



Force and Law of Motion

HW P88-91
P68-69

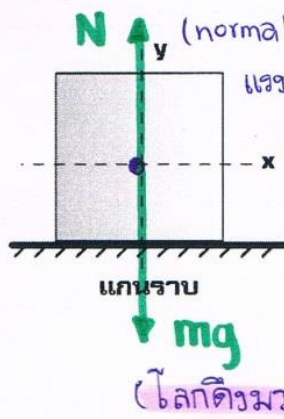
Reviews
(2 ครั้ง)
52-57

HW P73, P75-77

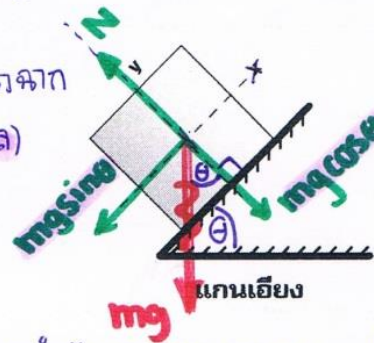
HW 101-47

นิยามพื้นฐานและกฎที่ 1 ของนิวตัน

- ◇ แรง ($\vec{F}$) คือ ปริมาณทางฟิสิกส์ที่ทำให้มวลมีความเร่ง (N) → จัเปลี่ยน
- ◇ มวล (m) คือ สมบัติของวัตถุที่จะต้านการเปลี่ยนสภาวะการเคลื่อนที่มีค่าคงที่ทุกตำแหน่งที่นำไปวาง (kg)
- ◇ น้ำหนัก ($\vec{W}$) คือ แรงที่โลกดึงดูดวัตถุเข้าหาศูนย์กลางโลกค่าของน้ำหนักขึ้นกับค่า g ของโลก $W = mg$
- ◇ รูปแรงพื้นฐานของน้ำหนัก (Free body diagram, FBD)



แรงปฏิกิริยาแนวฉาก
(ฟ้าต้านมวล)



แรงที่กระทำกับมวล (ระบบเรา)

- f ต่ขวาง ✓
- T พ่วงตก ✓
- F ดึง
- F ลอยตัว
- R ดัน/หว่าน
- F, P ผลัก, ดึง ✓

◇ นิยาม กฎข้อที่ 1 ของนิวตัน

“กฎของความเฉื่อย” (Law of Inertia) กล่าวว่า

1. วัตถุใดที่อยู่ในสถานะนิ่งก็จะนิ่งต่อไป
2. วัตถุใดกำลังเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่ก็จะเคลื่อนที่ต่อไปในแนวเส้นตรงด้วย

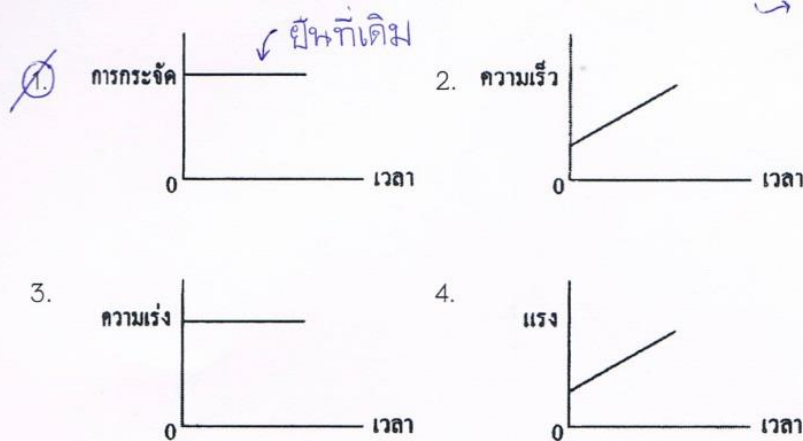
ความเร็วคงที่

$$\left. \begin{array}{l} 1. \\ 2. \end{array} \right\} \Sigma \vec{F} = 0$$

วัตถุจะคงรักษาสภาพการเคลื่อนที่ดังข้อ 1 และ 2 ($\vec{a} = 0$) ยกเว้นมีแรงภายนอกที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำ บางครั้งเรียกว่า กฎของความสมดุล เช่น

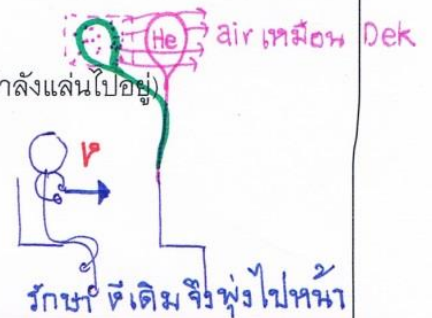
Ex การเอนตัวไปข้างหน้าเมื่อรถเบรก

1. กราฟในข้อใดที่แสดงถึงการเคลื่อนที่ของอนุภาคตามกฎข้อที่ 1 ของนิวตัน



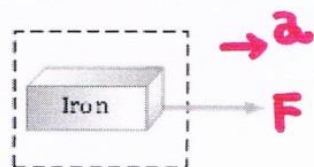
2. เด็กชายผู้หนึ่งถือลูกโป่งที่บรรจุด้วยแก๊สฮีเลียมขึ้นไปบนรถประจำทางคันหนึ่ง เมื่อขึ้นไปนั่งเรียบร้อยแล้ว เขาก็ผูกเชือกลูกโป่งเข้ากับราวพนักที่นั่งข้างหน้าเขา ขณะที่รถแล่นไปเรื่อยๆ เด็กชายก็นั่งตัวตรงบนเบาะที่นั่งและลูกโป่งก็ลอยตั้งตรงในอากาศ ถ้าคนขับรถต้องเหยียบเบรกกะทันหัน ท่านคิดว่าเราจะเห็นสภาพการณ์บนรถประจำทางคันนี้เป็นอย่างไร

1. ทั้งศีรษะเด็กและลูกโป่งเอนไปทางหลังรถ (คือตรงข้ามกับทิศทางการที่กำลังจะแล่นไปอยู่)
2. ทั้งศีรษะเด็กและลูกโป่งเอนไปทางหน้ารถ
3. ศีรษะเด็กเอนไปทางหน้ารถแต่ลูกโป่งเอนไปทางหลังรถ
4. ศีรษะเด็กเอนไปทางหลังรถแต่ลูกโป่งเอนไปทางหน้ารถ



กฎข้อที่ 2 ของนิวตัน

เมื่อมีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์มากระทำต่อวัตถุจะทำให้มีความเร่งในทิศเดียวกันกับแรงลัพธ์



$$\sum F = ma$$

$F_{\text{สุทธิ}} - F_{\text{ต้าน}}$ คิด ขนาน a

หลักการวิเคราะห์

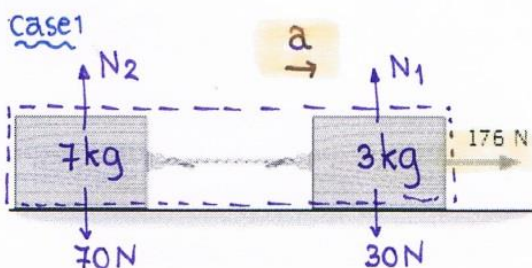
① เลือกระบบที่เราสนใจ

◆ เลือกทั้งหมดเป็นระบบเพื่อหา a

◆ (เมื่อโจทย์กำหนดข้อมูล v, u, s, t มาให้)

การหา a หาจาก 5 สูตรหา kin

EX

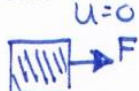


$$\sum F = ma$$

$$176 = 10a$$

$$a = 17.6 \text{ m/s}^2 \quad \#$$

case2



$$v = 20 \text{ m/s}$$

$$v^2 = u^2 + 2as$$

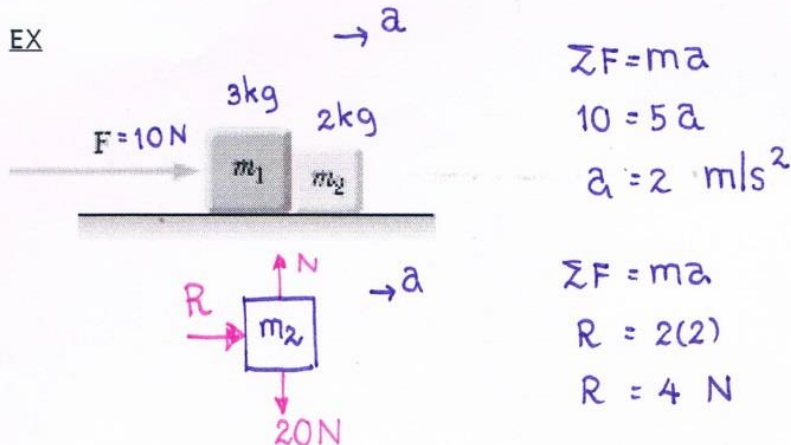
$$20^2 = 0 + 2a(20) \rightarrow a = 10 \text{ m/s}^2 \quad \#$$

② ใส่แรง ภายนอกที่กระทำต่อระบบ (แรงภายในไม่ต้องนำมาเขียน)

◇ สนใจแรงที่อยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ (แรงที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ไม่นำมาพิจารณา ยกเว้น มีแรงเสียดทาน) ↳ **ทิศ ล**

◇ ต้องการหาแรงตรงส่วนไหนของระบบให้แยกระบบออกเป็นระบบย่อย ๆ (ตัด section)

◇ แรงดึงเชือกมีทิศออกจากกระบบเสมอ (เชือกเส้นเดียวกันแรงดึงเชือกเท่ากันทั้งเส้น)



③ ตั้งแกน ตามความเหมาะสม

④ แทนค่า ตัวแปรต่าง ๆ เพื่อหาสิ่งที่โจทย์ถาม

3. ลูกปืนมวล 20 g ยิงออกจากลำกล้องยาว 50 cm ด้วยความเร็วปลายกระบอกปืนเท่ากับ 100 m/s จงหา a ของลูกปืนภายในลำกล้องปืนและแรงที่ทำให้ลูกปืนเคลื่อนที่ ($10,000 \text{ m/s}^2$, 200 N)

$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$100^2 = 0 + 2a(0.5)$$

$$a = 10000 \text{ m/s}^2 \#$$

$$\Sigma F = ma$$

$$F = \left(\frac{20}{1000}\right) 10000$$

$$F = 200 \text{ N} \#$$

4. ลูกปืนมวล 50 กรัม ถูกยิงออกจากลำกล้องปืนด้วยอัตรา 300 เมตร/วินาที เข้าไปฝังในแผ่นไม้ได้ระยะทาง 50 เซนติเมตร แล้วหยุดนิ่ง ขนาดของแรงเฉลี่ยที่แผ่นไม้กระทำต่อลูกปืนเป็นเท่าใดในหน่วยนิวตัน

1. 100

2. 250

3. 450

4. 4500

$$v^2 = u^2 + 2as$$

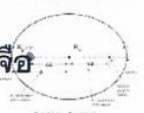
$$0 = 300^2 + 2a(0.5)$$

$$a = -90000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F = ma$$

$$= \frac{50}{1000} (-90000)$$

$$= -4500 \text{ N} \#$$



5. กระสุนปืนมวล 50 g เคลื่อนที่เข้ากระสอบทรายด้วยความเร็ว 100 m/s โดยทรายมีแรงต้าน 200 N คงที่ ถามว่ากระสอบทราย ต้องหนากี่เมตรจึงจะต้านให้กระสุนหยุด (1,25 m) ✓

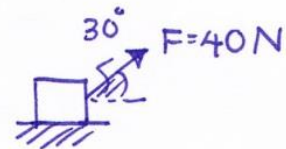
6. ชายคนหนึ่งลากกระเป๋ามวล 5 กิโลกรัม ให้เลื่อนไปตามพื้นราบที่ไม่มีความฝืดด้วยแรง 40 นิวตัน โดยแรงนี้ทำมุม 30° กับแนวราบ กระเป๋าจะเลื่อนไปตามพื้นราบด้วยเร่งเท่าไร

1. 0.50 เมตร/วินาที
2. 0.87 เมตร/วินาที
3. 4.00 เมตร/วินาที
4. 6.93 เมตร/วินาที

$$\Sigma F = ma$$

$$40 \cos 30^\circ = 5a$$

$$a = 4\sqrt{3} = 6.93 \frac{m}{s^2}$$



7. ถ้ามีแรงขนาด 12.0 นิวตัน และ 16.0 นิวตัน กระทำต่อวัตถุซึ่งมีมวล 4.0 กิโลกรัม โดยแรงทั้งสองกระทำในทิศตั้งฉากซึ่งกันและกัน วัตถุนั้นจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร่งเท่าใด

1. 3.0 m/s²
2. 4.0 m/s²
3. 5.0 m/s²
4. 6.0 m/s²

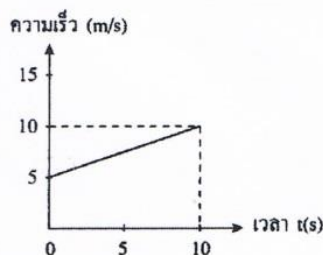


$$\Sigma F = ma$$

$$\sqrt{12^2 + 16^2} = 4a$$

$$a = 5 \text{ m/s}^2 \quad \#$$

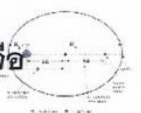
8. แรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุมวล 50 กิโลกรัม ทำให้มวลเคลื่อนที่โดยมีความเร็วสัมพันธ์กับเวลาดังกราฟที่กำหนดให้ จงหาแรงลัพธ์ที่กระทำต่อวัตถุนี้ในหน่วยนิวตัน



$$\Sigma F = ma \quad \text{slope}$$

$$= 50 \left(\frac{5}{10} \right)$$

$$= 25 \text{ N} \quad \#$$



กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน และ แรงเสียดทาน

◇ นิยาม กฎข้อที่ 3 ของนิวตัน

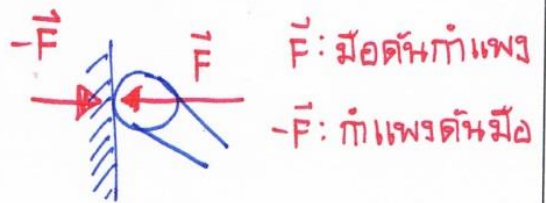
"Action = Reaction" แรงกิริยาทุกแรงต้องมีปฏิกิริยา ซึ่งมีเงื่อนไขดังนี้

1. เป็นแรงที่มีขนาดเท่ากัน
2. มีทิศตรงข้ามกัน
3. กระทำบนวัตถุคนละก้อน (ห้ามนำมาหักล้างกัน)
4. อาจเกิดบนผิวสัมผัสที่ไม่แตะกันก็ได้

Ex



S V O
 F : โลกดูดโคมไฟ
 -F : โคมไฟดูดโลก



NOTE

1. แรง Action และ Reaction จะทำให้เกิดความเสียหายของวัตถุทั้ง 2 ชนิด เช่น รถชนลูกช้าง
2. การจะพิจารณาว่าแรงใดเป็น Action หรือ Reaction นั้น พยายามหาให้ได้ว่าแรง Action เป็นแรงที่อะไรทำกับอะไรแล้วก็กลับคำพูดนั้นเสียก็จะกลายเป็นแรง Reaction

◇ แรงเสียดทาน (Friction)

แรงเสียดทานปกติ มี 3 ประเภท แต่ที่นิยมใช้ในระดับม.ปลายมี 2 ประเภทกล่าวคือ

1. แรงเสียดทานสถิตย (f_s) เกิดเมื่อวัตถุยังไม่เคลื่อนที่หรือเริ่มเคลื่อนที่ได้หลายค่าโดยมีค่า
 $0 \leq f_s \leq f_{s,max}$ ↳ static



$$f_{s,max} = \mu_s N$$

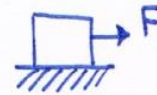
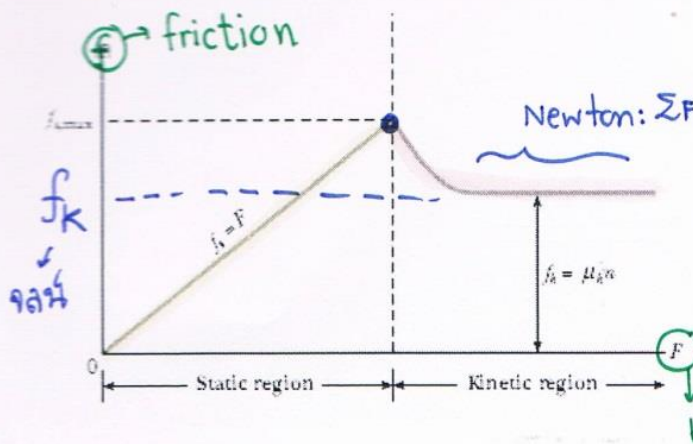
เมื่อ μ_s = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตย
 ↳ จึ้นกับพื้น

2. แรงเสียดทานจลน (f_k) เกิดเมื่อวัตถุเคลื่อนที่แล้วมีเพียง 1 ค่าตลอดการเคลื่อนที่

$$f_k = \mu_k N$$

เมื่อ μ_k = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน
 ↳ kinetics

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง F และ f



อธิบายได้ว่า

เมื่อเพิ่ม F ค่า f_s เพิ่มขึ้น
จนถึง $f_{s, \max}$ หลังจากนั้น
มวลค.ท. จะมีแรง f_k ค่า

$$f_{s, \max} > f_k \text{ เสมอ } \checkmark$$

$$f_s \geq f_k \checkmark$$

๘. พิจารณาเหตุการณ์ต่อไปนี้

ก. ผู้โดยสารที่อยู่ในรถที่กำลังแล่นอยู่ จะเซไปทางขวาเมื่อรถเลี้ยวซ้าย

1st

ข. นักวิ่ง 100 เมตร ในการแข่งขันซีเกมส์ทุกคน ใช้เท้าถีบพุ่งตัวออกไปข้างหน้า เมื่อได้ยินเสียงปืน
สัญญาณให้เริ่มวิ่ง

3rd

เมื่อนำเหตุการณ์ข้างต้นมาพิจารณาตามกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน เหตุการณ์ในข้อ ก. และ ข. จะเป็นไปตามกฎข้อใดตามลำดับ คำตอบที่ถูกต้องคือ

1. ข้อ 1 และ 2

2. ข้อ 3 และ 2

~~3. ข้อ 1 และ 3~~

4. ข้อ 2 และ 3

10. เมื่อพนักงานขับรถหยุดอย่างกะทันหัน คนที่นั่งอยู่ในรถจะเซลงไปข้างหน้า การที่คนเซลงไปข้างหน้านั้น
เป็นไปตามการเคลื่อนที่ของนิวตัน

~~1. ข้อที่ 1~~

2. ข้อที่ 2

3. ข้อที่ 3

4. ข้อที่ 2 และ 3

11. มวล m วางบนโต๊ะ โดย N เป็นแรงที่โต๊ะกระทำต่อมวลนี้ ข้อใดบอกถึงแรงคู่ปฏิกิริยาของ $m\vec{g}$ และ N
ตามลำดับ

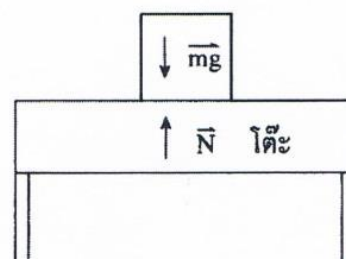
Reaction

1. $-m\vec{g}$ กระทำต่อโต๊ะ และ $-N$ กระทำต่อโลก

2. $-m\vec{g}$ กระทำต่อโต๊ะ และ $-N$ กระทำต่อโต๊ะ

3. $-m\vec{g}$ กระทำต่อโลก และ $-N$ กระทำต่อโลก

~~4. $-m\vec{g}$ กระทำต่อโลก และ $-N$ กระทำต่อโต๊ะ~~



12/ จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด

- ก. ชายคนหนึ่งพยายามดันวัตถุก้อนหนึ่งให้ขยับไปบนพื้นระดับ แต่วัตถุไม่ขยับแสดงว่ามีแรงคู่ปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากัน แต่มีทิศตรงข้ามกระทำ **X**
- ข. เมื่อมีแรงลัพธ์ที่ไม่เป็นศูนย์กระทำต่ออนุภาค จะทำให้อัตราเร็วของอนุภาคเปลี่ยนไปเสมอ **✓**
- ค. ในกรอบอ้างอิงใดๆ วัตถุจะรักษาสภาพหยุดนิ่ง หรือสภาพเคลื่อนที่อย่างสม่ำเสมอในแนวเส้นตรง นอกจากจะมีแรงลัพธ์ซึ่งมีค่าไม่เป็นศูนย์มากระทำ **✓** คำตอบที่ถูกต้อง คือ
1. ข้อ ก. และ ข. ถูก **2. ข้อ ข. และ ค. ถูก**
3. ข้อ ค. ถูก 4. ผิดทุกข้อ

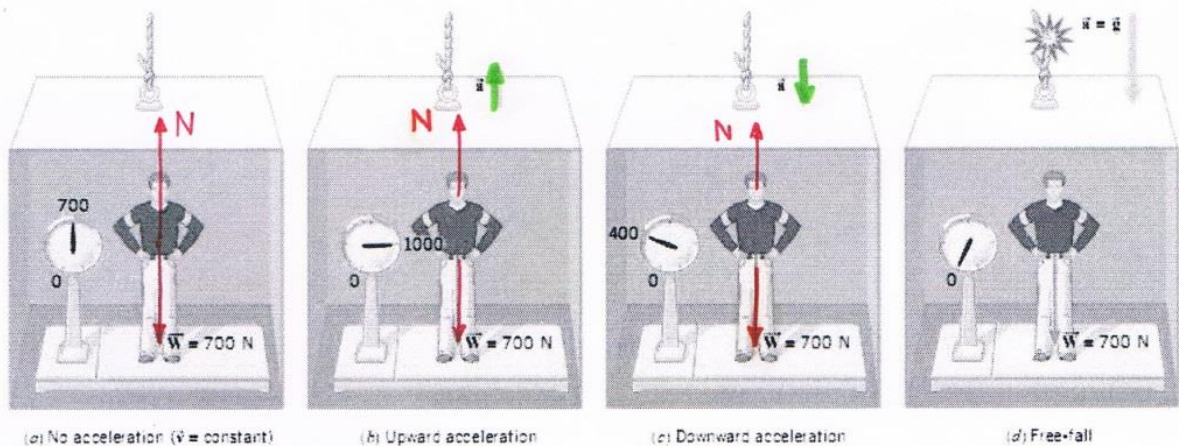
การประยุกต์กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน

① แรงปฏิกิริยาของลิฟต์

โจทย์มักถามแรง N ซึ่งอาจจะใช้คำถามหลายแบบ

เลือกคน $\rightarrow$ หา N
เลือกลิฟต์ $\rightarrow$ หา T (สลิง)

- N = น้ำหนักที่อ่านจากตาชั่งในลิฟต์
= แรงที่มวลกดลงบนพื้นลิฟต์
= แรงปฏิกิริยาที่พื้นลิฟต์ทำต่อมวล
= แรงหรือแรงเฉลี่ยระหว่างมวลกับพื้น



$$N = mg$$

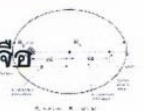
$$\begin{aligned} \sum F &= ma \\ N - mg &= ma \\ N &= mg + ma \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sum F &= ma \\ mg - N &= ma \\ N &= mg - ma \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} mg - N &= mg \\ N &= 0 \end{aligned}$$

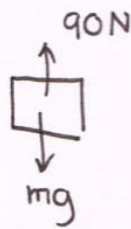
NOTE

1. โจทย์ประเภทนี้มีการเลือกคนหรือทั้งลิฟต์เป็นระบบก็ได้
2. ถ้าเราเลือกทั้งลิฟต์เป็นระบบจะพบว่า แรง N จะเป็นแรงภายในทันที
3. ถ้าลิฟต์เคลื่อนที่ด้วยความหน่วง (หมายความว่า ช้าลง) ให้ แทน a เป็นลบ



13. นาย ก. หนัก 70 กิโลกรัม ถือกระเป๋าน้ำหนัก 10 กิโลกรัม ยืนอยู่ในลิฟต์ที่กำลังเคลื่อนที่ลงช้าแรงที่เขาใช้ถือกระเป๋ามีค่า 90 นิวตัน จงหาค่าอัตราเร่งของลิฟต์ว่ามีค่ากี่เมตรต่อวินาที² (ให้ $g = 9.81$ เมตร/วินาที²)

1. 0.2
2. 0.8
3. 8.0
4. 8.7



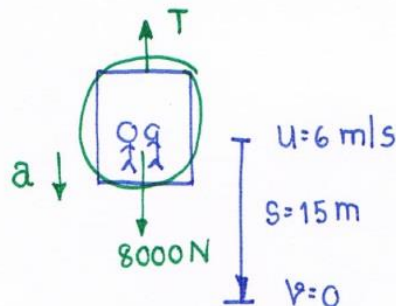
$$\Sigma F = ma$$

$$10(9.81) - 90 = 10a$$

$$a = 0.81 \text{ m/s}^2 \quad \#$$

14. ลิฟต์และน้ำหนักบรรทุกรวมกันมีมวล 800 กิโลกรัม เคลื่อนที่ลงด้วยความเร็ว 6 เมตรต่อวินาทีถ้าทำให้ลิฟต์หยุดภายในระยะทาง 15 เมตร ด้วยความเร่ง (ความหน่วง) คงที่ จงหาความตึงในสายเคเบิลเป็นกิโลนิวตัน

1. 7040.0
2. 8960.0
3. 160.0
4. 1760.0



$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$0 = 6^2 + 2a(15)$$

$$a = -\frac{36}{30} = -\frac{6}{5} = -1.2 \text{ m/s}^2$$

$$\Sigma F = ma$$

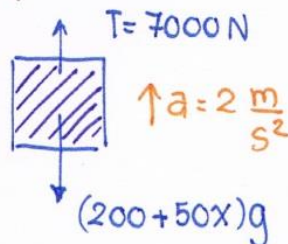
$$8000 - T = 800(-1.2)$$

$$T = 8960 \text{ N} \quad \#$$

15. ลิฟต์มีมวล 200 kg เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง 2 m/s^2 ถ้าลวดที่แขวนลิฟต์นี้ทนแรงดึงสูงสุด 7,000 N ลิฟต์จะ
*** บรรทุกคนได้มากที่สุดกี่คน (กำหนดให้ คน 1 คน มีมวลเฉลี่ย 50 kg และ $g = 10 \text{ m/s}^2$)
**

1. 7 คน
2. 8 คน
3. 10 คน
4. 14 คน

บรรทุก X คน มวล $50x \text{ kg}$



$$\Sigma F = ma$$

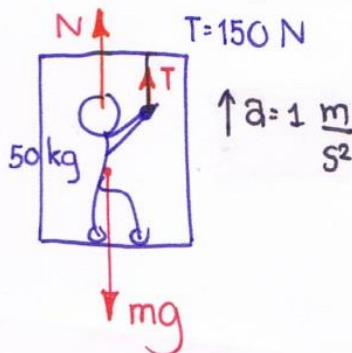
$$7000 - (200 + 50x)10 = (200 + 50x)2$$

$$5000 - 500x = 400 + 100x$$

$$4600 = 600x$$

$$x \approx 7.67 \quad \#$$

16. นักเรียนคนหนึ่งมีมวล 50 kg ยืนอยู่บนตาชั่งในลิฟต์ที่กำลังเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง 1 m/s^2 ในขณะเดียวกันมือของเขาก็กိုင်เชือกที่แขวนอยู่กับเพดานลิฟต์ ถ้าเชือกมีแรงดึง 150 N เข็มของตาชั่งจะชี้ที่กี่กิโลกรัม



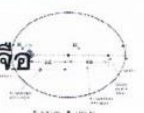
$$\Sigma F = ma$$

$$T + N - mg = ma$$

$$150 + N - 500 = 50(1)$$

$$N = 400$$

$$= 40 \text{ kg} \quad \#$$



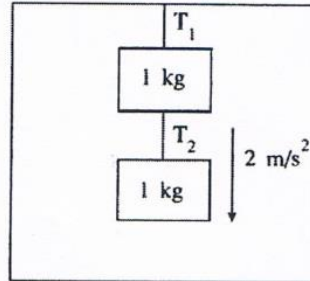
17. มวล 2 ก้อนมีมวลก้อนละ 1 กิโลกรัม ผูกติดเชือกน้ำหนักเบา และแขวนติดกับเพดานของลิฟต์ดังรูป ถ้าลิฟต์เคลื่อนที่ลงด้วยความเร่ง 2 เมตรต่อ(วินาที)² จงหาแรงตึงในเส้นเชือก T_1 และ T_2

1. $T_1 = 16 \text{ N}$ และ $T_2 = 8 \text{ N}$

2. $T_1 = 20 \text{ N}$ และ $T_2 = 10 \text{ N}$

3. $T_1 = T_2 = 20 \text{ N}$

4. $T_1 = 24 \text{ N}$ และ $T_2 = 12 \text{ N}$



$$\Sigma F = ma$$

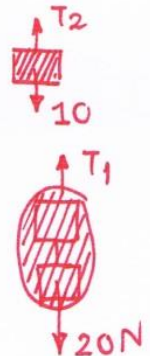
$$10 - T_2 = 1(2)$$

$$T_2 = 8 \text{ N}$$

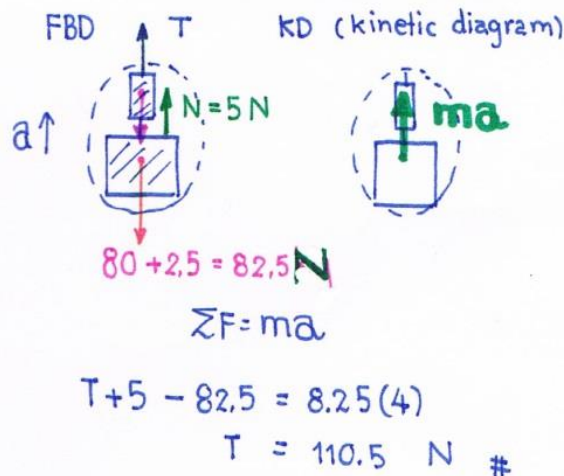
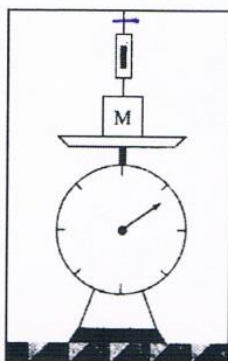
$$\Sigma F = ma$$

$$20 - T_1 = 2(2)$$

$$T_1 = 16 \text{ N}$$



18. ตาชั่งสปริงมวล 0.25 กิโลกรัม แขวนกับเชือกที่ห้อยลงมาจากเพดานลิฟต์ ผูกวัตถุ M ซึ่งมีมวล 8 กิโลกรัม เมื่อลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง 4 เมตรต่อ (วินาที)² ปรากฏว่าวัตถุ M ห้อยลงมาจากบนตาชั่งที่อยู่บนพื้นลิฟต์และอ่านค่าจากตาชั่งนี้ได้ 5 นิวตัน ดังรูป แรงตึงในเส้นเชือกที่ตาชั่งสปริงแขวนอยู่มีค่ากี่นิวตัน

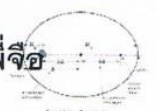
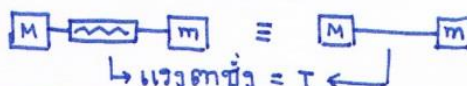


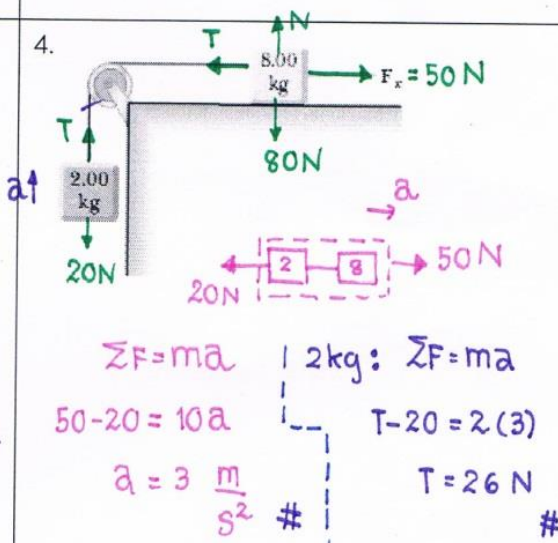
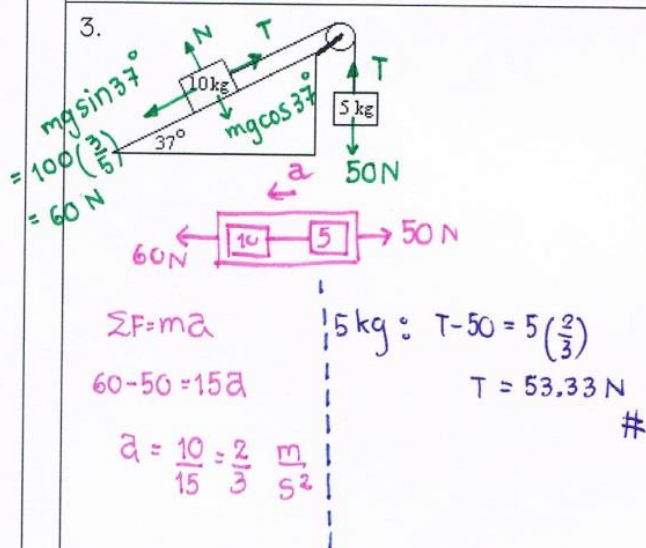
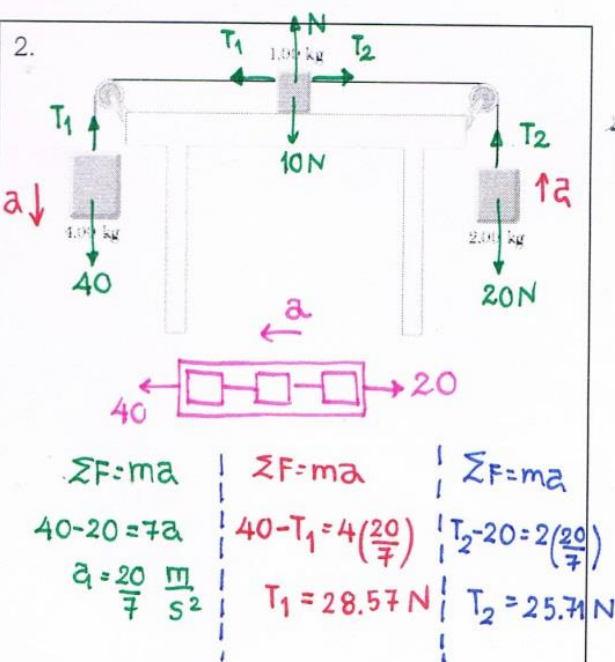
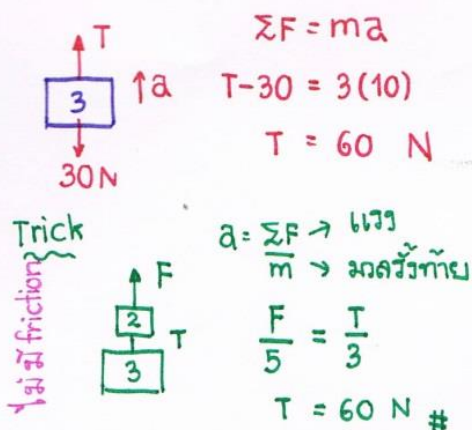
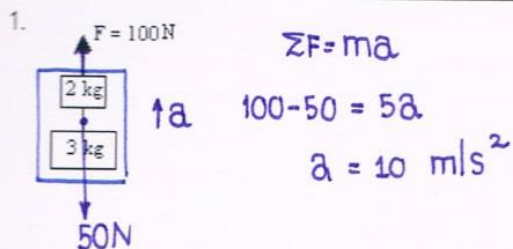
② ระบบมวลหลายก้อน และมวลติดต่อกันด้วยสายตัว ! ออกสอบ !

โจทย์ประเภทนี้เป็นโจทย์ HIT-HOT ที่นิยมนำมาออกข้อสอบ ENT บ่อยๆ

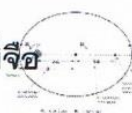
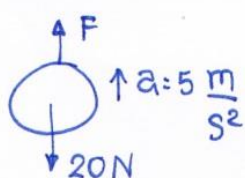
- หลัก**
- กำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ (a) ของวัตถุ
 - แตกแรงให้อยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่
 - ถ้าคิดทั้งหมดเป็นระบบแรงภายในไม่ต้องนำมาคำนวณ
 - ถ้าต้องการหาแรงภายในให้ตัด Section ณ.จุดนั้นๆ ออกมา (แรง T พุ่งออกจากระบบเสมอ)
 - แรงที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ไม่ต้องนำมาคำนวณ (ยกเว้นแรงเสียดทาน) เพราะอยู่คนละแกนกันจะไม่มีผล

NOTE ตาชั่งสปริงติดระหว่างเชือก (หมายถึง ตัวเองประพุดติดเป็นเชือกเส้นนั้น) ดังนั้น แรงที่ตาชั่งสปริงอ่านได้ ก็คือแรงตึงเชือกนั่นเอง



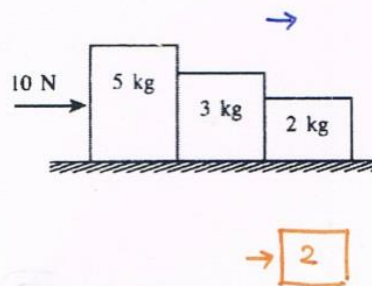


19. นักเรียนคนหนึ่งถือเชือกเบาซึ่งปลายข้างหนึ่งผูกติดกับแท่งวัตถุมวล 2.0 กิโลกรัม ให้หาแรงที่เชือกดึงมือ เมื่อ ดึงเชือกขึ้นด้วยความเร่ง 5.0 เมตรต่อวินาที²



28. แท่งไม้มวล 5 กิโลกรัม และ 2 กิโลกรัม วางติดกันบนพื้นเกลี้ยง ถ้าออกแรงผลัก 10 นิวตัน ดังรูป จงหาขนาดของแรงที่แท่งไม้ 2 กิโลกรัม กระทำต่อแท่งไม้ 3 กิโลกรัม

1. 2.0 N
2. 5.0 N
3. 8.0 N
4. 10.0 N



$$\Sigma F = ma$$

$$10 = 10a$$

$$a = 1 \text{ m/s}^2$$

$$\Sigma F = ma$$

$$R = 2(1) = 2 \text{ N}$$

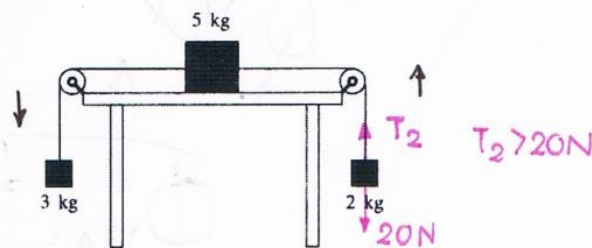
29. วัตถุมวล 5 กิโลกรัม วางอยู่บนโต๊ะที่ไม่มีแรงเสียดทาน ปลายทั้งสองข้างผูกเชือกเบาแล้วคล้องผ่านรอกที่ไม่มีความฝืด นำวัตถุมวล 3 กิโลกรัม และ 2 กิโลกรัม ผูกติดกับปลายเชือกทั้งสองด้านดังรูป เมื่อปล่อยให้มวลทั้งหมดเคลื่อนที่ แรงที่เชือกดึงมวล 3 กิโลกรัม และ 2 กิโลกรัม เป็นเท่าใด (ตอบตามลำดับ)

1. 30 N. และ 20 N.

2. 27 N. และ 22 N.

3. 25 N. และ 20 N.

4. 20 N. และ 15 N.



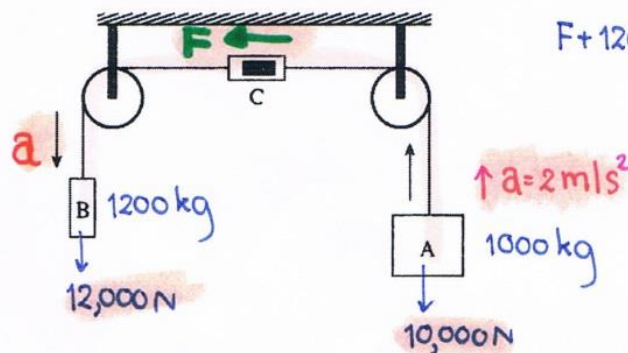
30. ระบบลิฟต์ประกอบด้วยห้องโดยสาร Aหนัก 1,000 kg ตั้มถ่วง B และ 1,200 kg และระบบชุดลาก C พร้อมรอกและสายพาน หากขณะที่ห้องโดยสารเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง 2 m/s^2 และตั้มถ่วงเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่งที่เท่ากัน จงหาแรงชุดลากที่ C กระทำต่อสายพานโดยสมมติว่าไม่มีแรงเสียดทานของรอกและสายพานและไม่คิดมวลที่รอกและสายพาน กำหนดให้ $g = 10 \text{ m/s}^2$

1. 0.4 kN

2. 2 kN

3. 2.4 kN

4. 6.4 kN

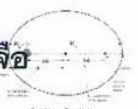


$$\Sigma F = ma$$

$$F + 12000 - 10000 = 2200 (2)$$

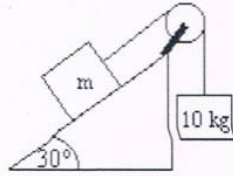
$$F = 2400 \text{ N}$$

$$= 2.4 \text{ kN}$$



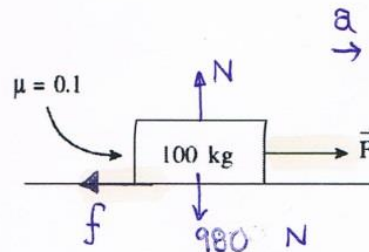
31. มวล m วางบนพื้นเอียงทำมุม 30° กับพื้นราบถูกโยงกับมวล 10 กิโลกรัม ด้วยเชือกไโรน้าหนักซึ่งพาดอยู่บนรอกดังรูป ถ้ามวล m กำลังเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร็ว 2.0 m/s และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างมวล m กับพื้นเอียงคือ 0.5 มวล m จะใกล้เคียงกับค่าใด (Ent Mar'43)

1. ~~7 kg.~~
2. 9 kg.
3. 10 kg.
4. 11 kg.



32. $\vec{F}$ เป็นแรงซึ่งใช้ในการดึงให้วัตถุมวล 100 กิโลกรัม จนเกิดความเร็ว 2 เมตร/วินาที²
(μ = สัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์) อยากทราบว่า $\vec{F}$ มีค่ากี่นิวตัน ($g = 9.8$ m/s²)

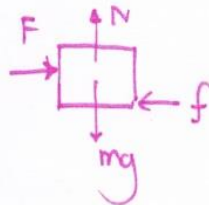
1. 0
2. 98
3. ~~298~~
4. 200



$$\begin{aligned}\Sigma F &= ma \\ F - f &= ma \\ F - \mu N &= ma \quad (\uparrow = \downarrow) \\ F - 0.1(980) &= 100(2) \\ F &= 298 \text{ N} \quad \# \end{aligned}$$

33. สมศรีผลักรถยนต์มวล 1000 กิโลกรัม ในแนวราบจากจุดหยุดนิ่งให้เคลื่อนที่จนมีความเร็ว 20 เมตรต่อวินาทีในเวลา 10 วินาที ถ้าพื้นมีค่าสัมประสิทธิ์ของความเสียดทาน $= 0.50$ สมศรีต้องออกแรงกี่นิวตัน

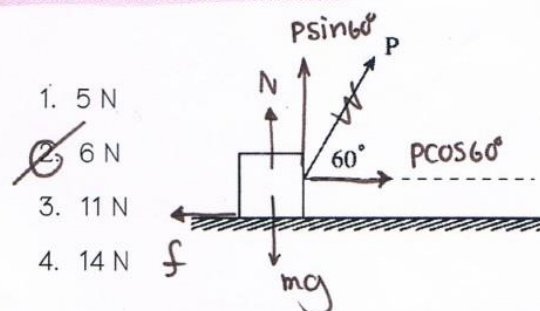
1. ~~7000~~
2. 2000
3. 3000
4. 5000



$$\begin{aligned}\Sigma F &= ma \\ F - \mu N &= ma \\ F - 0.5(10000) &= 1000(2) \\ F &= 7000 \text{ N} \quad \# \end{aligned}$$

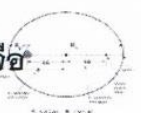
$a = \frac{v - u}{t} = \frac{20 - 0}{10} = 2 \text{ m/s}^2$

34. กล้องใส่มวล 2 กิโลกรัม ถูกดึงจากจุดหยุดนิ่งด้วยแรงคงที่ขนาด 22 นิวตัน ในทิศ 60° องศา กับแนวราบให้เคลื่อนที่ไปตามพื้นราบจนมีความเร็ว 2 เมตรต่อวินาที ในเวลา 0.8 วินาที ถ้าคิดว่าแรงเสียดทานคงที่แรงเสียดทานจะมีขนาดกี่นิวตัน



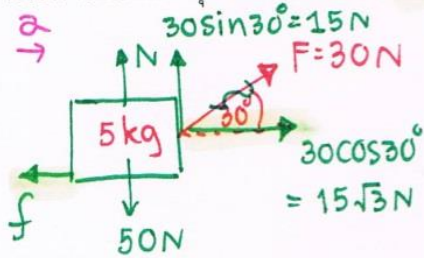
$$\begin{aligned}\Sigma F &= ma \\ P \cos 60^\circ - f &= ma \\ 22\left(\frac{1}{2}\right) - f &= 2(2.5) \\ f &= 6 \text{ N} \quad \# \end{aligned}$$

$a = \frac{v - u}{t} = \frac{2 - 0}{0.8} = 2.5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$



**

35. วัตถุมวล 5 กิโลกรัม วางอยู่บนพื้นราบที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน 0.4 ออกแรงดึงวัตถุขนาด 30 นิวตัน กระทำในแนวทำมุม 30° กับระดับ จงหาว่าเมื่อเวลาผ่านไป 10 วินาที วัตถุจะเคลื่อนที่เป็นระยะทางเท่าไร



$$\begin{aligned} \Sigma F &= ma \\ 15\sqrt{3} - f &= 5a \\ 15\sqrt{3} - \mu N &= 5a \\ 15\sqrt{3} - \mu [50 - 15] &= 5a \\ a &= 2.40 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}(2.4)10^2 = 120 \text{ m} \quad \#$$

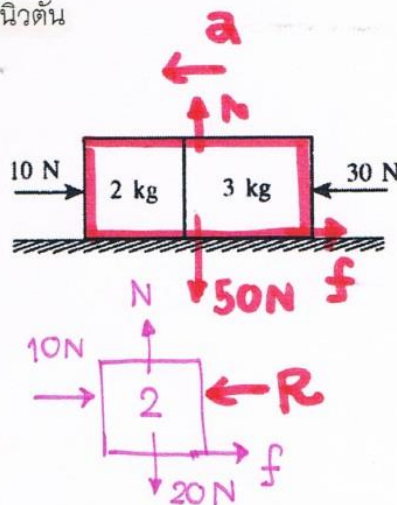
36. ก้อนมวล 2 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม ถูกแรง 10 นิวตัน และ 30 นิวตัน กระทำตามแนวระดับดังในรูป ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของก้อนกับพื้นเท่ากับ 0.3 แรงที่ก้อนมวล 3 กิโลกรัม กระทำต่อ ก้อนมวล 2 กิโลกรัม เป็นกี่นิวตัน

1. 18

2. 14

3. 12

4. 10



$$\begin{aligned} \Sigma F &= ma \\ (30 - 10) - \mu N &= ma \\ 20 - 0.3(50) &= 5a \\ a &= 1 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F &= ma \\ R - 10 - f &= 2(1) \\ R - 10 - 0.3(20) &= 2 \\ R &= 18 \text{ N} \quad \# \end{aligned}$$

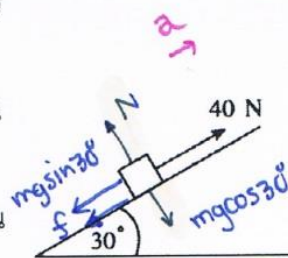
37. วัตถุชิ้นหนึ่งมีมวล 2.0 กิโลกรัม ถูกดึงให้เคลื่อนที่ขึ้นไปตามพื้นเอียง 30° องศา โดยใช้เส้นเชือกตามรูป ถ้าความตึงในเส้นเชือกเป็น 40 นิวตัน และแรงเสียดทานมีขนาด 2.0 นิวตัน ความเร่งของวัตถุและแรงปฏิกิริยาดังฉากที่พื้นเอียงกระทำกับวัตถุเป็นเท่าไร

1. 15 เมตร/วินาที² และ $10\sqrt{3}$ นิวตัน

2. 14 เมตร/วินาที² และ 5 นิวตัน

3. 14 เมตร/วินาที² และ $10\sqrt{3}$ นิวตัน

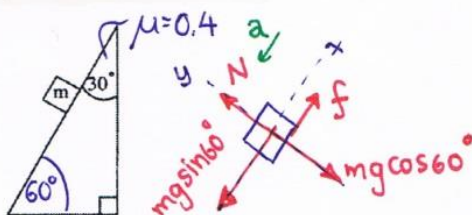
4. 24 เมตร/วินาที² และ 5 นิวตัน



$$\begin{aligned} \Sigma F &= ma \\ 40 - mg \sin 30 - \mu N &= ma \\ 40 - 20\left(\frac{1}{2}\right) - 2 &= 2a \\ a &= 14 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$N = 2\left(10\sqrt{\frac{3}{2}}\right) = 10\sqrt{3} \text{ N} \quad \#$$

38. มวล m วางอยู่บนพื้นเอียงทำมุม 30° กับแนวดิ่ง เมื่อปล่อยให้เคลื่อนที่ดังรูป มวลจะไถลลงตามพื้นเอียงด้วยความเร่งกี่เมตรต่อวินาที² กำหนดให้สัมประสิทธิ์ความเสียดทานระหว่างพื้นกับมวลเท่ากับ 0.4



$$\begin{aligned} \Sigma F &= ma \\ mg \sin 60 - f &= ma \\ mg \sin 60 - \mu N &= ma \\ mg \sin 60 - \mu mg \cos 60 &= ma \\ 10\sqrt{3} - 0.4(10)\frac{1}{2} &= a \rightarrow a = 6.67 \text{ m/s}^2 \quad \# \end{aligned}$$

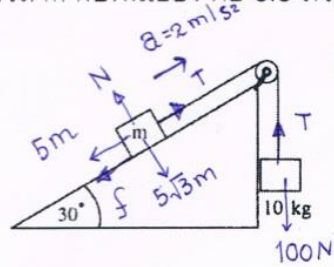
39. มวล m วางบนพื้นเอียงที่ทำมุม 30° กับพื้นราบ ถูกโยงกับมวล 10 กิโลกรัม ด้วยเชือกไร้น้ำหนักซึ่งพาดอยู่บนรอกดังรูป ถ้ามวล m กำลังเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง 2.0 เมตรต่อ(วินาที)² และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างมวล m กับพื้นเอียง คือ 0.5 มวล m จะใกล้เคียงกับค่าใด

1. ~~7 kg~~

2. 9 kg

3. 10 kg

4. 11 kg



$$\Sigma F = ma$$

$$100 - 5m - \mu N = (m + 10)2$$

$$100 - 5m - 0.5(5\sqrt{3}m) = 2m + 20$$

$$80 = (7 + 2.5\sqrt{3})m$$

$$m = 7.06 \text{ kg}$$

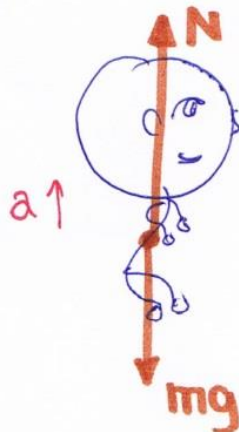
40. นักกระโดดร่มมวล 65 กิโลกรัม ลงถึงพื้นดินด้วยการย่อตัว ขณะยืดตัวขึ้น จุดศูนย์กลางมวลของร่างกายมีความเร่ง 30 เมตรต่อ(วินาที)² แรงที่พื้นกระทำต่อเท้าของนักกระโดดร่มคนนี้เป็นเท่าใด

1. 650 N

2. 1300 N

3. 1950 N

4. ~~2600 N~~



$$\Sigma F = ma$$

$$N - mg = ma$$

$$N = m(g + a)$$

$$N = 65(10 + 30)$$

$$N = 2600 \text{ N}$$

#

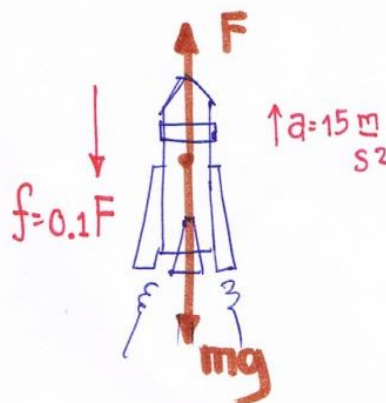
41. จรวดมีมวล 2500 กิโลกรัม ปลดออกจากรูปร่างจรวด ด้วยอัตราเร่ง 15 เมตร/วินาที² ถ้าแรงต้านของอากาศมีค่าเป็น 10 เปอร์เซ็นต์ของแรงขับเคลื่อนทั้งหมด จงหาแรงขับเคลื่อนของแก๊สที่พุ่งออกทางด้านท้ายของจรวด (กำหนดให้ $g = 10 \text{ m/s}^2$)

1. ~~69 kN~~

2. 56 kN

3. 41 kN

4. 33 kN



$$\Sigma F = ma$$

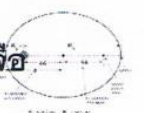
$$F - mg - f = ma$$

$$F - 2500(10) - 0.1F = 2500(15)$$

$$0.9F = 62500$$

$$F = 69444 \text{ N}$$

$$F \approx 69 \text{ kN}$$



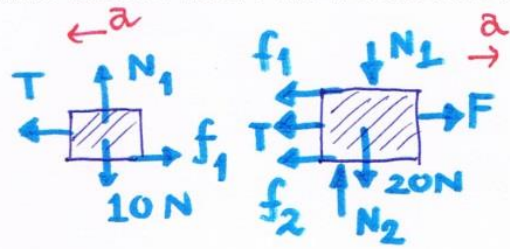
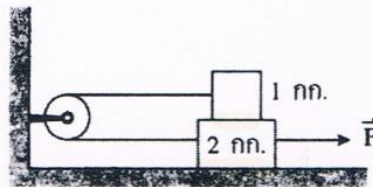
42. มวล 1 กก. และ 2 กก. ผูกติดกันด้วยเชือกเบา แล้วนำไปคล้องลูกรอกตามรูป จงหาขนาดของ F ที่ทำให้ความตึงของเชือกเท่ากับ 5 นิวตัน สัมประสิทธิ์ ของแรงเสียดทานจลน์ระหว่างมวล 1 กก. กับมวล 2 กก. และระหว่างมวล 2 กก. กับพื้นเป็น 0.25

1. 15.0 N

2. 17.5 N

3. 20.0 N

4. 22.5 N



$$\sum F = ma$$

$$T - f_1 = 1a$$

$$5 - 0.25(10) = a$$

$$a = 2.5 \text{ m/s}^2$$

$$\sum F = ma$$

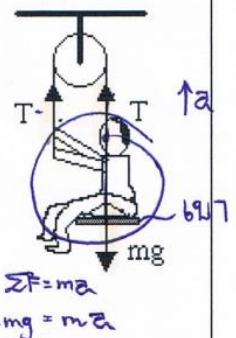
$$F - f_1 - f_2 - T = 2(2.5)$$

$$F - 0.25(10) - 0.25(30) - 5 = 5$$

$$F = 20 \text{ N} \quad \#$$

③ การนั่งชิงช้าของตัวเอง

- หลัก** 1. เชือกเส้นเดียวกัน แรงตึงเชือกมีขนาดเท่ากันพิจารณาจากสิ่งใด พุ่งออกจากสิ่งนั้น
2. พิจารณาคนกับชิงช้าเป็นระบบเดียวกันจะมีแรงจุด 2 แห่ง
3. อย่าสับสน! แรงที่ เชือกดึงมือ กระทำที่มือ แรงที่ มือดึงเชือก กระทำที่เชือก

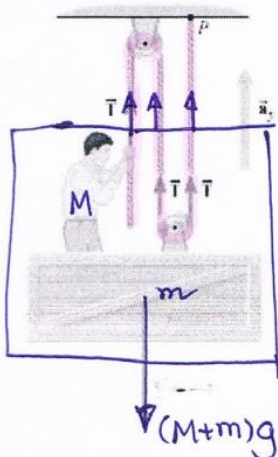


$$\sum F = ma$$

$$2T - mg = ma$$

43. ชายคนหนึ่งมีมวล M ยืนบนกระเช้ามวล m ชายคนนี้ดึงเชือกขึ้นดังรูป เขาดึงเชือกแต่ละเส้นด้วยแรง T ทำให้เคลื่อนที่ขึ้น ด้วย a จงหาค่า a นี้

43.1)



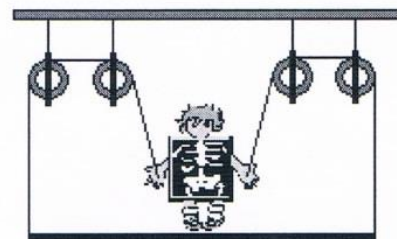
$$\sum F = ma$$

$$3T - (M+m)g = (m+M)a$$

$$a = \frac{3T}{(m+M)} - g$$

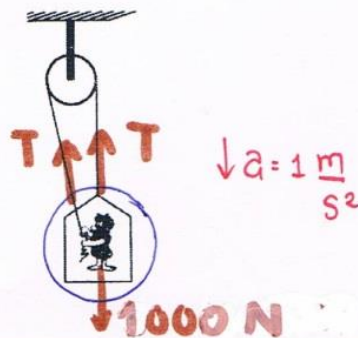
#

43.2)



44. จากรูป ชายคนหนึ่งมีมวล 80 kg อยู่ในห้องมวล 20 kg ถ้าต้องการให้ห้องเคลื่อนที่ลงด้วยความเร่งคงที่ 1 m/s^2 ชายคนนี้จะต้องออกแรงดึงเชือกเท่าใด (กำหนดให้ $g = 10 \text{ m/s}^2$)

1. 1,000 N
2. 550 N
3. 500 N
4. 450 N
5. 400 N



$$\Sigma F = ma$$

$$1000 - 2T = 100(1)$$

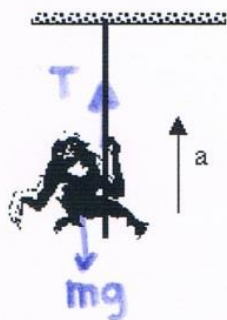
$$T = 450 \text{ N}$$

#

④ คนหรือลิงไต่เชือก

- หลัก 1. ใช้สูตร $\Sigma F = ma$ แรงในแนวตั้ง คือ mg และ T
2. ถ้ามวลเคลื่อนที่ไปทางไหนด้วยความเร่งให้สมมุติว่าแรงข้างนั้นมากกว่า

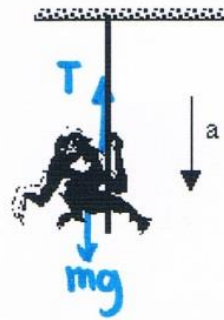
แบบที่ 1 ลิงไต่เชือกขึ้นด้วยความเร่ง



$$\Sigma F = ma$$

$$T - mg = ma$$

แบบที่ 2 ลิงไต่เชือกลงด้วยความเร่ง

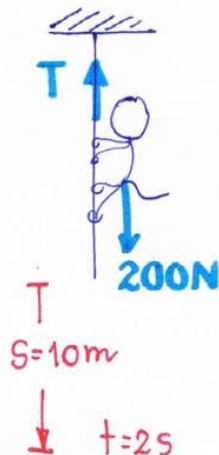


$$\Sigma F = ma$$

$$mg - T = ma$$

45. เชือกแขวนไว้กับเพดาน มีลิงมวล 20 กก. โหนเชือกอยู่สูงจากพื้น 10 เมตร ได้รูดตัวลงมากับเชือกด้วยความเร่งคงที่ ถึงพื้นใช้เวลา 2 วินาที ความตึงของเชือกเป็นเท่าใด ไม่คิดมวลของเชือก

1. 100 N
2. 150 N
3. 200 N
4. 250 N



$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$10 = 0 + \frac{1}{2}a(2)^2$$

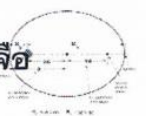
$$a = 5 \text{ m/s}^2$$

$$\Sigma F = ma$$

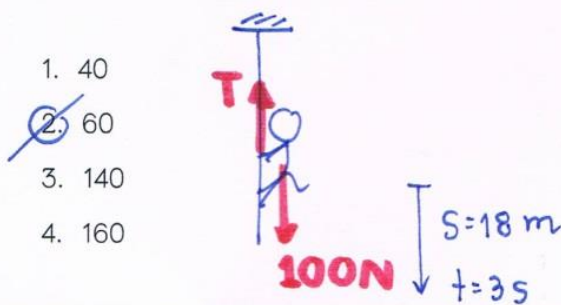
$$200 - T = 20(5)$$

$$T = 100 \text{ N}$$

#



46. ลิงตัวหนึ่งมวล 10 กิโลกรัม เกาะเชือกซึ่งแขวนไว้ในแนวดิ่ง โดยลิงอยู่สูงจากพื้น 18 เมตร เมื่อลิงรูดตัวลงมาตามเชือกจนถึงพื้นด้วยความเร่งคงที่ในเวลา 3 วินาที ความตึงของเส้นเชือกขณะที่ลิงรูดตัวลงมาเท่ากับกี่นิวตัน



$$\Sigma F = ma$$

$$100 - T = 10(4)$$

$$T = 60 \text{ N}$$

#

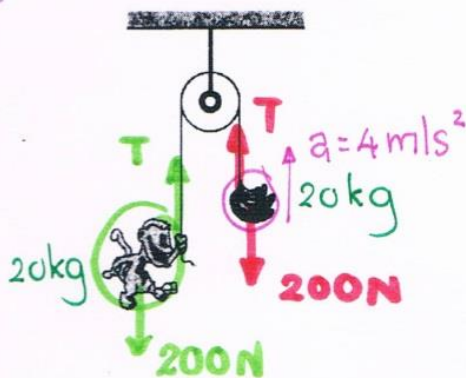
$$s = \frac{1}{2}at^2$$

$$18 = \frac{1}{2}a(3)^2$$

$$a = 4 \text{ m/s}^2$$

47. ตามรูปลิงและกล้วยมีมวล 20 กิโลกรัมเท่ากัน ลิงจะต้องไต่เชือกขึ้นด้วยความเร่งกี่เมตรต่อวินาที² กล้วยจึงจะมีความเร่งในทิศขึ้น 4 เมตรต่อวินาที²

**



กล้วย : $\Sigma F = ma$

$$T - 200 = 20(4)$$

$$T = 280 \text{ N}$$

ลิง : $\Sigma F = ma$

$$T - 200 = 20a_{\text{ลิง}}$$

$$280 - 200 = 20a_{\text{ลิง}} \rightarrow a_{\text{ลิง}} = 4 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

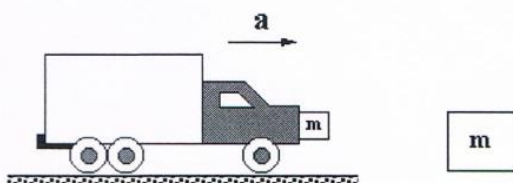
#

⑤ ระบบวัตถุที่มีความเร่ง

หลัก 1. ความเร่งของระบบเท่ากับความเร่งของวัตถุนั้น

2. พิจารณาแรงที่กระทำต่อระบบแล้วนำเข้าสู่สมการนิวตันตามปกติ
(แกนใดไม่มีความเร่งแกนนั้นสมดุล)

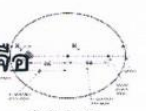
พิจารณามวล m เป็นระบบ



แกน X :

แกน Y :

48. วัตถุ A อยู่ที่หน้ากระดานรถคันหนึ่ง ถ้ากระดานมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเป็น μ จงหาว่ารถจะต้อง



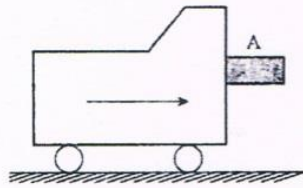
เคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่าไร วัตถุนี้จึงจะติดอยู่กับกระจกรถได้ไม่ตกลงมา

1. μg

2. $\frac{g}{\mu}$

3. $\frac{\mu}{g}$

4. $\sqrt{\mu g}$



กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลของนิวตัน และ ความเร่งของดวงดาว

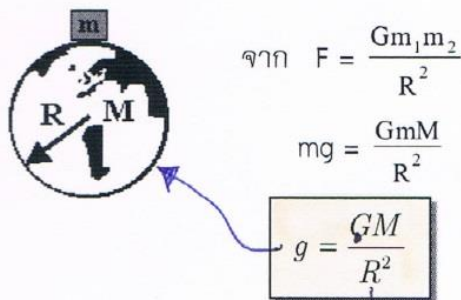
กฎแรงดึงดูดระหว่างมวลนิวตัน



$$F = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$$

เมื่อ G = ค่านิจโน้มถ่วงสากล = $6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$

ความเร่งของดาวเคราะห์ดวงใด ๆ



ระวัง !!! การหาค่า g ณ ความสูง H ใดๆจากผิวดาว



จากรูป

$$g_A = \frac{GM}{(R+H)^2}$$

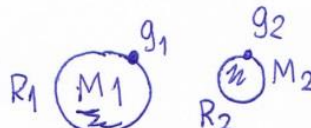
→ ระยะห่างจากศ.ก. ดาว ถึง ต.น.ที่จะหาค่า g

NOTE

1. ถ้าต้องการเปรียบเทียบค่า g ของดาวเคราะห์(แบบ 2 สภาวะ) พิจารณาดังต่อไปนี้

1.1 ถ้าค่า M และ R ไม่คงที่ เราจะพบว่า $g \propto \frac{M}{R^2}$ จะได้สมการเปรียบเทียบ

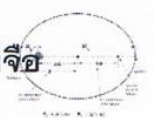
$$\frac{g_2}{g_1} = \left(\frac{M_2}{M_1} \right) \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2$$



1.2 ถ้าค่า M คงที่จะได้ว่า $g \propto \frac{1}{R^2}$ จะได้สมการเปรียบเทียบ

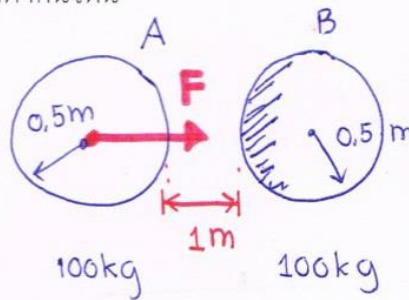
$$\frac{g_2}{g_1} = \left(\frac{R_1}{R_2} \right)^2$$

49. ทรงกลม A เป็นทรงกลมกลวง ทรงกลม B เป็นทรงกลมตัน ทรงกลมทั้งสองมีมวลและรัศมีเท่ากัน คือ 100



กิโลกรัม และ 0.5 เมตร ตามลำดับ ผิวของทรงกลมทั้งสองอยู่ห่างกัน 1 เมตร แรงดึงดูดที่กระทำต่อทรงกลม A เนื่องจากทรงกลม B จะมีค่ากี่นิวตัน

1. 6.7×10^{-7}
2. 8.0×10^{-7}
3. 1.7×10^{-7}
4. 0.7×10^{-7}



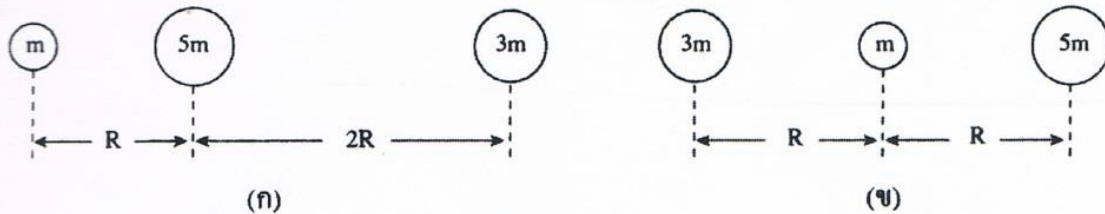
$$F = \frac{GMm}{R^2}$$

$$= \frac{(6.67 \times 10^{-11}) 100 \times 100}{1^2}$$

$$F = 1.67 \times 10^{-7} \text{ N}$$

#

50. มวล m , $3m$ และ $5m$ อยู่กันเป็นระบบ ดังรูป ก. และรูป ข. แรงโน้มถ่วงที่กระทำแก่มวล m ที่รูป ก. เป็นกี่เท่าของที่รูป ข.

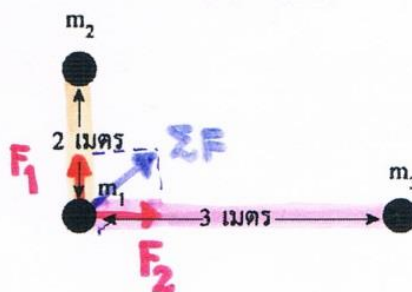


1. 3
2. $\frac{1}{3}$
3. $\frac{2}{3}$
4. $\frac{8}{3}$

51. จากรูปข้างล่างนี้ จงหาขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวลที่กระทำต่อมวล m_1 เนื่องจากมวล m_2 และมวล m_3 ในเทอมของค่าคงตัวโน้มถ่วงสากล G

(กำหนดให้ $m_1 = 2$ กิโลกรัม, $m_2 = 2$ กิโลกรัม และ $m_3 = 6$ กิโลกรัม)

1. $\frac{8}{3} G$ นิวตัน
2. $\frac{7}{3} G$ นิวตัน
3. $\frac{5}{3} G$ นิวตัน
4. $\frac{1}{3} G$ นิวตัน



$$\Sigma F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} \quad \text{--- ①}$$

$$\text{หา } F_1 = \frac{G(2)(2)}{2^2} = G$$

$$\text{หา } F_2 = \frac{G(2)(6)}{3^2} = \frac{4}{3} G$$

$$\therefore \Sigma F = G \sqrt{1^2 + \left(\frac{4}{3}\right)^2}$$

$$= \frac{5}{3} G$$

#

52. วัตถุอันหนึ่งมวล 3 กิโลกรัม บนโลก เมื่อนำวัตถุนั้นไปที่ดาวจูปีเตอร์ซึ่งมี g เป็น 10 เท่าของ g บนโลก วัตถุนั้นจะ

มีมวลเป็นเท่าไร

1. 3.0 กิโลกรัม
3. 30 กิโลกรัม

2. 9.8 กิโลกรัม
4. 98 กิโลกรัม

มวลคงที่

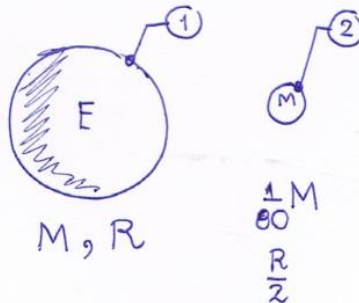
53. ถ้ามวลของดวงจันทร์เป็น $\frac{1}{80}$ ของโลก และรัศมีของโลกเป็น 2 เท่าของดวงจันทร์ ให้มวลของโลกเป็น M รัศมีของโลกเป็น R และ G เป็นค่าโน้มถ่วงสากล วัตถุที่ตกอย่างอิสระบนดวงจันทร์จะมีความเร่งเป็นเท่าไร

1. $\frac{1}{4}g$

2. $\frac{1}{5}g$

3. $\frac{1}{6}g$

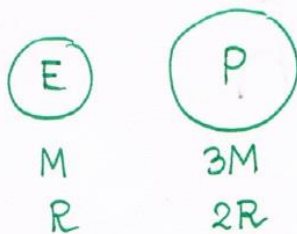
4. $\frac{1}{20}g$



$$\frac{g_2}{g_1} = \frac{M_2}{M_1} \cdot \left[\frac{R_1}{R_2} \right]^2$$

54. ดวงดวงหนึ่งมีมวลเป็น 3 เท่าของมวลโลก และมีรัศมีเป็น 2 เท่าของรัศมีโลก จงหาความเร่งที่พื้นผิวดวงดาวนั้นเป็นกี่เท่าของความเร่งที่ผิวโลก (กำหนดให้ g เป็นความเร่งที่ผิวโลก)

$$g = \frac{GM}{R^2}$$



$$\frac{g_2}{g_1} = \frac{M_2}{M_1} \cdot \left[\frac{R_1}{R_2} \right]^2$$

$$\frac{g_2}{g} = \frac{3M}{M} \cdot \left[\frac{R}{2R} \right]^2 \rightarrow g_2 = 0.75g \quad \#$$

55. ถ้ามวลของโลกเพิ่มขึ้นเป็น 16 เท่าของมวลเดิม ขณะที่รัศมีเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า ของรัศมีเดิมความเร่ง g จะมีค่าเปลี่ยนจากเดิมไปเป็นกี่เมตร/วินาที²

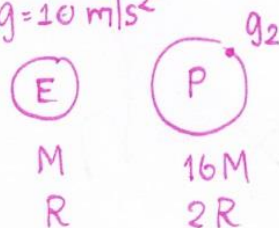
$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

1. 80

2. 2.5

3. 1.25

4. 40



$$\frac{g_2}{g_1} = \frac{M_2}{M_1} \cdot \left[\frac{R_1}{R_2} \right]^2$$

$$\frac{g_2}{10} = \frac{16M}{M} \cdot \left[\frac{R}{2R} \right]^2$$

$$g_2 = 40 \text{ m/s}^2 \quad \#$$

ถ้า $g_2 = 10g_1$
 $\therefore W_2 = 10W_1$

56. นักบินอวกาศจะมีน้ำหนักกี่เท่าของน้ำหนักที่ชั่งบนโลก ถ้าอยู่บนดาวเคราะห์ที่มีรัศมีครึ่งหนึ่งของโลกและมี

มวลเป็น 1/8 ของมวลโลก (Ent Mar'43)

1. 0.25

~~2. 0.50~~

3. 0.75

4. 1.25

$$\begin{array}{c} 2R \\ \textcircled{F} \textcircled{1} \\ M \end{array} \quad \begin{array}{c} R \\ \textcircled{P} \textcircled{2} \\ \frac{1}{8}M \end{array} \quad \left| \quad \begin{array}{l} \frac{g_2}{g_1} = \frac{\frac{1}{8}M}{M} \cdot \left[\frac{2R}{R} \right]^2 \\ g_2 = 0.5 \\ \frac{g_2}{g_1} = \frac{M_2}{M_1} \cdot \left[\frac{R_1}{R_2} \right]^2 \\ \therefore W_2 = 0.5W_1 \end{array} \right.$$

57. จงหาค่าความหนาแน่นของโลก เมื่อกำหนดให้รัศมีโลกเป็น R เมตร และค่าโน้มถ่วงสากลเป็น G นิวตัน.เมตร²/กิโลกรัม² โดยที่ g ที่ผิวโลกเป็น 10 เมตร/วินาที²

1. $\frac{40}{3\pi GR}$

~~2. $\frac{15}{2\pi GR}$~~

3. $\frac{5}{2\pi GR}$

4. $\frac{3}{2\pi GR}$



ที่ผิว

$$g = \frac{GM}{R_E^2}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{m}{V} \\ M &= \rho V \end{aligned}$$

$$g = \frac{G\rho V}{R^2}$$

$$10 = \frac{G\rho \left(\frac{4}{3}\pi R^3 \right)}{R^2}$$

$$\rho = \frac{15}{2\pi GR}$$

#



Copyright © 2002 Stephanie Baker-Thomas

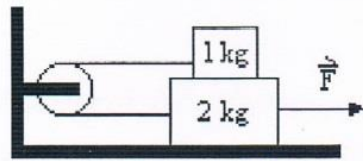
Memo.



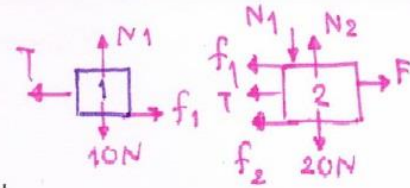
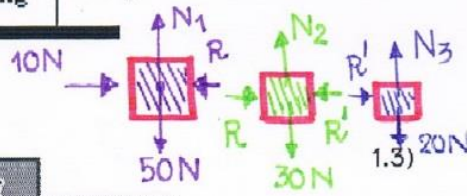
Reviews Problems

1) จงเขียนแผนภาพวัตถุอิสระของมวลทุกก้อนที่กำหนดให้

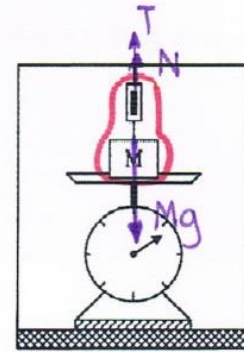
1.1)



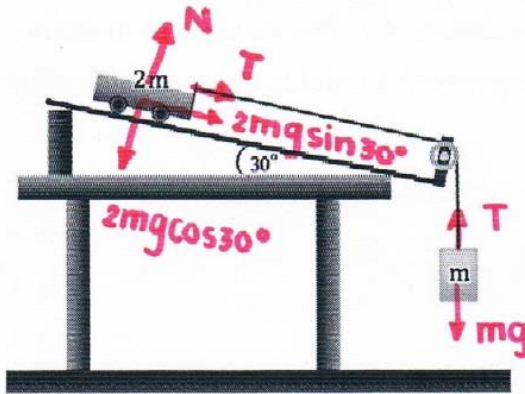
กำหนดผิวสัมผัสลื่น



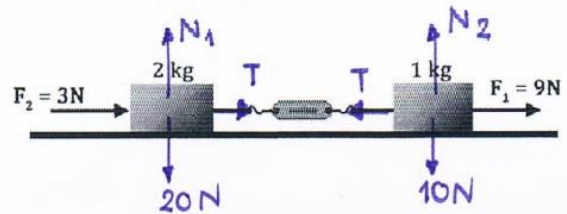
1.2)



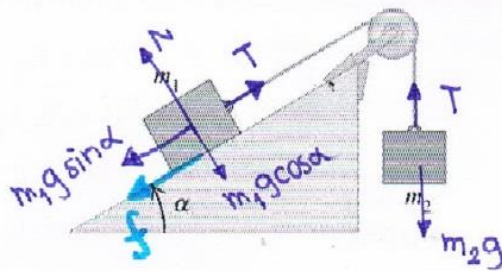
1.4)



1.5)



1.6)

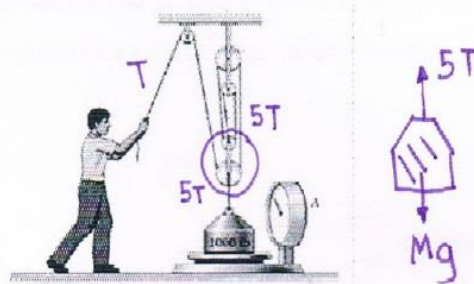


มวลกำลังเคลื่อนที่ขึ้น บนพื้นผิว

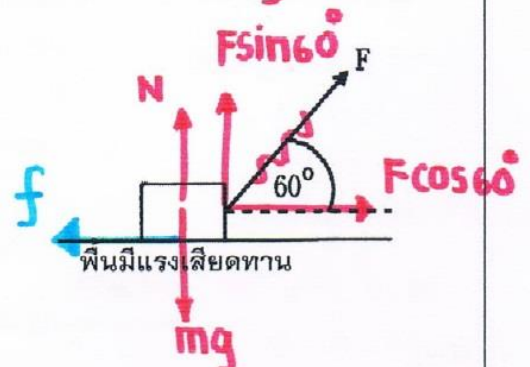
1.7)



1.8)



1.9)



2) นกเกาะอยู่บนสายไฟฟ้า แรงใดเป็นแรงคู่กิริยา-ปฏิกิริยาของน้ำหนักของนกตามกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน

1. แรงที่สายไฟกระทำต่อนก
2. แรงที่นกกระทำต่อสายไฟฟ้า
3. แรงที่โลกดึงดูดนก
4. แรงที่นกดึงดูดโลก

3) แรงขนาดหนึ่งเมื่อกระทำต่อวัตถุซึ่งมีมวล m_1 ทำให้วัตถุนี้มีความเร่ง 8.0 เมตร/วินาที² เมื่อแรงขนาดเดียวกันนี้กระทำต่อวัตถุมวล m_2 ทำให้ m_2 เคลื่อนที่จากหยุดนิ่งได้ 48 เมตร ในเวลา 2 วินาที อัตราส่วนระหว่าง m_2 ต่อ m_1 คือ (PAT 2 Oct' 53)

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

$$F_1 = F_2 \rightarrow s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

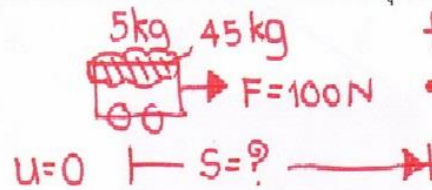
$$m_1 a_1 = m_2 a_2 \quad 48 = 0 + \frac{1}{2}a(2)^2$$

$$m_1(8) = m_2(24) \quad a = 24 \text{ m/s}^2$$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{8}{24} = \frac{1}{3} \quad \#$$

4) เด็กชายคนหนึ่งต้องการลากรถมวล 5 กิโลกรัม บรรจุของมวล 45 กิโลกรัม ด้วยแรง 100 นิวตัน ถ้าคิดว่าพื้นและรถไม่มีความฝืด เด็กคนนี้จะลากรถไปได้ไกลเท่าใดจากหยุดนิ่งในเวลา 2 วินาที

1. 10 เมตร
2. 8 เมตร
3. 4 เมตร
4. 2 เมตร



$$\Sigma F = ma$$

$$100 = 50a$$

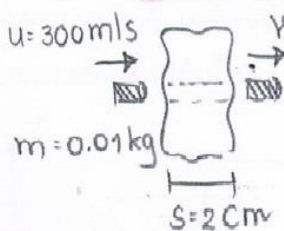
$$a = 2 \text{ m/s}^2$$

$$s = ut + \frac{1}{2}at^2$$

$$= 0 + \frac{1}{2}(2)(2)^2 = 4 \text{ m} \quad \#$$

5) ลูกปืนมวล 0.01 กิโลกรัม เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว 300 เมตร/วินาที ทะลุแผ่นไม้หนา 2 เซนติเมตร และออก จากแผ่นไม้ด้วยความเร็ว 200 เมตร/วินาที จงหาขนาดของแรงที่ลูกปืนกระทำต่อไม้

1. $1.0 \times 10^4 \text{ N}$
2. $1.25 \times 10^4 \text{ N}$
3. $2.0 \times 10^4 \text{ N}$
4. $2.5 \times 10^4 \text{ N}$



$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$200^2 = 300^2 + 2a(0.02)$$

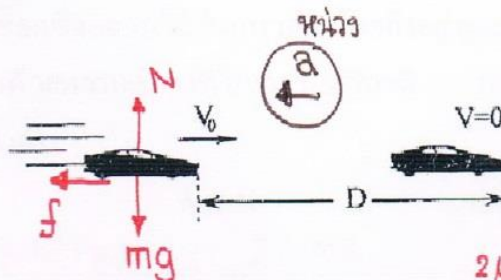
$$a = -1.25 \times 10^6 \text{ m/s}^2$$

$$\Sigma F = ma = 0.01(-1.25 \times 10^6)$$

$$\Sigma F = -1.25 \times 10^4 \text{ N} \quad \#$$

6) รถยนต์เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว v_0 เมื่อคนขับเหยียบเบรกกะทันหัน รถยังไกลเป็นระยะทาง D จึงหยุด หากพื้นถนนมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน μ ถ้าวาระยะทาง D มีค่าเท่าไร (PSU-Quota' 54)
(กำหนดให้ ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ g)

1. $\frac{v_0^2}{\mu g}$
2. $\frac{\mu v_0^2}{2g}$
3. $\frac{v_0^2}{2\mu g}$
4. $\frac{v_0^2}{2\mu^2 g}$



$$\Sigma F = ma$$

$$f = ma$$

$$\mu N = ma$$

$$\mu mg = ma \rightarrow a = \mu g$$

$$v^2 = u^2 + 2as$$

$$0 = v_0^2 + 2(-\mu g)D$$

$$2\mu g D = v_0^2$$

$$D = \frac{v_0^2}{2\mu g} \quad \#$$

- 7) ชายคนหนึ่งมวล 75 กิโลกรัม ยืนบนพื้นไม้ที่ติดแน่นกับรถที่คล้องเชือกผูกห้อยติดกับเพดานไว้ ดังรูป ชายคนนี้ต้องออกแรงดึงเชือกขนาดกี่นิวตัน จึงจะทำให้เขาและพื้นไม้เคลื่อนที่ลงด้วยความเร่ง 1.0 เมตร/วินาที² (สมมติว่า พื้นไม้กับรถมีมวลน้อยมาก) (PSU-Quota' 54)

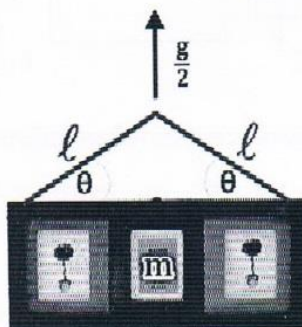


1. 440
2. 660
3. 720
4. 810

$$\begin{aligned} \Sigma F &= ma \\ mg - T &= ma \\ 75(9.8) - T &= 75(1) \\ T &= 660 \text{ N} \end{aligned}$$

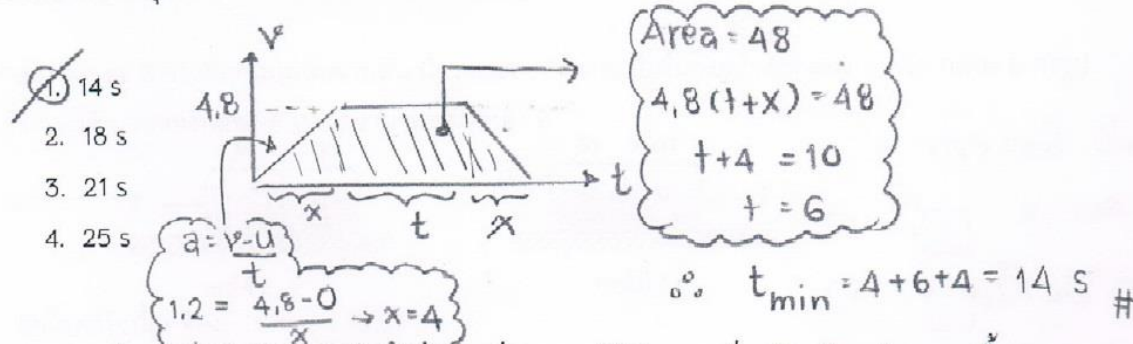
- 8) กรอบรูปมวล m ถูกแขวนไว้ด้วยเชือก 2 เส้น โดยเชือกแต่ละเส้นยาว l และทำมุม θ กับกรอบรูปดังรูป ถ้ากรอบรูปนี้ถูกดึงให้เคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง $g/2$ จงหาความตึงในเชือกแต่ละเส้น

1. $\frac{3mg}{4 \sin \theta}$
2. $\frac{3mg}{2 \sin \theta}$
3. $\frac{mg}{4 \sin \theta}$
4. $\frac{mg}{2 \sin \theta}$



$$\begin{aligned} \Sigma F &= ma \\ 2T \sin \theta - mg &= m \left(\frac{g}{2} \right) \\ 2T \sin \theta &= \frac{3}{2} mg \rightarrow T = \frac{3mg}{4 \sin \theta} \end{aligned}$$

- 9) ลิฟต์เครื่องหนึ่งสามารถเคลื่อนที่ด้วยความเร่งในทิศขึ้นหรือลงได้เท่ากับ ± 1.2 เมตรต่อวินาที² และทำอัตราเร็วสูงสุดได้เท่ากับ 4.8 เมตรต่อวินาที ถ้าต้องการขนของจากชั้นล่างขึ้นไปยังชั้นที่ 16 ซึ่งมีความสูง 48 เมตร จงหาช่วงเวลาสั้นที่สุดในการขนของด้วยลิฟต์ตัวนี้ (Ent Mar'47)



- 10) ลิฟต์หนึ่งมวล 10 กิโลกรัม เกาะเชือกซึ่งแขวนไว้ในแนวดิ่ง โดยลิฟต์อยู่สูงจากพื้น 18 เมตร เมื่อลิฟต์ถูกปล่อยลงมาตามเชือกจนถึงพื้นด้วยความเร่งคงที่ในเวลา 3 วินาที ความตึงของเส้นเชือกขณะที่ลิฟต์ถูกปล่อยลงมาเท่ากับกี่นิวตัน

1. 40
2. 60
3. 140
4. 160

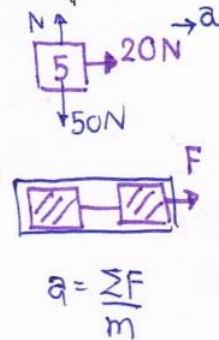
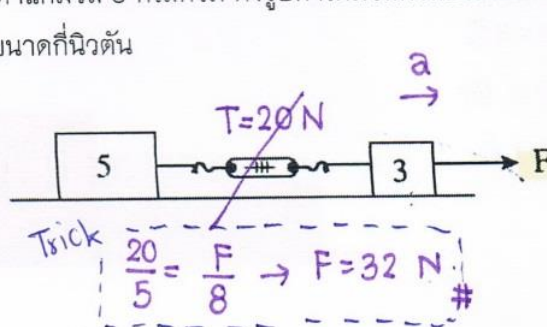
$$\begin{aligned} s &= ut + \frac{1}{2}at^2 \\ 18 &= 0 + \frac{1}{2}a(3)^2 \\ a &= 4 \text{ m/s}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma F &= ma \\ 100 - T &= 10(4) \\ T &= 60 \text{ N} \end{aligned}$$



- 11) มวล 5 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม ผูกติดกันด้วยตาข่ายสปริงและวางอยู่บนพื้นราบที่ไม่มีแรงเสียดทาน ออกแรง F ในแนวนอนกับพื้นกระทำแก่มวล 3 กิโลกรัม ดังรูปทำให้มวลทั้งสองเคลื่อนที่จากหยุดนิ่ง ถ้าตาข่ายสปริงอ่านค่าได้ 20 นิวตัน แรง F มีขนาดกี่นิวตัน

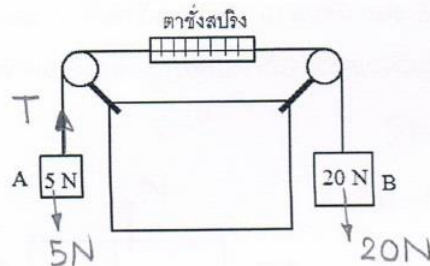
1. 27.5
2. 32.0
3. 52.0
4. 60.0



$$\begin{aligned}\Sigma F &= ma \\ 20 &= 5a \\ a &= 4 \text{ m/s}^2 \\ \Sigma F &= ma \\ F &= 8(4) = 32 \text{ N}\end{aligned}$$

- 12) จากรูปที่กำหนด จงหาค่าที่อ่านได้จากตาข่ายสปริง

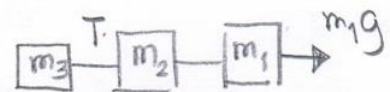
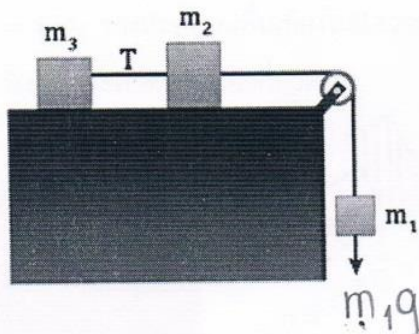
1. 6 N
2. 8 N
3. 10 N
4. 12 N



$$\begin{aligned}\Sigma F &= ma \\ 20 - 5 &= 2.5a \\ a &= \frac{15}{2.5} \\ a &= 6 \text{ m/s}^2 \\ \Sigma F &= ma \\ T - 5 &= 0.5(6) \\ T &= 8 \text{ N}\end{aligned}$$

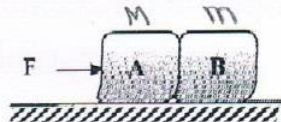
- 13) มวล m_1 , m_2 และ m_3 ผูกติดกันด้วยเชือกเบาและคล้องผ่านรอกเบา มวล m_1 เคลื่อนที่ลงด้วยความเร่ง จงหาแรงตึงในเส้นเชือก T ซึ่งอยู่ระหว่างมวล m_2 และ m_3 บนโต๊ะลื่น

1. $\frac{m_1 m_3 g}{m_1 + m_2 + m_3}$
2. $\frac{m_2 (m_1 + m_3) g}{m_1 + m_2 + m_3}$
3. $\frac{m_1 m_2 g}{m_1 + m_2 + m_3}$
4. $\frac{m_3 (m_1 + m_2) g}{m_1 + m_2 + m_3}$



$$\begin{aligned}\frac{T}{m_3} &= \frac{m_1 g}{(m_1 + m_2 + m_3)} \\ T &= \frac{m_1 m_3 g}{(m_1 + m_2 + m_3)}\end{aligned}$$

- 14) กล้อง A และ B วางติดกันบนพื้นราบลื่น มีแรงขนาด F ขนานกับพื้นกระทำต่อกล้อง A หรือ กล้อง B ดังรูป กำหนดให้ มวลของกล้อง A มากกว่ามวลของกล้อง B



กรณีที่ 1



กรณีที่ 2

ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ถูกต้อง

1. แรงปฏิกิริยาระหว่างกล้องในกรณีที่ 1 น้อยกว่าแรงปฏิกิริยาระหว่างกล้องในกรณีที่ 2
2. แรงปฏิกิริยาระหว่างกล้องในกรณีที่ 1 เท่ากับแรงปฏิกิริยาระหว่างกล้องในกรณีที่ 2
3. แรงปฏิกิริยาระหว่างกล้องในกรณีที่ 1 มากกว่าแรงปฏิกิริยาระหว่างกล้องในกรณีที่ 2
4. ทั้งสองกรณี แรงที่กล้อง A กระทำกับกล้อง B มีค่าเท่ากับแรงที่กล้อง B กระทำกับกล้อง A และมีขนาดเท่ากับ F

ทั้ง 2 กรณี มีค่าเท่ากัน

$$\begin{aligned}C1 \rightarrow B \quad R_1 &= ma \\ C2 \leftarrow A \quad R_2 &= Ma \\ R_1 &< R_2\end{aligned}$$

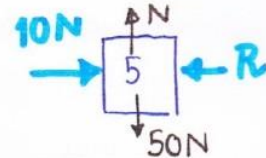
- 15) แท่งไม้มวล 5 กิโลกรัม และ 2 กิโลกรัม วางติดกันบนพื้นเกลี้ยง ถ้าออกแรงผลัก 10 นิวตัน ดังรูป จงหาขนาดของแรงที่แท่งไม้ 3 กิโลกรัม กระทำต่อแท่งไม้ 5 กิโลกรัม



$$\Sigma F = ma$$

$$10 = 10a$$

$$a = 1 \frac{m}{s^2}$$



$$\Sigma F = ma$$

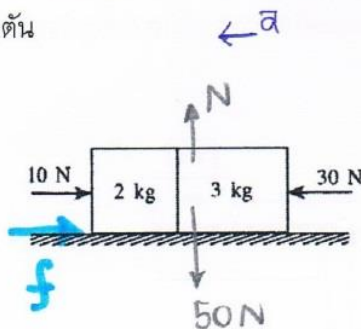
$$10 - R = 5(1)$$

$$R = 5 \text{ N}$$

#

- 16) กล่องมวล 2 กิโลกรัม และ 3 กิโลกรัม ถูกแรง 10 นิวตัน และ 30 นิวตัน กระทำตามแนวระดับดังในรูป ถ้าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานของกล่องกับพื้นเท่ากับ 0.3 แรงที่กล่องมวล 3 กิโลกรัม กระทำต่อ กล่องมวล 2 กิโลกรัม เป็นกี่นิวตัน

1. 18
2. 14
3. 12
4. 10



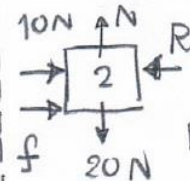
$$\Sigma F = ma$$

$$30 - 10 - f = 5a$$

$$20 - \mu N = 5a$$

$$20 - 0.3(50) = 5a$$

$$a = 1 \text{ m/s}^2$$



$$\Sigma F = ma$$

$$R - f - 10 = 2a$$

$$R - \mu N = 2 + 10$$

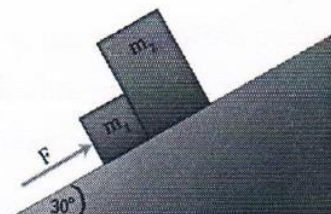
$$R - 0.3(20) = 2 + 10$$

$$R = 18 \text{ N}$$

#

- 17) วัตถุมวล $m_1 = 1 \text{ kg}$ และ $m_2 = 4 \text{ kg}$ วางติดอยู่บนพื้นเอียงไม่มีความเสียดทาน มีแรง F ขนาด 20 นิวตัน กระทำดังรูป ขนาดของแรงที่มวลทั้งสองกระทำต่อกันมีค่ากี่นิวตัน

1. 8 N
2. 12 N
3. 16 N
4. 20 N



$$F = 20 \text{ N}$$

$$mg \sin 30^\circ = 5g \left(\frac{1}{2}\right) = 25 \text{ N}$$

$$\Sigma F = ma$$

$$25 - 20 = 5a$$

$$a = 1 \text{ m/s}^2$$

$$\Sigma F = ma$$

$$20 - R = 4(1)$$

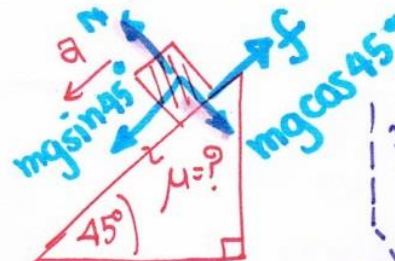
$$R = 16 \text{ N}$$

#

- 18) วัตถุไถลลงไปตามแนวพื้นเอียงด้วยความเร่งคงที่ a โดยพื้นเอียงทำมุม 45 องศา กับแนวราบ จงหาค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทาน

1. $\left(1 - \frac{\sqrt{2}a}{g}\right)$
3. $\left(1 + \frac{\sqrt{2}a}{g}\right)$

2. $\left(1 - \frac{\sqrt{2}g}{a}\right)$
4. $\left(1 + \frac{\sqrt{2}g}{a}\right)$



$$\Sigma F = ma$$

$$mg \sin 45^\circ - f = ma$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2}mg - \mu(mg \cos 45^\circ) = ma$$

$$\frac{\sqrt{2}g}{2} - \mu \frac{\sqrt{2}g}{2} = a$$

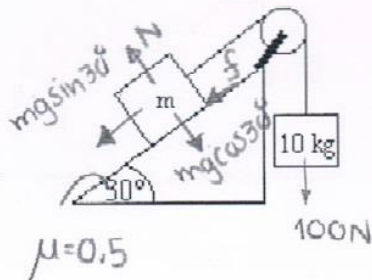
$$\frac{\sqrt{2}g}{2} - a = \mu \frac{\sqrt{2}g}{2}$$

$$1 - \frac{a}{\frac{1}{\sqrt{2}}g} = \mu$$

$$\mu = 1 - \frac{\sqrt{2}a}{g}$$

- 19) มวล m วางบนพื้นเอียงทำมุม 30° องศา กับพื้นราบถูกโยงกับมวล 10 กิโลกรัม ด้วยเชือกไร้น้ำหนักซึ่งพาดอยู่บนรอกดังรูป ถ้ามวล m กำลังเคลื่อนที่ขึ้นด้วยความเร่ง 2.0 m/s^2 และสัมประสิทธิ์ความเสียดทานจลน์ระหว่างมวล m กับพื้นเอียงคือ 0.5 มวล m จะใกล้เคียงกับค่าใด

1. 7 kg.
2. 9 kg.
3. 10 kg.
4. 11 kg.



$$\Sigma F = ma \quad \uparrow \mu N$$

$$100 - mg \sin 30^\circ - f = ma$$

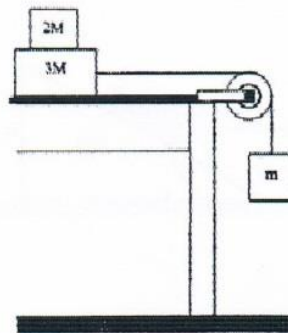
$$100 - 5m - \mu mg \cos 30^\circ = (m + 10)2$$

$$100 - 5m - 0.5(5\sqrt{3}m) = 2m + 20$$

$$m =$$

- 20) จากรูป มวล m มีค่าสูงสุดเท่าใด ที่ทำให้มวล $2M$ และ $3M$ เคลื่อนที่ติดกันไป ถ้ารอกและเชือกเบา กำหนดให้ทุกผิวสัมผัสมีสัมประสิทธิ์ความเสียดทานสถิตและจลน์เป็น 0.20 และ 0.10 ตามลำดับ

1. $\frac{5M}{3}$
2. $\frac{15M}{8}$
3. $\frac{9M}{8}$
4. $2.5M$



$$\Sigma F = ma$$

$$\mu_s N = ma$$

$$\mu_s (2Mg) = 2Ma$$

$$0.2(10) = a$$

$$a = 2 \text{ m/s}^2$$

$$\Sigma F = ma \quad \mu_k N$$

$$mg - f = (5M + m)2$$

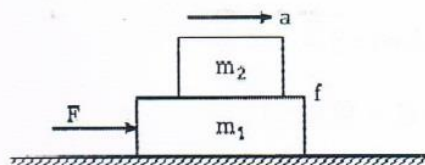
$$10m - 0.1(5Mg) = 10m - 5M = 10M + 2m$$

$$8m = 15M$$

$$m = \frac{15M}{8}$$

- 21) กล้องสองใบมีมวล m_1 และ m_2 ตามลำดับ วางซ้อนกันบนพื้นราบลื่นไร้ความฝืด มีแรง F กระทำต่อกอง m_1 ทำให้ทั้งสองเคลื่อนที่ไปทางขวาด้วยความเร่ง a ถ้า f เป็นแรงเสียดทานสูงสุดที่มีได้ระหว่างผิวสัมผัสของทั้งสอง F มีค่าได้มากที่สุดเท่าใดมวล m_2 จึงไม่ไถลไปบน m_1 (Ent Mar' 46)

1. $\frac{m_2}{m_1} f$
2. $\frac{m_2}{m_1 + m_2} f$
3. $\frac{m_1}{m_2} f$
4. $\frac{m_1 + m_2}{m_2} f$



$$\Sigma F = ma$$

$$F = (m_1 + m_2)a \quad \text{--- (1)}$$

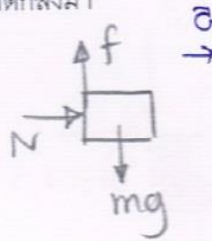
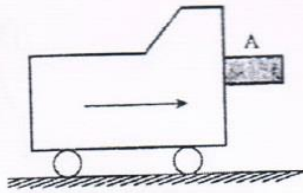
$$f = m_2 a$$

$$a = \frac{f}{m_2} \quad \text{--- (2)}$$

$$\therefore F = (m_1 + m_2) \frac{f}{m_2}$$

22) วัตถุ A อยู่บนหน้ากระดานรถคันหนึ่ง ถ้ากระดานมีค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานเป็น μ จงหาว่ารถจะต้องเคลื่อนที่ด้วยความเร่งเท่าไร วัตถุนี้จึงจะติดอยู่กับกระดานรถได้ไม่ตกลงมา

1. μg
2. $\frac{g}{\mu}$
3. $\frac{\mu}{g}$
4. $\sqrt{\mu g}$



$$\Sigma F = ma$$

$$N = ma \quad \text{--- ①}$$

$$\uparrow = \downarrow$$

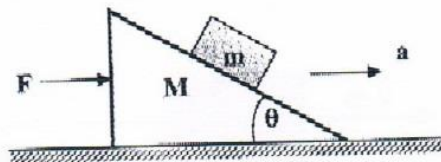
$$f = mg$$

$$\mu N = mg$$

$$\mu (ma) = mg \rightarrow a = \frac{g}{\mu} \#$$

23) แท่งไม้มวล m วางอยู่บนลิ้นซึ่งมีมวล M โดยไม่มีแรงเสียดทานระหว่างผิวสัมผัสคู่ใดเลย เมื่อดันลิ้นให้เคลื่อนที่ไปด้วยความเร่ง a ดังรูป พบว่าแท่งไม้อยู่นิ่ง เมื่อเทียบกับพื้นเอียง จงหาว่าแรงที่ลิ้นกระทำต่อแท่งไม้ มีขนาดเท่าใด

1. $\frac{mg}{\sin \theta}$
2. $\frac{mg}{\cos \theta}$
3. $\frac{Mg}{\sin \theta}$
4. $\frac{Mg}{\cos \theta}$

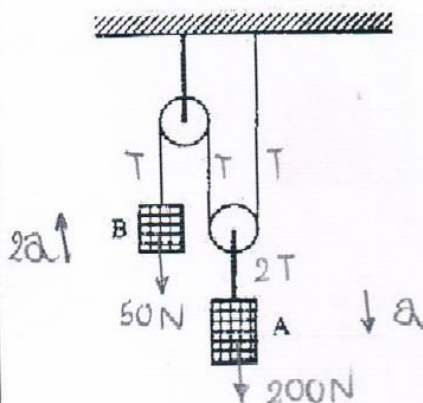


$$y: \uparrow = \downarrow$$

$$N \cos \theta = mg$$

$$N = \frac{mg}{\cos \theta} \#$$

24) รอกแต่ละตัวไม่มีความผิดและไม่ได้น้ำหนัก ให้มวล A เท่ากับ 20 กก. มวล B เท่ากับ 5 กก. จงหาอัตราเร่งของมวล A (กำหนดค่า $g = 10 \text{ m/s}^2$)



$$A: \Sigma F = ma$$

$$200 - 2T = 20a \quad \text{--- ①}$$

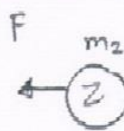
$$B: \Sigma F = ma$$

$$T - 50 = 5(2a)$$

$$T - 50 = 10a \quad \text{--- ②}$$

$$2 \times \text{②} + \text{①}; \quad 100 = 30a \rightarrow a = \frac{10}{3} = 3.33 \text{ m/s}^2 \#$$

25) มวล m_1 และ m_2 ในอวกาศ ขณะที่อยู่ห่างกันเป็นระยะ d นั้นผู้สังเกตอยู่บนมวล m_1 จะเห็นมวล m_2 มีความเร่งเข้าหาตัวเท่าไร



$$\Sigma F = ma$$

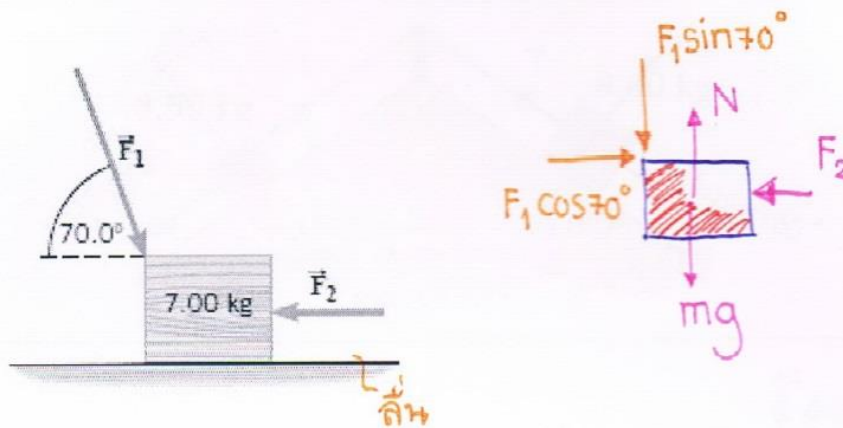
$$\frac{Gm_1m_2}{d^2} = m_2a$$

$$\vec{a}_{2/1} = \vec{a}_2 - \vec{a}_1$$

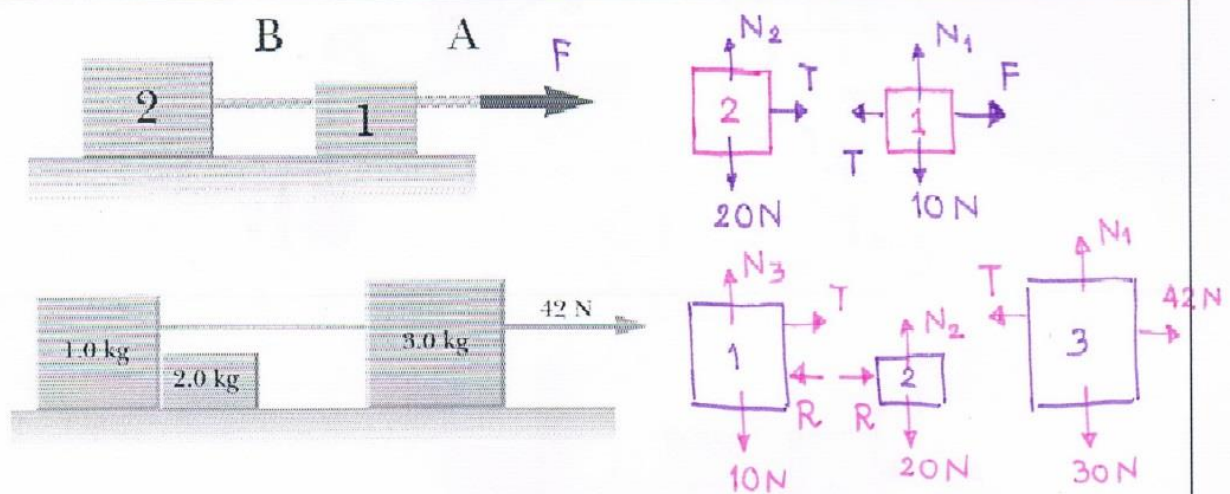
$$= \frac{Gm_1}{d^2} + \frac{Gm_1}{d^2} = \frac{2Gm_1}{d^2}$$

Free body Practice

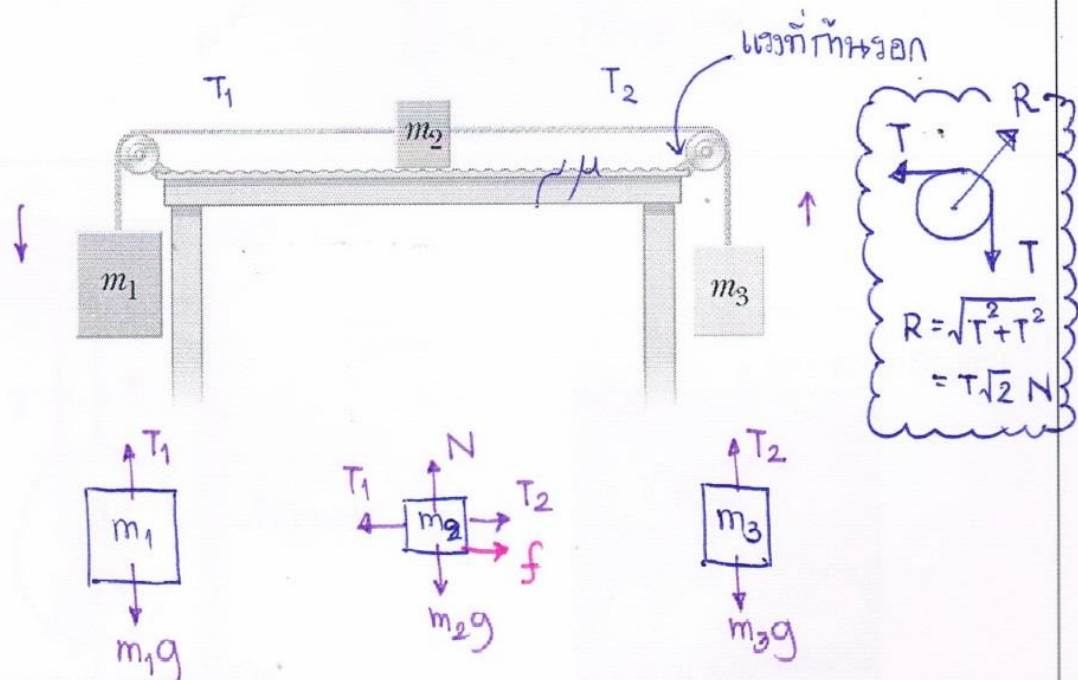
1



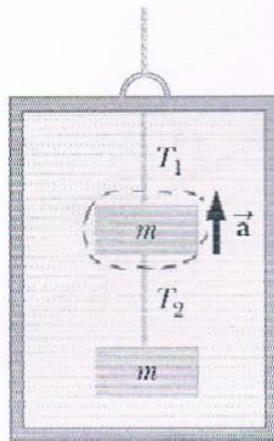
2



3



8

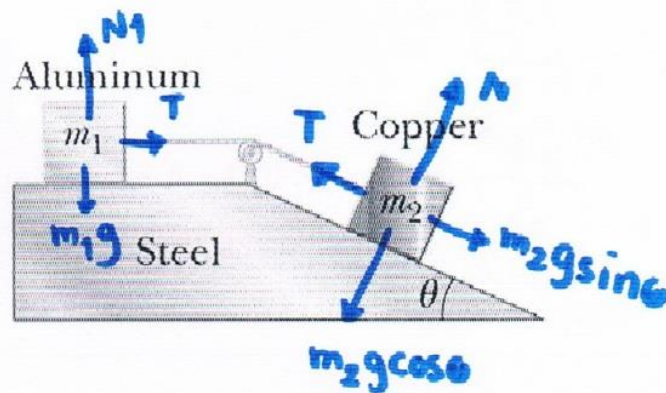


ก้อนบน

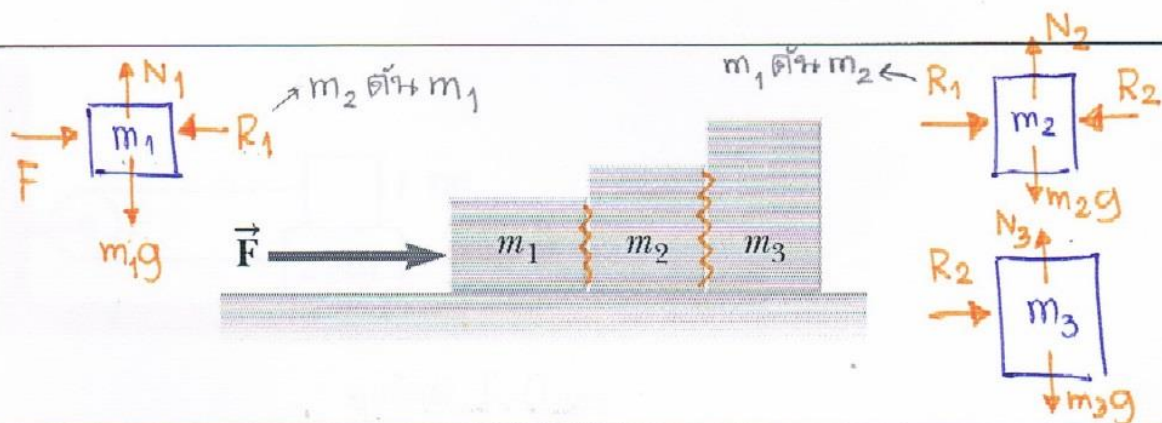


ก้อนล่าง

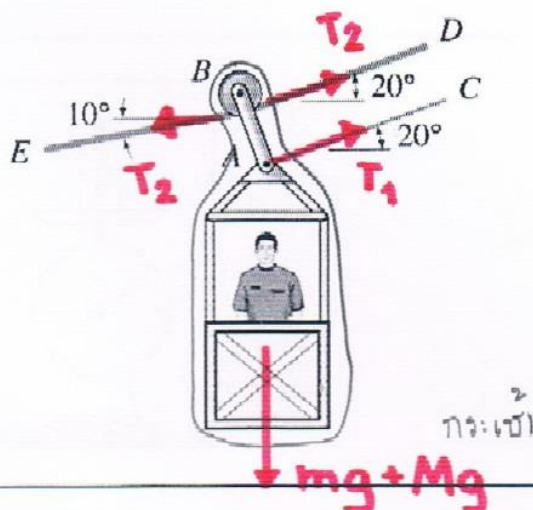
9



10

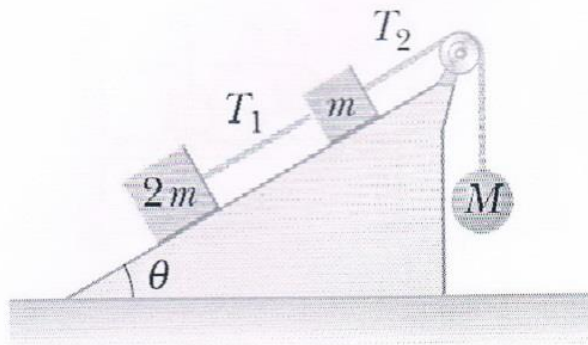


11



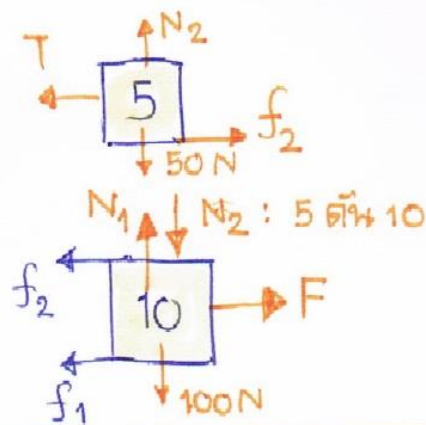
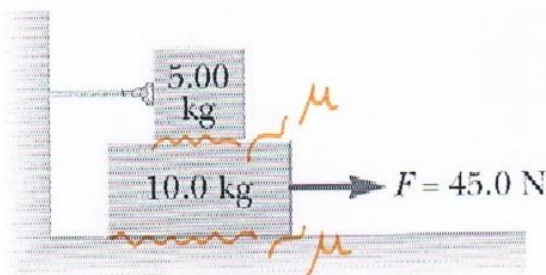
การเข้า

12

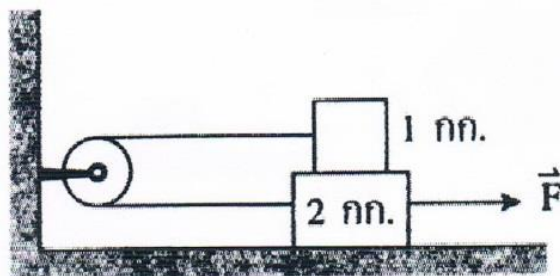


13

ทุกผิวมีแรงเสียดทาน

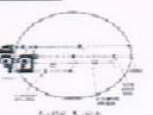
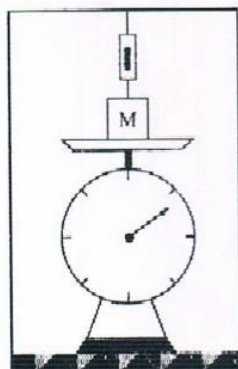


14

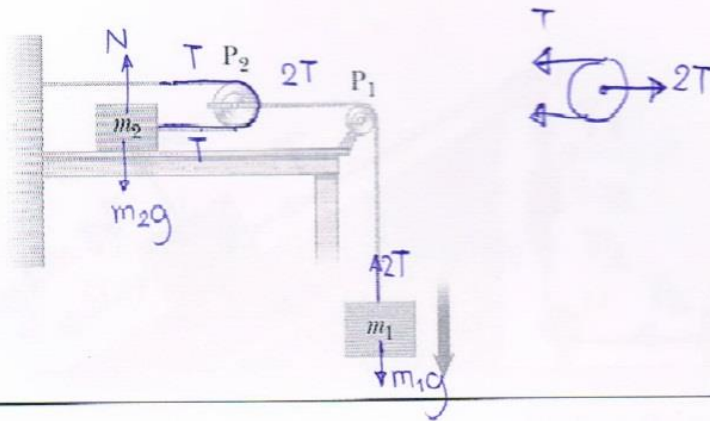


ทุกผิวมี friction

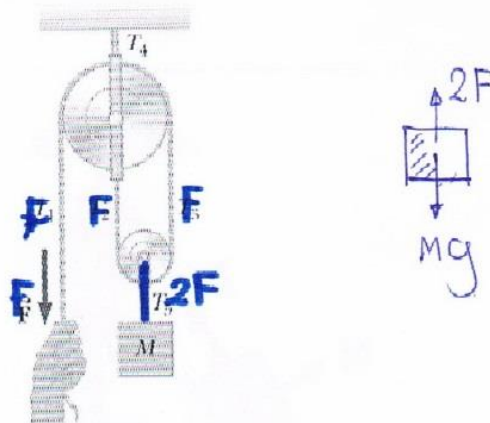
15



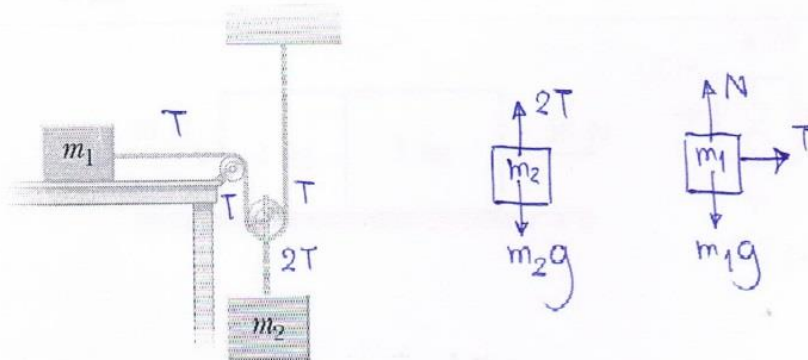
16



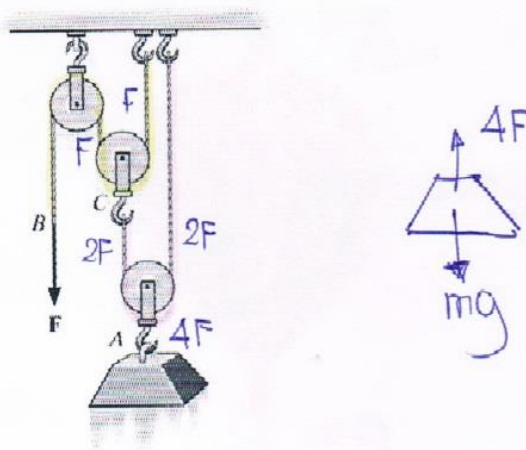
17



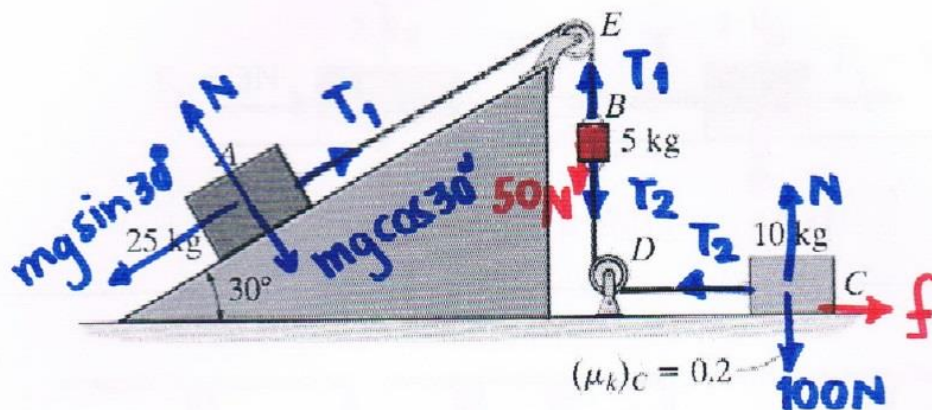
18



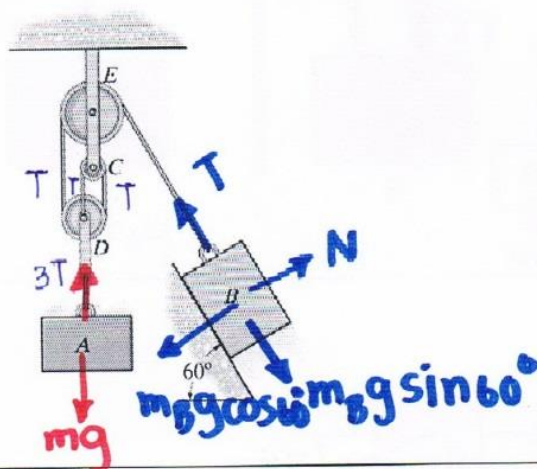
19



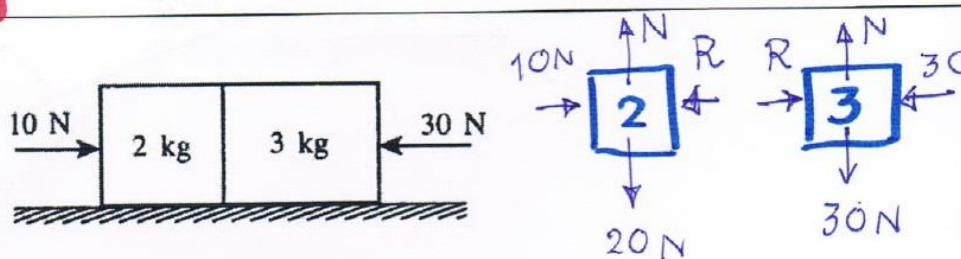
20



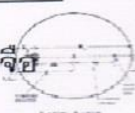
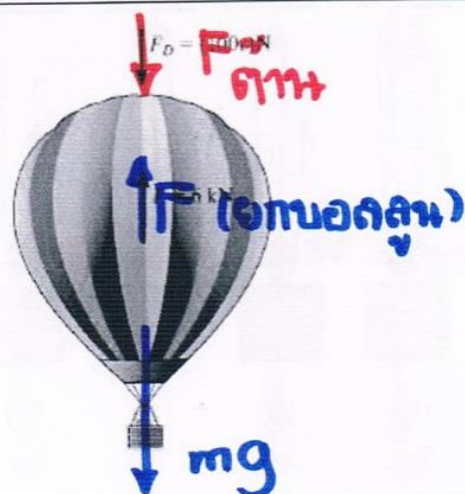
21



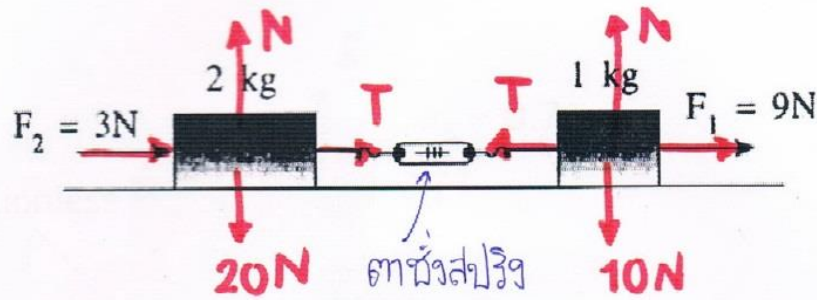
22



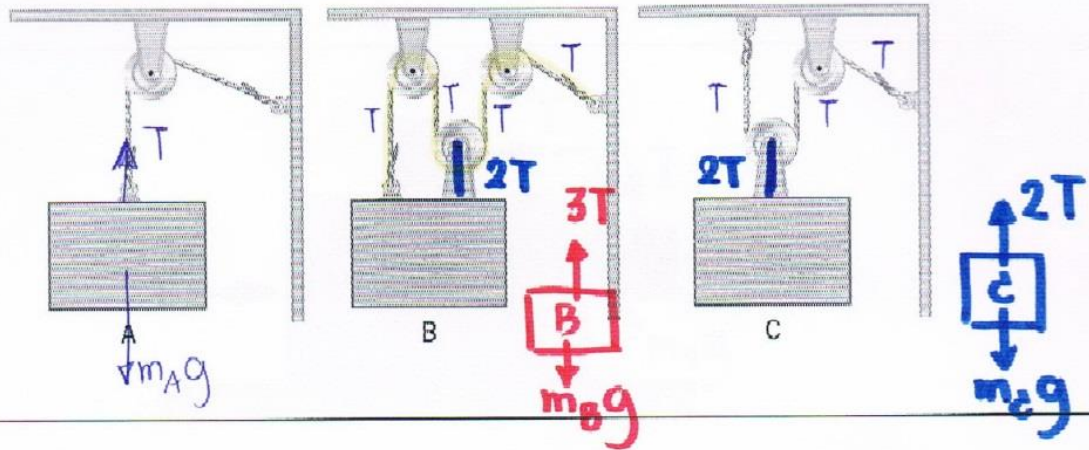
23



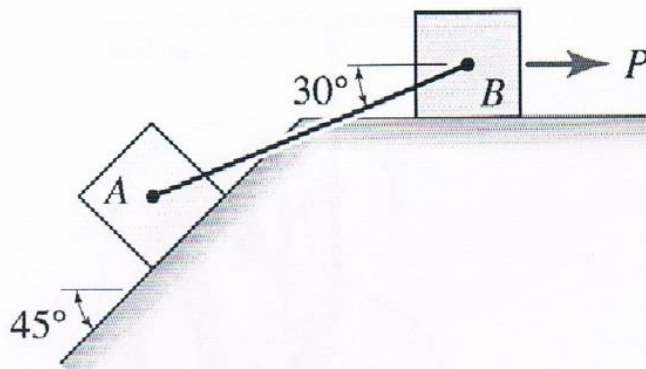
24



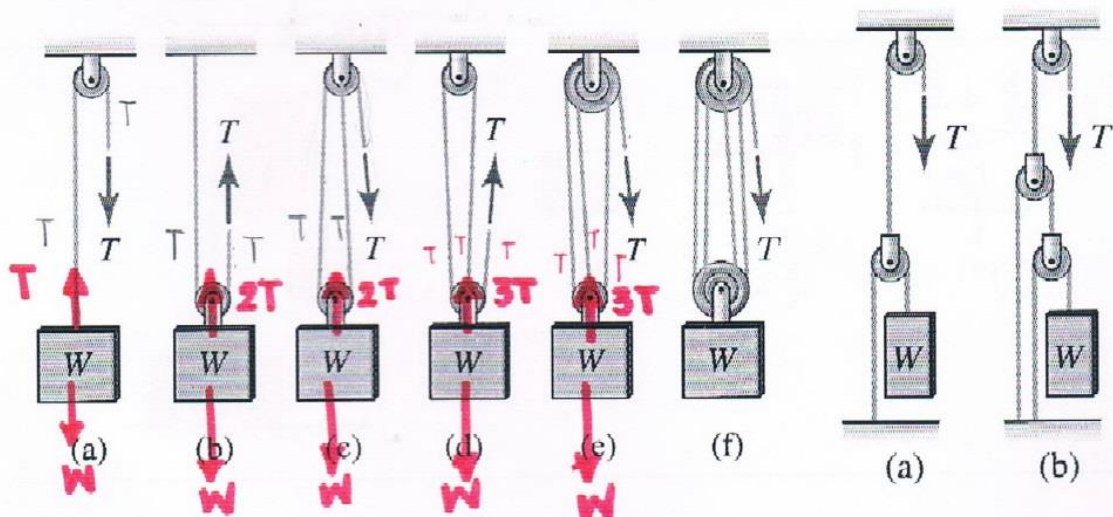
25



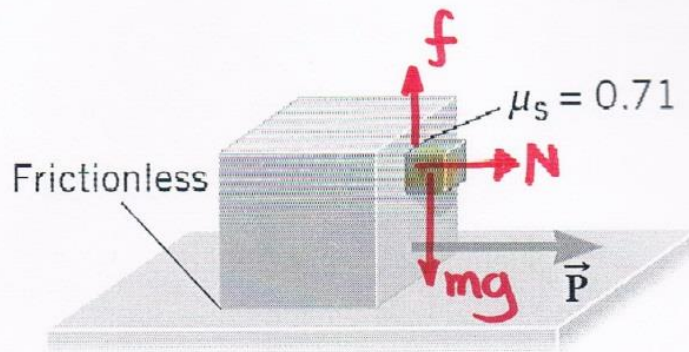
26



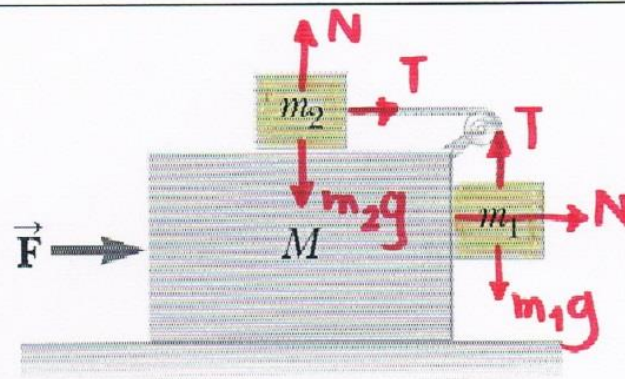
27



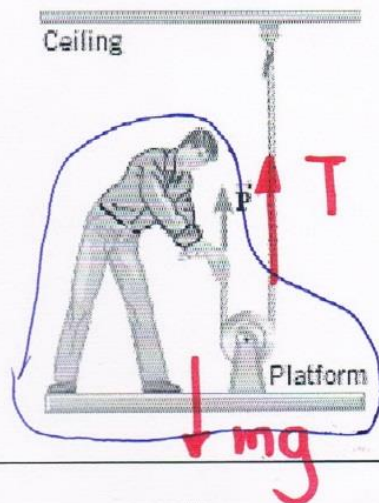
28



29



30



31

