

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E	D	C	D	B	D	D	C	E	D
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
D	C	D	B	A	A	C	D	B	E
21	22	23	24						
ACE	ADE	ABCE	BCDE						

第壹部份

一、單選題

1. 單擺週期 $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$

小球連續兩次通過最低點的時間 $t = \frac{T}{2} = \pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

則平均加速度量值

$$|\vec{a}_{av}| = \left| \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} \right| = \frac{2v}{\pi\sqrt{\frac{L}{g}}} = \frac{2v}{\pi} \sqrt{\frac{g}{L}}$$

2. 德布羅意認為粒子與光子一樣，具有粒子與波動的二象性

3. 假設 A、B 兩質點質量分別為 m_1 、 m_2 質點 A 受兩力 F 與重力 m_1g 達平衡 $\rightarrow F = m_1g \dots (1)$

質點 B 受三力 F、正向力 N 及重力 m_2g 達平衡 \rightarrow 沿曲面切線 $x: F = m_2g \sin 30^\circ \dots (2)$

沿曲面法線 $y: N = m_2g \cos 30^\circ \dots (3)$

由(1)與(2)可得 $2m_1 = m_2$

則當 A、B 交換位置時

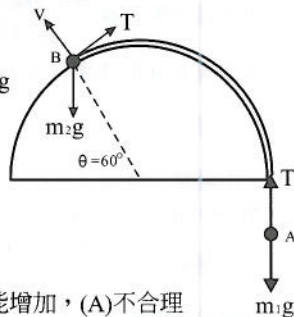
質點 B 受兩力 T 與重力 m_1g

$$m_2g - T = m_2a \dots (4)$$

質點 A 受三力 T、正向力 N 及重力 m_2g

$$T - m_1g \sin 30^\circ = m_1a \dots (5)$$

$$\text{可得 } a = \frac{1}{2}g = 5 \text{ m/s}^2$$



4. A 球動能沒變化但 B 球動能增加，(A)不合理
(B)不符合動量守恆
(C)A 球追上 B 球碰撞後有可能動量減小或是反向，同方向動量增加不正確
(D)A 球動量變小，B 球動量增大且動量守恆，故此選項是可能的

5. 設最低點重力位能為零，則運動至平衡點時有最大速度利用力學能守恆得

$$U_s + U_g + K = \frac{1}{2}k(2R)^2 + 0 + 0 = \frac{1}{2}kR^2 + mgR + \frac{1}{2}mv^2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}3kR^2 - mgR, \text{ 又彈簧伸長 } R \text{ 時合力為零,}$$

故 $kR = mg$ 代入左式

$$\Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}3mgR - mgR \Rightarrow v = \sqrt{gR}$$

6. 炸彈落下時間 $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ (h 為落下高度) 假設炸彈間距為 h 則第二顆炸彈落下 $3h$ ，第三顆炸彈落下 $2h$ ，第四顆炸彈

落下 h

$$\text{則 } \frac{t_3 - t_4}{t_2 - t_3} = \frac{\sqrt{2h} - \sqrt{h}}{\sqrt{3h} - \sqrt{2h}} = \sqrt{6} + 2 - \sqrt{3} - \sqrt{2}$$

7. 太陽能面板 4 小時內收集能量最多為 $Q = 600 \times 1.5 \times 4 \times 3600(J)$
若全部被水吸收則 $Q = 200 \times 1000 \times 1 \times \Delta t \times 4.2$
 $\therefore \Delta t = 15.4^\circ\text{C}$

8. 由力圖可知

$$x: T_A \sin 37^\circ = T_B \sin 53^\circ$$

$$y: T_A \cos 37^\circ + T_B \cos 53^\circ = W$$

$$\text{可得到 } T_A = \frac{4}{5}W$$

$$T_B = \frac{3}{5}W \text{ 又因 } T_A = \frac{4}{5}W \leq 72$$

$$\text{且 } T_B = \frac{3}{5}W \leq 60 \text{ 可得到 } W \leq 90$$

且 $W \leq 100$ 取小者

9. 質點受三力平衡滿足 $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = 0$

$$\text{任兩力之和與第三力等大反向 } \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = -\vec{F}_3$$

當 5N 轉向時質點所受合力為

$$|\vec{F}_{\text{合}}| = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + (-\vec{F}_3) = 2(-\vec{F}_3) = 10N$$

$$\text{則質點加速度量值為 } a = \frac{10}{2} = 5 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

$$10 \text{ 秒後速度量值為 } v = 0 + at = 5 \times 10 = 50 \text{ (m/s)}$$

$$\text{則質點動能為 } E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 2 \times (50)^2 = 2500(J)$$

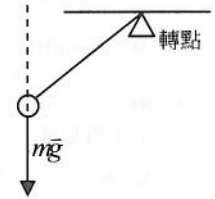
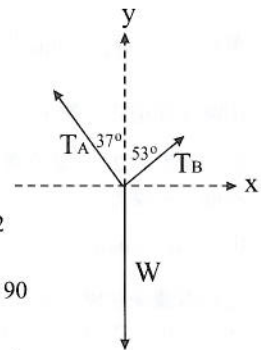
10. (A)繩張力與運動方向垂直因此張力不做功

(B)玩具飛機受重力與繩張力，

因為玩具飛機做等速率圓周運動所以合力(加速度)恆指向圓心，亦即僅受向心加速度

(C) $\vec{J} = \vec{F}\Delta t = m\vec{g}\Delta t$ 玩具飛機所受重力作用之衝量隨時間增加而增加

(D) $\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} = \frac{\Delta\vec{L}}{\Delta t}$ 以懸掛點為轉點時重力對玩具飛機作用的力矩不為零，但張力力矩與重力力矩之合為零故總角動量不變(E)玩具飛機所受合力矩=角動量時變率為零(張力、重力之力矩和為零)



11. 小球碰撞斜面前後瞬間速度大小均為 $\sqrt{2gh}$

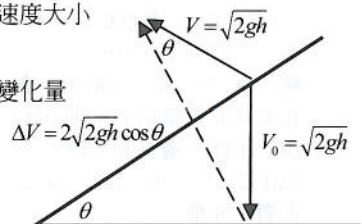
$$\text{均為 } \sqrt{2gh}$$

如圖可得碰撞前後速度變化量

$$\Delta V = 2\sqrt{2gh} \cos \theta$$

因此動量變化量為

$$|\Delta P| = 2m\sqrt{2gh} \cos \theta$$



12. 加熱前由活塞平衡知 $P_A = P_B = 76 + 76 \text{ (cmHg)}$

A 容器加熱前後莫耳數不變

$$\therefore \frac{P_A V_A}{T_A} = \frac{P'_A V'_A}{T'_A} \Rightarrow \frac{152 \times 3}{300} = \frac{P'_A (9 - V'_B)}{400}$$

B 容器 n, T 不變: $152 \times 6 = P'_B V'_B$ 且

$$P'_B = P'_A \text{ 代回上式得 } V'_B = 5.4L$$

13. 因為水平地面光滑所以水平外力為零則水平動量守恆
 $(45 + 10 + M) \times 10 = 10 \times (10 - 8) + (45 + M) \times 11$
 可得 $M = 35 \text{ Kg}$

14. 萬有引力當向心力可知 $\frac{GMm}{r^2} = mg = m(a_c = r\omega^2 = \frac{v^2}{r})$

可知正確答案只有(B)

15. 若衛星 A 軌道半徑為 r, 則衛星 A 重力加速度為 $g_A = \frac{GM}{r^2}$ 。地表重力加速度為 $g = \frac{GM}{R^2}$

$$\therefore g_A = \frac{R^2}{r^2} \times g = r\omega^2 \Rightarrow \frac{R^2}{r^3} = \frac{\omega^2}{g} \Rightarrow \frac{R}{r} = \left(\frac{\omega^2 R}{g}\right)^{1/3}$$

$$\text{萬有引力} = mg_A = mg \frac{R^2}{r^2} = m(gR^2 \omega^4)^{1/3}$$

16. 由圖左知道立方體密度 $d = \frac{3}{5}\rho$

放入密度為 2ρ 、需考慮表面張力的液體後, 達平衡時設液面下的深度為 h

$$\text{則 } \gamma \times 4L \times \cos \alpha + \frac{3}{5} \rho L^3 g = 2\rho L^2 hg \Rightarrow h = \frac{3L}{10} + \frac{2\gamma \cos \alpha}{\rho g L}$$

左右兩圖深度變化為

$$\frac{3L}{5} - \left(\frac{3L}{10} + \frac{2\gamma \cos \alpha}{\rho g L}\right) = \frac{3L}{10} - \frac{2\gamma \cos \alpha}{\rho g L}$$

17. 由圖可知人以定速走至 B 點時,

物體上升速率為 $v_0 \cos 60^\circ$

且木塊位移為 $\frac{H}{\sin 60^\circ} - H$

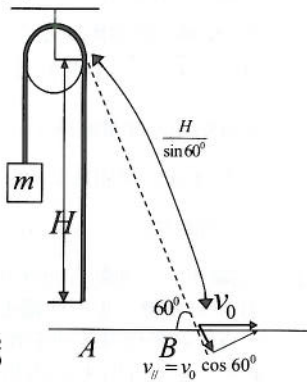
功能定律 $W_A + W_g = \Delta K$

$$W_A = \Delta K + \Delta U$$

$$= \frac{1}{2} m (v_0 \cos 60^\circ)^2 - 0$$

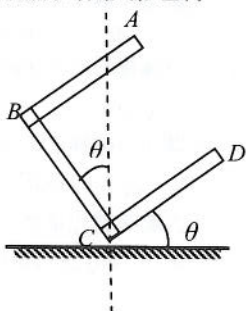
$$+ mg \left(\frac{H}{\sin 60^\circ} - H\right)$$

$$W_A = mgH \left(\frac{2}{\sqrt{3}} - 1\right) + \frac{1}{8} m v_0^2$$



18. 兩物所受彈力等大反向作用時間相同, 衝量等大反向速率與質量成反比兩物離開彈簧後受摩擦力作用則加速度量值 $a = \frac{f}{m} = \frac{\mu mg}{m} = \mu g$ 均相同再由等加速度運動 $0 = v^2 - 2a s$, 因甲物滑行距離大於乙物可得甲物初速大於乙物滑行時間 $\Delta t = \frac{\Delta v}{a}$ 可得甲物滑行時間大於乙物

19. 如圖可知三邊等長的框架質心(重心)位於通過 C 之鉛垂線上, 將框架之 CD 設為 x 軸; BC 為 y 軸, 設框架一邊長度為 L 質量為 m, 則 AB、BC、CD 三邊質心坐標分別為 $(L/2, L)$ 、 $(0, L/2)$ 、 $(L/2, 0)$ 則質心座標



$$r_{C.M.} = \frac{m(\frac{L}{2}, L) + m(0, \frac{L}{2}) + m(\frac{L}{2}, 0)}{m + m + m}$$

$$= \left(\frac{L}{3}, \frac{L}{2}\right)$$

可得 $\tan \theta = \frac{x_{C.M.}}{y_{C.M.}} = \frac{2}{3}$

20. 由力學能守恆知位置 3 速率最大, (A) 不對。位置 1, 2 之速率一樣但方向不

同, (B) 不對。向心力 $= m \frac{v^2}{R}$

, 可知位置 3 向心力最大, (C) 不對。

位置 1, 3 均無切線力,

故無切線加速度, (D) 不對。

$$N_2 = m \frac{u^2}{r_{大}} + mg \cos \theta < N_1 = m \frac{u^2}{r_{小}} + mg, \text{ (E) 對}$$

二、多選題

21. (A) 物體置於摩擦係數為 μ 的斜面上時, 當斜面傾斜角滿足 $\mu = \tan \theta_s$ 時恰下滑 ($mg \sin \theta_s \geq \mu mg \cos \theta_s \rightarrow \mu = \tan \theta_s$)

(B)(C) 可能條件有兩者 (i) 當 $\mu > \tan \theta$, 物體 A、B 靜止於斜面上時, 所受的摩擦力分別為 $2mg \sin \theta$ 、 $mg \sin \theta$ 且兩物距離不變

(ii) 當 $\mu < \tan \theta$, 物體 A、B 開始下滑所受的摩擦力分別為 $2\mu mg \cos \theta$ 、 $\mu mg \cos \theta$ 可得兩物所受加速度 ($a = g \sin \theta - \mu g \cos \theta$) 均相同因此沒有相對速度及相對加速度故兩物距離不變

(D) 兩物所受加速度相同但質量不同 $\vec{J} = \vec{F} \Delta t = m \vec{a} \Delta t$

故雖然時間相同但衝量值卻不同 (E) 正向力作用衝量隨時間增加而增加 $\vec{J} = \vec{N} \Delta t$

22. 由恢復係數定義 $e = \frac{\text{遠離速度}}{\text{接近速度}} = \frac{v'_B - v'_A}{v_A - v_B} = 0.5$, 且依題

意碰撞後 B 的速度為 A 速度兩倍, $v'_B = 2v'_A$

$$\text{代入可得 } \frac{2v'_A - v'_A}{4 - (-2)} = \frac{1}{2} \Rightarrow v'_A = 3 \text{ m/s} \quad v'_B = 6 \text{ m/s}$$

又由動量守恆知

$$m_A 4 + m_B (-2) = m_A 3 + m_B 6 \Rightarrow m_A = 8m_B$$

$$\text{質心速度為 } v_C = \frac{m_A 4 + m_B (-2)}{m_A + m_B} = \frac{30m_B}{9m_B} = \frac{10}{3} \text{ (m/s)}$$

碰撞前後動能差為

$$\frac{1}{2} m_A (4^2 - 3^2) + \frac{1}{2} m_B (2^2 - 6^2) = 12 \Rightarrow \frac{7m_A}{2} + \frac{-4m_A}{2} = 12$$

$$\therefore m_A = 8 \text{ (kg)}$$

23. (A)(B)

$$\frac{GMm_A}{(2R)^2} = m_A \frac{v^2}{2R} = m_A \frac{4\pi^2 (2R)}{T^2} \Rightarrow \frac{1}{2} m_A v^2 = \frac{GMm_A}{4R}$$

$$\therefore v = \sqrt{\frac{GM}{2R}} \text{ (與本身質量無關)}$$

(C) 設碰撞後速度變為 v_1 、回至地球表面速度為 v_2 , 由克二知 $2Rv_1 = Rv_2 \Rightarrow v_2 = 2v_1$

$$\text{又力學能守恆 } \frac{-GMm'}{2R} + \frac{1}{2} m' v_1^2 = \frac{-GMm'}{R} + \frac{1}{2} m' (2v_1)^2$$

$$\therefore v_1 = \sqrt{\frac{GM}{3R}}$$

(D)由克三知 $\frac{a^3}{T^2} = K \Rightarrow \frac{(2R)^3}{T^2} = \frac{(3R/2)^3}{T_{\text{橢圓}}^2} T_{\text{橢圓}}$
 $= T \times \left(\frac{3}{4}\right)^{3/2}$ 又在圓軌道之週期為 $\sqrt{\frac{4\pi^2(2R)^3}{GM}}$ 代入，由
 位置 1 至位置 2 的時間為橢圓週期一半
 $t = \frac{3\pi}{2} \sqrt{\frac{3R^3}{2GM}}$

(E)由於碰撞完畢以順時針繞行，可知 A 質量比 B 大因
 $m_A v - m_B v = (m_A + m_B)v_1 \therefore \frac{m_A}{m_B} = \frac{\sqrt{3} + \sqrt{2}}{\sqrt{3} - \sqrt{2}}$

24. (A)(B)若甲乙兩物與地面接觸面均光滑，則整體加速度
 $a = \frac{F}{m_1 + m_2}$

→可得甲作用於乙的力 $N = m_2 a = \frac{m_2}{m_1 + m_2} F$

(C)若甲物與地面接觸面粗糙而乙物與地面接觸光滑，而甲、乙兩物體仍維持靜止不動可得兩物合力為零，而乙物沒有摩擦力因此甲物作用於乙的力為零

(D)若甲物與地面接觸面光滑而乙物與地面接觸粗糙，而甲、乙兩物體仍維持靜止不動可得兩物合力為零，因此乙物的摩擦力需與外力 F 平衡，則甲作用於乙的力為 F

(E)甲乙兩物接觸面粗糙時整體加速度
 $a = \frac{F - f_1 - f_2}{m_1 + m_2} = \frac{100 - 0.5 \times 4 \times 10 - 0.5 \times 6 \times 10}{4 + 6} = 5$

則甲作用於乙的力滿足 $N - f_2 = m_2 a$

可得 $N = f_2 + m_2 a = 0.5 \times 6 \times 10 + 6 \times 5 = 60\text{N}$

第貳部份

一. (1)底座螺絲不一定為水平，實驗前需調整稍微傾斜利用重力沿斜面的分量抵銷系統摩擦力使得滑車在軌道上做等速運動

(2)設軌道傾斜與水平面夾角為 θ ，系統的摩擦力為 f

$$m_2 g - T = m_2 a \dots \textcircled{1}$$

$$T + m_1 g \sin \theta - f = m_1 a \dots \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1} + \textcircled{2} \Rightarrow a = \frac{g}{m_1 + m_2} m_2 + \frac{m_1 g \sin \theta - f}{m_1 + m_2} \dots \textcircled{3}$$

比較 $y = mx + b$ ；可得在 a 與 m_2 的關係圖中，

可得到 a 與 m_2 的斜率 = $\frac{g}{m_1 + m_2}$ 截距為 $\frac{m_1 g \sin \theta - f}{m_1 + m_2}$

(3)本題中 m_2 軸上截距為正值 $\Rightarrow m_1 g \sin \theta - f < 0$

故造成直線不通過原點的主要原因為斜面不夠傾斜

二. (1)平衡時左右室壓力相同、溫度相同

$$P_{\text{平衡}} = \frac{n_1 R T_{\text{平}}}{V_1} = \frac{n_2 R T_{\text{平}}}{V_2} \Rightarrow n_1 : n_2 = 3 : 1$$

(2)溫度一致只能表示平均動能一樣，無法判斷個別動能大小關係

(3)由於容器絕熱故能量守恆

$$\frac{3}{2} n_1 R T_1 + \frac{3}{2} n_2 R T_2 = \frac{3}{2} (n_1 + n_2) R T_{\text{平}} \Rightarrow T_{\text{平}} = \frac{3T_1 + T_2}{4}$$

