

## สารบัญภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1.1	ไมโครมิเตอร์ใช้วัดความหนาของวัตถุแสดงผลเป็นแบบขีดสเกลสามารถวัดได้ละเอียดถึง 0.01 มม.	4
ภาพที่ 1.2	นาฬิกาบอกเวลาแสดงผลแบบตัวเลข	4
ภาพที่ 1.3	ระบบพิกัดแบบคาร์ทีเซียน	10
ภาพที่ 1.4	ระบบพิกัด 2 มิติ	10
ภาพที่ 1.5	ระบบพิกัดเชิงขั้ว	11
ภาพที่ 1.6	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.1	12
ภาพที่ 1.7	เส้นตรงใช้แทนเวกเตอร์	13
ภาพที่ 1.8	การบวกเวกเตอร์โดยบวก $\vec{A}$ ด้วย $\vec{B}$	14
ภาพที่ 1.9	การบวกเวกเตอร์โดยบวก $\vec{B}$ ด้วย $\vec{A}$	14
ภาพที่ 1.10	การจัดกลุ่มบวกเวกเตอร์	15
ภาพที่ 1.11	การลบ $\vec{A}$ และ $\vec{B}$	16
ภาพที่ 1.12	เวกเตอร์หนึ่งหน่วยในระบบพิกัดฉาก	16
ภาพที่ 1.13	เวกเตอร์ประกอบของ $\vec{A}$	17
ภาพที่ 1.14	เวกเตอร์ประกอบตามแกน x และ y	17
ภาพที่ 1.15	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.2	19
ภาพที่ 1.16	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.3	20
ภาพที่ 1.17	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.4	22
ภาพที่ 1.18	แสดงการคูณเวกเตอร์	22
ภาพที่ 1.19	แสดงทิศทางของเวกเตอร์ลิฟท์ของการคูณไขว้	23
ภาพที่ 1.20	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 1.5	25
ภาพที่ 2.1	แสดงการเคลื่อนที่ของอนุภาค P ไปตำแหน่ง Q	44
ภาพที่ 2.2	แสดงอนุภาคเคลื่อนที่ จาก $P \rightarrow Q \rightarrow P$ เมื่อ $\Delta t$ มีค่าน้อยลงๆ ( $\Delta t_1 < \Delta t_2 < \Delta t_3$ )	45
ภาพที่ 2.3	ทางเดินของอนุภาคระหว่างจุด P กับ Q	45
ภาพที่ 2.4	ความเร็วของอนุภาคที่ช่วงเวลาใดๆ	46
ภาพที่ 2.5	ความเร่งของอนุภาคที่ช่วงเวลาใดๆ	48
ภาพที่ 2.6	ความเร็วสัมพัทธ์รถไฟเทียบกับโลกและรถยนต์เทียบกับรถไฟ	55
ภาพที่ 3.1	เวกเตอร์ตำแหน่งของอนุภาคในระบบพิกัดฉาก	66
ภาพที่ 3.2	แสดงการกระจัดของอนุภาค $\vec{r}_{12}$ ในช่วง $t_1$ - $t_2$	66
ภาพที่ 3.3	(ก) แสดงความเร็วเฉลี่ย (ข) แสดงความเร็วในขณะเวลาใดๆ	68
ภาพที่ 3.4	แสดงทางเดินของอนุภาคเมื่อความเร็วเพิ่มขึ้นเป็น $\Delta \vec{v}$ และความเร่งเฉลี่ย $\vec{a}(t)$	70

	หน้า	
ภาพที่ 3.5	แสดงทางเดินของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบวิถีโค้ง	72
ภาพที่ 3.6	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 3.5	75
ภาพที่ 3.7	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 3.6	77
ภาพที่ 3.8	อนุภาคเคลื่อนที่เป็นวงกลมรัศมี R	78
ภาพที่ 3.9	แสดงส่วนของทางเดินของอนุภาคที่เคลื่อนที่เป็นวงกลม	81
ภาพที่ 3.10	แสดงองค์ประกอบของความเร่ง	83
ภาพที่ 4.1	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 4.2	95
ภาพที่ 4.2	(ก) วัตถุที่อยู่นิ่งเมื่อเปรียบเทียบกับโลก (ข) แรงที่กระทำบนวัตถุ (ค) แรงที่กระทำกับโลก	98
ภาพที่ 4.3	วัตถุที่วางอยู่ในลิฟต์ (ก) เมื่อลิฟต์เคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงที่ และ (ข) เมื่อลิฟต์เคลื่อนที่ลงด้วยความเร่งคงที่	98
ภาพที่ 4.4	(ก) แรงเสียดทานสถิตเท่ากับแรงที่ให้กับวัตถุ (ข) แรง $F$ ที่ให้กับวัตถุมีค่ามากกว่าแรงเสียดทานสถิต และ (ค) กราฟของแรงที่ให้กับวัตถุและแรงเสียดทาน	100
ภาพที่ 4.5	แสดงแนวคิดเกี่ยวกับการเขียนแรงย่อย	101
ภาพที่ 4.6	แรงต่างๆบนวัตถุทำมุมกับแกน x-y ต้องแตกแรงก่อน	101
ภาพที่ 4.7	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 4.3	102
ภาพที่ 4.8	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 4.4	103
ภาพที่ 4.9	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 4.5	104
ภาพที่ 4.10	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 4.6	105
ภาพที่ 4.11	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 4.7	106
ภาพที่ 4.12	ลูกบอลเคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วคงที่	107
ภาพที่ 4.13	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 4.9	108
ภาพที่ 4.14	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 4.10	109
ภาพที่ 4.15	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 4.11	110
ภาพที่ 4.16	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 4.12	111
ภาพที่ 4.17	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 4.13	112
ภาพที่ 4.18	แสดงอนุภาคเคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วที่เปลี่ยนแปลง	113
ภาพที่ 4.19	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 4.14	113
ภาพที่ 4.20	ภาพประกอบแบบฝึกหัดที่ 1	116
ภาพที่ 4.21	ภาพประกอบแบบฝึกหัดที่ 2	116
ภาพที่ 4.22	ภาพประกอบแบบฝึกหัดที่ 3	117
ภาพที่ 4.23	ภาพประกอบแบบฝึกหัดที่ 4	117
ภาพที่ 4.24	ภาพประกอบแบบฝึกหัดที่ 5	118
ภาพที่ 4.25	ภาพประกอบแบบฝึกหัดที่ 6	118

	หน้า	
ภาพที่ 4.26	ภาพประกอบแบบฝึกหัดที่ 8	119
ภาพที่ 5.1	กล่องที่ถูกกระทำด้วยแรง $\vec{F}$ ในช่วงของการกระจัด $\Delta r$	125
ภาพที่ 5.2	กล่องที่วางบนพื้นผืด งานจะเกิดจากแรงลัพธ์ $F\cos(\theta) - f$	126
ภาพที่ 5.3	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 5.1	127
ภาพที่ 5.4	กราฟที่เป็นตัวแทนของการหาค่างาน	129
ภาพที่ 5.5	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 5.5	130
ภาพที่ 5.6	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 5.6	131
ภาพที่ 5.7	แสดงแนวการเคลื่อนที่ของวัตถุซึ่งถูกกระทำด้วยแรงสุทธิคงที่จาก A ไป B	132
ภาพที่ 5.8	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 5.7	133
ภาพที่ 5.9	อนุภาคมวล $m$ เคลื่อนที่จากจุด $a$ ไปยังจุด $b$	134
ภาพที่ 5.10	พลังงานศักย์ที่สะสมอยู่ในกล่องขึ้นอยู่กับความสูง $h$	136
ภาพที่ 5.11	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 5.9	138
ภาพที่ 5.12	ภาพแบบฝึกหัดข้อที่ 2	142
ภาพที่ 5.13	ภาพแบบฝึกหัดข้อที่ 3	143
ภาพที่ 5.14	ภาพแบบฝึกหัดข้อที่ 4	143
ภาพที่ 5.15	ภาพแบบฝึกหัดข้อที่ 9	144
ภาพที่ 5.16	ภาพแบบฝึกหัดข้อที่ 12	145
ภาพที่ 6.1	พื้นที่ใต้กราฟระหว่างแรงดลกับเวลา	150
ภาพที่ 6.2	ระบบอิสระของมวลที่ยึดกันไว้ด้วยสปริงเบา	151
ภาพที่ 6.3	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 6.3	153
ภาพที่ 6.4	แสดงลักษณะของการชน	154
ภาพที่ 6.5	แสดงการชนแบบไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์ในหนึ่งมิติ	154
ภาพที่ 6.6	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 6.4	155
ภาพที่ 6.7	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 6.5	156
ภาพที่ 6.8	แสดงการชนแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ของวัตถุ	157
ภาพที่ 6.9	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 6.6	159
ภาพที่ 6.10	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 6.7	161
ภาพที่ 6.11	(ก) มวลเริ่มต้นของจรวดเป็น $M + \Delta m$ ที่เวลา $t$ และมีอัตราเร็ว $v$ (ข) เมื่อเวลาผ่านไป $\Delta t$ มวลของจรวดลดลงเป็น $M$	163
ภาพที่ 6.12	แสดงการเคลื่อนที่ของระบบอนุภาค	165
ภาพที่ 6.13	ระบบอนุภาคเมื่อวางตัวในแนวแกน $x$	165
ภาพที่ 6.14	แสดงตำแหน่งจุดศูนย์กลางมวล	166
ภาพที่ 6.15	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 6.8	167
ภาพที่ 6.16	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 6.9	168

	หน้า	
ภาพที่ 6.17	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 6.10	169
ภาพที่ 6.18	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 6.11	169
ภาพที่ 6.19	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 6.12	170
ภาพที่ 6.20	ภาพแบบฝึกหัดข้อที่ 1	175
ภาพที่ 6.21	ภาพแบบฝึกหัดข้อที่ 6	176
ภาพที่ 6.22	ภาพแบบฝึกหัดข้อที่ 13	177
ภาพที่ 6.23	ภาพแบบฝึกหัดข้อที่ 14	178
ภาพที่ 7.1	การเคลื่อนที่ของระบบมวล - สปริง	183
ภาพที่ 7.2	พลังงานจลน์และพลังงานศักย์ที่ระยะกระจัดต่างๆ	184
ภาพที่ 7.3	ระยะกระจัด ความเร็ว และความเร่งที่เวลาต่างๆ	188
ภาพที่ 7.4	เรขาคณิตที่ใช้แทนพารามิเตอร์ของการแกว่ง	188
ภาพที่ 7.5	แสดงความเร็ว ความเร่ง และระยะกระจัดที่เวลาต่างๆ	190
ภาพที่ 7.6	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 7.1	191
ภาพที่ 7.7	ลูกตุ้มนาฬิกาอย่างง่าย	194
ภาพที่ 7.8	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 7.2	195
ภาพที่ 7.9	ลูกตุ้มกายภาพ	196
ภาพที่ 7.10	ลูกตุ้มชนิดปิด	199
ภาพที่ 7.11	การเคลื่อนที่เป็นวงกลม	201
ภาพที่ 7.12	ภาพประกอบตัวอย่างที่ 7.5	201
ภาพที่ 7.13	การเคลื่อนที่แบบหมุน	204
ภาพที่ 7.14	ระยะกระจัดของการเคลื่อนที่แบบต่างๆ	204
ภาพที่ 7.15	กราฟแสดงระยะกระจัดของการแกว่งที่ความถี่ต่างๆ	206
ภาพที่ 7.16	แสดงการแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาหลายลูก	207
ภาพที่ 7.17	ภาพแบบฝึกหัดข้อที่ 2	209
ภาพที่ 7.18	ภาพแบบฝึกหัดข้อที่ 6	210
ภาพที่ 7.19	ภาพแบบฝึกหัดข้อที่ 9	211
ภาพที่ 8.1	คลื่นดล	218
ภาพที่ 8.2	การรวมกันของพัลส์สองลูก	220
ภาพที่ 8.3	การสะท้อนของพัลส์ในเส้นเชือก (ก) จากปลายเชือกตรึงอยู่กับที่ (ข) จากปลายที่เคลื่อนที่ได้	221
ภาพที่ 8.4	แสดงพัลส์ที่เคลื่อนที่ในสองตัวกลาง ทำให้เกิดการสะท้อนและการส่งผ่าน	221
ภาพที่ 8.5	คลื่นฮาร์โมนิกใน 1 มิติ	222
ภาพที่ 8.6	แสดงแรง $F_1$ และ $F_2$ กระทำที่ปลายของส่วนเล็กๆของเชือก	226
ภาพที่ 8.7	ส่วนของคลื่นเคลื่อนที่ในทิศ $+x$ ด้วยอัตราเร็ว $v = \Delta x / \Delta t$	228
ภาพที่ 8.8	การยึดของคลื่น	229

	หน้า	
ภาพที่ 8.9	การแผ่กระจายของคลื่น	233
ภาพที่ 8.10	การแทรกสอดของคลื่น 2 ขบวนที่มี $A$ , $k$ และ $\omega$ และทิศทางการเคลื่อนที่เหมือนกัน	235
ภาพที่ 8.11	การแทรกสอดของคลื่น	236
ภาพที่ 8.12	ภาพประกอบแบบฝึกหัดข้อ 2.	241
ภาพที่ 9.1	แสดงแรงภายนอกที่มากระทำต่อแท่งโลหะ	252
ภาพที่ 9.2	(ก) แสดงตัวอย่างการเกิดแรงดึงและแรงอัดพร้อมๆกัน (ข) เหล็กภาพทรงแบบไอ (ค) ท่อเหล็กทรงกระบอกกลวง	254
ภาพที่ 9.3	แสดงแรงผลักดันภายนอกกระทำต่อของเหลว	255
ภาพที่ 9.4	แสดงแรงภายนอกที่กระทำต่อวัตถุทำให้เกิดความเค้นเฉือน	257
ภาพที่ 9.5	แสดงการบิดของวัตถุเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ	257
ภาพที่ 9.6	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นและความเครียดของโลหะ	259
ภาพที่ 10.1	เทอร์โมมิเตอร์ชนิดปริมาตรก๊าซคงที่	270
ภาพที่ 10.2	กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับอุณหภูมิเมื่อใช้ก๊าซชนิดต่าง	270
ภาพที่ 10.3	การแปรผันของความหนาแน่นกับอุณหภูมิของน้ำที่ความดันบรรยากาศ	274
ภาพที่ 10.4	ก๊าซอุดมคติบรรจุในลูกสูบเพื่อให้ปริมาตรเปลี่ยนแปลง	275
ภาพที่ 10.5	การทดลองความสมมูลระหว่างพลังงานกลและพลังงานความร้อน	278
ภาพที่ 10.6	การส่งถ่ายความร้อนโดยการนำ	283
ภาพที่ 10.7	การนำความร้อนผ่านแท่งวัตถุสม่ำเสมอ	285
ภาพที่ 10.8	โครงสร้างของขวดเทอร์มอส	287
ภาพที่ 10.9	ก๊าซที่บรรจุอยู่ในกระบอกสูบทรงกระบอกที่ความดัน $P$ เมื่อเกิดงานทำให้ลูกสูบเลื่อนตำแหน่งเป็นผลให้ปริมาตรของกระบอกสูบเปลี่ยนไป	288
ภาพที่ 10.10	การขยายตัวของก๊าซจากสถานะ $i$ ไปสถานะ $f$ งานที่ทำโดยก๊าซเท่ากับพื้นที่ใต้กราฟ	289
ภาพที่ 10.11	ขณะที่ก๊าซเปลี่ยนจากสถานะเริ่มต้นไปสู่สถานะสุดท้ายงานที่ทำจะขึ้นกับเส้นทางระหว่างสถานะทั้งสอง	289
ภาพที่ 10.12	แผนภาพ PV สำหรับก๊าซที่ขยายตัวโดยมีอุณหภูมิคงที่	292
ภาพที่ 10.13	ภาพประกอบแบบฝึกหัดข้อที่ 8	298
ภาพที่ 10.14	ภาพประกอบแบบฝึกหัดข้อที่ 11	299