

臺中市立高級中等學校

109 學年度指定科目第二次聯合複習考試

考試日期：110 年 3 月 4~5 日

物理考科

— 作答注意事項 —

考試時間：80 分鐘

作答方式：

- 選擇題用 2B 鉛筆在「答案卡」上作答；更正時，應以橡皮擦擦拭，切勿使用修正液（帶）。
- 非選擇題用筆尖較粗之黑色墨水的筆在「答案卷」上作答；更正時，可以使用修正液（帶）。
- 未依規定畫記答案卡，致機器掃描無法辨識答案；或未使用黑色墨水的筆書寫答案卷，致評閱人員無法辨認機器掃描後之答案者，其後果由考生自行承擔。
- 答案卷每人一張，不得要求增補。

第壹部分：選擇題（占 80 分）

一、單選題（占 60 分）

說明：第 1 題至第 20 題，每題有 5 個選項，其中只有一個是正確或最適當的選項，請畫記在答案卡之「選擇題答案區」。各題答對者，得 3 分；答錯、未作答或畫記多於一個選項者，該題以零分計算。

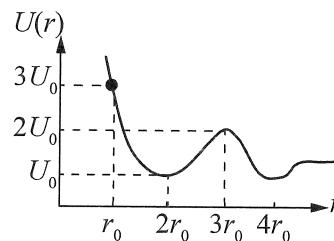
- 物質由原子組成，因此原子的結構與性質是科學發展的重點之一，以氦原子為例，下列有關原子的敘述，何者正確？
 (A) 穩定的氦原子核內，兩個質子間最強的作用力是電磁力
 (B) 原子核與電子的體積總和決定了氦原子的大小
 (C) 氦原子本身為電中性，原子間缺乏靜電吸引力而無法形成液態
 (D) 拉塞福使用氦原子核進行散射實驗，證明原子質量集中在小區域，其它大部分空間為真空
 (E) 以光子將氦原子的電子從基態激發到第一激發態，使用的光子頻率愈高，愈容易成功

- 已知長直導線在空間中建立的磁場可以表示成 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi r}$ ，其中 I 為導線電流大小， r 為空間中某點到導線的垂直距離， μ_0 則為真空中的磁導率。下列何者是 μ_0 的單位？（ T 為特斯拉， A 為安培， C 為庫侖）

- (A) $A/(m \cdot T)$ (B) $A \cdot T/m$ (C) $T \cdot m \cdot s/C$
 (D) $T \cdot m \cdot s/A$ (E) T/A

- 一質量為 m 的粒子，其位能 U 與位置 r 的關係如圖(1)所示。如果粒子在位置 r_0 處從靜止狀態中釋放，在位置 $3r_0$ 處的速度將是多少？

- (A) $\sqrt{\frac{8U_0}{m}}$ (B) $\sqrt{\frac{6U_0}{m}}$
 (C) $\sqrt{\frac{4U_0}{m}}$ (D) $\sqrt{\frac{2U_0}{m}}$



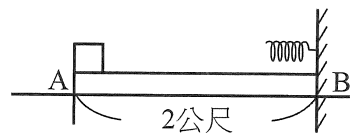
圖(1)

- (E) 無法到達 $3r_0$

- 有一個原本為電中性且半徑為 R_2 的導體薄球殼包圍半徑為 R_1 的金屬球，金屬球此時的電位為 V ，如果將薄球殼接地，則金屬球的電位變為下列何者？

- (A) $\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} V$ (B) $\frac{R_2}{R_1} V$ (C) $\frac{R_1}{R_2} V$
 (D) $\frac{R_2 - R_1}{R_1} V$ (E) $\frac{R_2 - R_1}{R_2} V$

- 如圖(2)所示，AB 為位於光滑水平面上的長木板 M ，質量為 4 公斤，長度為 2 公尺，其右端 B 有一面固定擋板，於木板 A 端放有一小滑塊 m ，其質量為 1 kg，小滑塊與木板間的動摩擦係數為 0.2。當木板處於靜止的初始狀態時，小滑塊以初速度 $v_0 = 10 \text{ m/s}$ 緊貼木板表面向右射出，碰撞 B 端擋板的彈簧。碰撞後，小滑塊恰好回到 A 端而不脫離木板，求此過程中損失的力學能約為多少焦耳？

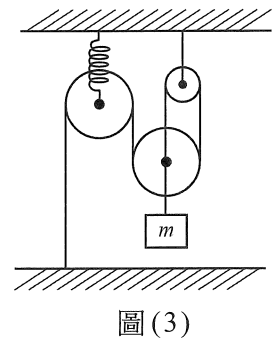


圖(2)

- (A) 40 (B) 24 (C) 20 (D) 8 (E) 4

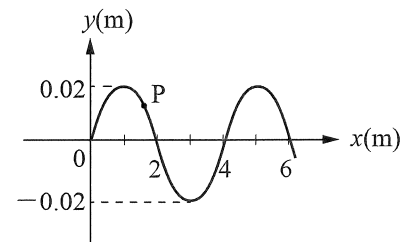
6. 三個不計質量的滑輪以圖(3)的方式吊掛質量 m 的物體，物體和繩子末端均固定在一滑輪的轉軸上，且連接滑輪間的繩子沿鉛直方向。左邊的定滑輪以彈力常數 k 的彈簧固定，已知重力加速度為 g ，當物體和滑輪達成力平衡時，彈簧的伸長量為下列何者？

- (A) $\frac{mg}{2k}$ (B) $\frac{2mg}{3k}$
(C) $\frac{mg}{k}$ (D) $\frac{3mg}{2k}$
(E) $\frac{2mg}{k}$



圖(3)

7. 一列正弦波在某一時刻的波形圖如圖(4)所示，已知質點 P 在該瞬間的振動速度為 V ，經過 0.2 秒後，質點 P 的振動速度再次為 V ；再經過 0.2 秒，質點 P 的振動速度量值又為 V ，但方向相反。關於此列正弦波的敘述，下列何者正確？



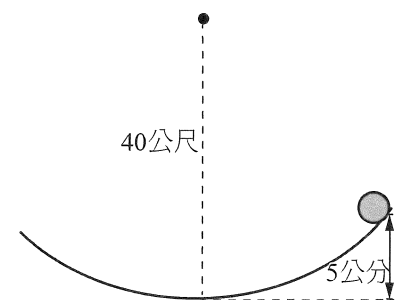
圖(4)

- (A) 沿 x 軸正方向傳播，波速量值為 7.5 m/s
(B) 沿 x 軸正方向傳播，波速量值為 5 m/s
(C) 沿 x 軸負方向傳播，波速量值為 7.5 m/s
(D) 沿 x 軸負方向傳播，波速量值為 5 m/s
(E) 沿 x 軸負方向傳播，波速量值為 15 m/s

8. 某生家裡的牆壁上有一個歷史悠久的掛鐘，其鐘擺為黃銅所製成，在初秋室溫為 12°C 時，此鐘擺動校正恰好準確。若已知黃銅的線膨脹係數 $1.89 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ，試問在夏天室溫 32°C 時，此掛鐘每小時大約快或慢多少秒？

- (A) 快 0.34 秒 (B) 快 0.68 秒
(C) 慢 0.34 秒 (D) 慢 0.68 秒
(E) 既不快也不慢，仍為正確時間

9. 實驗室地面上有一半徑 40 公尺的圓弧軌道，如圖(5)所示，示意圖未按比例繪製。將一小鋼珠在地面圓弧軌道離地高度 5 公分處靜止釋放，已知重力加速度 10 m/s^2 ，不考慮摩擦力的影響，鋼珠從釋放到第一次瞬間靜止（不考慮釋放瞬間），約經歷多少秒？



圖(5)

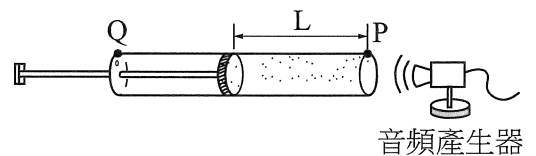
- (A) 3.1 (B) 6.3
(C) 12.6 (D) 18.6
(E) 21.0

10. 已知地球質量為 M ，半徑為 R ，人造衛星的質量為 m ，若以無窮遠處為重力位能零位面，則繞地球等速圓周運動的人造衛星由距離地表 R 升高為半徑 $3R$ 的軌道運轉，至少需補充的能量為下列何者？

- (A) $\frac{GMm}{2R}$ (B) $\frac{GMm}{3R}$ (C) $\frac{GMm}{6R}$
(D) $\frac{GMm}{9R}$ (E) $\frac{GMm}{12R}$

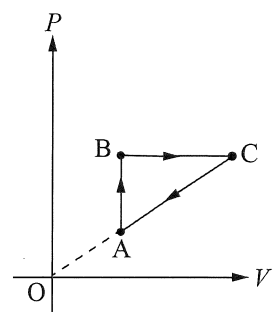
11. 從地面分別以 v_A 、 v_B 的初速率鉛直上拋 A、B 兩球，已知拋出 A 球的時間比 B 球早 t 秒，兩球到達相同高度時並未碰撞。兩球高度相同時，B 球剛好在其軌跡最高點，A 球的速率為 v_A' 。之後，兩球繼續運動，直到落地。取向上為正、重力加速度量值為 g ，關於兩球的運動，下列敘述何者正確？
- (A) 兩球同高時，A 球在上升中
(B) 兩球同高後，B 球較早落地
(C) 兩球在空中的時間，B 球比較長
(D) A 球拋出到兩球同高所經歷的時間為 $\frac{v_B}{g} - t$
(E) 三個速率的關係符合 $v_A^2 = v_A'^2 + v_B^2$

12. 有一活塞可調整的共鳴空氣柱，如圖(6)所示，假設氣密性良好，活塞兩側的氣體不會互相影響。實驗過程中，將空氣柱內的活塞由管口 P 漸漸往 Q 移動，假設管口到活塞之間的距離為 L ，則在調整 L 值的過程中，由於聲音的共鳴現象，會聽到聲音的強弱不同，對應的 L 值分別為 7.3、22.6、37.9 公分，已知音頻產生器發出的頻率為 1100 Hz，試求空氣中的聲速約為多少 m/s？
- (A) 321.2 (B) 328.9 (C) 336.6
(D) 344.3 (E) 356.4



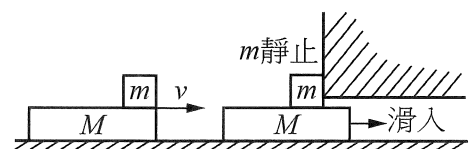
圖(6)

13. 一定量理想氣體其壓力 P 與體積 V 之關係圖，如圖(7)所示，氣體從溫度為 T_1 的狀態 A 變化到溫度為 T_2 的狀態 B，然後變化到溫度為 T_3 的狀態 C，最後又回到狀態 A。圖(7)中 \overline{CA} 延長線通過原點，若 T_1 、 T_2 為已知，則 T_3 為下列何者？
- (A) $\frac{T_2^2}{T_1}$ (B) $\frac{T_2}{T_1^2}$
(C) $\frac{T_2}{T_1}$ (D) $\frac{T_1}{T_2}$
(E) $T_1 T_2$



圖(7)

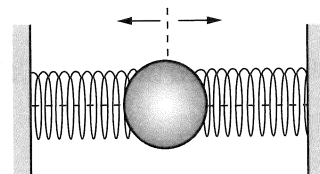
14. 如圖(8)，有一個質量為 M 的長板上，其最右端放著一個質量為 m 的盒子，兩物一起以速度 v 在水平桌面上向右移動。移動一段距離後，盒子撞上右側牆壁而靜止，但牆壁下面有一空間讓長板繼續往右滑。假設兩物之間動摩擦係數為 μ ，桌面與牆壁均光滑無摩擦。下列敘述何者正確？
- (A) 盒子撞牆後，長板保持等速度前進
(B) 盒子撞牆後，盒子所受摩擦力向左
(C) 盒子撞牆後靜止，故撞牆後牆壁給盒子的正向力為 0
(D) 盒子撞牆後，長板的加速度為 $g\mu$



圖(8)

- (E) 若盒子在整個運動過程中都留在長板上，則長板的最小長度應為 $\frac{Mv^2}{2mg\mu}$

15. 下列有關單狹縫繞射與雙狹縫干涉的敘述，何者正確？
- (A) 證明光是一種物質波
 (B) 雙狹縫的干涉圖樣，等於兩個獨立單狹縫繞射圖樣的疊加
 (C) 干涉條紋的寬度會因狹縫與光屏間的距離不同而改變
 (D) 單狹縫的中央亮紋寬度是雙狹縫亮紋寬度的兩倍
 (E) 白光無法產生單狹縫繞射與雙狹縫干涉現象
16. 500 m 高的台北 101 高樓內懸掛著巨大的球體，其質量為 m 並接上阻尼器，以抑制高層建築的晃動。如圖(9)所示，球體阻尼器系統視為兩個彈簧間的球體之簡諧運動振盪。一次強風中，球體最大加速度為 a ， k 是理想彈簧組合的力常數，則此球體振盪時的力學能最大值為下列何者？



圖(9)

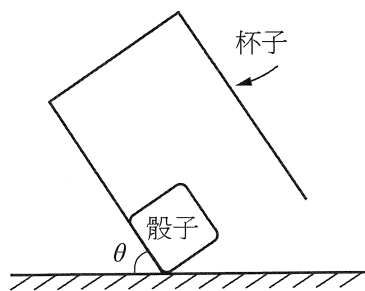
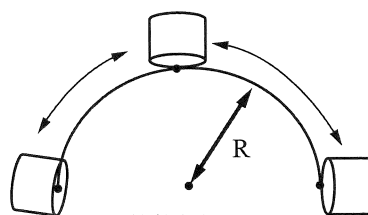
- (A) $\frac{(ma)^2}{k}$ (B) $\frac{(ma)^2}{2k}$ (C) $\frac{1}{2}(\frac{ma}{k})^2$
 (D) $\frac{1}{3}(\frac{ma}{k})^2$ (E) $\frac{(ma)^2}{4k}$

第 17-18 題為題組

「立骰」是一種有趣的雜技。拿一個杯子在桌面上做圓周運動，在手不碰到骰子的情況下，骰子能滑上杯子頂端，在精緻的操作下，甚至可以將數個骰子立成一行。

立骰的基本功在於讓骰子能夠沿杯壁上滑，其杯子有特定的運動方式才能成功：從杯子的側面看，杯壁始終與桌面保持固定的接觸角 θ ；從杯子的正上方看，可看到杯子在平面上的移動軌跡為一圓弧，其半徑為 R ，如圖(11)。

影響骰子上滑的關鍵在於立骰玩家搖晃杯子時的速度與接觸角 θ 。為了方便分析，假設質量為 m 的骰子始終都與杯子一起移動，並忽略杯子搖晃到圓弧兩端時加速度的影響。

側視圖
圖(10)俯視圖
圖(11)

17. 玩家在搖晃杯子的過程中，骰子尚未上滑，此時骰子斜靠杯壁，並與桌面接觸，如圖(10)所示。骰子與杯子內壁、桌面的摩擦力均可忽略。若骰子在此過程中的最大速度為 v ，此時杯子內壁對骰子的正向力為下列何者？
- (A) $\frac{mv^2}{R \sin \theta}$ (B) $\frac{mv^2}{R \cos \theta}$ (C) $\frac{mv^2}{R}$
 (D) $mg \cos \theta$ (E) $mg \sin \theta$
18. 承上題，欲使骰子能沿杯壁上滑，杯子與桌面接觸角的條件應為下列何者？
- (A) $\cos \theta > \frac{v^2}{gR}$ (B) $\sin \theta > \frac{v^2}{gR}$ (C) $\sin \theta < \frac{v^2}{gR}$
 (D) $\tan \theta < \frac{v^2}{gR}$ (E) $\tan \theta > \frac{v^2}{gR}$

第 19-20 題為題組

某學生在進行水波槽實驗時，觀察水波的干涉現象。已知兩個點波源之間的距離為 d ，產生的水波波長為 λ 。回答下列問題：

19. 當點波源為同相時，若在水波槽的水面上恰產生 3 條腹線的條件應為下列何者？

- (A) $2\lambda > d \geq \lambda$ (B) $2\lambda \geq d > \lambda$ (C) $\frac{3}{2}\lambda > d \geq \frac{1}{2}\lambda$
(D) $3\lambda > d \geq 2\lambda$ (E) $3\lambda \geq d > 2\lambda$

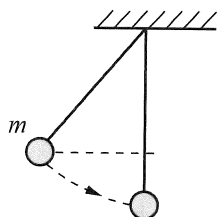
20. 若將點波源調整為反相，則第 3 腹線上的點與兩個點波源的波程差為多少？

- (A) 2λ (B) 3λ (C) $\frac{1}{2}\lambda$ (D) $\frac{3}{2}\lambda$ (E) $\frac{5}{2}\lambda$

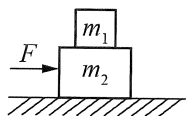
二、多選題（占 20 分）

說明：第 21 題至第 24 題，每題有 5 個選項，其中至少有一個是正確的選項，請將正確選項畫記在答案卡之「選擇題答案區」。各題之選項獨立判定，所有選項均答對者，得 5 分；答錯 1 個選項者，得 3 分；答錯 2 個選項者，得 1 分；答錯多於 2 個選項或所有選項均未作答者，該題以零分計算。

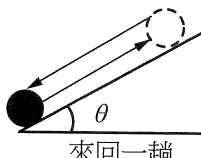
21. 請問在下列各種情況下，哪些做功為零？



圖(12)



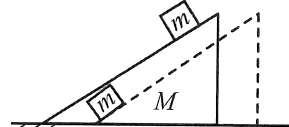
圖(13)



圖(14)

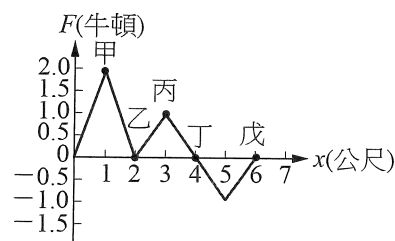


圖(15)



圖(16)

- (A) 如圖(12)，單擺自左端靜止釋放，擺動到最低點處，擺線的繩張力對擺錘所作的功
(B) 如圖(13)，水平施一外力 F 於物體 m_2 ，兩物體一起向左加速移動， m_1 與 m_2 無相對運動，物體 m_2 對物體 m_1 的摩擦力所作的功
(C) 如圖(14)，物體自粗糙的固定斜面底部上滑，再下滑至原處，摩擦力對物體所作的功
(D) 如圖(15)，在考慮粗糙的高速路面上，一輛以時速 108 km/hr 等速行駛的汽車，合力對汽車所作的功
(E) 如圖(16)，物體 m 由可自由滑動的自由斜面 M 頂部下滑至底部，正向力對物體所作的功
22. 一質量為 2 公斤的質點在一直線上自靜止開始運動，圖(17)為此質點所受的外力與位置的關係，質點的起始位置為 $x=0$ ，所受外力為正值時，方向為 $+x$ 方向，則下列哪些正確？
- (A) 此質點在乙處時，動能為 2 焦耳
(B) 此質點從丙到丁的過程，其動能愈來愈大
(C) 此質點在丁處的速度為 3 m/s
(D) 此質點各處動能大小關係為：甲 $>$ 丙 $>$ 乙 $>$ 丁 $>$ 戊
(E) 此質點在甲處的加速度量值最大



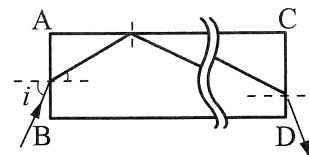
圖(17)

23. 小明將一根珍珠奶茶的吸管剪成適當長度後，放在嘴邊對管口吹氣。一開始兩端均為開口時，可發出頻率為 600 Hz 的聲音，但不一定為基音頻率。若將其一端封閉，則下列哪些可能是由該管發出的頻率？

(A) 300 Hz (B) 450 Hz (C) 600 Hz
(D) 1200 Hz (E) 1500 Hz

24. 如圖(18)所示，有一段長直光纖，已知 AC 平行 BD，AB 平行 CD。當光線射入光纖的 AB 端介面的入射角為 i 時，這束光線通過光纖剛好會從另一 CD 端介面射出，則下列敘述哪些正確？

(A) 當入射角大於 i 時，光也能從另一端射出
(B) 當入射角小於 i 時，光也能從另一端射出
(C) 光纖的折射率至少為 $\sqrt{\sin^2 i + 1}$
(D) 光纖的折射率至少為 $\sqrt{\cos^2 i + 1}$
(E) 光纖的折射率至少為 $\sqrt{\tan^2 i + 1}$



圖(18)

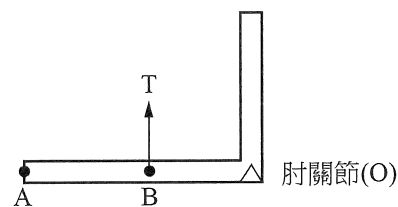
第貳部分：非選擇題（占 20 分）

說明：本部分共有二大題，答案必須寫在「答案卷」上，並於題號欄標明大題號（一、二）與子題號（1、2、……），若因字跡潦草、未標示題號、標錯題號等原因，致評閱人員無法清楚辨識，其後果由考生自行承擔。作答時不必抄題，但必須寫出計算過程或理由，否則將酌予扣分。作答使用筆尖較粗之黑色墨水的筆書寫，且不得使用鉛筆。每一子題配分標於題末。

- 一、據報導一位 3 歲小女孩不小心從 15 層高樓墜下，被地面的小明接住，小女孩得以倖免於難。假若小女孩與小明間的相互作用的時間是 0.50 s，試問下列各小題：

1. 已知小女孩的質量為 15 公斤，從高樓自由墜下 45 公尺後被小明接住，請依上述資料計算小明受到的平均衝擊力為何。（3 分）

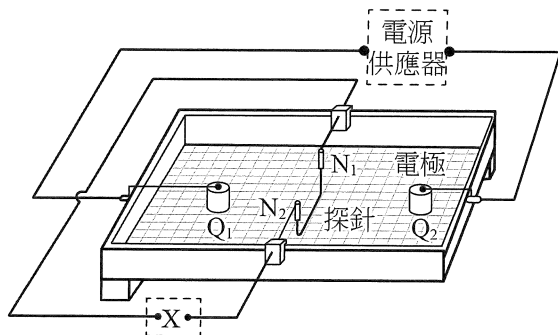
2. 如圖(19)所示，假設小明接住小女孩瞬間時，其手臂可以承受瞬間的撞擊力而不轉動，衝擊力的作用點 A 離肘關節（O 點）0.10 m，手臂肌肉（B 處）連結肌腱部分離肘關節 0.02 m，請計算小明手臂肌肉 B 處鉛直向上的拉力 T 有多大。（3 分）



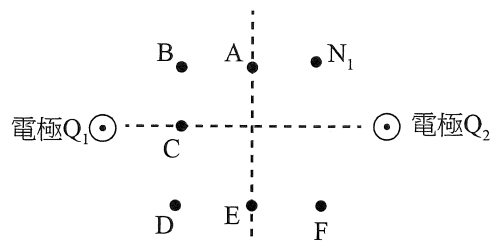
圖(19)

3. 若小明肌肉連結肌腱的拉伸強度之極限為 $8 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ ，臂肌張緊時的平均橫截面積為 50 mm^2 ，請說明小明是否會因救人而受傷。（4 分）

二、電的使用一直在我們生活中扮演著很重要的角色，尤其現在各種 3C 產品的問世，使得人們對於電的需求與日倍增。在「等電位線與電場」實驗中，我們學到以實測方法畫出兩電極間的等位線及電力線。圖(20)為實驗裝置圖，其中虛線方塊內分別代表不同的實驗儀器。回答下列問題：



圖(20)



圖(21)

1. 電極之電源是利用直流電還是交流電？（1分）請說明理由。（2分）
2. 圖(20)中的 X 應該是使用「檢流計」還是「伏特計」？（1分）
3. 某生取用學校走廊上所裝置的 RO 逆滲透飲水機之乾淨飲用水，然後注入電場形成盤內來進行本實驗，經過一些時間操作後，一直無法得到有效的實驗數據，若現在身邊還有「純水」、「食鹽水」及「蔗糖溶液」可供選擇替換，你認為最好應該取用何者？（1分）理由是什麼？（2分）
4. 若已知探針 N_1 位置如圖(21)所示，則 N_2 探針應移動到哪一點附近最能得到適當的等位點？（1分）理由是什麼？（2分）

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| D | C | D | E | A | B | D | D | B | E | E | C | A | E | C |
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | | | | | | |
| B | A | D | A | E | AD | ABE | ABE | BC | | | | | | |

第壹部分：選擇題

一、單選題

- (A) 原子核內，作用力最強的是強核力
(B) 電子的運動範圍（可能存在範圍）才是原子的體積
(C) 中性的原子或分子間還是會因為電荷分布不均而形成微弱的電磁力，當溫度夠低（4.2 K）的時候，氦原子會彼此靠近形成液態
(D) 氦原子核即為 α 粒子，其散射實驗發現原子核的存在，亦即大部分空間均為真空，多數質量集中原子核
(E) 兩能階的能量差為定值，根據光子論 $E=hf$ ，光子的能量必須剛剛好等於能階能量差，因此頻率不能太大或太小
- 物理等式兩側必須描述相同的物理量，故單位應相同。左式的單位為特斯拉（ T ，磁場的公制單位），右式的單位為

$$\frac{[\mu_0]A}{m} = \frac{[\mu_0]C}{m \cdot s} \quad \text{左右比較，應得 } [\mu_0] = T \cdot m \cdot s / C。$$

- 力學能守恆：

$$3U_0 + 0 = 2U_0 + \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv^2 = U_0 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2U_0}{m}}$$

- 本來：

假設內球帶電 $+q$ ，則外球內壁會感應 $-q$ 電荷，由於題意說明外殼為電中性，所以外壁會感應 $+q$ 電荷，

$$\therefore V_{\text{內}} = \frac{kq}{R_1} = V$$

後來：

因為外殼接地， \therefore 外球殼外壁 $+q$ 會被地表的負電中和，只剩外球殼內壁的 $-q$ ，

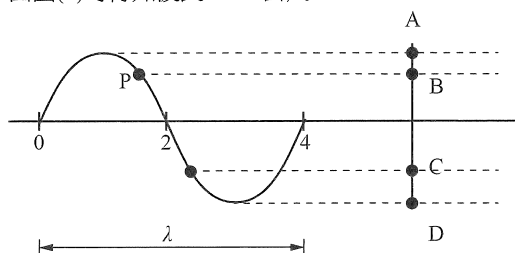
$$\begin{aligned} \therefore V_{\text{內}}' &= \frac{kq}{R_1} + \frac{k(-q)}{R_2} = kq \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{kq}{R_1} \left(1 - \frac{R_1}{R_2} \right) \\ &= \frac{kq}{R_1} \left(\frac{R_2 - R_1}{R_2} \right) = V \times \frac{R_2 - R_1}{R_2} \end{aligned}$$

- ① $mv_0 = (m+M)V \Rightarrow V = \frac{mv_0}{m+M} = \frac{1 \times 10}{1+4} = 2 \text{ (m/s)}$

$$\begin{aligned} \text{② 所求 } \Delta E_k &= \frac{1}{2}(m+M)V^2 - \frac{1}{2}mv_0^2 \\ &= \frac{1}{2} \times (1+4) \times 2^2 - \frac{1}{2} \times 1 \times 10^2 \\ &= -40 \text{ (J)} \quad (\text{負值，表示減少}) \end{aligned}$$

- 分析右下滑輪鉛直方向合力為 0，右下滑輪受三倍繩張力向上、重力向下，故 $3T=mg$ 。再分析左邊滑輪，受兩倍繩張力向下、彈力向上，故 $k\Delta x = 2T = \frac{2}{3}mg$ 。亦即 $\Delta x = \frac{2mg}{3k}$ 。

- 由圖(4)可得知波長 $\lambda = 4$ 公尺。



<甲>

若波動為“ $-x$ ”方向傳播，則 V 為向下。

① $B \rightarrow C$: 0.2 秒

② $C \rightarrow D$: 0.2 秒

由右圖及運動的對稱性可推知

$$T = 0.2 \times 4 = 0.8$$

$$\therefore v = \frac{\lambda}{T} = \frac{4}{0.8} = 5$$

<乙>

若波動為“ $+x$ ”方向傳播，則 V 為向上。

① $B \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow C$: 0.2 秒

② $C \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow B$: 0.2 秒

不合運動對稱性的時間比例，無法得知週期 T

\therefore 答案為(D)

$$8. \therefore T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{l}} \propto \frac{1}{\sqrt{l}}$$

$$\begin{aligned} \therefore \frac{f'}{f_0} &= \frac{\sqrt{l_0}}{\sqrt{l'}} = \frac{\sqrt{l_0}}{\sqrt{l_0(1+\alpha \cdot \Delta t)}} = \frac{1}{(1+\alpha \cdot \Delta t)^{1/2}} \\ &= (1+\alpha \cdot \Delta t)^{-1/2} \approx (1 - \frac{1}{2}\alpha \cdot \Delta t) \end{aligned}$$

$$f' = f_0 (1 - \frac{1}{2}\alpha \cdot \Delta t) = f_0 - \frac{1}{2}\alpha \cdot \Delta t f_0$$

$$\therefore \text{所求 } \Delta f = f' - f_0 = f_0 - \frac{1}{2}\alpha \cdot \Delta t f_0$$

$$= -\frac{1}{2} \times 1.89 \times 10^{-5} \times (32 - 12) \times 3600$$

$$= -0.68 \text{ (此處的負號表示比標準時間慢)}$$

- 當鋼珠在圓弧上時，受指向圓心的正向力和重力影響，因此受力狀況和繩長為 40 公尺的單擺完全相同，再加上鋼珠在圓弧上移動時，對應到的圓心角很小，可以適用單擺的週期公式 $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} = 4\pi$ 。但鋼珠再次停下來時，僅經過了單擺週期的一半，相當於從單擺一端擺到另外一端，故時間為 $2\pi \approx 6.28 \text{ (s)}$ 。

- 作圓周運動的衛星，其力學能 $E = \frac{U}{2}$ 。

$$\text{故由題意得 } \left(-\frac{GMm}{4R}\right) + E = \left(-\frac{GMm}{6R}\right) \Rightarrow E = \frac{GMm}{12R}$$

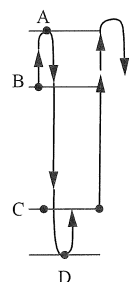
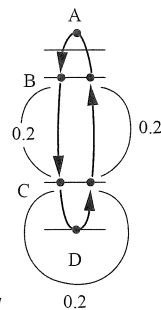
- A 球較早拋出，若要能與 B 球在空中相遇，則必然 A 球要有較長的滯空時間。鉛直上拋中，滯空時間為 $t = 2\frac{v_0}{g}$ ，故 A 球

的初速應較快，亦即 $v_A > v_B$ 。

(A) A 球初速較快、拋出時間較早，故 B 球一定沒辦法在 A 球上升中追到 A 球，所以同高時 A 球是下降中

(B) 兩球同高瞬間，A 球有速度 v_A' 向下，B 球速度為 0，故 A 球會比較早到地面

(C) 如上敘述，A 球滯空時間較長



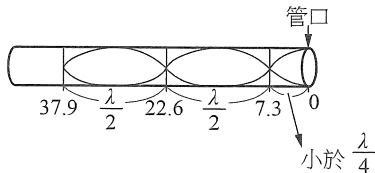
(D) B 球到最高點 (亦即同高點) 時速度為 0, 故 B 球到最高點所需時間為 $\frac{v_B}{g}$ 。又 A 球比 B 球早拋出 t 秒, 故 A 球拋

出到兩球同高所經歷的時間為 $\frac{v_B}{g} + t$

(E) B 球最高點的高度 h 可以用 $0 = v_B^2 - 2gh$ 計算; 同理, A 球兩個位置的速度關係式為: $v_A'^2 = v_A^2 - 2gh$ 。

兩式結合, 得 $v_A'^2 = v_A^2 + v_B^2$

12. 由題意所提供數據:



$$\therefore \frac{\lambda}{2} = 22.6 - 7.3 = 15.3 \text{ (cm)} \Rightarrow 0.153 \text{ 公尺} \Rightarrow \lambda = 0.306 \text{ 公尺}$$

$$\therefore v = f \times \lambda = 1100 \times 0.306 = 336.6 \text{ (m/s)}$$

13. $\therefore PV = nRT$

$$\Rightarrow A \rightarrow B \text{ 為定容} \quad \therefore P \propto T \quad \therefore \frac{P_A}{P_B} = \frac{T_1}{T_2} \dots\dots\dots ①$$

$$B \rightarrow C \text{ 為等壓} \quad \therefore V \propto T \quad \therefore \frac{V_B}{V_C} = \frac{T_2}{T_3} \dots\dots\dots ②$$

C → A 為通過原點的斜直線

$$\therefore \text{斜率相同} \quad \frac{P_C}{V_C} = \frac{P_A}{V_A} \dots\dots\dots ③$$

又 $\begin{cases} P_B = P_C \\ V_A = V_B \end{cases}$ 將③式的 V 以 P 的關係來取代

$$\therefore \frac{V_A}{V_C} = \frac{P_A}{P_C} \Rightarrow \frac{V_B}{V_C} = \frac{P_A}{P_B}$$

$$① \times ② \text{ 得 } \frac{P_A}{P_B} \times \frac{V_B}{V_C} = \frac{T_1}{T_3} \times \frac{V_A}{T_2}$$

$$\therefore T_3 = T_1 \times \frac{P_B}{P_A} \times \frac{V_C}{V_B} = T_1 \times \frac{P_B}{P_A} \times \frac{P_B}{P_A}$$

$$= T_1 \times \left(\frac{P_B}{P_A} \right)^2 = T_1 \times \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^2 = \frac{T_2^2}{T_1}$$

①式

\therefore 選(A)

14. (A) 碰撞後, 長板因為受摩擦力而減速

(B) 盒子撞牆後, 長板相對盒子向右移動, 故長板受摩擦力向左, 盒子受摩擦力向右

(C) 盒子一直受向右的摩擦力, 所以牆壁會給一向左的正向力來平衡

(D) 盒子與長板之間的正向力為 mg , 摩擦力為 $mg\mu$,

故長板的加速度為 $\frac{m}{M}g\mu$

(E) 如果希望盒子不掉落, 則長板必須在滑完整個長度前停

下來, 可從運動學求得其長度 L : $0 = v^2 - 2\left(\frac{m}{M}g\mu\right)L$

$$\Rightarrow L = \frac{Mv^2}{2mg\mu}$$

15. (A) 錯誤, 繞射與干涉是一般波動的特徵, 不是物質波的特徵

(B) 錯誤, 兩個單狹縫繞射圖樣相加後並不會等於雙狹縫干涉的圖樣

(C) 正確, 干涉條紋的寬度與狹縫到光屏的距離成正比

(D) 錯誤, 單狹縫中央亮紋寬度是本身其他亮紋寬度的兩倍, 而不是雙狹縫亮紋的兩倍

(E) 錯誤, 可以

16. SHM 振盪力學能等於端點處彈力位能,

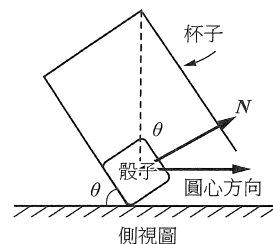
$$\frac{1}{2}kR^2 = \frac{1}{2}k\left(\frac{ma}{k}\right)^2 = \frac{(ma)^2}{2k} \quad (\because a = \frac{F}{m} = \frac{kR}{m} \therefore R = \frac{ma}{k})$$

17. 如圖, 圓心方向上需要提供

向心力 $m\frac{v^2}{R}$, 由正向力的

水平分量提供, 又正向力與鉛直方向的夾角為 θ , 故

$$N \sin \theta = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow N = \frac{mv^2}{R \sin \theta}$$



18. 恰準備上滑時, 桌面給骰子的正向力為 0, 亦即此時杯壁給骰子的正向力, 其鉛直分量恰等於骰子本身的重量, 而水平

分量為向心力, 因此, $\tan \theta = \frac{mv^2/R}{mg} = \frac{v^2}{gR}$ 。如果希望骰子

能夠上滑 (骰子向上、遠離圓心移動), 則鉛直方向分力要

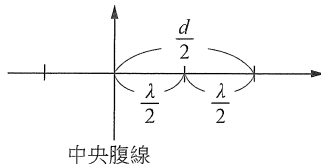
大於 mg , 水平方向分力要小於 $\frac{mv^2}{R}$, 故此條件為

$$\tan \theta < \frac{v^2}{gR}$$

19. 同相時, 在兩波源連線上, 中央為腹線, 且任兩條腹線之間

的距離為 $\frac{\lambda}{2}$, 由圖可知, 當 $\frac{\lambda}{2} \leq d < 2\left(\frac{\lambda}{2}\right)$ 時, 合乎所求 \Rightarrow

$$\lambda \leq d < 2\lambda$$



20. 反相時, 腹線上任一點到兩波源的波程差為 $d \sin \theta = (n - \frac{1}{2})\lambda$

$$\text{取 } n=3 \quad \therefore \text{波程差} = \frac{5}{2}\lambda$$

二、多選題

21. (A) 張力方向與速度方向垂直, 故對擺錘做功為零

(B) 分析 m_1 : 摩擦力向右, 摩擦力對 m_1 作正功

(C) 摩擦力對物體作負功

(D) 因為動能不變, 所以合力對物體不作功

(E) 因為正向力方向與物體的位移方向夾角為鈍角, 所以正向力對 m 作負功

22. (A) $F-x$ 圖面積代表外力做功, $x=0 \sim 2$ (公尺) 期間外力做功 $= 2$ (焦耳), 故乙處時動能 $K=2$ (焦耳)

(B) 丙 \rightarrow 丁做功愈來愈多, 動能則愈來愈大

(C) $x=0 \sim 4$ (公尺), 外力做功 $W=3$ (焦耳),

$$\text{利用功能定理, } \Delta K = W \Rightarrow K = W = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow 3 = \frac{1}{2} \times 2 \times v^2$$

$$\therefore v = \sqrt{3} \text{ (公尺/秒)}$$

(D) 累積做功大小 = 動能大小, 故 $K_{\text{甲}}=1$ 焦耳,

$K_{\text{乙}}=2$ 焦耳, $K_{\text{丙}}=2.5$ 焦耳, $K_{\text{丁}}=3$ 焦耳,

$K_{\text{戊}}=2$ 焦耳, 丁 $>$ 丙 $>$ 乙 $=$ 戊 $>$ 甲

(E) $F=ma$, 質點於甲處受力最大, 加速度最大

$$23. \text{對開管而言: } f_{ij} = \frac{nv}{2l} = 600 \dots\dots\dots ①$$

$$\text{對閉管而言: } f_{ij} = \frac{(2m-1)v}{4l} \dots\dots\dots ②$$

$$\text{由①得 } \frac{v}{l} = \frac{1200}{n} \text{ 代入②}$$

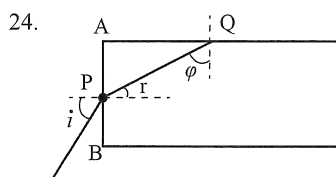
$$\text{可得 } \frac{(2m-1)v}{4l} = \frac{2m-1}{4} \times \frac{1200}{n} = \frac{2m-1}{n} \times 300$$

$$= \frac{1, 3, 5, 7 \dots\dots\dots}{1, 2, 3 \dots\dots\dots} \times 300$$

$$\therefore \text{可能頻率為 } \frac{1}{1} \times 300 = 300, \quad \frac{3}{2} \times 300 = 450,$$

$$\frac{5}{2} \times 300 = 750, \quad \frac{3}{1} \times 300 = 900,$$

$$\frac{5}{1} \times 300 = 1500$$



- (1) 由題意知，當入射光以入射角 i 進入光纖時，在 Q 點恰好產生全反射，

$$\therefore \varphi \text{ 為臨界角 } (\theta_c) \Rightarrow \sin \varphi = \frac{1}{n}$$

$$\text{又 } r = 90^\circ - \varphi$$

$$\therefore \sin r = \sin(90^\circ - \varphi) = \cos \varphi = \frac{\sqrt{n^2 - 1}}{n}$$

對 P 點而言：由司乃耳定律

$$1 \times \sin i = n \times \sin r$$

$$\therefore n = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\sin i}{\frac{\sqrt{n^2 - 1}}{n}} = \frac{n}{\sqrt{n^2 - 1}} \times \sin i$$

$$\therefore \sqrt{n^2 - 1} = \sin i \Rightarrow n^2 - 1 = \sin^2 i$$

$$\therefore n = \sqrt{\sin^2 i + 1}$$

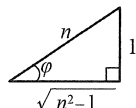
\therefore 選(C)

- (2) 又 φ 須大於臨界角才會產生全反射

$$\therefore r \text{ 須小於 } (90^\circ - \theta_c)$$

又 r 小， i 也跟著變小

\therefore 在 P 點之入射角須小於 i ，選(B)



第貳部分：非選擇題

- 一、1. 1050 (N)，向下

2. 5250 牛頓

3. 如解析

【解析】

1. ① 設小孩落下 45 公尺的

瞬間速度為 V

$$V = \sqrt{2gH} = \sqrt{2 \times 10 \times 45}$$

$$= 30 \text{ (m/s)}$$

- ② 分析小孩受力

$$F_{\text{合}} = ma$$

$$\Rightarrow N - mg = m \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$\Rightarrow N = mg + m \frac{\Delta V}{\Delta t} = 15 \times 10 + 15 \times \frac{30}{0.5} = 1050 \text{ (牛頓)}$$

- ③ 由牛頓第三定律：小孩對小明的平均衝擊力為 1050 (牛頓) (向下)

2. 接住小孩 \Rightarrow 視手臂為轉動平衡 (力矩平衡)

$$N \times 0.1 = T \times 0.02 \Rightarrow 1050 \times 0.1 = T \times 0.02$$

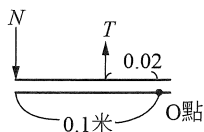
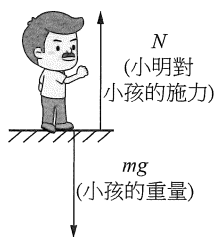
$$\Rightarrow T = 5250 \text{ (牛頓)}$$

3. 拉伸強度

$$P = \frac{N}{A} = \frac{5250}{50 \times 10^{-6}}$$

$$= 1.05 \times 10^8 \text{ (Pa)} > 8 \times 10^7 \text{ (Pa)}$$

小明肌肉會拉傷。



【評分標準】

1. 量值 2 分、方向 1 分。

2. 寫出計算式並代入數據得 2 分，算出拉力 T 再得 1 分。

3. 寫出計算式並算出數據得 3 分，答對肌肉會拉傷得 1 分。

- 二、1. 直流電；需用直流電形成穩定的電位

2. 檢流計

3. 食鹽水；食鹽水為電解質，具有導電性

4. F；在電極附近的等位線為雙曲線形狀，故上下位置對稱

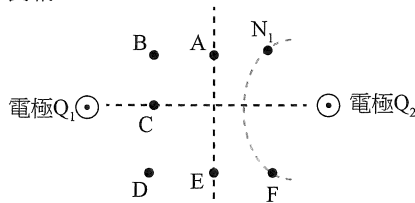
【解析】

1. 需用直流電形成穩定的電位。

2. 測量迴路上是否有電流產生，需用檢流計。

3. 食鹽水為電解質，具有導電性。

4. 需了解在電極附近的等位線為雙曲線形狀，故上下位置對稱。



【評分標準】

1. 答對給分，答錯不給分；理由需提到穩定的電位。

2. 答對給分，答錯不給分。

3. 答對給分，答錯不給分。理由需提到為電解質，能夠幫助導電。

4. 答對給分，答錯不給分。

