

龍騰文化

# 114 學年度分科測驗全真模擬試卷

物理考科

請於考試開始鈴響起，在答題卷簽名欄位以正楷簽全名

龍騰物理科編輯小組

【教用卷】

—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「答題卷」上作答；更正時，應以橡皮擦擦拭，切勿使用修正液（帶）。
- 除題目另有規定外，非選擇題用筆尖較粗之黑色墨水的筆在「答題卷」上作答；更正時，可以使用修正液（帶）。
- 考生須依上述規定劃記或作答，若未依規定而導致答案難以辨識或評閱時，恐將影響成績並損及權益。
- 答題卷每人一張，不得要求增補。

選擇題計分方式：

- 單選題：每題有  $n$  個選項，其中只有一個是正確或最適當的選項。各題答對者，得該題的分數；答錯、未作答或劃記多於一個選項者，該題以零分計算。
- 多選題：每題有  $n$  個選項，其中至少有一個是正確的選項。各題之選項獨立判定，所有選項均答對者，得該題全部的分數；答錯  $k$  個選項者，得該題  $\frac{n-2k}{n}$  的分數；但得分低於零分或所有選項均未作答者，該題以零分計算。

祝考試順利

版權所有・侵害者必究

如需試卷檔案，請登入龍騰線上題測→各科 word 資源區

龍騰文化

肯定自己 > 肯定不同

學生卷定價 25 元

贈品禁止轉售

#2



63001N11/B/0000

## 第壹部分、選擇題（占 69 分）

### 一、單選題（占 39 分）

說明：第 1 題至第 13 題為單選題，每題 3 分。



1. 棒球被譽為臺灣的國球，而在 2024 年世界棒球 12 強賽奪冠後，更加受到關注。在比賽中，投手可透過不同的握球方式，投出各種軌跡變化的球路。根據物理學原理，變化球的產生主要與馬格納斯效應(Magnus Effect)有關。馬格納斯效應是一種流體力學現象，描述當旋轉物體（如棒球）在流體中運動時，會因流體與表面摩擦產生馬格納斯力  $F$ ，其表達式為  $F = \frac{1}{2}\rho v^n AC_L$ 。其中， $\rho$  為流體（如空氣）的密度， $v$  為球的速度， $A$  為球的橫截面積， $C_L$  為無單位係數（與球的表面材質與旋轉相關）。請根據因次分析，判斷指數  $n$  應為多少？  
(A)1 (B)2 (C)3 (D)4 (E)5。

參考答案：B

試題解析： $F$  的因次為  $MLT^{-2}$ ；密度  $\rho$  的因次為  $ML^{-3}$ ；

速率  $v$  的因次為  $LT^{-1}$ ；截面積  $A$  的因次為  $L^2$ ，

根據公式  $F = \frac{1}{2}\rho v^n AC_L$ ，其因次為  $MLT^{-2} = (ML^{-3})(LT^{-1})^n(L^2) = ML^{(-1+n)}T^{(-n)}$ ，

故  $n = 2$ 。



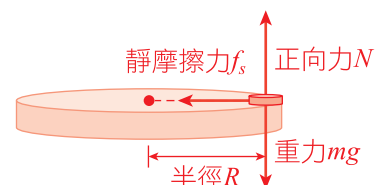
2. 林同學在爸爸的黑膠唱盤上放置一枚硬幣，唱盤以固定的轉速旋轉且硬幣與唱盤間沒有相對運動，試問硬幣所受的哪個力提供它旋轉所需的向心力？  
(A)重力  
(B)正向力  
(C)重力與正向力的合力  
(D)靜摩擦力  
(E)動摩擦力。



命題出處：龍騰教科書-選修物理 I- CH5 週期運動

參考答案：D

試題解析：當硬幣相對於唱盤靜止時，摩擦力為靜摩擦力。分析硬幣的受力，如圖所示。由圖可知，只有靜摩擦力能提供硬幣旋轉的向心力。





情境

3. 雷射干涉重力波天文臺在 2015 年 9 月 14 日直接探測到重力波現象，這是人類史上首次，同時也證實了愛因斯坦相對論的正確性。這個重力波事件，肇因於兩個黑洞併合後產生的振盪漣漪。併合前兩個黑洞的質量分別為 36 倍太陽質量和 30 倍太陽質量，距離為 350 km，已知太陽質量為  $2 \times 10^{30} \text{ kg}$ ，試問併合前兩黑洞間的重力量值約為多少 N？（已知重力常數  $G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ ）

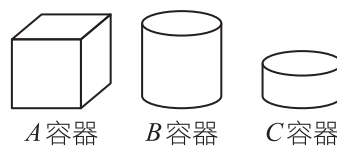
(A)  $2.35 \times 10^{32}$  (B)  $2.35 \times 10^{37}$  (C)  $2.35 \times 10^{42}$  (D)  $2.35 \times 10^{47}$  (E)  $2.35 \times 10^{52}$ 。

命題出處：龍騰教科書-選修物理 I- CH6 萬有引力

參考答案：C

試題解析： $F = \frac{Gm_1m_2}{r^2} = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times (36 \times 2 \times 10^{30}) \times (30 \times 2 \times 10^{30})}{(350 \times 1000)^2} \approx 2.35 \times 10^{42} \text{ (N)}。$

4. 如圖有 A、B、C 三個空心容器，A 和 B 容器體積相同，而 C 容器體積只有 A 和 B 的一半。三個容器內裝有等量且等溫的氫氣（視為理想氣體）。三個容器內部的氣體壓力以  $P_A$ 、 $P_B$ 、 $P_C$  表示，三個容器內部氣體的方均根速率以  $V_A$ 、 $V_B$ 、 $V_C$  表示，三個容器內部氣體分子的總動能以  $E_A$ 、 $E_B$ 、 $E_C$  表示，下列關係式何者正確？



(A)  $P_A = P_B > P_C$  (B)  $P_A = P_B = P_C$  (C)  $V_A = V_B > V_C$  (D)  $V_A = V_B < V_C$  (E)  $E_A = E_B = E_C$ 。

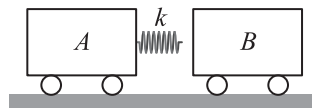
參考答案：E

試題解析：由理想氣體方程式  $PV = nRT$  可知，因各容器的莫耳數和溫度相等，所以壓力和體積成反比  $\Rightarrow P_A = P_B = 0.5P_C$

由氣體方均根速率  $v = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ ，三容器溫度相同且都是氫氣分子  $\Rightarrow V_A = V_B = V_C$

$\therefore$  分子總動能等於  $\frac{3}{2}nRT$ ，且三容器莫耳數和溫度相同  $\Rightarrow E_A = E_B = E_C$ 。

5. 兩輛臺車 A、B 在水平光滑軌道上發生碰撞，兩臺車的質量分別為  $m_A$  與  $m_B$ 。臺車 A 的一側有力常數為  $k$  的輕質彈簧，如圖所示。碰撞前，臺車 A 的動能為  $K$ ，臺車 B 為靜止。當兩車間的距離



最短時，彈簧的位能為  $\frac{1}{2}K$ 。假定兩車作彈性碰撞，則  $m_A$  與  $m_B$  的關係為下列何者？

(A)  $m_A = 2m_B$  (B)  $2m_A = m_B$  (C)  $m_A = 3m_B$  (D)  $3m_A = m_B$  (E)  $m_A = m_B$ 。

參考答案：E

試題解析：水平方向無外力，兩臺車的總動量守恆，其值為  $p_C = \sqrt{2m_A K}$

兩車作彈性碰撞，力學能守恆，由

$$K = \frac{1}{2}K + \frac{p_C^2}{2(m_A + m_B)} = \frac{1}{2}K + \frac{2m_A K}{2(m_A + m_B)} \Rightarrow m_A = m_B。$$

## 6~7 題為題組

巨觀與微觀現象之間的關聯，一直是科學界迷人的課題。例如氣體處於熱平衡時，若從巨觀的尺度上來看，可以測量到穩定的體積、壓力、溫度等。但若是從微觀的角度來看，單一分子的速率並非定值，會因為與其他分子或器壁碰撞，而隨著時間改變。然而亂中有序，氣體分子的速率可由馬克士威速率分布描述，雖然氣體分子的速率並非定值，但可以用方均根速率來估算分子運動的快慢。如下表所示，幾種常見氣體處於  $20^{\circ}\text{C}$  時，其分子的方均根速率都快得嚇人。這不禁令人納悶，這些高速的分子打在身上，我們似乎沒有太大的感覺呢！

氣體	$\text{H}_2$	He	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{N}_2$	$\text{O}_2$	$\text{CO}_2$
分子量(g/mol)	2.02	4.00	18.0	28.0	32.0	44.0
方均根速率(m/s)	1902	1352	637	511	478	408

方均根速率為分子動能恰好等於平均動能時的速率，有些時候很有用，有些時候卻容易造成誤解。聲音是空氣分子藉由彼此間的碰撞，達成傳遞能量的現象，理論推導顯示，聲速與方均根速率息息相關：聲音在相同溫度的傳播速率約為  $343\text{ m/s}$ ，兩者數量級相同。然而香氣或臭味傳播，似乎就緩慢許多：因為氣味分子傳遞時，與周遭的空氣分子發生頻繁的碰撞，路徑並非直線，所以傳播速度遠小於方均根速率。



情境

6. 在房間中講話，任何角落幾乎都可立即聽到聲音。但若是在房間一頭打開一瓶香水，可能要隔一段時間，才會在另一頭聞到香味。關於兩者傳播速度的差異，以下何者為合理的解釋？

- (A)與鼻子對香味的反應相比，耳朵對聲音的反應較快
- (B)香水的溫度較低，因此傳播速度較慢
- (C)空氣分子的質量較輕，故傳播速度較快
- (D)聲音是相同分子的碰撞，香味則是不同分子的碰撞
- (E)聲音是能量傳遞，香味則需要香水分子實際抵達鼻子。



命題出處：龍騰教科書-選修物理 II- CH5 熱學

參考答案：E

試題解析：根據題幹說明，聲波傳遞是能量藉由空氣分子碰撞而來，其傳播速度很快（與方均根速率同一個數量級）。但香氣傳遞則是芳香分子藉由擴散到鼻腔，此時與空氣分子的頻繁碰撞反而成為阻礙，其傳播速度遠小於方均根速率。

7. 空氣主要由氮氣組成，若給定亞佛加厥常數為  $N_A \approx 6.0 \times 10^{23} (1/\text{mol})$ ，依上表數據估算單一氮分子碰撞皮膚後，施予皮膚的衝量約為哪個數量級？（假設分子以方均根速率垂直入射，並與皮膚表面發生彈性碰撞）

- (A)  $10^{-20}$  (B)  $10^{-21}$  (C)  $10^{-22}$  (D)  $10^{-23}$  (E)  $10^{-24}$ 。

命題出處：改自龍騰教科書-選修物理 II- CH5 熱學

參考答案：C

試題解析：根據表格資料，每個氦分子質量為  $\frac{28.0}{6.0 \times 10^{23}} \approx 4.7 \times 10^{-23} (\text{g}) = 4.7 \times 10^{-26} (\text{kg})$

故氦分子垂直入射發生彈性碰撞後，給予皮膚的衝量為

$$J = 2m_{\text{He}}v \approx 2 \times (4.7 \times 10^{-26} \text{ kg}) \times (511 \text{ m/s}) \approx 4.8 \times 10^{-23} (\text{kg} \cdot \text{m/s})$$

⇒數量級為  $10^{-22}$ 。

8. 如圖所示，邊長 4 cm 的正立方體玻璃塊折射率為 1.66，在其幾何中心點有一小物體  $P$ 。在玻璃塊的每一面貼上圓形不透光紙板，若不考慮先反射再折射的情形，欲使得從任何角度均無法看到  $P$ ，則紙板的最小直徑約為幾 cm？

(A)3.02 (B)2.84 (C)2.28 (D)1.96 (E)1.64。

參考答案：A

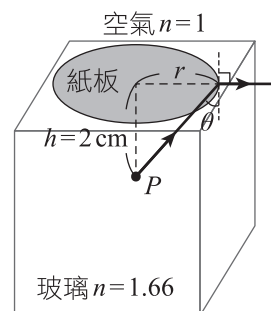
試題解析：紙板遮住物體發光可折射出的範圍，則無法看見  $P$  點，

$P$  點位於玻璃表面垂直深 2 cm 處，

折射定律  $1.66 \times \sin \theta = 1 \times \sin 90^\circ$

$$\Rightarrow \sin \theta = \frac{1}{1.66} \approx \frac{3}{5} \Rightarrow \theta \approx 37^\circ \Rightarrow \text{臨界角約為 } 37^\circ$$

設紙板半徑為  $r$ ， $\tan \theta = \frac{r}{h} = \frac{3}{4} \Rightarrow r = 1.5 (\text{cm})$ ，故直徑約為 3 cm。



情境

9. 現代科技大量使用超音波的應用，舉凡孕婦的胎檢、潛水艇的聲納裝置等。超音波檢測是指用超音波來檢測材料和工件、並以超音波檢測儀作為顯示方式的一種無損檢測方法。超音波進入物體遇到缺陷時，部分聲波會產生反射，發射和接收器可對反射波進行分析，就能精確地測出缺陷來，並且能顯示內部缺陷的位置和大小，測定材料厚度等。這類的「超聲波」人們無法聽到，一般估計超音波可以拿來進行探測結構的主要原因為何？

- (A)波長太短，不易形成繞射  
(B)超音波在固態或液態傳遞速度較氣態慢，易觀察  
(C)強度大，可以有效解離內部結構  
(D)速度快，節省操作時間  
(E)週期大，可以完整測量整體結構。

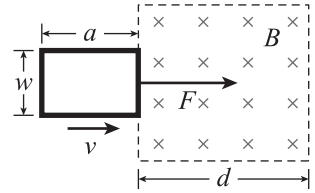
參考答案：A

試題解析：由  $v = f\lambda \Rightarrow f = \frac{v}{\lambda} > 20000 \Rightarrow \lambda < \frac{v}{20000}$ ，亦即同介質中，超音波波長  $\lambda$  較小，而

干涉、繞射現象在  $\lambda$  較小時不明顯，因此可以用反射來探測結構。

10~11 題為題組

有一長為  $a$ 、寬為  $w$  的線圈其電阻為  $R$ ，施一外力  $F$  使其以等速度  $v$  通過一範圍為  $d$  ( $d > a$ ) 的均勻磁場  $B$ ，磁場的方向為垂直射入紙面，如圖所示。在時間  $t = 0$  時，線圈恰接觸磁場的邊緣，則：



10. 線圈正在進入磁場時，請問感應電流方向為何？

- (A) 垂直紙面射出
- (B) 垂直紙面射入
- (C) 順時針
- (D) 逆時針
- (E) 無感應電流形成。

參考答案：D

試題解析：因通過線圈之磁力線為射入紙面且增加，故感應磁場為射出紙面，依安培右手定則，感應電流方向為逆時針。

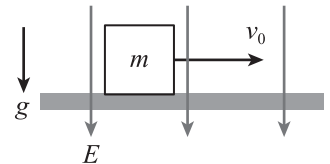
11. 在線圈完全進入磁場前，時間為  $0 < t < \frac{a}{v}$  時，線圈的發熱功率量值為何？

- (A)  $\frac{w^2 v^2 B^2}{R}$
- (B)  $\frac{w^2 v B^2}{R}$
- (C)  $\frac{w^2 B^2 R}{v^2}$
- (D)  $\frac{w^2 v R}{B^2}$
- (E)  $\frac{v^2 B^2 R}{w}$ 。

參考答案：A

試題解析： $\varepsilon = \left| -\frac{\Delta\phi}{t} \right| = \frac{waB}{a/v} = wvB \Rightarrow P = \frac{\varepsilon^2}{R} = \frac{w^2 v^2 B^2}{R}$ 。

12. 在粗糙水平面上，有一質量為  $m$  的木塊，帶有正電荷  $Q$ 。當木塊以初速  $v_0$  開始滑行時，最大滑行距離為  $d$ 。當空間有向下的均勻電場  $E$  時，如圖所示，若木塊初速仍為  $v_0$  時，其最大滑行距離為下列何者？（重力加速度量值為  $g$ ）



- (A)  $d$
- (B)  $\frac{mg}{QE}d$
- (C)  $\frac{mg}{mg + QE}d$
- (D)  $\frac{mg}{mg - QE}d$
- (E)  $\sqrt{\frac{mg}{mg + QE}}d$ 。

參考答案：C

試題解析：令動摩擦係數為  $\mu$ ，無電場時，由力平衡知，水平面對木塊的正向力為  $mg$ 。

$$\text{由功能定理} \Rightarrow -\mu mgd = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

有電場時，水平面對木塊的正向力為  $mg + QE$ ，令最大滑行距離為  $d'$ ，由功能

$$\text{定理} \Rightarrow -\mu(mg + QE)d' = 0 - \frac{1}{2}mv_0^2$$

$$\text{將兩式聯立} \Rightarrow \mu mgd = \mu(mg + QE)d' \Rightarrow d' = \frac{mg}{mg + QE}d。$$



13. 通過一雙狹縫的電子流在遠處屏幕產生干涉條紋，若加速電子的電位差變為原本的 100 倍，則干涉條紋間隔變為原本的若干倍？

(A)10 (B) $\frac{1}{10}$  (C)100 (D) $\frac{1}{100}$  (E) $\frac{1}{\sqrt{10}}$ 。

參考答案：B

試題解析：假設  $\Delta y$  為干涉條紋間隔， $\lambda$  為波長， $r$  為狹縫到屏幕的距離， $d$  為狹縫間距，

由雙狹縫公式  $\Delta y = \frac{\lambda r}{d}$  可知：干涉條紋間隔和電子物質波波長成正比。

$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{\sqrt{2meV}}$ ，其中  $h$  為普朗克常數， $p$  為動量， $m$  為電子質量， $e$  為基本電

荷， $V$  為加速電位差。加速電位差變為 100 倍，則物質波波長和條紋間隔變為原本的  $\frac{1}{10}$ 。

## 二、多選題（占 30 分）

說明：第 14 題至第 19 題為多選題，每題 5 分。



14. 人可以判斷聲源的方向，原理是大腦判斷兩耳分別接收些微時間差異的聲波。實驗中利用麥克風取代耳朵，示波器顯示兩麥克風接收的聲波訊號。附圖中示波器橫軸為時間，每格為 0.25 ms。縱軸為電壓，每格為 1.0 mV。已知兩麥克風模擬人耳，間距為 15 cm，分別接上示波器 CH1 與 CH2。假設聲速為 300 m/s，喇叭與麥克風距離遠大於兩麥克風間距，下列敘述哪些正確？

- (A) 麥克風接收的聲波週期為 0.50 ms  
(B) 示波器顯示兩電訊號振幅皆為 2.0 mV  
(C) 兩麥克風收到聲音的最小波程差為 5.0 cm  
(D) 圖中  $\theta$  角度的最小值為  $10^\circ$   
(E) 此喇叭產生聲音的波長為 15 cm。

參考答案：ABE

試題解析：(A)○：相鄰兩波峰時距為： $2 \times 0.25 = 0.50$  (ms)。

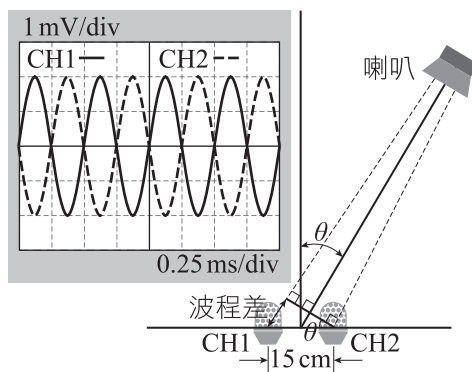
(B)○：振幅皆為： $2 \times 1.0 = 2.0$  (mV)。

(C)×、(E)○：兩麥克風收到聲音最小波程差為半波長，由  $v = \frac{\lambda}{T}$

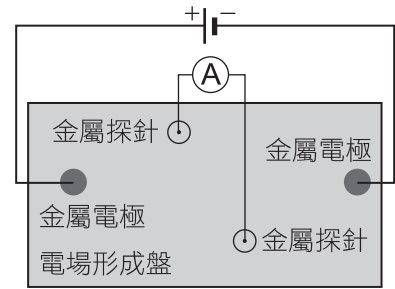
$$\Rightarrow 300 \text{ (m/s)} = \frac{\lambda}{0.50 \times 10^{-3}} \Rightarrow \lambda = 0.15 \text{ (m)} = 15 \text{ (cm)},$$

最小波程差則為  $0.075 \text{ (m)} = 7.5 \text{ (cm)}$ 。

(D)×： $15 \times \sin \theta = 7.5 \text{ (cm)}$ ， $\theta$  最小值為  $30^\circ$ 。



15. 在進行「等位線與電場」實驗時，碳質板作為導電介質，能夠模擬靜電場中的電位分布，使學生透過實驗觀察等位線的排列情形與電力線的特性。此實驗的操作方式是透過探針測量碳質板上不同位置的電位，進而繪製等位線，並分析其與電力線的相對關係。其實驗裝置示意如圖，請問下列敘述，哪些正確？



- (A) 應將探針緊緊壓在碳質板上，壓愈緊愈好  
(B) 愈靠近正電極的等位線，電位愈高；愈靠近負電極的等位線，電位愈低  
(C) 正負兩圓形電極連線的垂直平分線上，電位最低，其值等於零  
(D) 電力線與等位線必互相垂直  
(E) 兩探針間的檢流計亦可改用靈敏的伏特計來做實驗。

命題出處：改自龍騰 SUPER 講義-選修物理 IV- CH1 靜電學

參考答案：BDE

試題解析：(A) ×：輕輕接觸即可，若壓太緊，容易刮傷碳質板。

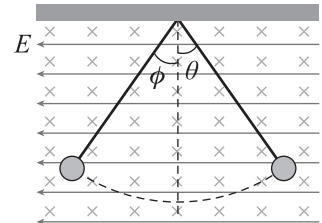
(B) ○：正極為高電位，負極為低電位。

(C) ×：負極才是電位最低處。

(D) ○：電力線必與等位線垂直。

(E) ○：檢流計可用伏特計來代替，因為當伏特計讀數為零，也代表兩點電位相等，所以也可據此畫出等位線。

16. 如圖所示，一質量為  $m$ 、帶正電荷  $q$  之小球，以一長度為  $L$  之細繩懸掛於天花板，系統置於均勻磁場（磁場  $B$  為射入紙面）及均勻電場（電場  $E$  為向左）中。一開始將小球由最低點以初速  $v_0$  向左擺動，令左側最大擺角為  $\phi$ ，右側最大擺角為  $\theta$ ，忽略一切阻力，重力加速度為  $g$ ，則下列敘述哪些正確？



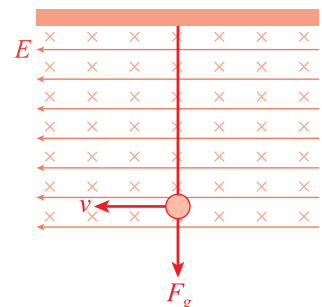
- (A)  $\phi < \theta$   
(B) 擺動過程中，磁力恆不對小球作功  
(C) 擺動過程中，重力恆對小球作功  
(D) 擺動過程中，小球的動能 + 重力位能 + 電位能總和固定  
(E) 小球所受之電力與磁力均為定值。

參考答案：BD

試題解析：(A) ×：因全程除保守力外無其他力作功，故由右端點到左端點過程，減少的電位能必轉成重力位能  
 $\Rightarrow \phi > \theta$ 。

(B) ○：磁力  $\vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B}$  必垂直  $\vec{v} \Rightarrow$  磁力恆不作功。

(C) ×：小球於最低點瞬間  $\vec{F}_g \perp \vec{v} \Rightarrow$  此時重力不作功。





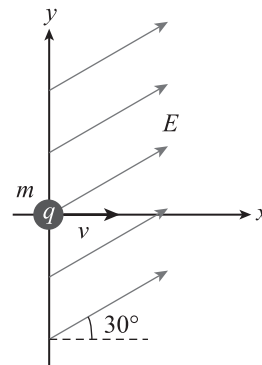
$$(D) \bigcirc : W_{\text{合}} = \Delta K = W_g + W_F + W_B + W_E$$

$$\Rightarrow W_F + W_B = \Delta K + (-W_g) + (-W_E) = \Delta K + \Delta U_g + \Delta U_E = 0$$

$$\Rightarrow K + U_g + U_E \text{ 為定值。}$$

$$(E) \times : \vec{F}_E = q \vec{E} \text{ 為定值, } \vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B} \text{ 非定值。}$$

17. 如圖所示，一電量為  $q$ 、質量為  $m$  的帶正電粒子，以速率  $v$  由坐標原點沿著  $+x$  方向射入均勻電場中。已知電場量值為  $E$ ，電場方向與  $x$  軸夾角為  $30^\circ$ 。關於此帶電粒子進入均勻電場後的受力與運動狀態，下列敘述哪些正確？（重力可忽略）



(A) 此粒子在  $x$  方向不受靜電力作用

(B) 此粒子在  $x$  方向加速度量值為  $\frac{qE}{2m}$

(C) 此粒子在  $y$  方向動量守恆

(D) 此粒子進入均勻電場  $t$  時距後，其在  $y$  方向的速度分量為  $\frac{qEt}{2m}$

(E) 此粒子進入均勻電場  $t$  時距後，其在  $x$  方向的速度分量為  $v + \frac{\sqrt{3}qEt}{2m}$ 。

命題出處：龍騰教科書-選修物理 IV- CH1 靜電學

參考答案：DE

$$\text{試題解析：(A) } \times : \text{由 } \vec{F} = q \vec{E} \Rightarrow \vec{F} = (qE \cos 30^\circ) \vec{i} + (qE \sin 30^\circ) \vec{j} = \left(\frac{\sqrt{3}qE}{2}\right) \vec{i} + \left(\frac{qE}{2}\right) \vec{j}$$

$$\Rightarrow \text{粒子在 } x \text{ 方向的靜電力分量為 } \frac{\sqrt{3}qE}{2} \text{。}$$

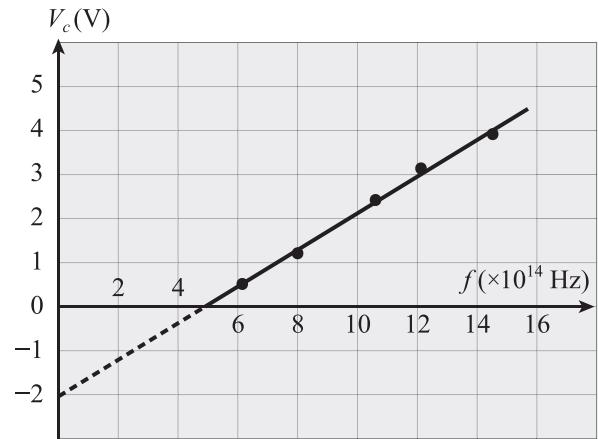
$$(B) \times : \text{粒子在 } x \text{ 方向的加速度 } a_x = \frac{F_x}{m} = \frac{\frac{\sqrt{3}qE}{2}}{m} = \frac{\sqrt{3}qE}{2m} \text{。}$$

$$(C) \times : \text{粒子在 } y \text{ 方向的靜電力分量為 } \frac{qE}{2} \neq 0 \Rightarrow y \text{ 方向動量不守恆。}$$

$$(D) \bigcirc : v_y = v_{0y} + a_y t = 0 + \left(\frac{F_y}{m}\right)t = \frac{qEt}{2m} \text{。}$$

$$(E) \bigcirc : v_x = v_{0x} + a_x t = v + \left(\frac{\sqrt{3}qE}{2m}\right)t = v + \frac{\sqrt{3}qEt}{2m} \text{。}$$

18. 作光電效應實驗時，以不同頻率的光入射某金屬的表面，並測量與各頻率  $f$  所對應的截止電壓  $V_c$ ，得到兩者關係如圖。若  $h$  為普朗克常數， $e$  為電子電量，下列哪些正確？



- (A) 圖中直線斜率為  $eh$   
 (B) 圖中直線斜率為  $\frac{e}{h}$   
 (C) 該金屬的功函數為 2 eV  
 (D) 該金屬的功函數為 5 eV  
 (E) 入射光的頻率增大時，截止電壓變大。

命題出處：改自龍騰教科書-選修物理 V- CH2 量子現象

參考答案：CE

試題解析：(A)(B)×：由光電方程式  $hf = hf_0 + eV_c \Rightarrow V_c = \frac{h}{e}(f - f_0) \cdots \cdots ①$

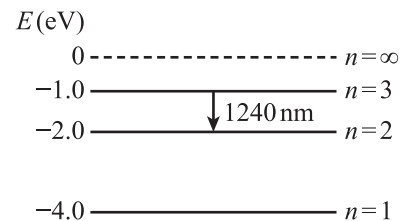
$\Rightarrow V_c - f$  的關係圖中，直線的斜率為  $\frac{h}{e}$ 。

(C)○、(D)×： $f = 0$  代入①式  $\Rightarrow V_c = \frac{h}{e}(0 - f_0) = -\frac{hf_0}{e} = -\frac{W}{e} = -2 \text{ (V)}$

$\Rightarrow$  功函數  $W = e \times 2 \text{ (V)} = 2 \text{ (eV)}$ 。

(E)○：入射光頻率愈大時，則光電子的最大動能愈大，截止電壓也愈大。

19. 某種原子的能階圖，如圖。該種原子在基態時，吸收一個光子之後，會發射一個波長為 1240 nm 的光子，則下列有關該種原子的敘述，哪些正確？



- (A) 游離能為 -4.0 eV  
 (B) 入射光子的能量可以是 2.0 eV  
 (C) 入射光子的能量可以是 3.0 eV  
 (D) 射出光子的能量為 1.0 eV  
 (E) 動能為 3.2 eV 的電子與基態原子碰撞時，無法使原子發光。

參考答案：CD

試題解析：(A)×：由圖可知，游離能為  $0.0 - (-4.0) = 4.0 \text{ (eV)}$ 。

(B)×、(C)○：原子的量子數由  $n=1$  變成  $n=3$ ，必須吸收能量  $(-1.0) - (-4.0) = 3.0 \text{ (eV)}$ ，此時入射光子能量為 3.0 eV。若原子的量子數由  $n=1$  變成  $n>3$  時，入射光子的能量會大於 3.0 eV。

(D)○：由能量守恆，可知射出的光子能量為  $E_3 - E_2 = 1.0 \text{ (eV)}$ 。

(E)×：使基態原子激發的最小能量為  $(-2) - (-4) = 2 \text{ (eV)}$ ，電子動能 3.2 (eV) > 2.0 (eV)，所以電子與基態原子碰撞時，有機會使原子激發。

## 第貳部分、混合題或非選擇題（占 31 分）

說明：本部分共有 4 題組，每一子題配分標於題末。限在答題卷標示題號的作答區內作答。  
選擇題與「非選擇題作圖部分」使用 2B 鉛筆作答，更正時，應以橡皮擦擦拭，切勿使用修正液（帶）。非選擇題請由左而右橫式書寫，作答時必須寫出計算過程或理由，否則將酌予扣分。



### 20～21 題為題組

即便運用相同的測量工具，也可以藉由不同的測量設計，有效降低測量的不確定度。舉例來說，在測量 10 元硬幣的厚度時，徐同學與張同學都是用最小單位為 mm 的直尺來進行測量，也都是測量 4 次。徐同學眯著眼睛認真測量單一硬幣的厚度，而張同學則是將 10 個幣值相同的硬幣疊在一起測量，再將總厚度除以 10，所得數據如下表所列：

硬幣厚度（徐同學）	1.2 mm	1.9 mm	1.5 mm	1.7 mm
10 個硬幣總厚度（張同學）	18.5 mm	18.7 mm	18.3 mm	18.9 mm
硬幣厚度（張同學）	1.85 mm	1.87 mm	1.83 mm	1.89 mm

徐同學的數據處理後可得：平均值為 1.575 mm，而標準差約為 0.2986 mm。而張同學的數據處理後可得：平均值為 1.86 mm，而標準差約為 0.02582 mm。即便尚未用正確的方式表達測量的結果，也可以看出張同學測量的方式較好，可以有效降低測量的不確定度呢！

20. 利用題幹提供的數據分析，將張同學與徐同學的正確測量結果，以（最佳估計值）±（不確定度）形式寫下來。（3 分）

命題出處：龍騰教科書-選修物理 I- CH1 測量與不確定度

參考答案：徐同學： $(1.58 \pm 0.15)\text{mm}$ ，張同學： $(1.860 \pm 0.013)\text{mm}$

試題解析：根據課本公式，不確定度可由標準差算出：

$$\text{不確定度} = \frac{\text{標準差}}{\sqrt{\text{測量次數}}} = \frac{\text{標準差}}{\sqrt{4}} = \frac{\text{標準差}}{2}$$

因此徐同學方式所得的不確定度為  $(0.2986/2)\text{mm} = 0.1493 \text{ mm} \approx 0.15 \text{ mm}$ （以無條件進位法，僅取 2 位有效數字）。因此其測量結果寫為  $(1.58 \pm 0.15)\text{mm}$ （徐同學）。

同理，張同學方式所得的不確定度為  $(0.02582/2) \text{ mm} = 0.01291 \text{ mm} \approx 0.013 \text{ mm}$ ，因此其測量結果寫為  $(1.860 \pm 0.013) \text{ mm}$ （張同學）。

評分原則：（1 分）正確寫出不確定度的公式。

（1 分）正確寫出兩者的最佳估計值。

（1 分）正確寫出兩者的不確定度。

21. 鄭同學得知後，決定分別採用徐同學與張同學的方式測量，但是將測量次數從 4 次增加到 40 次，希望藉此了解不確定度如何隨著測量次數變化。若略去個人操作所造成的差異，當鄭同學大幅增加測量次數後，關於兩種不同測量方式所得的不確定度變化，下列敘述何者最為合理？（2 分）

- (A)兩種方式的不確定度皆維持不變
- (B)兩種方式的不確定度皆下降
- (C)徐同學方式的不確定度維持不變，但張同學方式的不確定度則下降
- (D)徐同學方式的不確定度下降，但張同學方式的不確定度則維持不變
- (E)資料不足，無法判斷不確定度的變化。

命題出處：龍騰教科書-選修物理 I- CH1 測量與不確定度

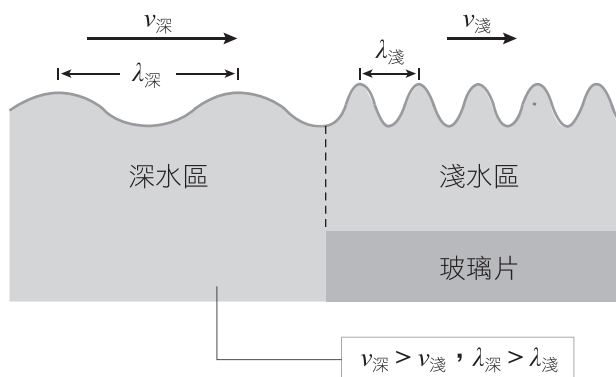
參考答案：B

試題解析：由上題中不確定度的公式可知，當標準差維持相同時，不確定度會隨著測量次數增加而降低。由於鄭同學沿用原先的測量方式，且忽略個人操作差異，標準差會約略相同，故增加測量次數可以有效降低不確定度，選項(B)最為合理。

#### 22～25 題為題組

小騰從水波折射的單元學習到，若在水波槽內放置一厚玻璃片，如圖(a)所示，由於其上方的水深較淺，可以形成淺水區與深水區的界面。水波在淺水區的波速較小，而在深水區波速較大。由於頻率不因水深而有所改變，利用  $v = f\lambda$  的關係式，可推知淺水區的波長較短，而深水區的波長較長。

小騰想進一步了解波速  $v$  與水深  $D$  間的關係，他想起曾經作過一道物理題目，提到波速  $v$ 、水深  $D$  的關係為  $v \propto \sqrt{D}$ 。因此決定以此主題進行探究實作，探討水波槽中水波波速  $v$  與水深  $D$  的關係。他架設水波槽實驗裝置，以固定頻率的直線起波器作為波源，如圖(b)所示。小組成員利用拍照及攝影方式，來測量相同頻率不同水深  $D$  時，水波的波長  $\lambda$  及水波的波速  $v$ 。最初水波槽內水深  $D$  為 2.5 cm，測得  $\lambda$  和  $v$  後，在水波槽內陸續疊放每塊厚度為 0.5 cm 的壓克力片，依序測量不同深度時，水波的波長  $\lambda$  和波速  $v$ ，得到數據如表所示。試回答下列問題。



(a)



(b)

壓克力片	水深 $D$ (cm)	$\sqrt{D}$ (cm <sup>1/2</sup> )	水波波長 $\lambda$ (cm)	水波波速 $v$ (cm/s)
無疊放	2.5	1.58	6.0	30.1
疊 1 片	2.0	1.41	5.5	29.2
疊 2 片	1.5	1.22	5.2	27.8
疊 3 片	1.0	1.00	4.4	24.8
疊 4 片	0.5	0.71	3.6	19.9

22. 在本實驗中，水波頻率  $f$ 、水波波長  $\lambda$ 、水波波速  $v$ 、水的深度  $D$ ，請於作答區填入上述何者是控制變因、何者是操縱變因、何者是應變變因？（4 分）

命題出處：龍騰教科書-選修物理 III- CH1 波動

參考答案：見解析

試題解析：

控制變因	水波頻率 $f$
操縱變因	水的深度 $D$
應變變因	水波波長 $\lambda$ 、水波波速 $v$

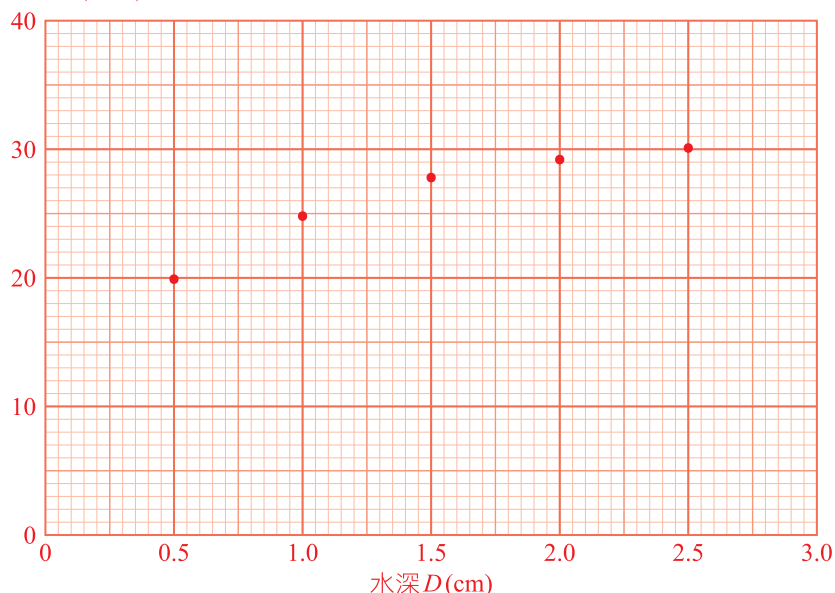
評分原則：每個物理量變因寫對給 1 分。

23. 請於方格紙中作圖，將水深  $D$  和水波波速  $v$  的數值，標示於坐標圖中。（請正確標示橫軸與縱軸的名稱與單位，並留意坐標軸間距選取須標示得宜。）（3 分）

命題出處：龍騰教科書-選修物理 III- CH1 波動

參考答案：見解析

試題解析：波速  $v$ (cm/s)



評分原則：（1 分）橫軸與縱軸物理量正確。

（1 分）橫軸與縱軸物理量單位正確。

（1 分）各點標示正確，得 1 分（錯 1 個點扣 0.5 分，錯 2 個以上扣 1 分）。

24. 根據本實驗所測得的數據結果，請判斷下列哪兩項是小騰可以作出的結論？（2 分）

- (A) 不論水深多寡，若水深愈深，則水波波速愈快
- (B) 不論水深多寡，若水深愈深，則水波波長愈長
- (C) 不論水波頻率多寡，若水深愈深，則水波波長也愈長
- (D) 當水深範圍在 0.5 cm~2.5 cm 時，若水波頻率固定，則水深愈深時，水波波長愈長
- (E) 當水深範圍在 0.5 cm~2.5 cm 時，若水波頻率固定，則水深愈深時，水波波速愈快。

命題出處：龍騰教科書-選修物理 III- CH1 波動

參考答案：DE

試題解析：(A)(B)×：在探究實作過程中，學生作結論時宜採一分證據講一分話的精神，避免過度推論。此探究僅針對水深範圍在 0.5 cm~2.5 cm 進行實驗，實驗結果不宜推論至其他水深。

(C)×：此探究實作過程中水波的頻率是固定的，故無法作出此推論。

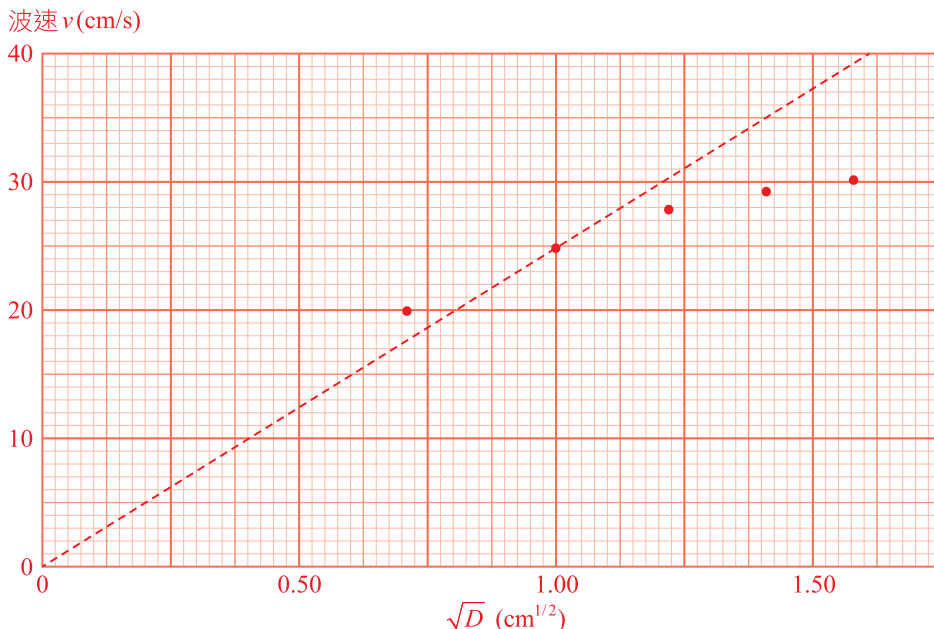
(D)(E)○：敘述中有明確指出水深範圍及頻率固定等條件，推論內容亦符合實驗數據所呈現。

25. 請於作答區根據此實驗所測得的數據結果，研判波速  $v$  與水深  $D$  兩者之間，是否滿足  $v \propto \sqrt{D}$  的關係呢？請說明你是如何研判的呢？（3 分）

命題出處：龍騰教科書-選修物理 III- CH1 波動

參考答案：不滿足，見解析

試題解析：〔判斷方法 1〕繪製水波波速  $v$  對  $\sqrt{D}$  的關係圖，如圖所示。圖中數據點並未落在通過原點的同一直線上，故此五組實驗數據，並不滿足  $v \propto \sqrt{D}$  的關係。



〔判斷方法 2〕若  $v \propto \sqrt{D}$ ，即  $\frac{v}{\sqrt{D}}$  = 定值。由表可知，五組實驗數據的  $\frac{v}{\sqrt{D}}$  值並不相等，故不滿足  $v \propto \sqrt{D}$  的關係。



壓克力片	$\sqrt{D}$ (cm <sup>1/2</sup> )	水波波速 $v$ (cm/s)	$\frac{v}{\sqrt{D}}$ (cm <sup>1/2</sup> /s)
無疊放	1.58	30.1	19.0
疊 1 片	1.41	29.2	20.6
疊 2 片	1.22	27.8	22.7
疊 3 片	1.00	24.8	24.8
疊 4 片	0.71	19.9	28.1

評分原則：（1 分）是否滿足答案正確。

（1 分）以方法 1 繪出  $v$  對  $\sqrt{D}$  的關係圖，或以方法 2 推論出若  $v \propto \sqrt{D}$ ，

即  $\frac{v}{\sqrt{D}} = \text{定值}$ 。

（1 分）以方法 1 繪圖結果或方法 2 計算  $\frac{v}{\sqrt{D}}$  值正確說明。

#### 26～27 題為題組

1911 年，英國物理學家恩斯特·拉塞福（Ernest Rutherford）透過著名的金箔散射實驗，發現了原子核的存在，徹底改變了人類對原子結構的認識。他的實驗設計利用了一層極薄的金箔，並將帶正電的  $\alpha$  粒子（氦原子核）射向金箔，觀察這些粒子的散射情況。在實驗中，絕大多數的  $\alpha$  粒子穿過金箔時幾乎未改變路徑，但有少數粒子發生了明顯的偏轉，甚至有極少數被反彈回來。這一結果無法用當時的「湯姆森葡萄乾模型」（原子是均勻分布的帶正電物質，其中嵌有電子）解釋。

拉塞福提出，原子內部必定有一個非常小但質量集中的區域，攜帶正電荷，並負責偏轉  $\alpha$  粒子。他將這個區域命名為原子核，並認為原子的正電荷和大部分質量都集中在這裡，而電子則分布在核外的空間內。基於這一發現，拉塞福提出了行星原子模型。在這個模型中，原子核位於原子中心，電子像行星環繞太陽一樣，在核外軌道上高速運動。這一模型具象地描述了原子的結構，但此模型卻存在著穩定的問題。行星模型的問題後來由尼爾斯·波耳（Niels Bohr）改進，他引入了量子化的概念，解釋了電子在固定能階上的穩定性，進一步完善了對原子結構的理解。

26. 請試著說明：拉塞福的行星原子模型，存在原子穩定的問題是指什麼問題？（2 分）

參考答案：見解析

試題解析：帶電的電子在加速運動中應輻射能量（電磁波），導致其軌道逐漸縮小，最終掉入原子核中。

評分原則：（1 分）提及軌道上電子具有加速度（向心加速度）或行加速運動。

（1 分）提及電子在加速運動中輻射電磁波，導致其軌道逐漸縮小而不穩定。

27. 請問波耳假設哪一個物理量的量子化，因此推導出電子能量不連續的概念(也就是能階)? 請利用德布羅意物質波理論解釋此物理量量子化的原因。(4 分)

參考答案：角動量量子化，說明詳見解析

試題解析：波耳假設角動量量子化解釋了電子能量不連續的概念(也就是能階)，德布羅

意以物質波理論解釋如下：物質波波長  $\lambda = \frac{h}{p}$ ，電子物質波在軌道上形成駐波，

其條件為  $2\pi r = n\lambda$ ，因此  $2\pi r = n \times \frac{h}{p} = \frac{nh}{mv} \Rightarrow mrv = \frac{nh}{2\pi} \Rightarrow L = \frac{nh}{2\pi}$ ，即角動量量子化。

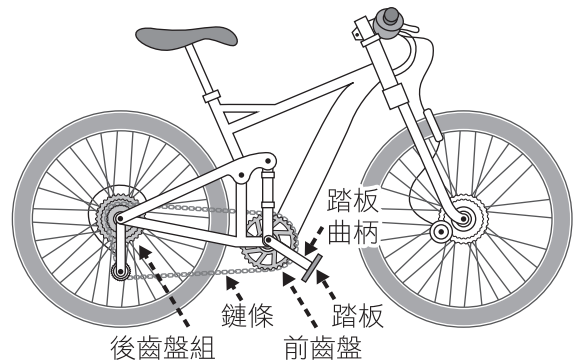
評分原則：(1 分) 正確答出該物理量為角動量。

(1 分) 提及物質波波長為  $\lambda = \frac{h}{p}$ 。

(2 分) 利用物質波波長與駐波條件完成證明。

### 28~30 題為題組

一臺具有三段變速系統的腳踏車(如圖所示)，其前齒盤的齒數為 38 齒，後齒盤組有相同轉軸但齒數分別為 14、19 與 26 齒的 3 個齒盤。鏈條套在前齒盤和後齒盤上，當前齒盤轉動 1 齒，後齒輪盤也跟著轉動 1 齒；且齒盤齒數與齒盤半徑成正比。



28. 齒數為  $n$  的齒盤邊緣的切線速度定為  $v_n$ 、角速度定為  $\omega_n$ 、法線加速度(向心加速度)定為  $a_{Nn}$ 。若變速系統將鏈條套在前齒盤與齒數 19 齒的後齒盤上，當前、後齒盤轉動時，下列敘述哪些正確?(多選)(2 分)

(A)後齒盤： $\frac{v_{26}}{v_{14}} = \frac{13}{7}$  (B)後齒盤： $\frac{\omega_{26}}{\omega_{14}} = \frac{7}{13}$

(C)後齒盤： $\frac{a_{N26}}{a_{N14}} = 1$  (D)前齒盤與後齒盤： $\frac{\omega_{38}}{\omega_{19}} = \frac{1}{2}$

(E)前齒盤與後齒盤： $\frac{v_{38}}{v_{19}} = 2$ 。

命題出處：113 年物理分科測驗

參考答案：AD

試題解析：(A)○：因後齒盤均為同軸之等角速度轉動  $\omega_{26} = \omega_{14}$ ，又因  $v = R\omega$ ，

$$\text{故 } \frac{v_{26}}{v_{14}} = \frac{R_{26}}{R_{14}} = \frac{26}{14} = \frac{13}{7}。$$

(B) ×：如(A)所提， $\frac{\omega_{26}}{\omega_{14}} = \frac{1}{1}$ 。

(C) ×： $a_N = R\omega^2$ ，故 $\frac{a_{N26}}{a_{N14}} = \frac{R_{26} \cdot 1^2}{R_{14} \cdot 1^2} = \frac{26}{14} = \frac{13}{7}$ 。

(D) ○：因前齒盤與後齒盤以鏈條相連帶動，故具有相同之切線速度  $v$ ，

$$\text{而 } \omega = \frac{v}{R}, \text{ 故 } \frac{\omega_{38}}{\omega_{19}} = \frac{\frac{1}{38}}{\frac{1}{19}} = \frac{19}{38} = \frac{1}{2}。$$

(E) ×：如(D)所言，前後齒盤切線速度相同， $\frac{v_{38}}{v_{19}} = \frac{1}{1}$ 。

29. 如圖為腳踏車驅動過程的示意圖：

①騎士對踏板施力，經長度  $L$  的踏板曲柄對前齒盤的轉軸產生力矩；

②使前齒盤轉動並施力於鏈條上；

③鏈條上的力傳遞至後齒盤產生力矩；

④後齒盤將此力矩傳遞至驅動輪（後輪），即為腳踏車的驅動力矩驅使車輪轉動。

承上題，當腳踩踏板的垂直力為  $F$  且車輪相對於路面為靜止狀態時，回答下列問題：

(1)  $F$  經由踏板曲柄對前齒盤轉軸產生的力矩的量值為何？（1 分）

(2)  $F$  經由踏板曲柄對腳踏車後輪產生的力矩的量值為何？（需有計算過程）（2 分）

命題出處：113 年物理分科測驗

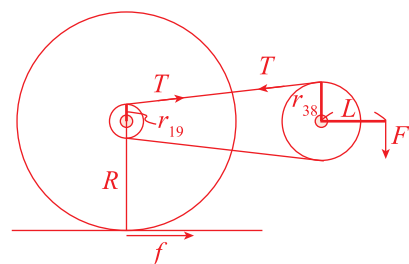
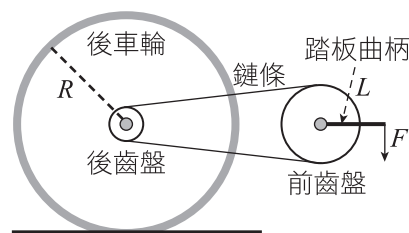
參考答案：(1)  $F \times L$ ；(2)  $\frac{1}{2} F \times L$

試題解析：（本題務必以力圖呈現說明可更為清晰）如圖，

後輪半徑  $R$ ，前齒盤半徑  $r_{38}$ ，後齒盤半徑  $r_{19}$ 。

(1)  $F$  經由踏板曲柄對前齒盤轉軸產生的力矩為  $F \times L$ 。

(2) 分前後齒盤討論，設鏈條張力為  $T$ ，前齒



盤靜止，合力矩為零，則  $F \times L = T \times r_{38} \Rightarrow T = \frac{F \times L}{r_{38}}$

$\Rightarrow$  透過鏈條作用到後齒盤的力矩則為  $T \times r_{19} = \frac{F \times L}{r_{38}} \times r_{19} = \frac{1}{2} F \times L$ 。

評分原則：（1 分）正確列出  $F$  經由踏板曲柄對前齒盤轉軸產生的力矩的量值。

（1 分）正確算出  $F$  經由踏板曲柄對腳踏車後輪產生的力矩的量值。

（1 分）正確表示前齒盤力矩關係式。

30. 車輪轉動對路面產生往後的摩擦力，路面也同時對車輪施加往前的反作用力，此即為驅動腳踏車往前的力。已知後輪的半徑為  $R$ ，若以腳踩踏板施加相同垂直力  $F$  於長度  $L$  的踏板曲柄上（承上題圖），且車輪相對於路面為靜止狀態時，改變前齒盤與後齒盤之間的齒數比，使鏈條對後輪產生最大驅動力矩，則此時僅由  $F$  所產生驅動腳踏車往前最大的力為何？（需有說明或計算過程）（3 分）

命題出處：113 年物理分科測驗

參考答案： $\frac{13FL}{19R}$

試題解析：使鏈條對後輪產生最大驅動力矩，須選擇半徑最大的 26 齒後輪盤，以力矩平衡，則

$$T \times r_{38} = F \times L \cdots \cdots \textcircled{1}$$

$$T \times r_{26} = f \times R \cdots \cdots \textcircled{2}$$

$$\frac{\textcircled{1}}{\textcircled{2}} \Rightarrow \frac{38}{26} = \frac{FL}{fR} \quad \therefore f = \frac{26FL}{38R} = \frac{13FL}{19R}。$$

評分原則：（1 分）正確選擇半徑最大的 26 齒後輪盤。

（1 分）正確列出聯立方程式。

（1 分）正確算出答案。