีการลงโทษ
4	ON (ไม่มีaction)	ถ้ากดปุ่ม OFF แจ้งระบบเสียหาย...ลงโทษ	เสียใจ! คุณทำผิดขั้นตอนการเรียนรู้ในบทเรียนนี้ กลับไปเริ่มต้นใหม่ (ระเบิดทำงาน 3..2..1...BOOM)	เปิดอยู่....ไม่ต้องการให้ปิด..ถ้าปิดมีการลงโทษ
5	OFF	ไม่รับคำสั่งใด ๆ		อยู่ในโหมด Graphic
6	ON	ไม่รับคำสั่งใด ๆ		อยู่ในโหมด Graphic
7	OFF (Action 2)	ON		ปิดอยู่....รอการเปิด และทำตาม action2 ที่อยู่ภายใน
8	ON (Action 2)	OFF		เปิดอยู่....รอการปิด และทำตาม action2 ที่อยู่ภายใน

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

Scene ของอากาศในภาชนะสุญญากาศ Chamber

Scene	ระดับสุญญากาศ	ลักษณะที่เป็น
1	10^{3}	นิ่งที่ 10^{3}
40-240	$10^{2} - 10^{-2}$	เริ่มลดลงมาจาก 10^{3} และลดลงเรื่อย ๆจนหยุดที่ 10^{-2} ของ penning guage
241-479	10^{-3}-10^{-7}	เริ่มลดลงมาจาก 10^{-3} และลดลงเรื่อย ๆจนหยุดที่ 10^{-7} และมีอากาศวิ่งลงปั๊มเจ็ต
480	10^{-7}	ไม่มีอากาศวิ่งลงปั๊มเจ็ต (ปิดปั๊ม)

Scene ของอากาศในท่อ (pep1)

Scene	ลักษณะที่เป็น
1	อากาศเต็มท่อ
2-25	ลดลงเรื่อย ๆ จนค้างที่อากาศน้อย (มีทั้ง roughing และ backing)
26-210	ลดลงเรื่อย ๆ จากที่ 80 % จนเหลือ 0 % และนิ่งรอที่อากาศน้อย (มีทั้ง roughing และ backing)
211-250	ไม่มีอากาศที่ roughing
251-289	
290	ไม่มีอากาศเหลือ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University