เล่ม 01 ภาค ข · วิชาเอก 100 คะแนน

วิชาเอก ฟิสิกส์

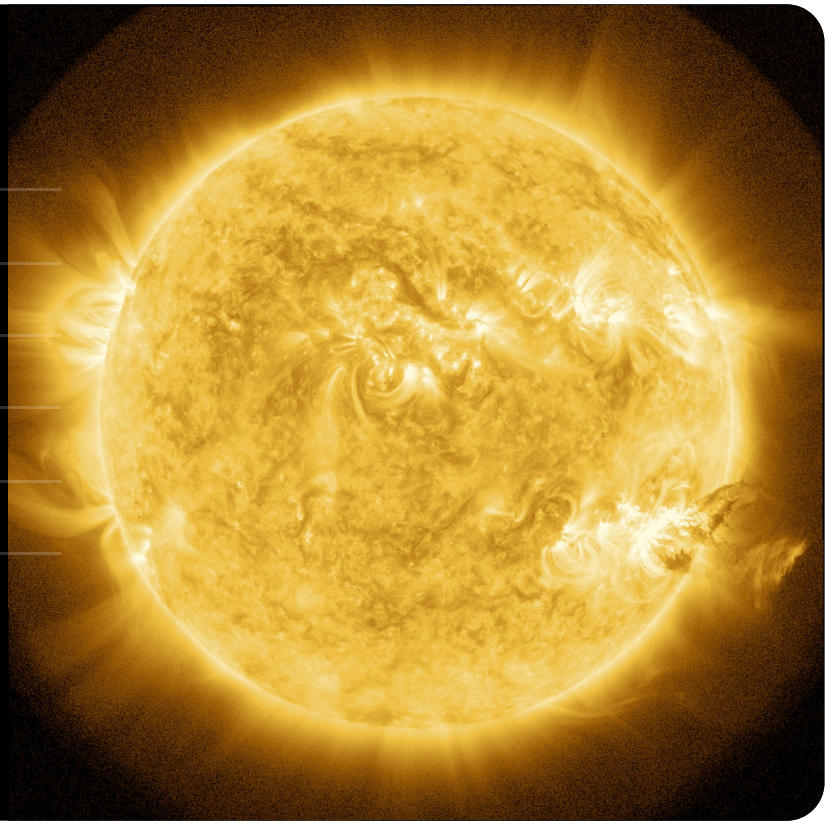
สรุปเข้ม 6 บท · Mind Map · ข้อสอบ 300 ข้อ

ครบทุกสาระฟิสิกส์ที่ออกสอบครูผู้ช่วย สังกัด สพฐ. 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

91	300	6	70+
หน้า	ข้อสอบ	บท	ภาพ/แผนภาพ

ครูผู้ช่วย สพฐ. · เอกฟิสิกส์ · ExamMVP

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 (สพฐ.)	**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

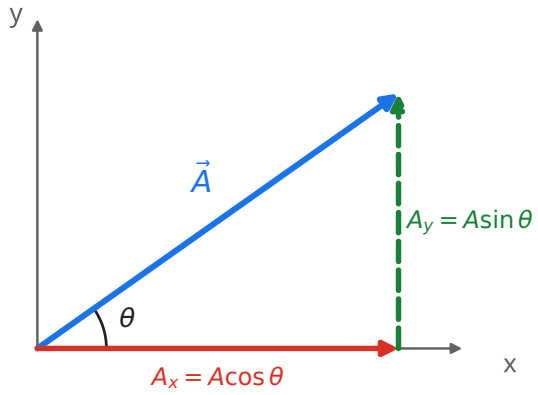
ระบบหน่วยระหว่างชาติ (SI) มี **หน่วยฐาน 7 หน่วย** ได้แก่ เมตร (m) กิโลกรัม (kg) วินาที (s) แอมแปร์ (A) เคลวิน (K) โมล (mol) และแคนเดลา (cd) หน่วยอื่นทั้งหมดเป็น **หน่วยอนุพันธ์** เช่น นิวตัน $\mathrm{N} = \mathrm{kg\,m\,s^{-2}}$ จูล $\mathrm{J} = \mathrm{N\,m}$ วัตต์ $\mathrm{W} = \mathrm{J\,s^{-1}}$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

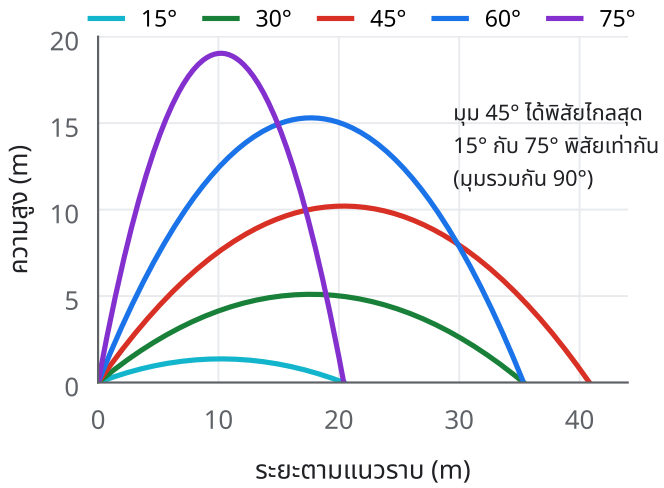
ปริมาณสเกลาร์ มีแต่ขนาด (มวล เวลา ระยะทาง อัตราเร็ว งาน พลังงาน อุณหภูมิ) ส่วน **ปริมาณเวกเตอร์** มีทั้งขนาดและทิศ (การกระจัด ความเร็ว ความเร่ง แรง โมเมนตัม สนามไฟฟ้า) การรวมเวกเตอร์ใช้การแตกองค์ประกอบ $A_x = A\cos\theta$, $A_y = A\sin\theta$ แล้วรวมแต่ละแกน ขนาดลัพธ์ $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$



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

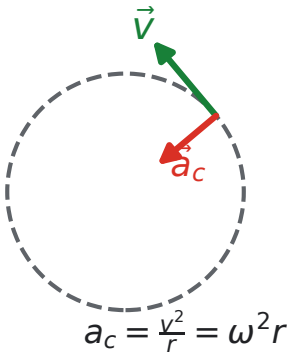


ภาพที่ 1.5 วิถีของวัตถุที่ยิงด้วยอัตราเร็ว 20 m/s ที่มุมต่าง ๆ (คำนวณจริงด้วย $g = 9.8$)

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 สพฐ.

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

1 ข้อใดเป็นหน่วยฐาน (base unit) ในระบบ SI ทั้งหมด

ก. เมตร กิโลกรัม เคลวิน แคนเดลา

ข. วินาที โวลต์ แอมแปร์ โมล

ค. กิโลกรัม จูล โมล เคลวิน

ง. เมตร นิวตัน วินาที แอมแปร์

2 ผลบวกของความยาว 12.36 m + 4.2 m + 0.075 m เมื่อเขียนตามหลักเลขนัยสำคัญมีค่าเท่าใด

ก. 16.6 m **ข.** 16.635 m

ค. 16.64 m **ง.** 17 m

3 วัดความยาวด้านของแผ่นสี่เหลี่ยมจัตุรัสได้ (5.0 ± 0.1) cm พื้นที่ของแผ่นนี้มีความคลาดเคลื่อนร้อยละเท่าใด

ก. 0.2% **ข.** 1% **ค.** 2% **ง.** 4%

4 แรงขนาด 6 N และ 8 N กระทำต่อวัตถุที่จุดเดียวกัน แรงลัพธ์ข้อใด **เป็นไปไม่ได้**

ก. 2 N **ข.** 10 N **ค.** 14 N **ง.** 15 N

5 ค่าคงตัวสปริง k ในกฎของฮุก $F = kx$ เขียนในรูปหน่วยฐาน SI ได้ตรงกับข้อใด

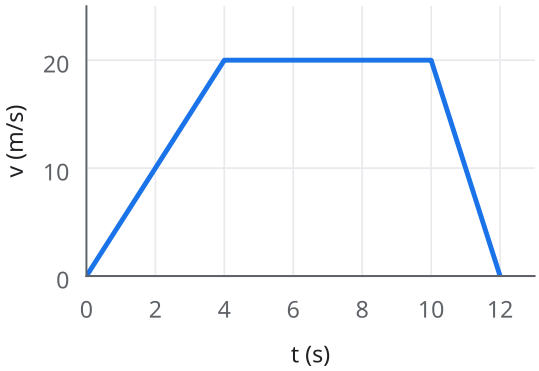
ก. $\text{kg m}^2\text{s}^{-2}$ **ข.** $\text{kg m}^{-1}\text{s}^{-2}$

ค. kg m s^{-2} **ง.** kg s^{-2}

6 รถยนต์เริ่มเคลื่อนที่จากหยุดนิ่งด้วยความเร่งคงตัว $2\ \text{m/s}^2$ เป็นเวลา 5 วินาที รถเคลื่อนที่ได้ระยะทางเท่าใด

ก. 10 m **ข.** 25 m **ค.** 50 m **ง.** 100 m

7 จากกราฟความเร็ว–เวลาของวัตถุที่เคลื่อนที่แนวตรงดังรูป ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ตลอด 12 วินาทีเท่ากับเท่าใด



ก. 160 m **ข.** 180 m **ค.** 200 m **ง.** 240 m

8 จากกราฟในข้อก่อนหน้า ช่วงวินาทีที่ 10 ถึง 12 วัตถุมีความเร่งเท่าใด

ก. $-20\ \text{m/s}^2$ **ข.** $-10\ \text{m/s}^2$

ค. $-5\ \text{m/s}^2$ **ง.** $+10\ \text{m/s}^2$

9 โยนลูกบอลขึ้นในแนวดิ่งด้วยความเร็ว 30 m/s นานเท่าใดลูกบอลจึงตกกลับถึงจุดโยน (ไม่คิดแรงต้านอากาศ)

ก. 3 s **ข.** 4.5 s **ค.** 6 s **ง.** 9 s

10 ปล่อยก้อนหินจากหน้าผาสูง 45 m ก้อนหินกระทบพื้นด้วยอัตราเร็วเท่าใด

ก. 15 m/s **ข.** 30 m/s **ค.** 45 m/s **ง.** 90 m/s

11 ลูกบอลถูกโยนขึ้นในแนวดิ่ง ขณะอยู่ที่ตำแหน่งสูงสุด ข้อใดถูกต้อง

ก. ความเร็วเป็นศูนย์ แต่ความเร่งเท่ากับ g มีทิศลง

ข. ความเร็วเป็นศูนย์ ความเร่งมีทิศขึ้น

ค. ความเร็วมีค่าสูงสุด ความเร่งเป็นศูนย์

ง. ความเร็วและความเร่งเป็นศูนย์ทั้งคู่

เฉลยละเอียด · ข้อสอบท้ายบทที่ 1

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

การกระจายคำตอบ: ก 11 · ข 14 · ค 13 · ง 12 ข้อ | เกณฑ์ประเมินตนเอง: ≥ 80% พร้อมสอบ · 60–79% ทบทวนหัวข้อที่ผิด · < 60% อ่านสรุปบทนี้ใหม่

1 **ก** หน่วยฐาน SI มี 7 หน่วย: m, kg, s, A, K, mol, cd ส่วนนิวตัน จูล โวลต์ เป็นหน่วยอนุพันธ์

2 **ก** การบวกตอบตามตำแหน่งทศนิยมน้อยที่สุด (4.2 มีทศนิยม 1 ตำแหน่ง) 16.635 → 16.6 m

3 **ง** ด้านคลาดเคลื่อน $\frac{0.1}{5.0}\times 100 = 2\%$ พื้นที่ $= L^2$ ร้อยละคลาดเคลื่อนคูณ 2 จึงได้ 4%

4 **ง** แรงลัพธ์อยู่ในช่วง $|8-6|$ ถึง $8+6$ คือ 2–14 N ดังนั้น 15 N เป็นไปไม่ได้ (10 N เกิดเมื่อตั้งฉากกัน)

5 **ง** $k = \frac{F}{x} = \frac{\text{kg m s}^{-2}}{\text{m}} = \text{kg s}^{-2}$ (หรือ N/m)

6 **ข** $s = ut + \frac{1}{2}at^2 = 0 + \frac{1}{2}(2)(5^2) = 25$ m

7 **ข** พื้นที่ใต้กราฟ $= \frac{1}{2}(4)(20) + (6)(20) + \frac{1}{2}(2)(20) = 40 + 120 + 20 = 180$ m

8 **ข** ความชัน $= \frac{0-20}{12-10} = -10\ \text{m/s}^2$ (เครื่องหมายลบ = ความหน่วง)

9 **ค** เวลาขึ้น $t = \frac{u}{g} = 3$ s เวลาลงเท่ากับเวลาขึ้น รวม 6 s

10 **ข** $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2(10)(45)} = \sqrt{900} = 30$ m/s

11 **ก** ที่จุดสูงสุดวัตถุหยุดชั่วขณะ ($v = 0$) แต่ยังมีแรงโน้มถ่วงกระทำ ความเร่งจึงเป็น g ทิศลงตลอดการเคลื่อนที่

12 **ข** 72 km/h = 20 m/s ; $0 = 20^2 - 2a(40) \Rightarrow a = 5\ \text{m/s}^2$ (ตัวลวง 65 ได้จากลืมแปลงหน่วย)

13 **ก** $f_k = \mu_k mg = 0.5(40) = 20$ N แรงลัพธ์ $30 - 20 = 10$ N ; $a = \frac{10}{4} = 2.5\ \text{m/s}^2$

14 **ค** เคลื่อนลงแต่ลดความเร็ว แปลว่าความเร่งมีทิศขึ้น $N = m(g+a) = 60(12) = 720$ N

15 **ง** เป็นคู่กิริยา–ปฏิกิริยา (กฎข้อ 3) ขนาดเท่ากันและเกิดพร้อมกัน ระบบเคลื่อนที่ได้เพราะแรงที่พื้นกระทำต่อกีบม้า

16 **ข** $a = \frac{(3-2)(10)}{5} = 2\ \text{m/s}^2$; ก้อน 2 kg: $T - 20 = 2(2) \Rightarrow T = 24$ N

17 **ข** เริ่มไถลพอดี $\mu_s = \tan 37^\circ = \frac{3}{4} = 0.75$

18 **ข** พื้นลื่น $a = g\sin\theta = 10(0.5) = 5\ \text{m/s}^2$ (8.7 ได้จากใช้ $\cos$ ผิด)

19 **ก** ระยะจากศูนย์กลางโลกเป็น $2R$; $g' = g\left(\frac{R}{2R}\right)^2 = \frac{g}{4}$ น้ำหนักจึงเหลือ $\frac{1}{4}$

20 **ก** $F \propto \frac{1}{r^2}$ ระยะเพิ่ม 3 เท่า แรงลดเหลือ $\frac{1}{3^2} = \frac{1}{9}$

21 **ง** ร่างกายมีความเฉื่อย พยายามรักษาสภาพการเคลื่อนที่เดิมไว้ ขณะรถหยุด จึงเซไปข้างหน้า

22 **ค** แนวดิ่ง $20 = \frac{1}{2}(10)t^2 \Rightarrow t = 2$ s แนวราบ $x = 15(2) = 30$ m

23 **ค** $R = \frac{u^2\sin 2\theta}{g} = \frac{1600\sin 60^\circ}{10} = 160(0.866) \approx 139$ m

24 **ข** ที่จุดสูงสุดเหลือเฉพาะความเร็วแนวราบ $u\cos 53^\circ = 50(0.6) = 30$ m/s

25 **ข** $\mu_s mg = \frac{mv^2}{r} \Rightarrow v = \sqrt{\mu_s gr} = \sqrt{0.4(10)(40)} = \sqrt{160} \approx 12.6$ m/s (ไม่ขึ้นกับมวลรถ)

26 **ค** $\omega = 2\pi f = 4\pi$ rad/s ; $T = m\omega^2 r = 0.2(16\pi^2)(0.5) = 1.6\pi^2 \approx 15.8$ N

27 **ก** $T \propto \frac{1}{\sqrt{g}}$ เมื่อ g ลดเหลือ $\frac{1}{6}$ คาบเพิ่มเป็น $\sqrt{6}$ เท่า $= 2\sqrt{6} \approx 4.9$ s

28 **ค** $\omega = \sqrt{k/m} = \sqrt{100} = 10$ rad/s ; $v_{\max} = \omega A = 10(0.1) = 1.0$ m/s

29 **ง** $a = -\omega^2 x$ ที่ $x = \pm A$ ขนาดความเร่งมากสุด และ $v = \omega\sqrt{A^2 - x^2} = 0$

30 **ค** กฎข้อ 3 ของเคปเลอร์ $T^2 \propto r^3$; $T_B = T\sqrt{4^3} = T\sqrt{64} = 8T$

31 **ข** $W = Fs\cos\theta = 50(10)\cos 60^\circ = 250$ J

32 **ค** อนุรักษ์พลังงาน $mgh = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{2gh} = \sqrt{100} = 10$ m/s ไม่ขึ้นกับรูปร่างรางและมวล

33 **ค** $W_{net} = \Delta E_k = \frac{1}{2}(1200)(20^2 - 10^2) = 600(300) = 180{,}000$ J