คำนำในการพิมพ์ครั้งที่ 5 (ฉบับปรับปรุงแก้ไข)

เนื่องจากตำราวิชาฟิสิกส์พื้นฐานขั้นมหาวิทยาลัย 1 ซึ่งจัดพิมพ์ภายหลังจากปรับปรุงหลักสูตรสาขาวิชาฟิสิกส์ใหม่ได้จำหน่ายหมดแล้ว จึงเห็นสมควรจัดพิมพ์ตำรานี้เพิ่มเติมอีกครั้งหนึ่ง โดยในการจัดพิมพ์ได้พิจารณาปรับปรุงแก้ไขข้อความ สมการและภาพประกอบซึ่งพิมพ์คลาดเคลื่อนในการพิมพ์ครั้งแรกให้ชัดเจนและถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังได้ตัดบทที่ 11 ทฤษฎีสัมพันธภาพพิเศษออกทั้งบท โดยให้ไปอยู่ในฟิสิกส์ 2 แทนซึ่งเหมาะสมกว่า อย่างไรก็ตาม หากมีรายละเอียดส่วนใดที่สมควรจะปรับปรุง แต่ยังไม่ได้รับการแก้ไขในครั้งนี้ ภาควิชาฟิสิกส์หวังว่าจะได้รับข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์สำหรับการปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นต่อไปในอนาคต ทั้งนี้ เพื่อประโยชน์ในการเรียนการสอนวิชานี้ของนักศึกษาและอาจารย์ผู้สอนเป็นสำคัญ

ในการเรียนตามกระบวนการเรียนรู้ของนักศึกษา โดยเฉพาะการเรียนวิชาฟิสิกส์พื้นฐานขั้นมหาวิทยาลัยนี้สิ่งที่สำคัญที่สุด คือ **ความเข้าใจ** หากนักศึกษาสามารถทำความเข้าใจเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎี สูตรและกฎต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดีแล้ว นักศึกษาจะสามารถทำโจทย์แบบฝึกหัดที่สัมพันธ์กับเนื้อหาได้โดยง่าย นอกจากอาจารย์ผู้สอนจะช่วยอธิบายให้นักศึกษาเข้าใจได้ง่ายแล้ว ตำราและตัวอย่างทั้งหมดที่มีอยู่ในแบบเรียนที่ศึกษาได้ด้วยตนเองนี้ จะช่วยเสริมความเข้าใจในรายละเอียดบางประการที่นักศึกษาจะต้องพยายามขวนขวายเรียนรู้เองด้วย อีกประการหนึ่ง การทำกิจกรรมภายหลังจากการศึกษาเนื้อหาสาระในแต่ละตอนร่วมกัน ระหว่างนักศึกษาและเพื่อน ๆ จะช่วยเสริมสร้างทักษะในการนำสูตรต่าง ๆ ไปใช้ทำโจทย์แบบฝึกหัดให้ดียิ่งขึ้น

แม้ว่า เนื้อหาของวิชาฟิสิกส์พื้นฐานค่อนข้างจะมากเพียงใด แต่เนื้อหาทั้งหมดจะสัมพันธ์กันเป็นอย่างดี นักศึกษาที่ตั้งใจเรียนตั้งแต่ชั่วโมงแรกจนถึงชั่วโมงสุดท้าย จะสามารถรวบรวมความเข้าใจเนื้อหาตามตำรานี้ ซึ่งสอนตลอดทั้งภาคการศึกษาหนึ่ง ๆ ได้อย่างครบถ้วน ส่วนสูตรและกฎต่าง ๆ ทั้งหมดที่ต้องใช้สำหรับทำโจทย์แบบฝึกหัด นักศึกษาควรหมั่นพิจารณาตัวอย่างที่ให้ไว้ในตำรา และฝึกฝนการทำโจทย์ตัวอย่างอยู่เสมอ เพื่อให้คุ้นเคยกับสูตรและกฎ อีกทั้งเพื่อให้นักศึกษาบังเกิดความมั่นใจตนเองเพิ่มขึ้นก่อนการสอบไล่

ในการเตรียมตัวก่อนสอบ นอกจากนักศึกษาจะฝึกฝนและทบทวนการใช้สูตรและกฎในการทำโจทย์ตามตัวอย่าง จนคุ้นเคยเป็นอย่างดีแล้ว นักศึกษาควรจะประเมินความเข้าใจและความสามารถในการทำโจทย์จากแบบประเมินก่อนเรียนและหลังเรียนแต่ละบทก่อนด้วย โดยการพิจารณาจากผลการประเมินทั้งหมดจะช่วยให้นักศึกษาปรับปรุงผลการเรียนของตนเองให้ดีขึ้นได้ตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้แทรกโจทย์ซึ่งเคยนำมาทดสอบในการแข่งขันการตอบปัญหาฟิสิกส์โอลิมปิกประจำปี พ.ศ. 2541 ไว้ในภาคผนวกข้างท้ายตำรานี้ด้วย เพื่อให้เป็นแนวทางในการเปรียบเทียบการศึกษาฟิสิกส์ในประเทศกับระดับสากล ทั้งนี้ เพื่อจะได้พัฒนาการศึกษาของชาติให้ได้มาตรฐานต่อไปในอนาคต

ท้ายที่สุดนี้ ขอขอบคุณคณาจารย์และเจ้าหน้าที่ทุกฝ่ายที่มีส่วนในการปรับปรุงแก้ไขตำรานี้จนสำเร็จลุล่วงเป็นอย่างดี โดยเฉพาะรองศาสตราจารย์อัจฉรา พันธุ์อำไพ ในฐานะบรรณาธิกรณ์และรองศาสตราจารย์ดำรงศักดิ์ มณีพงษ์สวัสดิ์ ในการตรวจทานต้นฉบับ ตลอดจนนักศึกษาที่ให้ความร่วมมือในการดำเนินงานต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ หากมีข้อบกพร่องใด ๆ ภาควิชาฟิสิกส์พร้อมที่จะรับไว้แก้ไขในการพิมพ์ครั้งต่อไป

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยรามคำแหง
กุมภาพันธ์ 2551

ดัชนี

ก.

กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน 61

กฎการเย็นตัวของนิวตัน 365, 388

สัมประสิทธิ์ของการเย็นตัว 388

กฎเกี่ยวกับก๊าซ 389

กฎข้อที่สองของนิวตัน 61

กฎข้อที่สองของอุณหพลศาสตร์ 367, 411

กฎข้อที่สามของนิวตัน 61

กฎข้อที่ศูนย์ของอุณหพลศาสตร์ 364, 369

กฎข้อที่หนึ่งของนิวตัน 61

กฎข้อที่หนึ่งของอุณหพลศาสตร์ 396, 397

กฎของก๊าซอุดมคติ 390

กฎของกิริยาและปฏิกิริยา 61, 64

กฎของความเฉื่อย 61

กฎของความเร่ง 63

กฎการเคลื่อนที่ข้อที่สองของนิวตัน 63

มวลเฉื่อย 63

มวลโน้มถ่วง 63

กฎของเคปเลอร์ 187, 207

กฎของโคไซน์ 11

กฎของไซน์ 11

กฎของชาร์ลส์ 389

กฎของนิวตันว่าด้วยความโน้มถ่วง 199

กฎของบอยล์ 389

กฎของฟูเรียร์ 384

กฎของสเตฟาน 388

กฎของสโตกส์ 358

กฎแห่งความโน้มถ่วงเอกภพของนิวตัน 199

กรอบอ้างอิง 46, 49

กรอบอ้างอิงสมบูรณ์ 486

กรอบอ้างอิงเฉื่อย 46, 53, 482

กระบวนการความกดดันคงที่ 399

กระบวนการปริมาตรคงที่ 399

กระบวนการความร้อนคงที่ของก๊าซอุดมคติ 401

กระบวนการผันกลับได้ 404

กระบวนการผันกลับไม่ได้ 405

กระบวนการอุณหภูมิคงที่ 399

กระบวนการแอเดียแบติก 401

กระบวนการไอเซนโทรปิก 413

กลศาสตร์ของของไหล 321

ก๊าซอุดมคติ 391, 399

ความจุความร้อนโมลาร์ 399

ก๊าซอุดมคติอะตอมเดี่ยว 403

การกระจัด 31, 35

การกลิ้งของวัตถุ 240

การเกิดการสั่นพ้อง 452

การขยายตัว 373

การขยายตัวของน้ำ 378

การขยายตัวของของเหลว 377

การขยายตัวตามบาศก์ 377

การขยายตัวตามปริมาตร 377

การขยายตัวตามพื้นที่ 375
การขยายตัวตามเส้น 373
การขยายตัวปรากฏ 377
การขับเคลื่อนจรวด 173
การคูณเวกเตอร์ 11
การเคลื่อนที่ 31
การเคลื่อนที่ของจุดศูนย์กลางมวล 146
การเคลื่อนที่ของดาวเทียม 205
การเคลื่อนที่ของมวลที่ติดกับสปริง 285
การเคลื่อนที่ด้วยความเร่งคงตัว 38
การเคลื่อนที่ในแนวดิ่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก 40
การเคลื่อนที่ในแนวดิ่ง 41
การเคลื่อนที่แบบโปรเจกไตล์ 42
การเคลื่อนที่หนึ่งมิติ 31
การเคลื่อนที่แบบเป็นคาบ 279
การเคลื่อนที่แบบพิริออดิก 279
การเคลื่อนที่ฮาร์มอนิกอย่างง่าย 279
การชนกัน 158
การชนกันในสองหรือสามมิติ 169
การชนกันในหนึ่งมิติ 158
การชนกันแบบไม่ยืดหยุ่น 168, 169
การชนกันแบบฟุ่งตรง 158, 160
การชนกันแบบไม่ยืดหยุ่นสมบูรณ์ 159
การชนกันแบบยืดหยุ่นสมบูรณ์ 163
การดล 151
การตกอย่างอิสระเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก 40
การแทรกสอด 443
การนำความร้อน 384
การแปลงแบบไอเซนทรอปิก 413
การแผ่รังสี 387
การพาความร้อน 387
การไม่ขึ้นกับเส้นทางเคลื่อนที่ 122
การรวมกันได้ 300
การเลื่อนที่ 31, 240
การเลื่อนที่สองและสามมิติ 35
การหมุน 31, 215, 240
การหมุนควง 236
การหลอมเหลว 382
การไหลแบบคงตัว 345
การไหลแบบที่อัดไม่ได้ 345
การไหลแบบไม่หมุน 345
การออสซิลเลตเมื่อมีแรงกระทำไม่มีแรงหน่วง 308
การออสซิลเลตเมื่อมีแรงกระทำและมีแรงหน่วง 309
การอินทิเกรต 35
การเอียงของถนนบริเวณทางโค้ง 212
การสั่นพ้อง 452
กำลังงาน 115
กำลังม้า 115

ข.
ขนาด 3
ขนาดของเวกเตอร์ 5
ข้อมูลเกี่ยวกับระบบสุริยะ (ตาราง) 201

ค.
คลื่นกระแทก 468
คลื่นกล 419, 423

คลื่นตามขวาง 423, 424
คลื่นตามยาว 423
คลื่นใต้เสียง (อินฟราซาวน์) 469
คลื่นนิ่ง 443, 444
คลื่นนิ่งในท่อ 448
คลื่นในเส้นเชือก 444
คลื่นเหนือเสียง (อัลตราซาวน์) 469
คลื่นเสียง 419, 455
คลื่นฮาร์มอนิก 419, 428
ความเข้มของเสียง 470
ความเค้น 267
ความเค้นเฉือน 268
ความเค้นดึง 268
ความเค้นตั้งฉาก 268
ความเค้นปริมาตร 270
ความเค้นอัด 268
ความเครียด 267, 270
ความเครียดเฉือน 271
ความเครียดดึง 270
ความเครียดปริมาตร 271
ความเครียดอัด 270
ความจุความร้อน (ตาราง) 380, 381
ความจุความร้อนจำเพาะ 380
ความจุความร้อนโมลาร์ 399
ความดังของเสียง 471
ความดัน 326
ความดันเนื่องจากของไหล 326
ความดันเกจ 328
การวัดค่าความดันเกจ 329
ความดันสัมบูรณ์ 328
ความตึงผิว 336, 338
ความถี่การสั่นพ้อง 311
ความถี่เชิงมุม 280, 429
ความถี่บีตส์ 460
ความถี่ยังผล 459
ความถี่หลักมูล 446
ความถ่วงจำเพาะ 326
ความยาวคลื่น 429
ความเร่ง 36
ความเร่งเชิงมุม 188, 191
ความเร่งตามแนวรัศมี 192
ความเร่งในแนวเส้นสัมผัส 191
ความเร่งแห่งความโน้มถ่วง 40
ความเร่งสู่ศูนย์กลาง 192
ความเร็ว 31
ความเร็วบัดดล 32
ความเร็วของการเคลื่อนที่เข้าหากัน 46
การชนกัน 159
ความเร็วของการเคลื่อนที่แยกจากกัน 48
ความเร็วของคลื่นในตัวกลางของไหล 436
ความเร็วเชิงมุม 189
ความเร็วเฟส 426
ความเร็วรากที่สองของกำลังสองเฉลี่ย 392
ความเร็วสัมพัทธ์ 46
ความเร็วหลุดพ้น 203, 205
ความร้อนจำเพาะ (ตาราง) 367
ความร้อนแฝง (ตาราง) 367, 383
ความหนาแน่น 324
ความหนาแน่นสัมพัทธ์ 326
ความหนืด 344, 357
คาบ 429
ค่าคงตัวการบิด 295

ค่าคงตัวของการนำความร้อน 384
ตาราง 385
ค่าคงตัวของการแผ่รังสี 388
ค่าคงตัวของโบลต์ซมานน์ 204
ค่าคงตัวของแรง (สปริง) 278
ค่าคงตัวของสเตฟาน-โบลซ์มานน์ 204
ค่าคงตัวโน้มถ่วง 199
ค่าคงตัวเฟส 279
ค่าคงที่สากลของก๊าซ 390
ค่าสัมประสิทธิ์ของการขยายตัว 374
ตามเส้น 374
ตามปริมาตร 374
ตามพื้นที่ 375
ค่าสัมบูรณ์ 5
ของเวกเตอร์ 5
คุณภาพเสียง 472
เครื่องยนต์ความร้อน 404, 405
เครื่องวัดความดัน 328, 329
เคลวิน (หน่วย) 19, 412
แคลอรี (หน่วย) 379
คำอุปสรรค 22

ง.

งานที่ทำโดยกระบวนการอุณหภูมิคงที่ 399
งานที่ทำโดยก๊าซ 399
งานที่ทำโดยแรงที่แปรเปลี่ยนค่า
ในหนึ่งมิติ 105
งานที่ทำโดยแรงที่มีค่าคงตัว 98
งานที่ทำโดยแรงไม่คงตัว 105, 108
งานที่ทำโดยแรงอนุรักษ์ 122
งานที่ทำโดยแรงไม่อนุรักษ์ 102
งานที่ทำโดยสปริง 123

จ.

จลนศาสตร์ 29
จลนศาสตร์ของการหมุน 188
จุดสมดุล 279
จุดศูนย์กลางมวล 138, 139
จุดร่วม 74
ไจโรสโคป 237, 238

ซ.

ซอนิกบูม 468
ซองคลื่น 469
เซลเซียส (หน่วย) 372
โซนาร์ 465

ด.

ดาวเทียมโทรคมนาคม 211
ดาวเทียมเพื่อการศึกษา 212
ดาวเทียมอุทธศาสตร์ 211
ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ 211
ดาวเทียมอุตุนิยมวิทยา 210
ดีเทอร์มิแนนต์ 16
เดซิเบล 472

ต.

ตู้เย็น 409
ตำแหน่งสมดุล 279

ท.

ทฤษฎีการคล-โมเมนตัม 151
ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ 391
ทฤษฎีบทแกนขนาน 218

ทฤษฎีบทแกนตั้งฉาก 224, 225
ทฤษฎีบทงาน-พลังงาน 111
ทฤษฎีบทงานพลังงานของแรงไม่อนุรักษ์ 111
กฎการคงตัวของพลังงานกล 118
ทฤษฎีบททอร์ริเชลลี 355
ทอร์ก 229, 232, 295
ทอร์ริเชลลี 329, 356
เทอร์มอคัปเปิล 371

น.
นิวตัน (หน่วย) 21, 71
นิยามของหน่วย เอสไอมูลฐาน 18
นิยามของหน่วยเอสไออนุพันธ์ 21
น้ำสมมูล 381

บ.
บอลลิสติก เพนดุลัม 162
บัพ 444
บัลค์มอดุลัส 272, 436
บารอมิเตอร์ 328
บารอมิเตอร์แบบง่าย 328
บีทียู (หน่วย) 379
บีตส์ 459

ป.
ปฏิบัพ 444
ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ 367
ปรากฏการณ์ขอบ 454
ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ 461
ปัวส์ (หน่วย) 357
ปัญหาค่าเริ่มต้น 38
ปาสกาล 347
โปรเจกไตล์ 42

ผ.
ผลคูณเวกเตอร์ 12
ผลคูณสเกลาร์ 12
ผลบวกของสองเวกเตอร์ 7, 10
แผนภาพ free-body diagram 86

พ.
พลศาสตร์ 61
พลศาสตร์ของการหมุน 215
พลังงานจลน์ 117
พลังงานจลน์ของการหมุน 246
พลังงานศักย์ 117, 122, 291
พลังงานศักย์ของสปริง 107, 114, 120
พลังงานศักย์โน้มถ่วง 201
พลังงานศักย์ยืดหยุ่น 107, 114
พลางค์ 412
พาราโบลา 44
พิสัย 43

ฟ.
ฟังก์ชันคลื่น 425, 426
ฟาเรนไฮต์ (หน่วย) 372
เฟสเริ่มต้น 279

ภ.
ภายนอก, แรง 137, 138
ภายใน, แรง 137, 138

ม.
มวลลดทอน 148, 149
มอดุลัสของความยืดหยุ่น 271
(ตาราง) 273
มอดุลัสของญัง 271
มอดุลัสเฉือน 272
มอดุลัสเชิงปริมาตร 272
มานอมิเตอร์ 329
มาตรเวนทูริ 350
มุมทรงตัว 83
มุมเฟส 273
มุมสัมผัส 340
โมเมนต์ของความเฉื่อย 216, 217
สูตรการหา 222, 223
โมเมนตัมเชิงมุม 227
โมเมนตัมเชิงเส้น 151

ร.
ระดับเสียง 473
ระบบแกนโพลาร์ 6
ระบบพิกัดฉาก 5
ระบบหน่วย เอสไอ 17
ระยะกระจัด 31, 34
ระยะทาง 33
รูปลิซซาจู 304
เรเดียน 19
แรงคืนตัว 107
แรงจวบกัน 74
แรงเชื่อมแน่น 336
แรงปฏิกิริยาตั้งฉาก 81, 100
แรงโน้มถ่วง 40
แรงผ่านศูนย์กลาง 197
แรงไม่อนุรักษ์ 121
แรงยกปีกเครื่องบิน 353
แรงยึดติด 336
แรงลอยตัว 332
แรงและพลังงานของสปริง 107, 119
แรงสู่ศูนย์กลาง 194
แรงเสียดทาน 80
แรงเสียดทานสถิต 81
แรงอนุรักษ์ 121, 122

ล.
เลขอาโวกาโดร 391
เลขคลื่น 429
ลูกตุ้มชนิดบิด 294
ลูกตุ้มฟิสิกัล 293
ลูกตุ้มอย่างง่าย 289

ว.
วงจรออสซิลเลเตอร์ 297
วัฏจักรคาร์โนต์ 406
วัตต์ (หน่วย) 115
กิโลวัตต์-ชั่วโมง 116
วิธีใช้องค์ประกอบ 116
วิธีต่อหางไปหัว 7, 8, 9
วิธีตรีโกณมิติ 11
เวกเตอร์ 3
เวกเตอร์บอกตำแหน่ง 5
เวกเตอร์ลัพธ์ 7

เวกเตอร์หนึ่งหน่วย 4
เวกเตอร์ศูนย์ 4
เวลาในอากาศ 46

ส.
สมการของคลื่น 438, 440
สมการของเบอร์นูลลี 349, 354
สมการของแวนเดอร์วาลส์ 403
สมการแห่งการต่อเนื่อง 346
สมบัติการบวกและการลบเวกเตอร์ 13
สมบัติของคลื่น 423, 428
สมมติฐานของอาโวกาโดร 365, 391
สมมูลกลความร้อน 379
สเกลาร์ 3
สเตอเรเดียน 19
สถิตศาสตร์ของของไหล 324
สนามเวกเตอร์ 4
สนามสเกลาร์ 6
สปีน 236
สภาพคะปิลลารี 341
สภาพนำความร้อน 384
(ตาราง) 385
สภาพสมดุล 74, 77, 249
สภาพอัดได 274
(ตาราง) 273
สัญลักษณ์ของเวกเตอร์ 3
สะพานทาร์โคมา 337
สัมประสิทธิ์การขยายตัวตามเส้น 373
(ตาราง) 374
สัมประสิทธิ์การคืนตัว 168
สัมประสิทธิ์การพาความร้อน 387
สัมประสิทธิ์ของการเย็นตัว 388
สัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ 410
สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ 81
สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานสถิต 81
สัมประสิทธิ์แห่งความหนืด 357
หน่วยของความหนืด 357
สายกระแส 346
สารปฏิบัติงาน 407

ห.
หน่วยเอสไอรากฐาน 18
หน่วยเอสไอเสริม 20
หน่วยเอสไออนุพันธ์ 18
หลอดการสั่นพ้อง 454
หลอดไพทอต 352
หลอดสถิต 352
ท่อของการไหล 346
หลักการคงตัวของพลังงาน 122
หลักการคงตัวของโมเมนตัมเชิงมุม 243
หลักการคงตัวของโมเมนตัมเชิงเส้น 155, 156
หลักของปาสกาล 334
หลักของอาร์คิมีดีส 331

อ.
องค์ประกอบในแนวดิ่ง 42
องค์ประกอบในแนวราบ 42
องศาสัมบูรณ์ 412
อะตอม 391
อัตราการไหล 346
อัตราเร่งโน้มถ่วง 71

อัตราเร็ว 31
อัตราเร็วของเสียงในตัวกลาง 456
(ตาราง) 457
อัตราเร็วหลุดพ้น 203
อุณหภูมิ 372, 410
เอนโทรปี 412
โอเวอร์โทน 448
แอมปลิจูด 425, 429
ไอน์สไตน์ 490
ฮ.
เฮิรตซ์ 430
ฮาร์มอนิก 446, 447
ไฮดรอลิก 277
เครื่องอัดไฮดรอลิก 334, 335

ปัญหาฟิสิกส์โอลิมปิก ประจำปี พ.ศ. 2541

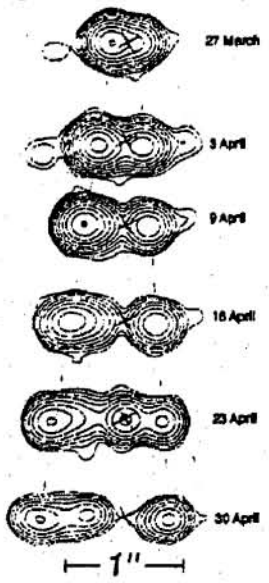
1998 Physics Olympics Problems

Problem 1: Faster than light?

In this problem we analyze and interpret measurements made in 1994 on radio wave emission from a compound source within our galaxy.

The receiver was tuned to a broad band of radio waves of wavelengths of several centimeters. Figure 1.1 shows a series of images recorded at different times. The contours indicate constant radiation strength in much the same way as altitude contours on a geographical map. In the figure the two maxima are interpreted as showing two objects moving away from a common center shown by crosses in the images. (The center, which is assumed to be fixed in space, is also a strong radiation emitter but mainly at other wavelengths). The measurements conducted on the various dates were made at the same time of day.

Figure 1.1: Radio emission from a source in our galaxy.



The scale of the figure is given by a line segment showing one arc second (as). (as=1/3600 of a degree). The distance to the celestial body at the center of the figure, indicated by crosses, is estimated to be R = 12.5 kpc. A kiloparsec (kpc) equals 3.09×10^{19} m. The speed of light is $c = 3.00 \times 10^{8}$ m/s.

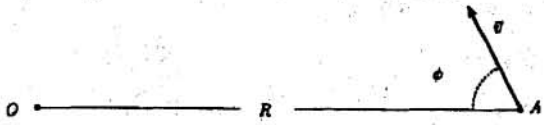
a) We denote the angular positions of the two ejected radio emitters, relative to the common center, by $\theta_1(t)$ and $\theta_2(t)$, where the subscripts 1 and 2 refer to the left and right hand ones, respectively, and t is the time of observation. The angular speeds, as seen from the Earth, are ω_1 and ω_2. The corresponding apparent transverse linear speeds of the two sources are denoted by $v'_{1\perp}$ and $v'_{2\perp}$.

Using Figure 1.1, make a graph to find the numerical values of ω_1 and ω_2 in milli-arc-seconds per day (mas/d). Also determine the numerical values of by $v'_{1\perp}$ and $v'_{2\perp}$. (You may be puzzled by some of the results).

b) In order to resolve the puzzle arising in part (a), consider a light-source A moving with velocity v at an angle ϕ ($0 \le \phi \le \pi$) to the direction towards a distant observer O (Figure 1.2). The speed may be written as $v=\beta c$, where c is the speed of light. The distance to the source, as measured by the observer, is R. The angular speed of the source, as seen from the observer, is ω, and the apparent linear speed perpendicular to the line of sight is $v'_\perp$.

Find ω and $v'_\perp$ in terms of β, R and ϕ.

Figure 1.2: The observer is at O and the original position of the light source is at A. The velocity vector is v.



c) We assume that the two ejected objects, described in the introduction and in part (a), are moving in opposite directions with equal speeds $v=\beta c$. Then the results of part (b) make it possible to calculate β and ϕ from the angular speeds ω_1 and ω_2 and the distance R. Here ϕ is defined as in part (b), refereing to the left hand object, corresponding to subscript 1 in part (a).

Derive formulas for β and ϕ in terms of known quantities and determine their numerical values from the data in part (a).

d) In the one-body situation of part (b), find the condition for the apparent perpendicular speed $v'_\perp$ to be larger than the speed of light c.

Write the condition in the form $\beta > f(\phi)$ and provide an analytic expression for the function f.

Draw on the graph answer sheet the physically relevant region of the (β, ϕ)-plane. Show by shading in which part of this region the condition $v'_\perp > c$ holds.

e) Still in the one-body situation of part (b), find an expression for the maximum value $(v'_\perp)_{max}$ of the apparent perpendicular speed $v'_\perp$ for a given β and write it in the designated field on the answer sheet. Note that this speed increases without limit when $\beta \to 1$.

f) The estimate for R given in the introduction is not very reliable. Scientists have therefore started speculating on a better and more direct method for determining R. One idea for this goes as follows. Assume that we can identify and measure the Doppler shifted wavelengths λ_1 and λ_2 of radiation from the two ejected objects, corresponding to the same known original wavelength λ_0 in the rest frames of the objects.

Starting from the equations for the relativistic Doppler shift, $\lambda = \lambda_0 (1-\beta \cos\phi)(1-\beta^2)^{-1/2}$, and assuming, as before, that both objects have the same speed v, show that the unknown $\beta = v/c$ can be expressed in terms of λ_0, λ_1 and λ_2 as

$$\beta = \sqrt{1 - \frac{\alpha\lambda_0^2}{(\lambda_1 + \lambda)^2}} \qquad (1.1)$$

Find the numerical value of the coefficient α.

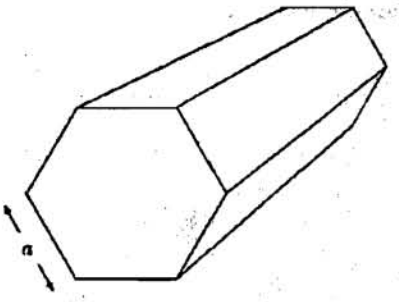
Note that this means that the suggested wavelength measurements will in practice provide a new estimate of the distance.

Problem 2: Rolling of a hexagonal prism

Consider now a long, solid, regular hexagonal prism like a common type of pencil (Figure 2.3). The mass of the prism is M and it is uniformly distributed. The length of each side of the cross-sectional hexagon is a. The moment of inertia I of the hexagonal prism about its central axis can be written as

$$I = \frac{5}{12} M a^2 \qquad (2.1)$$

Figure 2.1: A solid prism with the cross section of a regular hexagon.

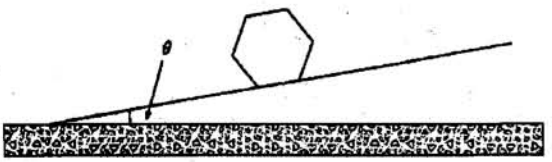


The moment of inertia I' about an edge of the prism, can similarly be written as

$$I' = \frac{17}{12} M a^2 \qquad (2.2)$$

a) The prism is initially at rest with its axis horizontal on an inclined plane which makes a small angle θ with the horizontal (Figure 2.2). Assume that the surfaces of the prism are slightly concave so that the prism only touches the plane at its edges. The effect of this concavity on the moment of inertia can be ignored. The prism is now displaced from rest and starts an uneven rolling down the plane. Assume that friction prevents any sliding and that the prism does not lose contact with the plane. The angular velocity just before a given edge hits the plane is ω_i while ω_f is the angular velocity immediately after the impact.

Figure 2.2: A hexagonal prism lying on an inclined plane.



Show that we may write

$$\omega_f = s\omega_i \qquad (2.3)$$

and write the numerical value of the the coefficient s.

b) The kinetic energy of the prism just before and after impact is similarly K_i and K_f.

Show that we may write

$$K_f = rK_i \qquad (2.4)$$

and write the numerical value of the coefficient r.

c) For the next impact to occur, K_i must exceed a minimum value $K_{i,min}$ which may be written in the form

$$K_{i,min} = \delta Mga \qquad (2.5)$$

where $g = 9.81\ m/s^2$ is the acceleration of gravity.

Find the coefficient δ in terms of the slope angle θ and the coefficient r.

d) If the condition of part c) is satisfied, the kinetic energy K will approach a limiting value $K_{i,0}$ as the prism rolls down the incline.

Given that the limit exists, show that $K_{i,0}$ may be written

$$K_{i,0} = \kappa Mga \qquad (2.6)$$

and write the coefficient κ in terms of θ and r.

e) Calculate, to within 0.1°, the minimum slope angle θ_0 for which the uneven rolling, once started, will continue indefinitely.

Problem 3: Water under an icecap

Density of water	$\rho_w = 1.000 \cdot 10^3\ kg/m^3$
Density of ice	$\rho_i = 0.917 \cdot 10^3\ kg/m^3$
Specific heat of ice	$c_i = 2.1 \cdot 10^3\ J/(kg°C)$
Specific latent heat of ice	$L_i = 3.4 \cdot 10^5\ J/kg$
Density of rock & magma	$\rho_r = 2.9 \cdot 10^3\ kg/m^3$
Specific heat of rock & magma	$c_r = 700\ J/(kg°C)$
Specific latent heat of rock & magma	$L_r = 4.2 \cdot 10^5\ J/kg$
Average outward heat flow through the surface of the earth	$J_Q = 0.06\ W/m^2$
Melting point of ice	$T_o = 0°C$

An icecap is a thick sheet of ice (up to a few km in thickness) resting on the ground below and extending horizontally over tens or hundreds of km. In this problem, we consider the melting of ice and the behavior of water under a temperate icecap, i.e., and icecap at its melting point. We may assume that under such conditions the ice causes pressure variations in the same manner as a viscous fluid, but deforms in a brittle fashion, principally by vertical movement. Data for this problem is below. .

a) Consider a thick icecap at a location of average heat flow J_Q from the interior of the earth. Using the data from the table, calculate the thickness d of the ice layer melted every year.

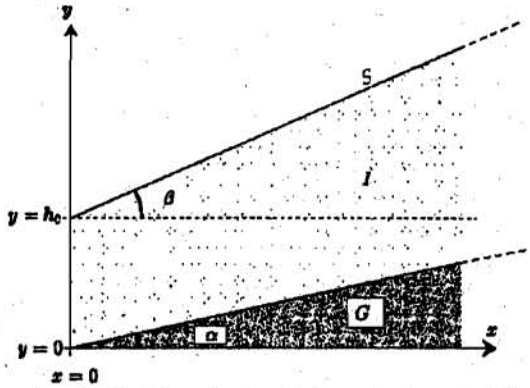
b) Consider now the upper surface of an ice cap. The

ground below the ice cap has a slope angle α. The upper surface of the cap slopes by an angle β as shown in Figure 3.1. The vertical thickness of the ice at x=0 is h_0. Hence the lower and upper surfaces of the ice cap can be described by the equations

$$y_1 = x \tan \alpha, y_2 = h_0 + \tan \beta \qquad (3.1)$$

Derive an expression for the pressure p at the bottom of the icecap as a function of the horizontal coordinate x.

Figure 3.1: Cross section of an ice cap with a plane surface resting on an inclined plane ground. S: surface, G: ground, I: ice cap.



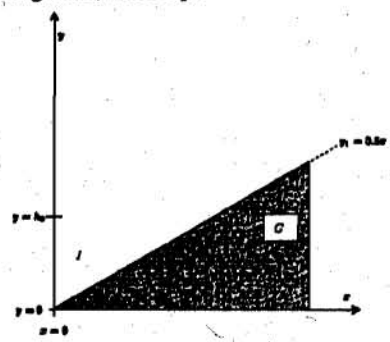
In order that the water layer between the icecap and the ground remains static, show that α and β must satisfy an equation of the form

$$\tan \beta = s \tan \alpha \qquad (3.2)$$

and calculate s.

The line $y_1 = 0.8x$ in Figure 3.2 shows the surface of the earth below an ice cap. The vertical thickness h_0 at $x = 0$ is 2 km. Assume that water at the bottom is in equilibrium. Draw the line y_1 and add a line y_2 showing the upper surface of the ice. Indicate on the figure which line is which.

Figure 3.2: Cross section of a temperate ice cap resting on an inclined ground with water at the bottom in equilibrium. G: ground, I: ice cap.



c) Within a large ice sheet on horizontal ground and originally of constant thickness D = 2.0 km, a conical body of water of height H = 1.0 km and radius r = 1.0 km is formed rather suddenly by melting of the ice (Figure 3.3). We assume that the remaining ice adapts to this by vertical motion only. Show analytically and pictorially on a graph, the shape of the surface of the icecap after the water cone has formed and hydrostatic equilibrium has been reached.

d) In its annual expedition, a group of scientists explores a temperate ice cap in Antarctica. The area is normally a wide plateau, but this time they find a deep crater-like depression formed like a top-down cone with a depth h of 100 m and a radius r of 500 m (Figure 3.4). The thickness of the ice in the area is 2000 m.

Figure 3.3: A vertical section through the mid-plane of a water cone inside an ice cap.
S: surface, W: water, G: ground, I: ice cap.

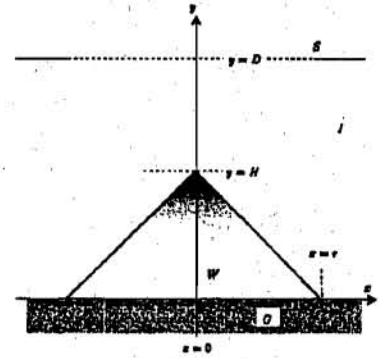
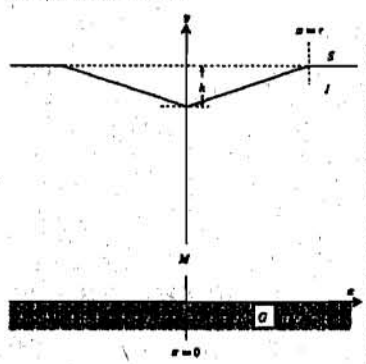


Figure 3.4: A vertical and central cross section of a conical depression in a temperate ice cap. S: surface, G: ground, I: ice cap, M: magma and water intrusion for the student to draw.



After a discussion, the scientists conclude that most probably there was a minor volcanic eruption below the icecap. A small amount of magma (molten rock) intruded at the bottom of the icecap, solidified and cooled, melting a certain volume of ice. The scientists try as follows to estimate the volume of the intrusion and get an idea of what became of the melt water.

Assume that the ice only moved vertically. Also assume that the magma was completely molten and at 1200°C at the start. For simplicity, assume further that the intrusion had the form of a cone with a circular base vertically be-

low the conical depression in the surface. The time for the rising of the magma was short relative to the time for the exchange of heat in the process. The heat flow is assumed to have been primarily vertical such that the volume melted from the ice at any time is bounded by a conical surface centered above the center of the magma intrusion.

Given these assumptions the melting of the ice takes place in two steps. At first the water is not in pressure equilibrium at the surface of the magma and hence flows away. The water flowing away can be assumed to have a temperature of 0°C. Subsequently, hydrostatic equilibrium is reached and the water accumulates above the intrusion instead of flowing away.

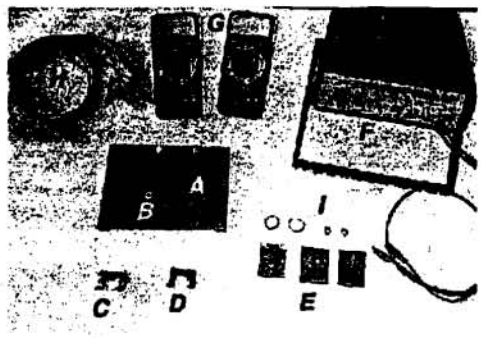
When thermal equilibrium has been reached, you are asked to determine the following quantities:

1. The height H of the top of the water cone formed under the ice cap, relative to the original bottom of the ice cap.
2. The height h_1 of the intrusion, its volume V_1 and its mass m_1.
3. The total mass m_{tot} of the water produced and the mass m' of water that flows away.

Plot on a graph the shapes of the rock intrusion and of the body of water remaining. Use the coordinate system suggested in Figure 3.4.

Experimental Problem

Equipment Provided



A Platform with six banana jacks
B Pickup coil embedded into the platform
C Ferrite U-core with two coils marked "A" and "B"
D Ferrite U-core without coils
E Aluminium foils of thicknesses: 25 μm, 50 μm and 100 μm
F Function generator with output leads
G Two multimeters
H Six leads with banana plugs
I Two rubber bands and two small pieces of grease proof paper

Multimeters

The multimeters are two-terminal devices that in this experiment are used for measuring AC voltages, AC currents, frequency and resistance. In all cases one of the terminals is the one marked **COM**. For the voltage, frequency and resistance measurements the other terminal is the red one marked **V-Ω**. For current measurements the other terminal is the yellow one marked **mA**. With the central dial you select the meter function (V~ for AC voltage, A~ for AC current, Hz for frequency and Ω for resistance) and the measurement range. For the AC modes the measurement uncertainty is ± (4% of reading + 10 units of the last digit).

Function generator

To turn on the generator you press in the red button marked **PWR**. Select the 10 kHz range by pressing the button marked 10k, and select the sine waveform by pressing the second button from the right marked with a wave symbol. No other buttons should be selected. You can safely turn the amplitude knob fully clockwise. The frequency is selected with the large dial on the left. The dial reading multiplied by the range selection gives the output frequency. The frequency can be verified at any time with one of the multimeters. Use the output marked **MAIN**, which has 50 Ω internal resistance.

Ferrite cores

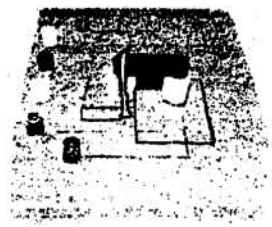
Handle the ferrite cores gently, they are brittle! Ferrite is a ceramic magnetic material, with low electrical conductivity. Eddy current losses in the cores are therefore low.

Banana jacks

To connect a coil lead to a banana jack, you loosen the colored plastic nut, place the tinned end between the metal nut and plastic nut, and tighten it again.

Part I: Magnetic Sheilding with Eddy Currents

Figure 1: Experimental arrangement for part I.



Time-dependent magnetic fields induce eddy currents in conductors. The eddy currents in turn produce a counteracting magnetic field. In real conductors, this field will not completely counteract the applied field inside the material. To describe the shielding effect of aluminium foils we will apply the following model

$$B = B_0 e^{-ad} \qquad (1)$$

where B is the magnetic field beneath the foils, B_0 is the magnetic field at the same point in the absence of foils, a an attenuation constant, and d the foil thickness.

Experiment

Put the ferrite core with the coils, with legs down, on the raised block such that coil A is directly above the pickup coil embedded in the platform, as shown in Fig. 1.

Secure the core on the block by stretching the rubber bands over the core and under the block recess. The uncertainty in the thickness of the foils can be neglected, as can the error in the frequency when measured by the multimeter.

1. Connect the leads for coils A and B to the jacks. Measure the resistance of all three coils to make sure you have good connections. You should expect values of less than 10 Ω.

2. Collect data to validate the model above and evaluate the attenuation constant a for the aluminum foils (25 - 175 μm), for frequencies in the range of 6 - 18 kHz. Place the foils inside the square, above the pickup coil, and apply a sinusoidal voltage to coil A.

3. Plot α versus frequency.

Part II: Magnetic Flux Linkage

The response of two coils on a closed ferrite core to an external alternating voltage (V_g) from a sinusoidal signal generator is studied. With the equipment provided, we may assume that saturation effects can be ignored, and the permeability μ of the material is constant.

Theory

In the following basic theoretical discussion, and in the treatment of the data, it is assumed that the ohmic resistance in the two coils and all hysteresis effects in the core have insignificant influence on the measured currents and voltages. Because of these simplifications in the treatment below, some deviations will occur between measured and calculated values.

Single coil

Let us first look at a core with a single coil, carrying a current I. The magnetic flux Φ, that the current creates in the ferrite core inside the coil, is proportional to the current I and to the number of turns N. The flux depends furthermore on a geometrical factor g, which is determined by the size and shape of the core, and the magnetic permeability $\mu = \mu_r \mu_0$, which describes the magnetic properties of the core material. The relative permeability is denoted μ_r and μ_0 is the permeability of free space.

The magnetic flux Φ is thus given by

$$\Phi = \mu g N I = cNI \qquad (2)$$

where $c = \mu g$. The induced voltage is given by Faraday's law of induction,

$$\varepsilon(t) = -N\frac{d\Phi(t)}{dt} = -cN^2\frac{dI(t)}{dt} \qquad (3)$$

The conventional way to describe the relationship between current and voltage for a coil is through the self-inductance of the coil L, defined by,

$$\varepsilon(t) = -L\frac{dI(t)}{dt} \qquad (4)$$

A sinusoidal signal generator connected to the coil will drive a current through it given by

$$I(t) = I_0 \sin \omega t \qquad (5)$$

where ω is the angular frequency and I_0 is the amplitude of the current. As follows from equation (3), this alternating current will induce a voltage across the coil given by

$$\varepsilon(t) = \omega c N^2 I_0 \cos \omega t \qquad (6)$$

The current will be such that the induced voltage is equal to the signal generator voltage V_g. There is a 90° phase difference between the current and the voltage. If we only look at the amplitudes ε_0 and I_0 of the alternating voltage and current, allowing for this phase difference, we have

$$\varepsilon_0 = \omega c N^2 I_0 \qquad (7)$$

From now on we drop the subscript 0.

Two coils

Let us now assume that we have two coils on one core (see Figure 2). Ferrite cores can be used to link magnetic flux between coils. In an ideal core the flux will be the same for all cross sections of the core. Due to flux leakage in real cores, a second coil on the core will in general experience a reduced flux compared to the flux-generating coil. The flux Φ_B in the secondary coil B is therefore related to the flux Φ_A in the primary coil A through

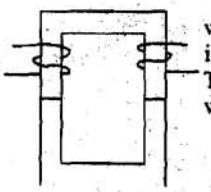
$$\Phi_B = k\Phi_A \qquad (8)$$

Similarly a flux component Φ_B created by a current in coil B will create a flux $\Phi_A = k\Phi_B$ in coil A. The factor k, which is called the coupling factor, has a value less than one.

The ferrite core under study has two coils A and B in a transformer arrangement. Let us assume that coil A is the primary coil (connected to the signal generator). If no current flows in coil B (I_B=0), the induced voltage ε_A due to I_A is equal and opposite to the generator voltage V_g. The flux created by I_A inside the secondary coil is determined by equation (8) and the induced voltage in coil B is

$$\varepsilon_B = \omega k c N_A N_B I_A \qquad (9)$$

Figure 2: A transformer with a closed magnetic circuit.



If a current I_B flows in coil B, it will induce a voltage in coil A which is described by a similar expression. The total voltage across the coil A will then be given by

$$V_g = \varepsilon_A = \omega c N_A^2 I_A - \omega k c N_A N_B I_B \qquad (10)$$

The current in the secondary coil thus induces an opposing voltage in the primary coil, leading to an increase in I_A. A similar equation can be written for ε_B. As can be verified by measurements, k is independent of which coil is taken as the primary coil.

Experiment

Place the two U-cores together as shown in Figure 2, and fasten them with the rubber bands. Set the function generator to produce a 10 kHz sine wave. Remember to set the multimeters to the most sensitive range suitable for each measurement. The number of turns of the two coils,

A and B, are: N_A = 150 turns and N_B = 100 turns (± 1 turn on each coil).

1. Show that the algebraic expressions for the self-inductances L_A and L_B are,

$$L_A = \varepsilon_A/(\omega I_A) \text{ when } I_B = 0$$

$$L_B = \varepsilon_B/(\omega I_B) \text{ when } I_A = 0$$

and that expressions for the coupling factor k are,

$$k = (N_B I_B)/(N_A I_A)$$

when $\varepsilon_B = 0$

Draw circuit diagrams showing how these quantities are determined. Calculate the numerical values of L_A, L_B & k.

2. When the secondary coil is short-circuited, the current I_P in the primary coil will increase. Use the equations above to derive an expression giving I_P explicitly in terms of the primary voltage, the self-inductance of the primary coil, and the coupling constant. Measure I_P.

3. Coils A and B can be connected in series in two different ways such that the two flux contributions are either added to or subtracted from each other.

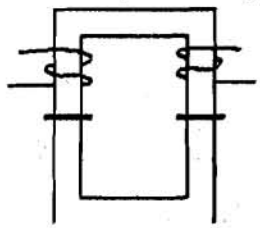
3.1. Find the self inductance of the serially connected coils, L_{A+B}, from measured quantities in the case where the flux contributions produced by the current I in the two coils add to (strengthen) each other.

3.2. Measure the voltages V_A and V_B when the flux contributions of the two coils oppose each other. Find their values and the ratio of the voltages. Derive an expression for the ratio of the voltages across the two coils.

4. Use the results obtained to verify that the self inductance of a coil is proportional to the square of the number of its windings.

Fig 3: The ferrite cores with the two spacers in place.

5. Verify that it was justified to neglect the resistance of the primary coil and write your arguments as mathematical expressions.



6. Thin pieces of paper inserted between the two half cores (as shown in Figure 3) reduce the coil inductances drastically. Use this reduction to determine the relative permeability m_r of the ferrite material, given Ampere's law and continuity of the magnetic field B across the ferrite - paper interface. Assume $m = m_0 = 4p' \ 10^{-7} \ Ns^2/C^2$ for the pieces of paper and a paper thickness of 43 mm. The geometrical factor can be determined from Ampere's law

$$\oint \frac{1}{\mu} Bdl = I_{total} \qquad (11)$$

where I_{total} is the total current flowing through a surface bounded by the integration path. Write the algebraic expression for m_r in field 6.a on the answer sheet and the numerical value.

คำชี้แจงเกี่ยวกับกระบวนวิชา

PH 111 **ฟิสิกส์พื้นฐานขั้นมหาวิทยาลัย 1**

1. แนวสังเขปกระบวนวิชา

ศึกษามาตรกรรมและหน่วย เวกเตอร์ สมดุล การเคลื่อนที่ แรง และโมเมนตัม งานและพลังงาน ระบบอนุภาค พลศาสตร์ของเทห์วัตถุแข็งเกร็ง ความยืดหยุ่น อุทกศาสตร์และความหนืด อุณหภูมิและการขยายตัว กลศาสตร์สถิติ คลื่นและปรากฏการณ์คลื่น ทฤษฎีสัมพัทธภาพ

2. ข้อแนะนำในการเรียน

1. เนื่องจากตำรานี้เรียบเรียงขึ้นตามแนวสังเขปกระบวนวิชาของหลักสูตรที่ได้ปรับปรุงขึ้นใหม่ เพื่อให้นักศึกษาที่มีพื้นฐานทางฟิสิกส์มาบ้างแล้ว จะได้ศึกษาเรียงตามลำดับความยากง่ายต่อไป เพื่อเพิ่มพูนความรู้ในสาขาวิชานี้ โดยนักศึกษาสามารถศึกษาจากตำรานี้ได้ด้วยตนเอง เมื่อทำความเข้าใจกับทฤษฎีและตัวอย่างแล้ว จึงควรฝึกฝนการนำทฤษฎี กฎ และสูตรต่างๆ มาประยุกต์ในการตอบปัญหาทางฟิสิกส์ ด้วยการทำแบบฝึกหัดท้ายบทตามแนวที่ให้ไว้ในตัวอย่างให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ โดยนักศึกษาสามารถตรวจสอบความถูกต้องได้จากคำตอบที่ให้ไว้แล้วข้างท้ายแบบฝึกหัดทุกข้อ หรือมิฉะนั้นอย่างน้อยควรทำแบบฝึกหัดท้ายบทให้ได้เกินกว่าครึ่งหนึ่งของแบบฝึกหัดทั้งหมด

2. ด้วยเหตุที่วิชาฟิสิกส์เกี่ยวข้องกับปริมาณเชิงกายภาพ ซึ่งต้องอาศัยการคำนวณตามขั้นตอนที่ถูกต้อง จึงจะได้ผลลัพธ์อย่างสมบูรณ์ นักศึกษาจึงควรหมั่นพิจารณาตัวอย่างที่ให้ไว้และหัดทำตามแต่ละตัวอย่างด้วยตนเอง ให้ชำนาญเสียก่อนที่จะทำแบบฝึกหัด จะช่วยให้นักศึกษามีทักษะในการตอบปัญหาทางฟิสิกส์ได้ดียิ่งขึ้น

3. เพื่อเตรียมตัวให้พร้อมก่อนการสอบไล่ ควรทดสอบความพร้อมจาก**แบบประเมินผลก่อนเรียน** และ**แบบประเมินผลหลังเรียน** ตลอดจนตัวอย่างในตำรานี้ โดยนักศึกษาควรฝึกฝนการตอบปัญหาทางฟิสิกส์ตามขั้นตอนที่แสดงไว้ในตัวอย่าง จะช่วยส่งเสริมทักษะในการแก้ปัญหาฝึกนิสัยที่ดีให้มีความรอบคอบและมีเหตุผล โดยเฉพาะการแทนค่าต่าง ๆ ลงในสูตรและสมการทางฟิสิกส์ ต้องคำนึงถึงหน่วยและเครื่องหมายบวก-ลบ ซึ่งแสดงถึงปริมาณและทิศทางของกระบวนการทางฟิสิกส์ด้วย

4. หากนักศึกษาต้องการข้อมูลทางคณิตศาสตร์ที่จำเป็นในการคำนวณ นักศึกษาสามารถเลือกใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ที่ต้องการได้จาก**ภาคผนวก**ข้างท้ายเล่ม นอกจากนี้นัก

ศึกษาจะค้นเนื้อหาในเล่มได้อย่างละเอียดโดยอาศัยดัชนีที่ให้ไว้ข้างท้ายเล่มตามลำดับตัวอักษร ซึ่งจะช่วยให้สามารถค้นหาความหมายของเนื้อความต่าง ๆ หรือค้นหาทฤษฎี กฎ และสูตรต่าง ๆ ได้โดยง่าย

3. การวัดประเมินผล

มหาวิทยาลัยจะจัดการสอบไล่ประจำภาคการศึกษาสำหรับกระบวนวิชานี้ ตามตารางสอบไล่ของมหาวิทยาลัย ด้วยข้อสอบแบบปรนัยจำนวน 80 ข้อ ๆ ละ 4 ตัวเลือก ภายในเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที โดยอาศัยเกณฑ์การตัดสินผลการเรียนได้-ตก ด้วยการแบ่งเกรดเป็น 3 ระดับ คือ ดี ผ่าน และตก หรือ G (Good) P (Pass) และ F (Fail)

คำชี้แจงการใช้ตำราที่เรียนได้ด้วยตนเอง

1. ลักษณะการแบ่งบท/ตอนในตำราที่เรียนได้ด้วยตนเอง

เนื้อหาของวิชานี้มีทั้งหมด 10 บท แต่ละบทประกอบด้วยบทสรุป และการฝึกฝนการคำนวณด้วยแบบฝึกหัดท้ายบท

2. วิธีเรียน

2.1 ทำแบบประเมินผลก่อนเรียนและตรวจสอบคำตอบที่ถูกต้องจากเฉลย เพื่อที่นักศึกษาจะได้ทราบว่ามีความรู้ในเนื้อหากระบวนวิชานี้เพียงใด

2.2 อ่านเนื้อหาในตำราแต่ละตอนให้เข้าใจ และทำแบบฝึกหัดท้ายบท

2.3 ตรวจสอบการทำกิจกรรมตามแบบฝึกหัดท้ายบทจากแนวตอบข้างท้ายข้อ หากคำตอบของนักศึกษาไม่ตรงกับแนวตอบ นักศึกษาควรย้อนกลับไปอ่านเนื้อหาในตอนที่เกี่ยวข้องอีกครั้งหนึ่ง หรือศึกษาจากตัวอย่างที่คล้ายกัน ทำกิจกรรมข้อที่ผิดอีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงอ่านและทำความเข้าใจกับเนื้อหาตอนต่อไปจนจบบท

2.4 ทำแบบประเมินผลหลังเรียนเมื่อได้ศึกษาเนื้อหาและทำแบบฝึกหัดตลอดทั้งเล่มแล้ว เพื่อวัดความรู้ในวิชานี้ทั้งหมด ตรวจสอบคำตอบจากเฉลย และเปรียบเทียบผลการประเมินหลังเรียนกับผลการประเมินก่อนเรียนว่ามีการพัฒนาในการเรียนรู้วิชานี้มากน้อยเพียงใด

แบบประเมินผลก่อนเรียน

คำสั่ง ให้เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. จงหาขนาดของเวกเตอร์ $\bar{A}$ เมื่อ $\bar{A} = 20\hat{i} - 15\hat{j}$

   1. 5 2. 18 3. 25 4. 35

2. หน่วยใดต่อไปนี้ไม่ใช่หน่วยพื้นฐานของหน่วยเอสไอ

   1. แอมแปร์ 2. โมล 3. กิโลกรัม 4. องศาเซลเซียส

3. ระยะทาง 1 กิโลเมตร มีกี่มิลลิเมตร

   1. 10^{-3} 2. 10^{-5} 3. 10^{3} 4. 10^{6}

4. ลูกบอล 2 ลูก ถูกยิงในแนวราบจากขอบอาคารสูงพร้อม ๆ กัน โดยลูกแรกมีอัตราเร็วเริ่มต้น v และลูกที่ 2 มีอัตราเร็วเริ่มต้น $\frac{1}{2}$ v ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้อง

   1. ลูกบอลทั้งสองลูกจะตกกระทบพื้นในเวลาเดียวกัน
   2. ลูกบอลที่มีอัตราเร็วเริ่มต้น $\frac{1}{2}$v จะตกกระทบพื้นก่อน
   3. ลูกบอลที่มีอัตราเร็วเริ่มต้น v จะตกกระทบพื้นก่อน
   4. ไม่สามารถสรุปได้ หากไม่รู้ความสูงของอาคาร

5. ข้อความใดไม่เป็นจริงในการเคลื่อนที่เชิงเส้นตรง

   1. ความเร่งขณะหนึ่งขณะใดเท่ากับอัตราเวลาของการเปลี่ยนความเร็ว
   2. ความเร็วขณะหนึ่งขณะใดเท่ากับอัตราเวลาของการเปลี่ยนของระยะขจัด
   3. ความเร่งเฉลี่ยในระหว่างอัตราภาคเวลาหนึ่งเท่ากับอัตราส่วนของความเร่งต่ออันตรภาคเวลาหนึ่ง
   4. แรงเท่ากับมวลคูณด้วยความเร่ง (เป็นมวลคงที่)

6. เครื่องบินลำหนึ่งเริ่มเคลื่อนออกจากหยุดนิ่งไปตามทางวิ่งด้วยความเร่งคงที่ เมื่อไปได้ทางทั้งหมด 625 เมตร และใช้เวลา 25 วินาที ก็ทะยานขึ้นสู่อากาศ จงหาความเร็วของเครื่องบินขณะพ้นทางวิ่ง (หน่วยเป็นเมตร/วินาที)

   1. 20 2. 30 3. 40 4. 50

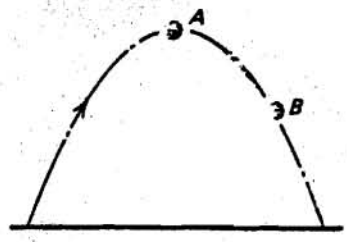
7. วัตถุหนึ่งถูกปล่อยจากที่สูง ถ้าวัตถุนี้เคลื่อนที่ได้ระยะทาง s_1 ในวินาทีแรก และได้ระยะทางเพิ่มขึ้นอีก s_2 ในวินาทีต่อมา อัตราส่วน s_2/s_1 เท่ากับเท่าใด

   1. 1 2. 2 3. 3 4. 4

8. ลูกบอลถูกโยนขึ้นในแนวดิ่ง หลังจากที่ลูกบอลหลุดจากมือ ความเร่งมีลักษณะอย่างไร

   1. เท่ากับศูนย์ 2. มีค่าเพิ่มขึ้น 3. มีค่าคงตัว 4. มีค่าลดลง

9. จากรูปข้างล่างนี้แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของลูกบอลลูกหนึ่งที่ตำแหน่งสูงสุดคือ A ข้อความใดต่อไปนี้ที่เป็นจริง



1. ความเร็วเท่ากับศูนย์แต่ความเร่งไม่เท่ากับศูนย์
2. ความเร็วไม่เท่ากับศูนย์แต่ความเร่งเท่ากับศูนย์
3. อัตราเร็วน้อยกว่าที่ตำแหน่ง B แต่ความเร่งมีค่ามากกว่าที่ตำแหน่ง B
4. ความเร่งและความเร็วตั้งได้ฉากกัน

10. ปืนใหญ่กระบอกหนึ่งใช้ฝึกยิงในสนามซ้อมรบ ซึ่งเป็นทุ่งหญ้าราบ ถ้ายิงครั้งที่ 1 ตั้งกระบอกปืนทำมุม 35 องศา ยิงครั้งที่ 2 ตั้งกระบอกปืนทำมุม 55 องศา ผลการยิงทั้งสองครั้งเป็นอย่างไรเมื่อเทียบกับจุดยิง

1. ครั้งที่ 2 ห่างจากจุดยิงมากกว่าครั้งที่ 1
2. ครั้งที่ 1 ห่างจากจุดยิงมากกว่าครั้งที่ 2
3. ครั้งที่ 1 ห่างจากจุดยิงเท่ากับครั้งที่ 2
4. ยังสรุปแน่นอนไม่ได้

11. นายพรานคนหนึ่ง ยิงนกเป็ดน้ำซึ่งกำลังบินอยู่ในแนวระดับความสูง H ระยะเวลาระหว่างนกเป็ดน้ำถูกยิงจนตกถึงพื้นดินขึ้นอยู่กับอะไร

1. อัตราเร็วที่นกบิน
2. อัตราเร็วและความสูงที่นกบิน
3. ความสูงที่นกบิน
4. ความสูงและระยะทางระหว่างนายพรานและนกขณะถูกยิง

12. รถยนต์ 2 คัน A และ B แล่นด้วยความเร็ว $\overline{v}_A$ และ $\overline{v}_B$ เข้าหากันตามถนนตรง เมื่อเวลา t = 0 รถอยู่ห่างกัน 2 กิโลเมตร เวลาที่รถแล่นผ่านกันเป็นสัดส่วนกับอะไร

1. $|v_A + v_B|$
2. $|v_A - v_B|$
3. $1/|v_A + v_B|$
4. $1/|v_A - v_B|$

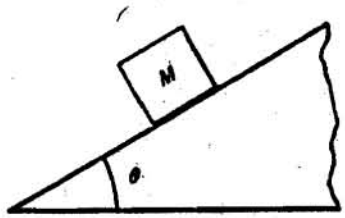
13. วัตถุก้อนหนึ่งเคลื่อนที่ตามแนวแกน x โดย $x = 4t^3 - 5t^2 + 10$ เมตร อัตราเร็วของวัตถุนี้ ที่ t = 2 วินาที เท่ากับเท่าใด

1. 38 เมตร/วินาที
2. 28 เมตร/วินาที
3. 22 เมตร/วินาที
4. 12 เมตร/วินาที

14. วัตถุก้อนหนึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงตัว แรงทั้งหมด F ที่กระทำกับวัตถุมีลักษณะอย่างไร

1. $F = v^2/2m$
2. $F = mv$
3. $F = 0$
4. $F = mg$

15. แท่งสี่เหลี่ยมมวล M เคลื่อนที่ลงตามระนาบเอียงไม่มีแรงเสียดทาน แรงปฏิกิริยาตั้งฉากที่ระนาบเอียงกระทำกับแท่งสี่เหลี่ยมเท่ากับเท่าใด

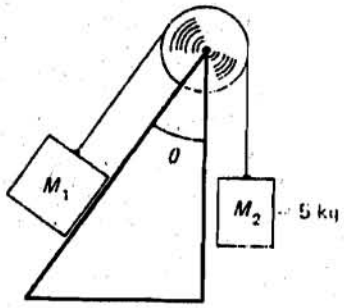


1. $g \sin \theta$
2. $Mg \sin \theta$
3. $Mg \cos \theta$
4. ศูนย์เนื่องจากไม่มีแรงเสียดทาน

16. ข้อใดไม่เป็นจริง สำหรับแรงเสียดทาน

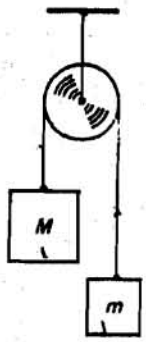
1. แรงเสียดทานจะกระทำในทิศด้านทานการเคลื่อนที่
2. สัมประสิทธิ์แรงเสียดทานจลน์มีค่าน้อยกว่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสถิต
3. แรงเสียดทานแปรผันโดยตรงกับอัตราเร็วของวัตถุที่เคลื่อนที่ผ่านผิวสัมผัส
4. งานกระทำโดยแรงเสียดทานมีค่าเป็นลบ

17. มวล M_1 และ M_2 ผูกต่อกันผ่านรอกซึ่งไม่มีแรงเสียดทาน ถ้าไม่มีแรงเสียดทานระหว่างระนาบเอียงกับมวล M_1 และระบบอยู่ในสภาพสมดุล ถ้ามวล M_2 = 5kg แรงตึงเชือกจะมีค่าเท่าใด



1. 5g N
2. 5g cos θ N
3. 5g sin θ
4. หาไม่ได้ เพราะไม่ทราบค่ามวล M_1

18. มวล M และ m ผูกต่อกัน คล้องผ่านรอกเบาซึ่งไม่มีแรงเสียดทาน ดังรูป ความเร่งของมวล M มีค่าเท่าใด



1. g
2. $\frac{M}{m}g$
3. $\frac{M-m}{Mm}g$
4. $\frac{M-m}{M+m}g$

19. ชายคนหนึ่งเป็นนักตกปลาพักอยู่บนอาคารสูงชั้น 6 วันหนึ่งตกปลามาได้ตัวขนาดใหญ่ ขณะขึ้นลิฟต์พบแม่ค้าขายผัก จึงขอยืมตาชั่ง และชั่งขณะที่ลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง 4 เมตร/วินาที^{2} ปรากฏว่าชั่งได้ 7 กิโลกรัม ชายคนนี้ดีใจมาก ถามว่าเมื่อถึงที่พักแล้ว ชายคนนี้ชั่งปลาโดยใช้ตาชั่งมาตรฐานเดียวกับตาชั่งของแม่ค้า จะชั่งได้เท่าใด
(กำหนดให้ g = 10 เมตร/วินาที^{2})
1. 11 กิโลกรัม 2. 7 กิโลกรัม 3. 5 กิโลกรัม 4. 3 กิโลกรัม

20. สมมติว่านักกีฬากระโดดค้ำถ่อ สามารถเปลี่ยนพลังงานจลน์เป็นพลังงานศักย์ได้หมด ถ้าอัตราเร็วของนักกีฬาก่อนที่จะปักไม้ค้ำลงพื้นเท่ากับ v นักกีฬาคนนี้กระโดดได้สูงเท่าใด
1. $v/2g$ 2. $2g/v^2$ 3. $v^2/2g$ 4. $\sqrt{2\ vg}$

21. สมมติว่าเมื่อผู้ขับขี่ห้ามล้อรถยนต์แล้วมีแรงเสียดทานคงตัวไปกระทำกับล้อรถ ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้อง
1. รถยนต์สูญเสียพลังงานจลน์ด้วยอัตราคงตัว
2. ระยะทางที่รถยนต์เคลื่อนที่ได้ก่อนหยุดจะเป็นสัดส่วนกับอัตราเร็วของรถยนต์ก่อนการห้ามล้อ
3. ระยะทางที่รถยนต์เคลื่อนที่ได้ก่อนหยุดจะเป็นสัดส่วนกับ (อัตราเร็ว)^2 ของรถยนต์ก่อนการห้ามล้อ
4. พลังงานจลน์ของรถยนต์เป็นสัดส่วนผกผันกับช่วงเวลา นับจากห้ามล้อจนกระทั่งรถยนต์หยุดนิ่ง

22. มวล 2 มวล ถูกปล่อยจากความสูง H เหนือพื้นดิน โดยมวล M_1 ไถลลงตามพื้นเอียงทำมุม 30° กับแนวราบและไม่มีแรงเสียดทาน มวล M_2 ไถลลงตามพื้นเอียงทำมุม 45° กับแนวราบไม่มีแรงเสียดทานเช่นกัน ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้อง
1. M_1 จะถึงพื้นหลัง M_2 และอัตราเร็วก่อนถึงพื้นของ M_1 น้อยกว่าของ M_2
2. M_1 และ M_2 จะถึงพื้นพร้อมกันด้วยอัตราเร็วเท่ากัน
3. M_1 จะถึงพื้นหลัง M_2 แต่อัตราเร็วของทั้งสองมวลก่อนถึงพื้นมีค่าเท่ากัน
4. ไม่มีข้อที่ถูกต้อง

กราฟต่อไปนี้แสดงการเคลื่อนที่ของหินก้อนหนึ่งที่ถูกโยนขึ้นไปตามแนวดิ่ง เป็นฟังก์ชันของเวลา สำหรับตอบคำถามข้อ 23 - 27

23. กราฟที่แสดงโมเมนตัมของก้อนหิน คือข้อใด

1. B 2. A 3. D 4. C

24. กราฟที่แสดงความเร่ง คือข้อใด

1. B 2. D 3. F 4. A

25. กราฟที่แสดงพลังงานศักย์ คือข้อใด

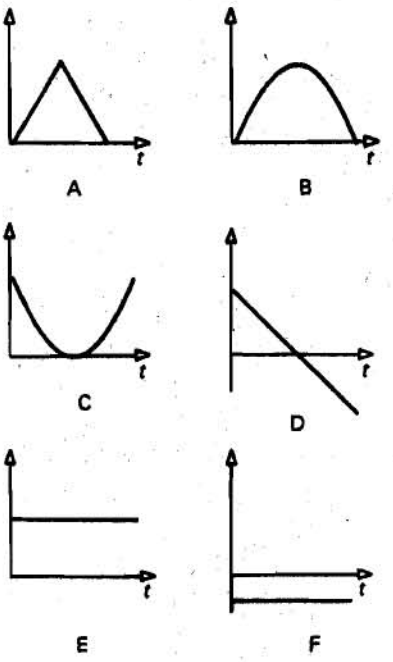
1. B 2. D 3. F 4. A

26. กราฟที่แสดงพลังงานจลน์ คือข้อใด

1. A 2. E 3. C 4. F

27. กราฟที่แสดงพลังงานรวม คือข้อใด

1. B 2. D 3. E 4. A



28. สำหรับระบบอิสระประกอบด้วย 2 อนุภาค คือ m_1 หนัก 1.6748×10^{-27} กิโลกรัม และ m_2 หนัก 1.6725×10^{-27} กิโลกรัม จะมีค่ามวลลดทอน (reduced mass) เป็นเท่าไร

1. 1.6730×10^{-27} กิโลกรัม
2. 0.8368×10^{-27} กิโลกรัม
3. 1.6725×10^{-27} กิโลกรัม
4. 3.3473×10^{-27} กิโลกรัม

29. วัตถุระเบิดก้อนหนึ่งเดิมวางนิ่งอยู่กับที่ก่อนที่จะระเบิดแตกออกเป็น 3 ส่วนเท่า ๆ กัน ส่วนที่ 1 และ 2 มีความเร็วเริ่มต้น $\overline{v}_1$ และ $\overline{v}_2$ ตามลำดับ โดย $v_1 = v_2 = v$ และ $\overline{v}_1 \perp \overline{v}_2$ อัตราเร็วเริ่มต้นของส่วนที่ 3 มีค่าเท่าใด

1. $v/\sqrt{2}$ 2. $v/\sqrt{2}$ 3. $\sqrt{2v}$ 4. $2v$

30. ลูกบอลมวล 0.3 กิโลกรัม ถูกปล่อยจากที่สูงให้ตกกระทบพื้นแล้วกระดอนกลับโดยไม่มีการสูญเสียพลังงานจลน์ ทันทีทันใดก่อนกระทบพื้นลูกบอลมีอัตราเร็ว 10 เมตร/วินาที การดลมีค่าเท่าไร

1. 0 kg.m/s
2. 3 kg.m/s ทิศทางขึ้น
3. 6 kg.m/s ทิศทางขึ้น
4. 6 kg.m/s ทิศทางลง

31. [M] [L] / [T] เป็นหน่วยของอะไร

1. แรง 2. กำลัง 3. การดล 4. พลังงานศักย์

32. แท่งสี่เหลี่ยมมวล 1 กิโลกรัม เคลื่อนที่ไปทางขวาบนพื้นเรียบไม่มีแรงเสียดทานด้วยอัตราเร็ว 2 เมตร/วินาที ชนและติดไปกับแท่งสี่เหลี่ยมมวล 2 กิโลกรัม ซึ่งเดิมอยู่นิ่ง หลังจากการชนจะมีลักษณะอย่างไร

1. พลังงานจลน์ของระบบเท่ากับ 2 จูล
2. โมเมนตัมของระบบเท่ากับ 6 kg.m/s
3. โมเมนตัมของระบบมีค่าน้อยกว่า 2 kg.m/s
4. พลังงานจลน์ของระบบน้อยกว่า 2 จูล

33. มวลขนาดเล็กตรึงติดกับแผ่นเสียงซึ่งกำลังหมุนด้วยความเร็ว 45 rpm ค่าความเร่งของมวลจะมีลักษณะอย่างไร

1. มีค่ามากถ้ามวลอยู่ใกล้จุดศูนย์กลางของแผ่นเสียง
2. มีค่ามากถ้ามวลอยู่ไกลจุดศูนย์กลางของแผ่นเสียง
3. ไม่ขึ้นอยู่กับตำแหน่งของมวล
4. เท่ากับศูนย์เสมอ

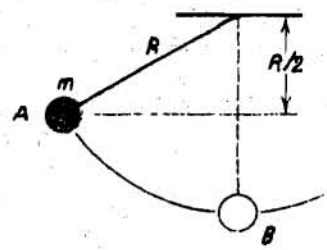
34. ล้ออันหนึ่งหมุนด้วยความเร็วเชิงมุม 2 เรเดียน/วินาที เมื่อสิ้นสุดวินาทีที่ 5 ล้อจะหมุนไปกี่รอบ

1. 10π 2. $20/\pi$ 3. $5/\pi$ 4. 20π

35. ล้ออันหนึ่งหมุนโดยมีความเร่งเชิงมุมมีค่าคงตัวเริ่มต้นจากหยุดนิ่ง ถ้าใน 2 วินาทีแรกล้อนี้หมุนได้ θ_1 และ 2 วินาทีถัดไปหมุนได้มุมเพิ่มอีก θ_2 อัตราส่วน θ_2/θ_1 เท่ากับเท่าใด

1. 1 2. 2 3. 3 4. 5

36. มวล m ถูกปล่อยจากจุด A ดังรูป จงหาความตึงของเส้นเชือกที่จุด B



1. mg
2. 2mg
3. 3mg
4. บอกไม่ได้เพราะว่าคำตอบขึ้นอยู่กับ R

37. ดาวเทียมสำหรับให้ข้อมูลทางอุตุนิยมดวงหนึ่งถูกส่งให้โคจรรอบโลก ปรากฏว่าดาวเทียมดวงนี้จะอยู่เหนือศีรษะของนาย ก. ตลอดเวลา ถามว่าดาวเทียมดวงนี้มีลักษณะโคจรอย่างไร

1. มีความเร็วเท่ากับ นาย ก. 2. มีความเร็วเชิงมุมคงที่
3. มีโมเมนตัมเชิงมุมเท่ากับของโลก 4. มีความเร็วเชิงมุมเท่ากับของโลก

38. มวลอันหนึ่งถูกผูกด้วยเชือกและทำให้หมุนบนพื้นราบที่ไม่มีแรงเสียดทานรอบแกนแกนหนึ่งด้วยความเร็วเชิงมุม ω_0 ถ้าเปลี่ยนความยาวของเส้นเชือกและความเร็วเชิงมุมเป็นสองเท่า แรงตึงในเส้นเชือกจะมีค่าเท่าใด (เดิมให้มีค่า T_0)

1. T_0 2. T_0 3. $4T_0$ 4. $8T_0$

39. ดาวเคราะห์สองดวงมีส่วนประกอบเหมือนกัน มีรัศมี r_1 และ r_2 ตามลำดับ ค่า g_1/g_2 มีค่าเท่าใด

1. r_1/r_2 2. r_2/r_1 3. $(r_1/r_2)^2$ 4. $(r_2/r_1)^2$

40. ดาวเทียมสองดวงโคจรรอบโลกที่ระดับนอกบรรยากาศของโลก โดยมีรัศมีวงโคจรเป็น r_1 และ r_2 ตามลำดับ อัตราส่วนของความเร็วในแนวเส้นสัมผัส v_1/v_2 มีค่าเท่าใด

1. r_1/r_2 2. r_2/r_1 3. $(r_2/r_1)^2$ 4. ไม่มีข้อที่ถูกต้อง

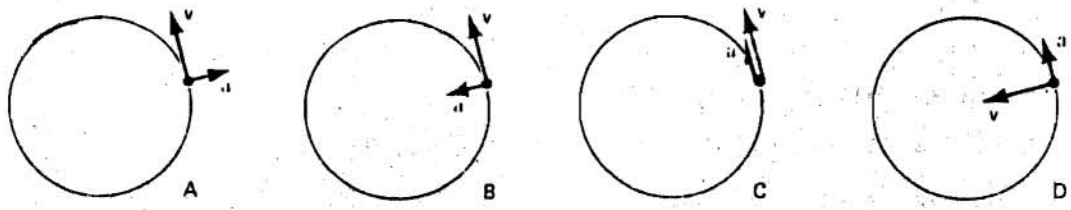
41. สมมติว่าดาวเคราะห์ดวงหนึ่งมีมวลและรัศมีเป็นครึ่งหนึ่งของของโลกที่ผิวของดาวเคราะห์ดวงนี้ ค่าความเร่งแห่งความโน้มถ่วงมีค่าเท่าใด

1. เป็นครึ่งหนึ่งของของโลก 2. เท่ากับของโลก
3. เป็นสองเท่าของของโลก 4. เป็นหนึ่งส่วนสี่ของของโลก

42. รถยนต์ 2 คัน มีมวล M_A และ M_B ตามลำดับ โดย $M_A = 2M_B$ เคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่ากันคือ v ผ่านถนนโค้งซึ่งมีความลาดเอียง สมมติว่าถนนนั้นปกคลุมด้วยน้ำแข็ง (ความเสียดทานน้อยมาก) รัศมี R และรถ A ผ่านทางโค้งนี้ได้โดยไม่เลื่อนไถล รถ B เมื่อผ่านโค้งนี้จะมีลักษณะอย่างไร

1. ไม่ลื่นไถลเช่นกัน
2. ลื่นไถลลง (เข้าสู่จุดศูนย์กลางแห่งความโค้ง)
3. ลื่นไถลขึ้น (หนีจากจุดศูนย์กลางแห่งความโค้ง)
4. เป็นไปได้ทั้งข้อ 1, 2 และ 3 ขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของ v/R

43. มวล m เคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วคงที่ในทิศทวนเข็มนาฬิกา เวกเตอร์ที่แสดงความเร่ง และความเร็วคือรูปใด



1. A 2. B 3. C 4. D

44. ทรงกระบอกกลวงกลิ้งตามแนวราบโดยไม่มีการลื่นไถล อัตราส่วนของพลังงานจลน์ของการเลื่อนที่ต่อการหมุนมีค่าเท่าใด

1. 2 2. 1.5 3. 1 4. 0.75

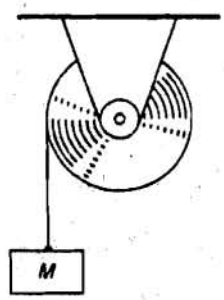
45. ชายคนหนึ่งนั่งอยู่บนเก้าอี้หมุน ในมือแต่ละข้างถือมวล 2 กิโลกรัม และเหยียดแขนไปข้าง ๆ ถ้าขณะที่แขนยังเหยียดอยู่นั้น เขาปล่อยมวลที่ถืออยู่ลงพื้น การหมุนจะมีลักษณะอย่างไร

1. ความเร็วเชิงมุมมีค่าคงเดิม
2. ความเร็วเชิงมุมมีค่าเพิ่มขึ้น
3. ความเร็วเชิงมุมมีค่าลดลง แต่ค่าพลังงานจลน์ของชายคนนี้เพิ่มขึ้น
4. ทั้งพลังงานจลน์และความเร็วเชิงมุมของชายคนนี้มีค่าเพิ่มขึ้น

46. ก้อนหินก้อนหนึ่งผูกด้วยเชือกแล้วแกว่งในเคลื่อนที่ในแนวราบด้วยความเร็วเชิงมุมคงตัว ในระหว่างการเคลื่อนที่ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้อง

1. โมเมนตัมเชิงเส้นและโมเมนตัมเชิงมุมมีค่าคงตัว
2. โมเมนตัมเชิงมุมมีค่าคงตัวแต่โมเมนตัมเชิงเส้นเปลี่ยนแปลง
3. โมเมนตัมเชิงเส้นมีค่าคงตัวแต่โมเมนตัมเชิงมุมเปลี่ยนแปลง
4. ทั้งโมเมนตัมเชิงเส้นและโมเมนตัมเชิงมุมเปลี่ยนแปลง

47. มวล M ผูกด้วยเชือกเบาคล้องผ่านรอกซึ่งเป็นรูปทรงกระบอกมวล M เท่ากัน รัศมี R ดังรูป ระบบถูกปล่อยให้เคลื่อนที่เริ่มจากภาวะอยู่นิ่ง อัตราเร่งของมวล M เท่ากับเท่าใด



1. g 2. $\frac{1}{2}g$
3. $\frac{2}{3}g$ 4. ขึ้นอยู่กับรัศมีของรอก

48. นักสเก็ตน้ำแข็งหมุนตัวขณะที่แขนของเธอเหยียดไปข้าง ๆ ถ้าเธอหดแขนมาชิดลำตัวของเธอ การหมุนจะมีลักษณะอย่างไร

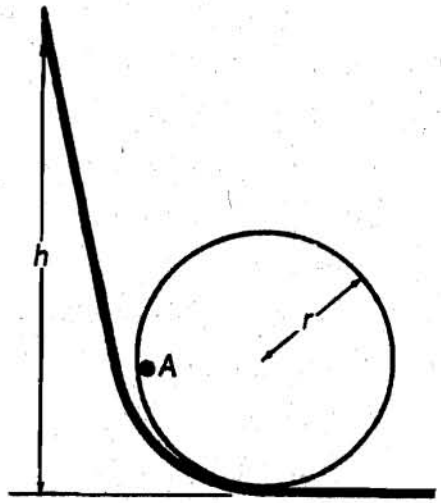
1. โมเมนตัมเชิงมุมและความเร็วเชิงมุมมีค่าคงตัว
2. โมเมนตัมเชิงมุมมีค่าเพิ่มขึ้น
3. ความเร็วเชิงมุมมีค่คตงตัว
4. โมเมนตัมเชิงมุมมีค่าคงตัว

49. อนุภาคมวล m เคลื่อนที่เป็นวงกลมด้วยอัตราเร็วคงตัว v พลังงานจลน์ของอนุภาคนี้เท่ากับเท่าใด

1. $(mv^2)/r$ 2. $\frac{1}{2}mv^2$ 3. $\frac{1}{2}I\omega$ 4. $\frac{1}{2}mr\omega^2$

50. วงแหวนและทรงกระบอกตัน มีมวลเท่ากัน กลิ้งโดยไม่ลื่นไถลไปตามพื้นราบ สมมติว่าพลังงานจลน์ของวัตถุสองชนิดนี้มีค่าเท่ากัน ข้อความใดต่อไปนี้เป็นจริง
1. ทรงกระบอกตันมีอัตราเร็วการเลื่อนที่มากกว่าวงแหวน
2. วงแหวนมีอัตราเร็วการเลื่อนที่มากกว่าทรงกระบอกตัน
3. วัตถุทั้งสองชนิดมีอัตราเร็วเลื่อนที่เท่ากัน
4. เป็นไปได้ทั้ง 1, 2 และ 3 ขึ้นอยู่กับรัศมีของมัน

51. ในการสร้างรางรถเป็นวงกลมของสวนสนุกแห่งหนึ่งมีลักษณะดังรูป จงหาความสูงต่ำสุดที่จะปล่อยรถลงมาโดยกำหนดว่าล้อรถจะต้องติดกับรางตลอดการเคลื่อนที่



1. $\frac{1}{2}r$ 2. $\frac{2}{2}r$
3. $\frac{5}{2}r$ 4. $\frac{7}{2}r$

52. จากข้อ 51 ถ้าปล่อยรถที่ความสูง h เป็นสามเท่าของรัศมีวงกลม จงหาแรงที่รางกระทำกับรถที่ตำแหน่งสูงสุดของวงกลม
1. $\frac{1}{2}mg$ 2. mg 3. $\frac{3}{2}mg$ 4. 2mg

53. จากข้อ 51 จงหาความเร่งในแนวระนาบที่จุด A
1. g 2. 2g 3. 3g 4. 4g

54. ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเชิงมุม และปริมาณเชิงเส้น ข้อใดต่อไปนี้ไม่ถูกต้อง
1. $S = \theta r$ 2. $P = Lr$ 3. $v = \omega r$ 4. $a = \alpha r$

55. จงหาโมเมนต์ความเฉื่อยของแท่งวงกลมขนาดเล็กที่มีเนื้อเดียวกันสัมพัทธ์กับแกนตั้งฉากกับแท่งกลมที่ปลายข้างหนึ่ง โดยที่ M และ L คือมวลและความยาวของแท่งกลมยาว
1. $\frac{1}{2}ML^2$ 2. $\frac{1}{3}ML^2$ 3. $\frac{1}{2}ML^2$ 4. $\frac{1}{3}ML^3$

56. มอดุลัสของความยืดหยุ่นเป็นค่าคงตัว มีความสัมพันธ์ตามสมการใด

1. ความเค้น = ค่าคงตัว x ความเครียด
2. ความเครียด = ค่าคงตัว x ความเค้น
3. ความเค้น x ความเครียด = ค่าคงตัว
4. ความสัมพันธ์ขึ้นอยู่กับว่าเป็นมอดุลัสเฉือน มอดุลัสของฌัง หรือมอดุลัสเชิงปริมาตร

57. มอดุลัสเชิงปริมาตรจะหาได้จากความสัมพันธ์ข้อใด

1. $(F_1/A)/(dV/V)$
2. hF_1/A_x
3. $-dP\ (dV/V)$
4. $(dF_1/A)/\ (dx/h)$

58. อนุภาคเคลื่อนที่ตามแกน x เป็นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย เริ่มจากจุดกำเนิด t = 0 และเคลื่อนที่ไปทางขวา สมการการเคลื่อนที่เขียนได้เป็น $x = 2 \sin 3\pi t$ เซนติเมตร จงหาความถี่ (f) ของการเคลื่อนที่หน่วยเป็นเฮิรตซ์

1. 6
2. 3
3. 2
4. 1.5

59. จากข้อ 58 จงหาอัตราเร็วสูงสุด หน่วยเป็นเซนติเมตร/วินาที

1. 3π
2. 6π
3. 12π
4. 18π

60. จากข้อ 58 จงหาอัตราเร่งสูงสุด หน่วยเป็นเซนติเมตร/วินาที^{2}

1. $3\ \pi^2$
2. $6\ \pi^2$
3. $12\ \pi^2$
4. $18\ \pi^2$

61. จากข้อ 58 จงหาเวลาจากเริ่มต้นจนถึงเวลาที่อนุภาคมีความเร่งสูงสุดครั้งแรก หน่วยเป็นวินาที

1. 0.5
2. 1
3. 2
4. 3

62. จากข้อ 58 จงหาระยะทางที่เคลื่อนที่ได้ระหว่าง t = 0 ถึง t = 1 วินาที หน่วยเป็นเซนติเมตร

1. 3
2. 6
3. 12
4. 18

63. สำหรับการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ข้อใดต่อไปนี้กล่าวถูกต้อง

1. แรงเป็นสัดส่วนโดยตรงและทิศทางเดียวกับการกระจัด
2. แรงเป็นสัดส่วนโดยตรงและทิศทางตรงข้ามกับการกระจัด
3. แรงเป็นสัดส่วนผกผันและทิศทางเดียวกับการกระจัด
4. แรงเป็นสัดส่วนผกผันและทิศทางตรงข้ามกับการกระจัด

64. ระบบที่มวลติดกับสปริง 2 ระบบ คือ A และ B มีความถี่ f_A และ f_B ถ้า $f_A = 2f_B$ และค่าคงตัวของสปริงทั้งสองมีค่าเท่ากันความสัมพันธ์ระหว่าง M_A และ M_B ควรเป็นอย่างไร

1. $M_A = M_B/4$
2. $M_A = M_B/2$
3. $M_A = M_B 5\ \sqrt{2}$
4. $M_A = 4M_B$

65. ถ้าความยาวของลูกตุ้มมีค่าเป็นสองเท่า ความถี่จะมีค่าเปลี่ยนแปลงเป็นกี่เท่า

1. 2 2. $\sqrt{2}$ 3. $1/\sqrt{2}$ 4. 1/4

66. สปริงยาว 15 cm เมื่อแขวนด้วยน้ำหนัก 15 N จะทำให้สปริงยาว 20 cm ค่าคงตัวของสปริงเท่ากับเท่าใด

1. 180 N/m 2. 300 N/m 3. 420 N/m 4. 512 N/m

67. วัตถุรูปลูกบาศก์จมอยู่ในน้ำ ความดันที่ด้านใดมีค่าสูงสุด

1. ด้านข้าง 2. ด้านบน 3. ด้านล่าง 4. เท่ากันทั้งหกด้าน

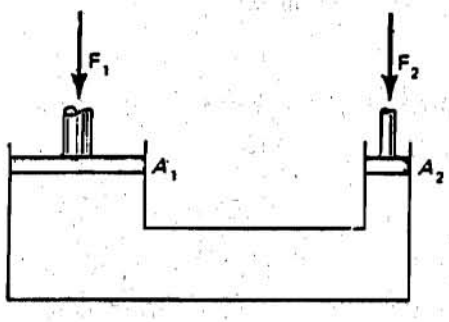
68. วัตถุก้อนหนึ่งมีความหนาแน่นสม่ำเสมอ ลอยในน้ำ 1/4 ส่วนของปริมาตรทั้งหมด วัตถุนี้มีความถ่วงจำเพาะเท่าใด

1. 1/4 2. 3/4 3. 1 4. 4/3

69. ไม้ชิ้นหนึ่งมีความหนาแน่น 0.8 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ลอยในของเหลวซึ่งมีความถ่วงจำเพาะ 1.2 ไม้ชิ้นนี้จะมีส่วนจมอยู่ในของเหลว คิดเป็นร้อยละเท่าใด

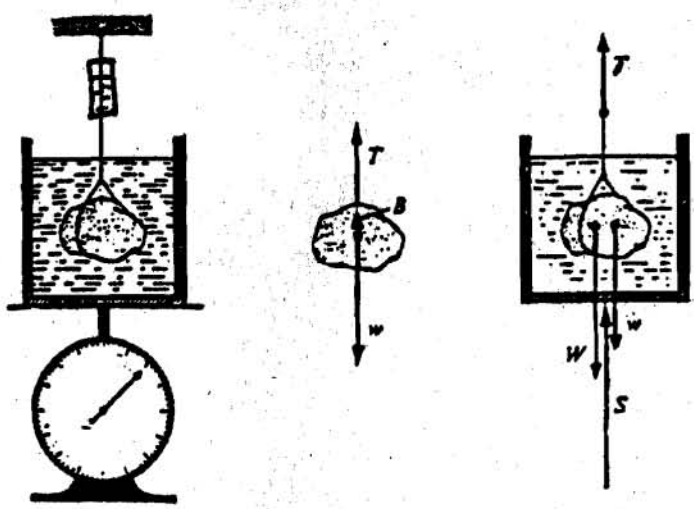
1. 33 2. 67 3. 80
4. ไม่สามารถบอกได้นอกเสียจากจะรู้ปริมาตรของไม้ชิ้นนี้

70. แรงกระทำ F_1 และ F_2 ดังรูปข้างล่างนี้ทำให้เกิดความดัน P_1 และ P_2 ตามลำดับ ความสัมพันธ์ที่ถูกต้องคือข้อใด



1. $F_1 = F_2$
2. $F_1 = (A_2/A_1)\, F_2$
3. $P_1 = (A_1/A_2)\, P_2$
4. $P_1 = P_2$

71. วัตถุมีปริมาตร 15 x 10^{-4} ลูกบาศก์เมตร หนัก 30 นิวตัน แขวนกับตาชั่งสปริงขณะที่หย่อนลงในถังซึ่งบรรจุน้ำอยู่ (ดังรูป) ถ้าน้ำหนักของน้ำรวมกับน้ำหนักของถังเท่ากับ 230 นิวตัน และความหนาแน่นของน้ำเท่ากับ 10^3 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร



(a) (b) (c)

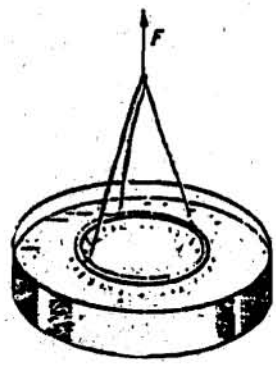
ตาชั่งสปริงอ่านน้ำหนักเท่าใด (หน่วยเป็นนิวตัน)

1. 10 2. 15 3. 20 4. 30

72. จากข้อ 71 ตาชั่งจานอ่านน้ำหนักเท่าใด (หน่วยเป็นนิวตัน)

1. 200 2. 215 3. 245 4. 260

73. กำไลวงแหวนบางรัศมี r ผูกห้อยเป็นสาแหรก ปรากฏว่าต้องออกแรง F ดึงให้วงแหวนหลุดจากน้ำมันพอดี จาก y = F/L ถามว่า L เท่ากับเท่าใด

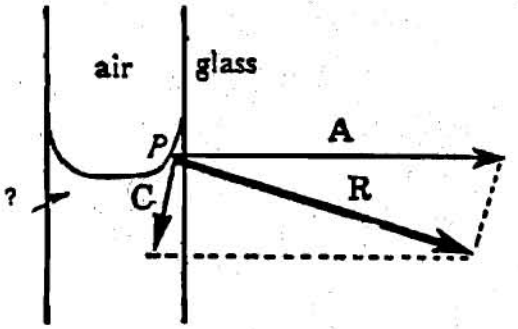


1. πr 2. $2\pi r$

3. $4\pi r$ 4. $6\pi r$

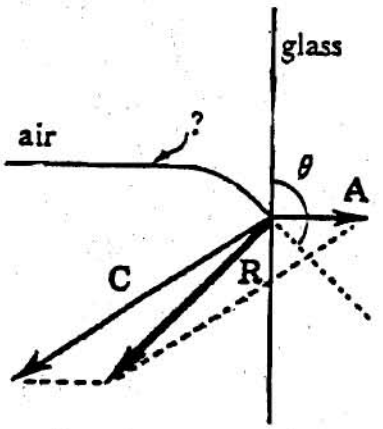
74. พิจารณาของเหลวในหลอดแก้วตามรูปข้างล่างนี้ ควรจะเป็นของเหลวชนิดใด

1. ปรอท
2. น้ำ
3. ของเหลวที่มีแรงเชื่อมแน่นมากกว่าแรงยึดติด
4. ของเหลวที่มีระดับในหลอดแก้วต่ำกว่าระดับในอ่าง



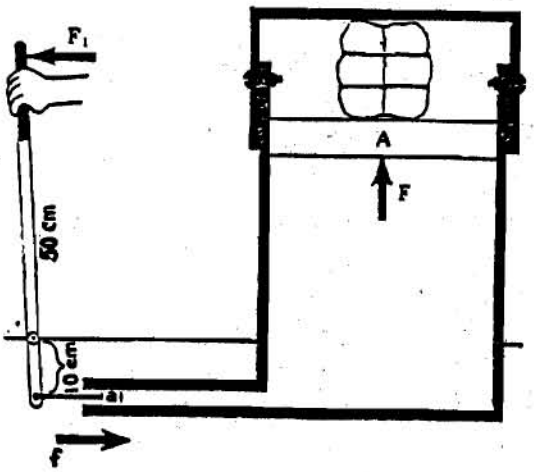
75. ของเหลวตามรูปข้างล่างนี้เป็นของเหลวชนิดใด

1. ปรอท
2. น้ำ
3. ของเหลวที่มีแรงเชื่อมแน่นน้อยกว่าแรงยึดติด
4. ของเหลวที่มีระดับในหลอดแก้วสูงกว่าระดับในอ่าง



76. เครื่องอัดดังรูป มีลูกสูบเล็กรัศมี 1.25 cm ลูกสูบใหญ่รัศมี 20 cm คนงานออกแรงกด F_1 ที่คานห่างจากจุดหมุน 50 cm ด้วยแรง 100 นิวตัน สมมติว่าประสิทธิภาพเท่ากับ 100% จงหาค่า f (หน่วยเป็นนิวตัน)

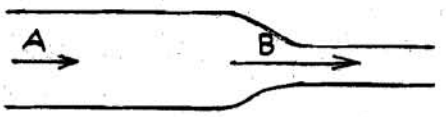
1. 100
2. 200
3. 500
4. 2500



77. จากข้อ 76 แรง F ที่อัดฟ่อนกระดาษหนังสือพิมพ์เป็นเท่าใด (หน่วยเป็นนิวตัน)

1. 12500
2. 25000
3. 125000
4. 250000

78. น้ำไหลผ่านท่อดังรูป ความดันจะมีลักษณะอย่างไร



1. ที่ A มากกว่าที่ B
2. ที่ A เท่ากับที่ B
3. ที่ A น้อยกว่าที่ B
4. ความดันที่ A ไม่มีความสัมพันธ์กับความดันที่ B

79. วัตถุมวล M แขวนจากตาชั่งสปริง ซึ่งอ่านได้ 25 นิวตัน ถ้ามวลนี้ทั้งก้อนจมอยู่ในน้ำ ตาชั่งสปริงอ่านได้ 5 นิวตัน ความถ่วงจำเพาะของวัตถุเท่ากับเท่าไร

1. 2.0
2. 1.5
3. 1.25
4. ไม่สามารถหาได้จากข้อมูลที่ให้มา

80. หลอดแก้วคะปิลลารี เส้นผ่านศูนย์กลาง D จุ่มลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำ ปรากฏว่าระดับน้ำในหลอดแก้วสูงกว่าระดับในบีกเกอร์ 0.5 เซนติเมตร ถ้านำหลอดแก้วอีกอันหนึ่งซึ่งทำด้วยสารชนิดเดียวกับหลอดแก้วอันแรก ปรากฏว่าระดับน้ำในหลอดที่สองสูงกว่าระดับน้ำในบีกเกอร์ 1.0 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางของหลอดที่สองเท่ากับเท่าใด

1. D/4
2. D/2
3. $D/\sqrt{2}$
4. 2D

81. การส่งผ่านความร้อนโดยการพามีลักษณะอย่างไร

1. ไม่เกี่ยวข้องกับการกระจัดของโมเลกุลของตัวกลาง
2. ของแข็งพาความร้อนได้ไม่ดี
3. เป็นสัดส่วนกับ $T_2^4 - T_1^4$ เมื่อ T_1 และ T_2 เป็นอุณหภูมิที่ระดับต่ำและระดับสูงที่การส่งผ่านความร้อนจะเกิดขึ้น
4. เกิดขึ้นได้เฉพาะในย่านที่เป็นสุญญากาศ

82. สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้นของสารชนิดหนึ่งเท่ากับ α ที่ $0^\circ C$ กำหนด $\alpha << 1$ สัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงปริมาตรของสารชนิดนี้เท่ากับเท่าใด

1. $\alpha 3$
2. 3α
3. α
4. $\alpha^{1/3}$

83. ความสัมพันธ์ระหว่างช่วงสเกลของ $^\circ C$, $^\circ F$ และ K คือข้อใด

1. $^\circ C = K = ^\circ F$
2. $^\circ C < K < ^\circ F$
3. $^\circ C = K < ^\circ F$
4. $^\circ C = K > ^\circ F$

84. อะลูมิเนียมมีความร้อนจำเพาะมากกว่าทองแดง ถ้านำแท่งอะลูมิเนียมและแท่งทองแดงมวลเท่ากันที่อุณหภูมิ $0^\circ C$ เท่ากัน วางลงในคาลอรีมิเตอร์อันละแท่ง คาลอรีมิเตอร์แต่ละอันบรรจุน้ำ 100 กรัม อุณหภูมิ $60^\circ C$ กำหนดให้คาลอรีมิเตอร์มีความร้อนจำเพาะน้อยมากจนละเสียได้ หลังจากที่เกิดสมดุลทางความร้อนแล้วอุณหภูมิของแท่งโลหะทั้งสองหรือคาลอรีมิเตอร์ทั้งสองจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

1. ทองแดงมีอุณหภูมิสูงกว่าอะลูมิเนียม
2. ทองแดงมีอุณหภูมิต่ำกว่าอะลูมิเนียม
3. อุณหภูมิสุดท้ายของคาลอรีมิเตอร์ทั้งสองจะเท่ากัน
4. คำตอบจะขึ้นอยู่กับมวลของแท่งโลหะทั้งสอง

85. ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้อง
1. เป็นไปได้ที่ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบอะเดียเบติกในขณะเดียวกันจะเปลี่ยนแปลงเอนโทรปีด้วย
2. เป็นไปได้ที่ระบบที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบอุณหภูมิคงตัว (isothermal change) ในขณะเดียวกันจะเปลี่ยนแปลงพลังงานภายในด้วย
3. เป็นไปได้ที่ระบบอิสระที่มีการเปลี่ยนแปลงแบบย้อนกลับได้ ในขณะเดียวกันจะมีการเพิ่มเอนโทรปีด้วย
4. ไม่มีข้อถูกต้อง

86. พลังงานจลน์เฉลี่ยของโมเลกุลก๊าซหาได้จากปริมาณใด
1. จำนวนโมเลกุลในก๊าซเท่านั้น
2. ความดันของก๊าซเท่านั้น
3. อุณหภูมิของก๊าซเท่านั้น
4. ไม่สามารถหาได้จากปริมาณใดปริมาณหนึ่งเท่านั้น

87. ถังเหล็กบรรจุอากาศปริมาณ 0.2 ลูกบาศก์เมตร ความดัน 5 atm. ที่อุณหภูมิเท่ากัน อากาศมีความดัน 1 atm. จะมีปริมาตรเท่าใด (หน่วยเป็นลูกบาศก์เมตร)

1. 0.2 2. 1 3. 5 4. 10^5

88. ถังใบหนึ่งบรรจุก๊าซฮีเลียมและก๊าซอาร์กอนที่มีน้ำหนักเท่ากัน ที่อุณหภูมิ 20°C ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้อง
1. ความดันที่เกิดจากก๊าซสองชนิดนี้มีค่าเท่ากัน
2. ก๊าซสองชนิดมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน
3. อะตอมของฮีเลียมมีอัตราเร็วเฉลี่ยเท่ากับอะตอมของอาร์กอน
4. ไม่มีข้อใดถูกต้อง

89. ถัง 2 ใบ แต่ละใบบรรจุก๊าซต่างชนิดกัน แต่อยู่ที่อุณหภูมิเดียวกัน สมมติว่าน้ำหนักโมเลกุลของก๊าซทั้งสองคือ M_A และ M_B ขนาดของโมเมนตัมเฉลี่ยของโมเลกุลคืออะไร

1. $P_A = P_B$ 2. $P_A = (M_B/M_A)P_B$
3. $P_A = (M_B/M_A)^{1/2} P_B$ 4. $P_A = (M_A/M_B)^{1/2}P_B$

90. ข้อความใดต่อไปนี้เป็นจริงสำหรับระบบที่ผ่านกระบวนการปริมาตรคงตัว
1. ไม่มีงานที่ทำโดยระบบ
2. พลังงานภายในมีค่าคงตัว
3. เอนโทรปีมีค่าคงตัว
4. ความดันของระบบมีค่าคงตัว

91. ในสมการ $\Delta Q = \Delta U + \Delta W$, ตามกฎที่ 1 ของอุณหพลศาสตร์ ΔW และ ΔQ หมายถึงอะไร
1. งานกระทำต่อระบบและความร้อนที่ระบบได้รับ
2. งานกระทำโดยระบบและความร้อนที่ระบบได้รับ
3. งานกระทำต่อระบบและความร้อนที่ระบบคายออกมา
4. งานกระทำโดยระบบและความร้อนที่ระบบคายออกมา

92. ขณะที่ความดันมีค่าคงตัว ถ้าอุณหภูมิของก๊าซอุดมคติอะตอมเดียวมีค่าเป็นสองเท่าของอุณหภูมิเดิม พลังงานจลน์เฉลี่ยของอะตอมจะเท่ากับเท่าใด
1. เพิ่มขึ้น 4 เท่า
2. เพิ่มขึ้น 2 เท่า
3. เพิ่มขึ้น $\sqrt{2}$ เท่า
4. มีค่าคงเดิม

93. ความจุความร้อนของก๊าซเมื่อปริมาตรคงที่คือข้อใด
1. $\Delta U/\Delta T$
2. $\Delta U/\Delta T$ ก็ต่อเมื่อเป็นก๊าซอุดมคติ
3. $\frac{3}{2}R$ ต่อโมล
4. มากกว่าความจุความร้อนเมื่อความดันคงที่เสมอ

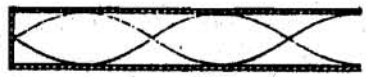
94. เครื่องดนตรีชนิดหนึ่งประกอบด้วยลวดสองเส้นมีความยาวเท่ากัน ลวดเส้นแรกมีแรงตึงและมวลเป็นสองเท่าของลวดเส้นที่ 2 ข้อสรุปใดถูกต้อง
1. ลวดทั้งสองเส้นมีความถี่เท่ากัน แต่เส้นแรกมีความยาวคลื่นยาวกว่า
2. ลวดเส้นแรกมีความยาวคลื่นสั้นกว่า แต่มีความถี่สูงกว่า
3. ความถี่และความยาวคลื่นของลวดทั้งสองเส้นมีค่าเท่ากัน แต่ความเร็วของคลื่นต่างกัน
4. ลวดทั้งสองเส้นมีความถี่ ความยาวคลื่น และความเร็วคลื่นเท่ากัน

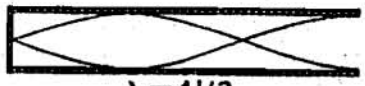
95. ความสัมพันธ์ระหว่าง f, λ และ v คืออะไร
1. $v = f/\lambda$
2. $f = v/\lambda$
3. $\lambda = f/v$
4. $v = \lambda f^2$

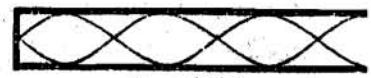
96. คลื่นตามขวางในเส้นเชือก มวล M ยาว L แรงตึง T จะมีลักษณะอย่างไร
1. ความเร็วคลื่นขึ้นอยู่กับ M, L และ T
2. ความถี่ของคลื่นเป็นสัดส่วนกับความยาวคลื่น
3. พลังงานของคลื่นเป็นสัดส่วนกับรากที่สองของแอมปลิจูดของคลื่น
4. อัตราเร็วของการเคลื่อนที่ของจุดใดจุดหนึ่งบนเส้นเชือกมีค่าเท่ากับความเร็วการเคลื่อนที่ของคลื่น

97. โอเวอร์โทนที่ 3 คือรูปใด

A.
$\lambda = 4l/1$

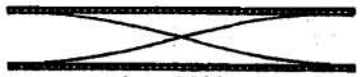
B. 
$\lambda = 4l/5$

C. 
$\lambda = 4l/3$

D. 
$\lambda = 4l/7$

1. รูป A 2. รูป B 3. รูป C 4. รูป D

98. ฮาร์มอนิกส์ที่ 2 คือรูปใด

A. 
$\lambda = 2l/1$

C.
$\lambda = 2l/3$

B.
$\lambda = 2l/2$

D.
$\lambda = 2l/4$

1. รูป A 2. รูป B 3. รูป C 4. รูป D

99. ส้อมเสียง x ไม่ทราบความถี่ธรรมชาติและส้อมเสียง A มีความถี่ธรรมชาติเป็น 90 เฮิรตซ์ เมื่อทำการเทียบเสียงส้อมเสียงทั้งสองกับสายกีต้าร์เส้นหนึ่งพบว่าเกิดบีทส์ 5 ครั้งต่อวินาที เหมือนกันแต่ถ้าการเทียบเสียงส้อมเสียงทั้งสองกับหลอดสั่นพ้องจะพบว่าตำแหน่งการเกิดสั่นพ้องครั้งแรกของส้อมเสียง A ระดับน้ำจะอยู่ต่ำจากปากหลอดมากกว่าตำแหน่งการเกิดสั่นพ้องครั้งแรกของส้อมเสียง x ถามว่าส้อมเสียง x มีความถี่ธรรมชาติกี่เฮิรตซ์

1. 80 2. 85 3. 95 4. 100

100. แรงตึงในเส้นเชือกซึ่งมีมวล 0.6 kg ยาว 12 เมตร ตรึงปลายทั้งสองข้างเท่ากับ 0.8 นิวตัน ถูกทำให้เกิดคลื่นตามขวางในเส้นเชือก จงหาอัตราเร็วของคลื่นในเส้นเชือก (หน่วยเป็นเมตร/วินาที)

1. 10 2. 8 3. 6 4. 4

101. จากข้อ 100 จงหาเวลาที่คลื่นใช้ในการเดินทางจากผนังข้างหนึ่งไปถึงผนังอีกข้างหนึ่ง (หน่วยเป็นวินาที)

1. 1.2 2. 1.5 3. 6 4. 4

102. สิ่งต่อไปนี้ทำให้เกิดคลื่นเฉพาะฮาร์มอนิกส์คู่ยกเว้นข้อใด

1. เส้นเชือกที่ตรึงปลาย 2 ข้าง
2. ท่อปลายปิด 2 ข้าง
3. เส้นเชือกที่ตรึงปลายข้างเดียว
4. ท่อปลายเปิด 2 ข้าง

103. ข้อใดต่อไปนี้ไม่เป็นจริงสำหรับคลื่น $y = 2.0 \sin (200\pi t + \pi x)$ เมตร

1. ความถี่ของคลื่นเท่ากับ 100 เฮิรตซ์
2. ความยาวคลื่นเท่ากับ 2 เมตร
3. คลื่นเคลื่อนที่ไปทาง x
4. คลื่นมีแอมปลิจูด 2.0 เมตร

104. ถ้า $y = 8 \sin [2\pi (\frac{x}{20} + \frac{t}{2})]$ ระยะทางเป็นเซนติเมตร และเวลาเป็นวินาที ข้อสรุปใดถูกต้อง

1. ความยาวคลื่นเท่ากับ $10/\pi$ เซนติเมตร
2. คาบเท่ากับ π วินาที
3. ความถี่เท่ากับ 2 เฮิรตซ์
4. คลื่นเคลื่อนที่ไปทางซ้าย (ไปทาง -x)

105. ท่อปลายเปิดข้างเดียวจะเกิดสั่นพ้องที่ความถี่ 100 Hz อุณหภูมิ 150 K และความดันบรรยากาศ เมื่ออุณหภูมิ 300 K ความดันบรรยากาศ ความถี่ของการสั่นพ้องเท่ากับเท่าใด

1. 50 Hz 2. 70.7 Hz 3. 100 Hz 4. 141 Hz

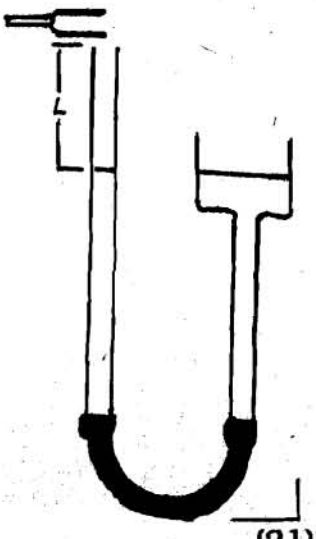
106. สมการของคลื่นชนิดหนึ่งคือ $y = 2 \sin 2\pi (x/60 - t/0.02)$ เมื่อ x และ y มีหน่วยเป็นเมตร และ t เป็นวินาที จงหาความยาวคลื่น (λ)

1. 2 เมตร 2. 30 เมตร 3. $\pi/60$ เมตร 4. 60 เมตร

107. จากโจทย์ข้อ 106 จงหาความถี่ (frequency) หน่วยเป็นเฮิรตซ์

1. $2\pi/60$ 2. 25 3. 50 4. 100

108. ส้อมเสียงความถี่ f = 865 Hz นำไปทดลองเรื่องการสั่นพ้องดังรูป ปรากฏว่าตำแหน่งที่เกิดการสั่นพ้องครั้งแรกในอากาศ = 331 + 0.6t เมตร/วินาที จงหาว่าการสั่นพ้องครั้งแรกเมื่อระดับน้ำต่ำกว่าปากหลอดเท่าใด (หน่วยเป็นเซนติเมตร)



1. 10 2. 20
3. 30 4. 40

109. จากข้อ 108 อุณหภูมิขณะทำการทดลองเท่ากับเท่าใด ($^{\circ}C$)

1. 20 2. 25 3. 30 4. 40

110. ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์ (Doppler's Effect : $f_L = (v \pm v_L) f_s / (v \pm v_s)$ เกิดขึ้นเมื่อรถไฟขบวนหนึ่งแล่นเข้าสู่ชานชาลาสถานีด้วยอัตราเร็ว 10 เมตร/วินาทีพร้อมกับเปิดหวูดซึ่งผู้โดยสารวัดความถี่ได้ 672 เฮิรตซ์ จงหาความถี่ปรากฏต่อผู้ที่ยืนอยู่บนชานชาลาสถานีได้ยิน (ให้อุณหภูมิวันนั้นเท่ากับ 25 องศาเซลเซียส)

1. 672 เฮิรตซ์ 2. 692 เฮิรตซ์ 3. 700 เฮิรตซ์ 4. 720 เฮิรตซ์