เล่ม 01 ภาค ข · วิชาเอก 100 คะแนน

วิชาเอก ฟิสิกส์

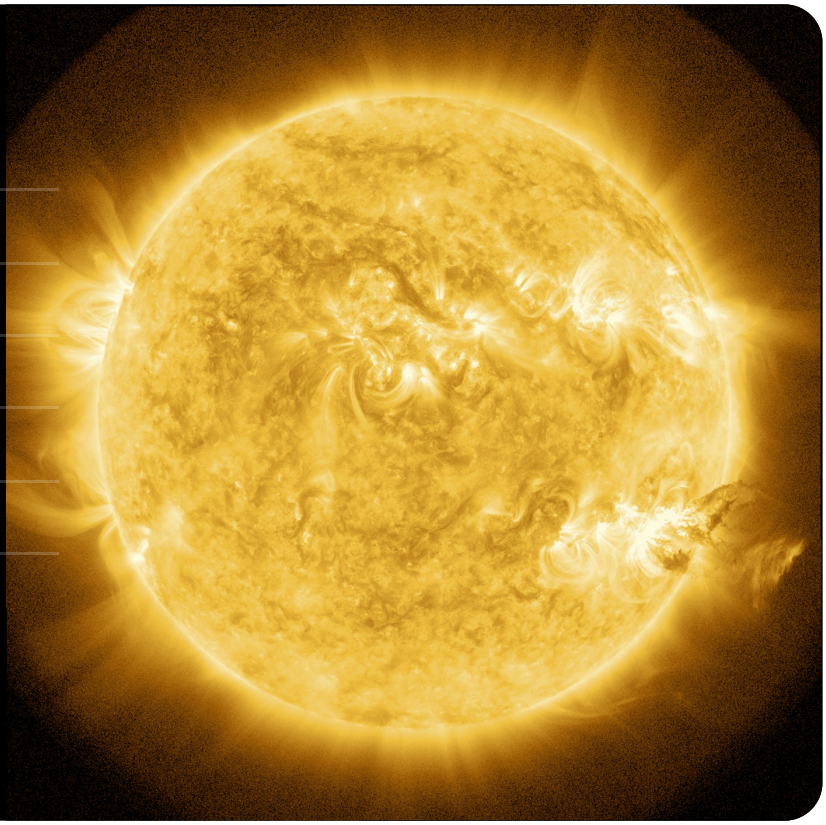
สรุปเข้ม 6 บท · Mind Map · ข้อสอบ 300 ข้อ

ครบทุกสาระฟิสิกส์ที่ออกสอบครูผู้ช่วย สังกัด กทม. ตั้งแต่กลศาสตร์ถึงฟิสิกส์ยุคใหม่ และการสอนฟิสิกส์ พร้อมภาพจริงจาก NASA · LIGO · CERN เทคนิคการจำ และเฉลยละเอียดทุกข้อ

ภาค ข · วิชาเอก 100 คะแนน | สรุปเข้ม + ภาพจริง | Mind Map ทุกบท | เทคนิคการจำ | เฉลยละเอียดทุกข้อ

ครบ 6 บท ตามขอบข่ายวิชาเอก

01 กลศาสตร์
02 คลื่น เสียง และแสง
03 ไฟฟ้าและแม่เหล็ก
04 ความร้อน แก๊ส ของไหล
05 อะตอม นิวเคลียร์ ยุคใหม่
06 หลักสูตรและการสอนฟิสิกส์



ภาพจริง: ดวงอาทิตย์ในช่วงคลื่น 17.1 nm บันทึกโดยกล้อง AIA บนดาวเทียม SDO ของ NASA (7 มิ.ย. 2554) · public domain

92	300	6	70+
หน้า	ข้อสอบ	บท	ภาพ/แผนภาพ

ศูนย์รวมแนวข้อสอบทั่วประเทศ exammvp.com
สามารถเข้าคอร์สติวเนื้อหาอื่น ๆ ได้ที่ exammvp.com · ฉบับปรับปรุง พฤศจิกายน 2569 · เตรียมสอบรอบปี 2570

สารบัญ วิชาเอกฟิสิกส์ (ภาค ข)

1 บทที่ 1 กลศาสตร์ 6

1.1 ปริมาณกายภาพ หน่วย และการวัด 7

1.2 การเคลื่อนที่แนวตรง 8

1.3 แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน 8

1.4 การเคลื่อนที่แนวโค้ง: โพรเจกไทล์ วงกลม และ SHM 9

1.5 งาน กำลัง และพลังงาน 11

1.6 โมเมนตัมและการชน 11

1.7 สมดุลกลและการเคลื่อนที่แบบหมุน 12

1.8 ตัวอย่างโจทย์แนวสนามจริง พร้อมวิธีคิด 13

Mind Map สรุปบทที่ 1 14

เทคนิคการจำและทำข้อสอบบทที่ 1 15

ข้อสอบท้ายบทที่ 1 (50 ข้อ) 16

เฉลยและคำอธิบายบทที่ 1 20

2 บทที่ 2 คลื่น เสียง และแสง 22

2.1 ธรรมชาติและสมบัติของคลื่นกล 23

2.2 คลื่นนิ่ง และการสั่นพ้อง 24

2.3 เสียง 24

2.4 แสงเชิงรังสี: การสะท้อน การหักเห กระจก และเลนส์ 25

2.5 แสงเชิงคลื่น: การแทรกสอด การเลี้ยวเบน โพลาไรเซชัน 26

2.6 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 26

2.7 ตัวอย่างโจทย์แนวสนามจริง พร้อมวิธีคิด 27

Mind Map สรุปบทที่ 2 29

เทคนิคการจำและทำข้อสอบบทที่ 2 30

ข้อสอบท้ายบทที่ 2 (50 ข้อ) 31

เฉลยและคำอธิบายบทที่ 2 35

3 บทที่ 3 ไฟฟ้าและแม่เหล็ก 37

3.1 ไฟฟ้าสถิต: ประจุ แรง สนาม และศักย์ไฟฟ้า 38

3.2 ไฟฟ้ากระแสและวงจรไฟฟ้า 38

01 กลศาสตร์

บทที่ 1 · Mechanics · การเคลื่อนที่ แรง พลังงาน โมเมนตัม การหมุน



ภาพจริง: การปล่อยจรวด Falcon 9 นำดาวเทียม DSCOVR ขึ้นสู่อวกาศ (SpaceX, public domain) — ตัวอย่างกฎข้อที่ 3 ของนิวตันและการอนุรักษ์โมเมนตัม

จุดประสงค์การเรียนรู้ของบทนี้

1. อธิบายปริมาณมูลฐาน หน่วย SI เลขนัยสำคัญ และความไม่แน่นอนของการวัดได้
2. วิเคราะห์การเคลื่อนที่แนวตรงจากสมการและกราฟ x–t, v–t, a–t ได้
3. ใช้กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน แรงเสียดทาน และกฎแรงโน้มถ่วงแก้โจทย์ระบบวัตถุได้
4. คำนวณการเคลื่อนที่แบบโพรเจกไทล์ วงกลม และฮาร์มอนิกอย่างง่ายได้
5. ใช้หลักงาน–พลังงาน การอนุรักษ์พลังงานกล และกำลังได้
6. ใช้การดลและการอนุรักษ์โมเมนตัมวิเคราะห์การชนได้
7. วิเคราะห์สมดุลกล โมเมนต์ของแรง และการเคลื่อนที่แบบหมุนได้

ข้อมูลเตรียมสอบ

ความถี่ที่ออกสอบ	**ออกทุกปี**
ความสำคัญ	★★★★★
น้ำหนักข้อสอบ (กทม.)	**22–26% ของวิชาเอก (≈ 22–26 ข้อ)**
เวลาอ่านแนะนำ	**12–14 ชม.**
ข้อสอบท้ายบท	**50 ข้อ + เฉลยละเอียด**

หัวข้อที่ออกบ่อย

กราฟ v–t · กฎข้อ 2 นิวตัน+พื้นเอียง · โพรเจกไทล์ · วงกลม/วงโคจร · อนุรักษ์พลังงาน · การชน · สมดุลโมเมนต์

Blueprint บทนี้ · หัวข้อ × สิ่งที่ข้อสอบชอบถาม

หัวข้อ	ข้อสอบชอบถาม / รูปแบบโจทย์	ความถี่
1.1 หน่วย การวัด เวกเตอร์	หน่วยฐาน SI · เลขนัยสำคัญ · ร้อยละความคลาดเคลื่อน · ช่วงของแรงลัพธ์	★★★☆☆
1.2 การเคลื่อนที่แนวตรง	อ่านกราฟ v–t (ความชัน/พื้นที่) · ตกอิสระ · ระยะเบรก	★★★★★
1.3 แรงและกฎของนิวตัน	ลิฟต์ · พื้นเอียง · ระบบผูกเชือก/อัตวูด · กฎข้อ 3 · แรงโน้มถ่วง	★★★★★
1.4 โพรเจกไทล์ วงกลม SHM	พิสัย/เวลาลอย · เลี้ยวโค้ง · คาบลูกตุ้ม/สปริง · เคปเลอร์	★★★★★
1.5 งาน กำลัง พลังงาน	อนุรักษ์พลังงานกล · งานจากแรงทำมุม · กำลัง · ประสิทธิภาพ	★★★★☆
1.6 โมเมนตัมและการชน	การดลกับแรงเฉลี่ย · ปืนถอยหลัง · ชนติดกัน/ยืดหยุ่น	★★★★☆
1.7 สมดุลและการหมุน	โมเมนต์ของแรง · แรงปฏิกิริยาที่จุดรองรับ · I และ $L = I\omega$	★★★☆☆

1.1 ปริมาณกายภาพ หน่วย และการวัด

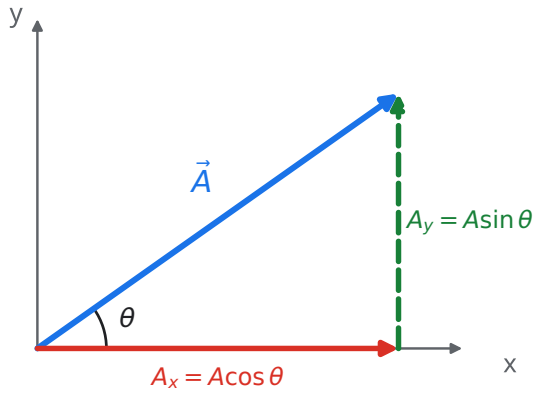
ระบบหน่วยระหว่างชาติ (SI) มี **หน่วยฐาน 7 หน่วย** ได้แก่ เมตร (m) กิโลกรัม (kg) วินาที (s) แอมแปร์ (A) เคลวิน (K) โมล (mol) และแคนเดลา (cd) หน่วยอื่นทั้งหมดเป็น **หน่วยอนุพันธ์** เช่น นิวตัน $\mathrm{N} = \mathrm{kg\,m\,s^{-2}}$ จูล $\mathrm{J} = \mathrm{N\,m}$ วัตต์ $\mathrm{W} = \mathrm{J\,s^{-1}}$ ปาสคาล $\mathrm{Pa} = \mathrm{N\,m^{-2}}$

คำนำหน้า	สัญลักษณ์	ตัวพหุคูณ
จิกะ	G	10^{9}
เมกะ	M	10^{6}
กิโล	k	10^{3}
มิลลิ	m	10^{-3}
ไมโคร	μ	10^{-6}
นาโน	n	10^{-9}
พิโก	p	10^{-12}

เลขนัยสำคัญ & ความไม่แน่นอน

- ศูนย์หน้าตัวเลขไม่นับ (0.00450 มี 3 ตัว) ศูนย์ระหว่าง/ท้ายทศนิยมนับ
- **บวก–ลบ** ตอบตามจำนวน *ตำแหน่งทศนิยม* น้อยสุด · **คูณ–หาร** ตอบตามจำนวน *เลขนัยสำคัญ* น้อยสุด
- บวกลบปริมาณ → นำ *ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์* มาบวกกัน · คูณหาร → นำ *ร้อยละความคลาดเคลื่อน* มาบวกกัน · ยกกำลัง n → ร้อยละคูณ n

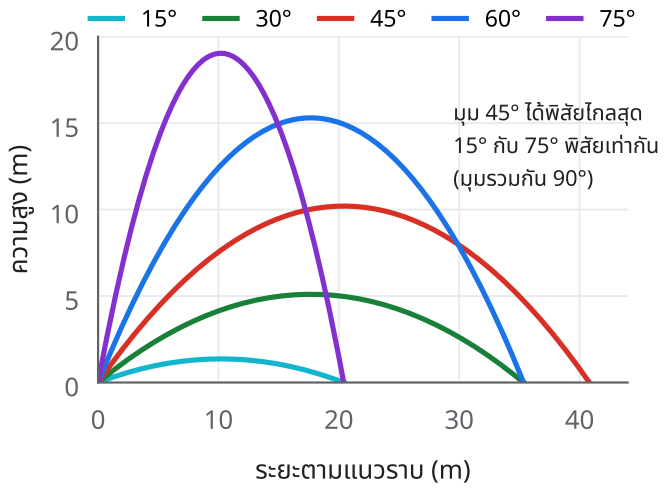
ปริมาณสเกลาร์ มีแต่ขนาด (มวล เวลา ระยะทาง อัตราเร็ว งาน พลังงาน อุณหภูมิ) ส่วน **ปริมาณเวกเตอร์** มีทั้งขนาดและทิศ (การกระจัด ความเร็ว ความเร่ง แรง โมเมนตัม สนามไฟฟ้า) การรวมเวกเตอร์ใช้การแตกองค์ประกอบ $A_x = A\cos\theta$, $A_y = A\sin\theta$ แล้วรวมแต่ละแกน ขนาดลัพธ์ $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$



ภาพที่ 1.1 การแตกเวกเตอร์ออกเป็นองค์ประกอบตั้งฉากสองแกน

ข้อสอบชอบหลอก

- เวกเตอร์ 2 ตัวขนาด A และ B รวมกันได้ขนาดอยู่ในช่วง $|A - B| \le R \le A + B$ เท่านั้น (เช่น 3 N กับ 4 N รวมได้ 1–7 N **ไม่มีทาง** ได้ 8 N)
- ถ้ามุมระหว่างแรงเป็น 90° ใช้พีทาโกรัส: 3 กับ 4 → 5 ; ถ้าเป็น 120° และขนาดเท่ากัน ลัพธ์ = ขนาดเดิม

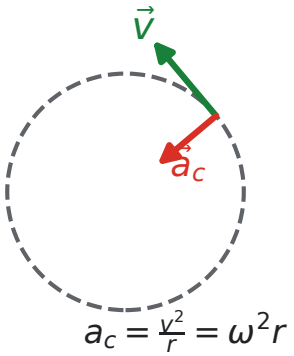


ภาพที่ 1.5 วิถีของวัตถุที่ยิงด้วยอัตราเร็ว 20 m/s ที่มุมต่าง ๆ (คำนวณจริงด้วย $g = 9.8$)

สูตรลัด (ยิงจากพื้น–ตกที่ระดับเดิม)

- เวลาลอย $T = \frac{2u\sin\theta}{g}$
- สูงสุด $H = \frac{u^2\sin^2\theta}{2g}$
- พิสัย $R = \frac{u^2\sin 2\theta}{g}$ · ไกลสุดที่ 45°: $R_{\max} = \frac{u^2}{g}$
- ขว้างแนวราบจากที่สูง h: $t = \sqrt{2h/g}$, $x = ut$
- ที่จุดสูงสุด $v = u\cos\theta$ (ไม่ใช่ศูนย์)

การเคลื่อนที่แบบวงกลมสม่ำเสมอ อัตราเร็วคงตัวแต่ความเร็วเปลี่ยนทิศ จึงมี **ความเร่งสู่ศูนย์กลาง** $a_c = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$ และต้องมีแรงสู่ศูนย์กลาง $F_c = \frac{mv^2}{r}$ ซึ่งมาจากแรงจริง (แรงตึงเชือก แรงเสียดทาน แรงโน้มถ่วง แรงปฏิกิริยา) ความสัมพันธ์ $v = \omega r$, $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$



ภาพที่ 1.6 ความเร็วสัมผัสวง ความเร่งชี้เข้าศูนย์กลาง

โจทย์วงกลมที่ออกบ่อย

- รถเลี้ยวโค้งราบ: $\mu_s mg = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow v_{\max} = \sqrt{\mu_s g r}$
- ถนนเอียงไม่พึ่งแรงเสียดทาน: $\tan\theta = \frac{v^2}{rg}$
- วงดิ่ง จุดบนสุดต่ำสุด $v = \sqrt{gr}$

ดาวเทียม/วงโคจร

- $\frac{GMm}{r^2} = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$
- กฎข้อ 3 ของเคปเลอร์ $T^2 \propto r^3$
- นักบินอวกาศ "ลอย" เพราะตกอิสระพร้อมยาน ไม่ใช่ไม่มีแรงโน้มถ่วง

การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย (SHM) แรงดึงกลับแปรผันตรงกับการกระจัดและมีทิศตรงข้าม $F = -kx$ ทำให้ $a = -\omega^2 x$

Mind Map สรุปบทที่ 1 · กลศาสตร์

อ่านทวนก่อนสอบ 5 นาที

กลศาสตร์
Mechanics

หน่วย & การวัด

- หน่วยฐาน SI 7 หน่วย
- บวกลบ → ตำแหน่งทศนิยม
- คูณหาร → จำนวนเลขนัย
- ร้อยละคลาดเคลื่อนบวกกัน
- รวมเวกเตอร์ $|A-B| \le R \le A+B$

การเคลื่อนที่แนวตรง

- 5 สมการ (เลือกตัวที่ไม่ถาม)
- v–t: ชัน = a, พื้นที่ = s
- ตกอิสระ $a = g$ ไม่ขึ้นกับมวล
- จุดสูงสุด $v = 0$ แต่ $a = g$

แรง & นิวตัน

- $\Sigma F = ma$
- กิริยา–ปฏิกิริยา ต่างวัตถุ
- $f = \mu N$, $\mu_s = \tan\theta$
- ลิฟต์ $N = m(g \pm a)$
- $g' = g(R/(R+h))^2$

แนวโค้ง & SHM

- โพรเจกไทล์ แยก 2 แกน
- $R = u^2 \sin 2\theta / g$ ไกลสุด 45°
- $a_c = v^2/r$
- สปริง $2\pi\sqrt{m/k}$
- ลูกตุ้ม $2\pi\sqrt{L/g}$

งาน–พลังงาน

- $W = Fs\cos\theta$
- แรง ⊥ การเคลื่อนที่ ไม่ทำงาน
- $W_{net} = \Delta E_k$
- $v = \sqrt{2gh}$
- $P = Fv$

โมเมนตัม & หมุน

- $J = F\Delta t = \Delta p$
- ชนทุกแบบ p คงตัว
- ยืดหยุ่น: E_k คงตัวด้วย
- $\Sigma F = 0$ และ $\Sigma M = 0$
- $L = I\omega$ คงตัว

ข้อสอบท้ายบทที่ 1 · กลศาสตร์

50 ข้อ · เวลาแนะนำ 65 นาที
แนวข้อสอบสนามจริง กทม.

คำชี้แจง: ข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว · ถ้าไม่กำหนดเป็นอย่างอื่น ให้ใช้ $g = 10\ \mathrm{m/s^2}$ · จับเวลาจริงแล้วตรวจกับเฉลยท้ายบท

1 กำลัง (power) มีหน่วยวัตต์ ซึ่งเขียนในรูปหน่วยฐาน SI ได้ตรงกับข้อใด

ก. $\mathrm{kg\,m^2\,s^{-2}}$ ข. $\mathrm{kg\,m\,s^{-3}}$
ค. $\mathrm{kg\,m^2\,s^{-1}}$ ง. $\mathrm{kg\,m^2\,s^{-3}}$

2 ตัวเลข 0.004050 มีเลขนัยสำคัญกี่ตัว

ก. 3 ตัว ข. 4 ตัว ค. 6 ตัว ง. 7 ตัว

3 เครื่องมือวัดความยาวในข้อใดมีความละเอียดสูงที่สุด

ก. ตลับเมตร ที่มีขีดสเกลเล็กสุด 1 mm
ข. ไม้บรรทัดเหล็ก ที่มีขีดสเกลเล็กสุด 1 mm
ค. เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.02 mm
ง. ไมโครมิเตอร์ ที่อ่านได้ละเอียดถึง 0.01 mm

4 แรงขนาด 5 N และ 12 N กระทำต่อวัตถุในทิศตั้งฉากกัน แรงลัพธ์มีขนาดเท่าใด

ก. 7 N ข. 13 N ค. 17 N ง. 60 N

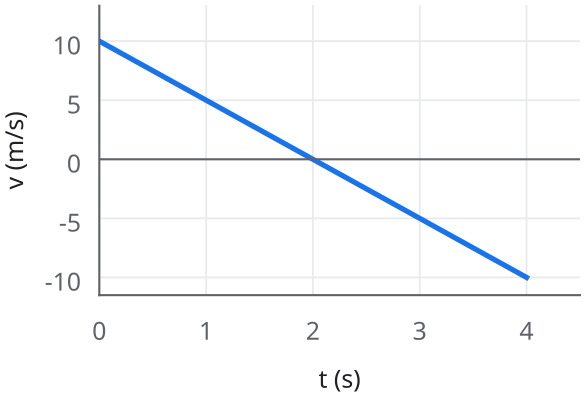
5 อัตราเร็ว 90 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มีค่าเท่ากับกี่เมตรต่อวินาที

ก. 15 m/s ข. 25 m/s
ค. 32.4 m/s ง. 324 m/s

6 รถยนต์วิ่งด้วยความเร็ว 30 m/s แล้วเบรกด้วยความหน่วงคงตัว $3\ \mathrm{m/s^2}$ จนหยุด รถเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่าใดนับจากเริ่มเบรก

ก. 10 m ข. 90 m ค. 150 m ง. 300 m

7 จากกราฟความเร็ว–เวลาดังรูป ในช่วง 4 วินาที วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่าใด



ก. 0 m ข. 10 m ค. 20 m ง. 40 m

8 ขว้างก้อนหินลงในแนวดิ่งจากที่สูง 30 m ด้วยความเร็วต้น 5 m/s ก้อนหินกระทบพื้นด้วยอัตราเร็วเท่าใด

ก. 24.5 m/s ข. 25 m/s
ค. 30 m/s ง. 35 m/s

9 ฝนตกในแนวดิ่งด้วยอัตราเร็ว 8 m/s คนนั่งในรถที่วิ่งด้วยอัตราเร็ว 6 m/s จะเห็นเม็ดฝนเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่าใด

ก. 2 m/s ข. 8 m/s ค. 10 m/s ง. 14 m/s

10 ผู้ขับรถวิ่งด้วยอัตราเร็ว 20 m/s เห็นสิ่งกีดขวาง ใช้เวลาตอบสนอง 0.5 s ก่อนเหยียบเบรก แล้วรถหน่วงด้วย $8\ \mathrm{m/s^2}$ ระยะหยุดรถทั้งหมดนับจากเห็นสิ่งกีดขวางเป็นเท่าใด

ก. 10 m ข. 25 m ค. 35 m ง. 45 m

11 ปล่อยวัตถุจากหยุดนิ่งให้ตกอย่างอิสระ ในวินาทีที่ 3 (ระหว่าง t = 2 s ถึง t = 3 s) วัตถุเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่าใด

ก. 15 m ข. 25 m ค. 30 m ง. 45 m

เฉลยละเอียด · ข้อสอบท้ายบทที่ 1

1	ง	2	ข	3	ง	4	ข	5	ข	6	ค	7	ค	8	ข	9	ค	10	ค
11	ข	12	ง	13	ค	14	ก	15	ข	16	ค	17	ก	18	ข	19	ก	20	ข
21	ก	22	ค	23	ง	24	ค	25	ง	26	ก	27	ก	28	ข	29	ก	30	ค
31	ข	32	ข	33	ข	34	ค	35	ข	36	ค	37	ก	38	ข	39	ค	40	ข
41	ค	42	ก	43	ข	44	ข	45	ง	46	ก	47	ง	48	ค	49	ง	50	ค

การกระจายคำตอบ: ก 10 · ข 17 · ค 15 · ง 8 ข้อ | เกณฑ์ประเมินตนเอง: ≥ 80% พร้อมสอบ · 60–79% ทบทวนหัวข้อที่ผิด · < 60% อ่านสรุปบทนี้ใหม่

1 ง $\mathrm{W} = \mathrm{J/s} = (\mathrm{kg\,m^2\,s^{-2}})/\mathrm{s} = \mathrm{kg\,m^2\,s^{-3}}$ (ตัวลวง $\mathrm{kg\,m^2 s^{-2}}$ คือหน่วยของจูล)

2 ข ศูนย์หน้าตัวเลขไม่นับ ส่วน 4, 0, 5 และศูนย์ท้ายทศนิยมนับ รวม 4 ตัว

3 ง ไมโครมิเตอร์ (screw gauge) อ่านได้ละเอียด 0.01 mm ละเอียดกว่าเวอร์เนียร์และไม้บรรทัด

4 ข $R = \sqrt{5^2 + 12^2} = \sqrt{169} = 13$ N

5 ข $90 \times \frac{1000}{3600} = 25$ m/s (หรือหารด้วย 3.6)

6 ค $0 = 30^2 - 2(3)s \Rightarrow s = 150$ m (ใช้เวลา 10 s)

7 ค พื้นที่เหนือแกน $\frac{1}{2}(2)(10) = 10$ m และใต้แกน 10 m ระยะทางรวม 20 m (แต่การกระจัดเป็นศูนย์)

8 ข ทิศลงเป็นบวก $v^2 = 5^2 + 2(10)(30) = 625 \Rightarrow v = 25$ m/s

9 ค ความเร็วสัมพัทธ์เป็นผลรวมเวกเตอร์ที่ตั้งฉากกัน $\sqrt{8^2 + 6^2} = 10$ m/s

10 ค ระยะช่วงตอบสนอง $20(0.5) = 10$ m ระยะเบรก $\frac{20^2}{2(8)} = 25$ m รวม 35 m

11 ข $s_3 - s_2 = \frac{1}{2}(10)(9) - \frac{1}{2}(10)(4) = 45 - 20 = 25$ m

12 ง กฎข้อที่ 1 ของนิวตัน แรงลัพธ์ศูนย์ทำให้ความเร็วไม่เปลี่ยน ซึ่งรวมทั้งกรณีหยุดนิ่ง

13 ค $a = \frac{20}{10} = 2\ \mathrm{m/s^2}$; $F = ma = 1500(2) = 3000$ N

14 ก $N = m(g - a)$ เมื่อ $a = g$ จะได้ $N = 0$ (สภาพไร้น้ำหนักปรากฏ)

15 ข $a = \frac{(5-3)(10)}{5+3} = 2.5\ \mathrm{m/s^2}$

16 ค แรงแนวดิ่งของเชือก $50\sin 37^\circ = 30$ N ทำให้ $N = 80 - 30 = 50$ N ; $f = 25$ N ; แรงแนวราบ $50\cos 37^\circ = 40$ N ; $a = \frac{40-25}{8} \approx 1.9\ \mathrm{m/s^2}$

17 ก ความเร็วคงตัวแปลว่าแรงลัพธ์เป็นศูนย์ แรงต้านอากาศจึงเท่ากับน้ำหนัก

18 ข $a = \frac{30}{6} = 5\ \mathrm{m/s^2}$ เชือกดึง Q เพียงก้อนเดียว $T = 2(5) = 10$ N

19 ก $v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$ รัศมีเพิ่ม 4 เท่า อัตราเร็วลดเหลือครึ่งหนึ่ง

20 ข $\frac{g'}{g} = \frac{1/2}{(1/2)^2} = 2$

21 ก เป็นคู่กิริยา–ปฏิกิริยาตามกฎข้อที่ 3 ขนาดเท่ากันเสมอ แม้ความเร่งที่เกิดกับแต่ละก้อนจะต่างกัน

22 ค $v_y = \sqrt{2(10)(45)} = 30$ m/s ; $v = \sqrt{20^2 + 30^2} = \sqrt{1300} \approx 36$ m/s

23 ง $H \propto \sin^2\theta$; $\frac{\sin^2 30^\circ}{\sin^2 60^\circ} = \frac{1/4}{3/4} = \frac{1}{3}$

24 ค 60 rpm = 1 รอบ/วินาที $\omega = 2\pi$ rad/s ; $a_c = \omega^2 r = 4\pi^2(0.5) = 2\pi^2 \approx 19.7\ \mathrm{m/s^2}$

25 ง ที่จุดต่ำสุด $T - mg = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow T = 5 + \frac{0.5(16)}{1} = 13$ N

26 ก ดาวเทียมค้างฟ้าโคจรในระนาบศูนย์สูตรด้วยคาบเท่ากับการหมุนของโลก จึงดูเหมือนอยู่นิ่งเหนือจุดเดิม

27 ก $T \propto \sqrt{L}$ ความยาวเพิ่ม 4 เท่า คาบเพิ่ม 2 เท่า

28 ข $\omega = \sqrt{\frac{80}{0.2}} = 20$ rad/s ; $f = \frac{\omega}{2\pi} \approx 3.2$ Hz (ตัวลวง 20 คือค่า ω)

29 ก พลังงานศักย์ $\propto x^2$ ที่ $x = \frac{A}{2}$ เป็น $\frac{1}{4}$ ของพลังงานรวม พลังงานจลน์จึงเป็น $\frac{3}{4}$

30 ค อัตราเร็วคงตัว แรงยกเท่ากับน้ำหนัก $W = mgh = 10(10)(2) = 200$ J

31 ข กำลังที่ได้ $= \frac{50(10)(12)}{10} = 600$ W ; ประสิทธิภาพ $= \frac{600}{800} \times 100 = 75\%$

32 ข ลดระดับ 5 m ; $v = \sqrt{2g\Delta h} = \sqrt{100} = 10$ m/s

33 ข E_p เริ่มต้น $= 3(10)(4) = 120$ J E_k ปลาย $= \frac{1}{2}(3)(36) = 54$ J สูญเสีย $120 - 54 = 66$ J

34 ค $E_k = \frac{p^2}{2m}$ โมเมนตัม 2 เท่า พลังงานจลน์ 4 เท่า

35 ข ที่อัตราเร็วสูงสุด แรงขับเท่ากับแรงต้าน $F = \frac{P}{v} = \frac{60000}{25} = 2400$ N