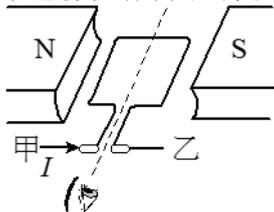


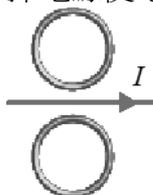
一、 單選題：(18 小題，每題 3 分，共 54 分)

說明：第 1 題至第 18 題，每題均計分。每題有  $n$  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。

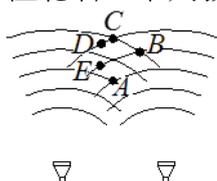
1. ( ) 如圖所示為直流式馬達的示意圖，若電流由甲端流入電樞，則由眼睛往電樞看過去，電樞旋轉的方向為何？



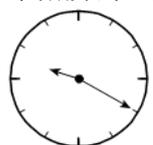
- (A) 順時針 (B) 逆時針 (C) 順時針及逆時針皆可能 (D) 來回擺動不轉動 (E) 先順時針後逆時針依序變動
2. ( ) 如圖所示，一長直導線通以穩定的電流，在導線上下兩側各有一圓形的導體線圈，若關掉電源使電流消失，在此瞬間其正上方及正下方兩線圈的應電流方向分別為何？



- (A) 上方：順時針、下方：順時針 (B) 上方：順時針、下方：逆時針 (C) 上方：逆時針、下方：順時針 (D) 上方：逆時針、下方：逆時針 (E) 二者皆沒有應電流
3. ( ) 將電磁學的基本定律用一組四個方程式表達，使電磁學理論趨於完備的是哪一位科學家？ (A) 馬克士威 (B) 法拉第 (C) 安培 (D) 赫茲 (E) 愛因斯坦
4. ( ) 老師從 A 教室移到 B 教室的過程中，無法看到 B 教室的學生，卻可以聽到 B 教室學生聊天的內容，其原因為下列何者？ (A) 聲波的波長比光波短，故較容易穿透過牆壁 (B) 聲波的能量強度比光波強，故可穿透牆壁 (C) 聲波的頻率比光波高，故可穿透牆壁 (D) 聲波的速率比光波大，故未見人而先聞聲 (E) 聲波的波長與門的尺度較接近，故容易發生繞射而傳出
5. ( ) 兩聲源（揚聲器，俗稱喇叭）以相同的方式發出同頻率、同強度的相干聲波。如圖弧線所示為某瞬間，兩波之波峰的波前。A、B、C、D、E 代表 5 位聽者的位置，有關這五位聽者，下列敘述何者正確？

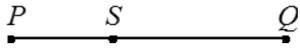


- (A) A 聽到的聲音最強 (B) A、C 聽到的聲音一樣強 (C) B 聽到的聲音最弱 (D) A 聽到的聲音最弱 (E) B、E 聽到的聲音一樣強
6. ( ) 某無數字時鐘，從平面鏡中見此鐘為 9 時 20 分，如圖所示，則真正時刻為何？



- (A) 9 時 20 分 (B) 2 時 40 分 (C) 3 時 40 分 (D) 2 時 20 分 (E) 3 時 20 分

7. ( ) 如圖所示， $S$  為上下振動的波源，振動頻率  $f = 100$  赫茲，所產生的橫波分別向左右傳播，波速  $v = 80$  公尺/秒，在波源左右兩方有  $P$ 、 $Q$  兩點，與  $S$  之距離分別為  $\overline{SP} = 8.4$  公尺， $\overline{SQ} = 9.6$  公尺，當  $S$  恰通過平衡位置且向上振動時，下列有關  $P$ 、 $Q$  兩質點的敘述何者正確？



- (A)  $P$  在波峰， $Q$  在波谷 (B)  $Q$  在波峰， $P$  在波谷 (C)  $P$ 、 $Q$  皆在波峰 (D)  $P$  通過平衡點向上振動， $Q$  通過平衡點向下振動 (E)  $P$  通過平衡點向下振動， $Q$  通過平衡點向上振動
8. ( ) 下列何者為惠更斯原理的主要內容？ (A) 兩波相遇時，其位移可以互相疊加 (B) 所有的波最終都是圓形波 (C) 波前上的每一點可視為新的點波源，並由此產生新的子波 (D) 波可以傳遞能量 (E) 波行進時，介質不隨波前進
9. ( ) 一雷射發出的可見光，在空氣中由左向右通過一支實心玻璃圓柱。試問雷射光的可能軌跡為下列何者？ (A) (B) (C) (D) (E)
10. ( ) 停在路邊等公車的小明，聽到救護車警笛的頻率有愈來愈高的趨勢，則下列敘述何者正確？ (A) 救護車正在遠離小明 (B) 救護車正在接近小明 (C) 警笛的聲速也增快 (D) 警笛的聲速變慢 (E) 一切都是小明的錯覺，頻率應該不變
11. ( ) 某天文學家觀測到某星系的光譜都呈現紅移現象，則此星系是如何運動？ (A) 靜止不動 (B) 向我們接近 (C) 離我們遠去 (D) 有時候接近，有時候遠離 (E) 無常規可循
12. ( ) 根據光量子論，在真空中傳播的可見光中，紅光光子的性質為何？ (A) 頻率最高 (B) 能量最大 (C) 波長最長 (D) 速度最快 (E) 又稱為紅外線
13. ( ) 普朗克的假設可由能階的概念來理解。根據量子力學，只有在某些特定能量，系統方能穩定存在，這一系列像階梯狀的能量，稱為該系統的能階。下列關於能階的敘述，何者正確？ (A) 能階的概念，由馬克士威首先提出 (B) 能階間的能量是連續的 (C) 每一能階的能量是固定的，所以能量不能交換 (D) 每一能階的能量是固定的，但能量還是可以交換，只是能量變化是不連續的 (E) 能階的觀念僅適用於熱輻射，不適用於光
14. ( ) 已知金屬板甲的功函數為  $W_{甲}$ ，金屬板乙的功函數為  $W_{乙}$ 。小龍做光電效應實驗時，以頻率為  $f$  的單色光分別照射甲、乙，發現甲可發生光電效應，但乙沒有光電效應。設普朗克常數為  $h$ ，則下列敘述何者正確？ (A)  $hf > W_{乙}$  (B)  $W_{甲} > W_{乙}$  (C) 甲的光電子之最大動能  $= W_{甲} - hf$  (D) 慢慢增加入射光的強度，當到達某個強度時，乙亦能產生光電效應 (E) 慢慢增加入射光的頻率，當到達某個頻率時，乙亦能產生光電效應
15. ( ) 電子經過雙狹縫後打中屏幕，並在螢光屏上形成干涉條紋。下列何者是產生亮、暗干涉條紋的主因？ (A) 電子釋放電磁波，電磁波經狹縫後形成干涉 (B) 電子只會朝幾個特定方位前進 (C) 電子通過狹縫後，落在屏上某些特定位置的機會較小，某些特定位置的機會較大 (D) 電子通過狹縫後，有些位置產生反射（暗紋），有些位置產生折射（亮紋） (E) 電子通過狹縫後，有些位置產生干涉（暗紋），有些位置產生繞射（亮紋）
16. ( ) 下列關於波耳氫原子模型中對原子能階與光譜的敘述，何者正確？ (A) 電子在繞核作圓周運動時，因有加速度而放出輻射能 (B) 電子可以在一些特定能階存在而不輻射 (C) 氫原子只有一個電子，故氫原子光譜只有一條譜線 (D) 氫原子所發出之光譜線全為可見光 (E) 必須不斷地供給能量，以維持電子在固定能階運動
17. ( ) 小喬騎腳踏車悠遊於河堤岸邊，人車質量總和為 60 公斤，途經馬場町時以等速度行進，已知動能為 3000 焦耳，由於受到順著運動方向的一股強風力  $F$  作用了一段距離後，車速率增加了 5 公尺/秒，則該強風力  $F$  對小喬與車系統所作的功為多少焦耳？ (A) 9750 (B) 6750 (C) 4750 (D) 3750 (E) 2750

18. ( ) 若一顆雨滴正以等速下降且保持質量不變，其所具有的能量變化，下列何者正確？ (A) 動能增加，位能減少，力學能守恆 (B) 動能不變，位能減少，力學能不守恆 (C) 動能不變，位能不變，力學能不守恆 (D) 動能減少，位能減少，力學能守恆 (E) 動能不變，位能增加，力學能不守恆

## 二、多選題：(4 小題，每題 4 分，共 16 分)

說明：第 19 題至第 22 題，每題均計分。每題有  $n$  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 4 分；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。

19. ( ) 有關施力對物體所作的功，下列敘述哪些正確？(應選 2 項) (A) 若施力與位移同方向，則施力作正功 (B) 若施力與位移垂直，則施力作負功 (C) 若施力與位移反方向，則作功為零 (D) 若施力為零，則作功必為零 (E) 作功為零，則位移必為零
20. ( ) 波耳提出「氫原子模型」，主要是受到哪些人物和理論的啟發？(應選 3 項) (A) 拉塞福的原子行星模型 (B) 湯木生的原子模型 (C) 普朗克的量子論 (D) 愛因斯坦的光子論 (E) 法拉第的電磁感應
21. ( ) 下列哪些屬於電磁波？(應選 3 項) (A) 紅外線 (B) X 射線 (C) 質子束 (D) 超音波 (E) 雷射光
22. ( ) 光電效應的哪些實驗事實，**不能**用波動說而只能用光子來說明？(應選 3 項) (A) 入射光強度愈大所測得光電流也愈大 (B) 入射光之波長較某一定值為小時，即使極弱之光也能產生光電子 (C) 入射光之波長愈短，打出光電子的動能愈大 (D) 要使某一金屬發射光電子，入射光的頻率必須超過某一定值 (E) 金屬板的電子吸收光的能量脫離金屬板表面

說明：第 23 題至第 31 題，單選題每題 3 分、多選題每題 4 分，每題均計分，請將正確選項畫記在答案卡之「選擇題答案區」。單選題答錯、未作答或畫記多於一個選項者，該題以零分計算，多選題每題有  $n$  個選項，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。

## 三、素養試題：(22 分)

1. 微波是指頻率範圍在 300MHz 至 300GHz 的電磁波，在真空中的波長介於紅外線與無線電波之間。微波在手機網路、藍牙、衛星電視、雷達科技、微波爐均有廣泛的應用。微波爐利用頻率為 2450MHz 的微波對食物加熱，其基本原理如下：水分子的電偶極在電磁場中會轉向電場的方向；當微波照射時，由於電磁波在傳播空間中，電場是不斷的變化，因而水分子為了要轉向電場方向而不斷的轉動，這樣的轉動即為熱量的來源，也使食物的溫度上升。
- ( ) (23) 依據文章中提到的微波頻率之範圍，計算微波在真空中的波長範圍約為多少？ (A) 1 微米~1 奈米 (B) 1 毫米~1 微米 (C) 1 公分~0.01 毫米 (D) 1 公尺~1 毫米 (E) 10 公尺~10 毫米
- ( ) (24) 下列關於微波爐或微波的敘述，何者正確？ (A) 微波爐的加熱原理是利用電磁感應產生應電流 (B) 微波爐使用的微波，在真空中的波長約為 12 公尺 (C) 放在金屬盤上的乾燥炒米粉，可放入微波爐加熱 (D) 電磁波中，微波的頻率大於可見光的頻率 (E) 微波爐加熱原理與水分子隨著電場方向旋轉有關

2. 1924年，德布羅意在他的博士論文中提出一個新觀點，認為像電子、原子、分子等之類的粒子，甚至是所有形式的物質，除了粒子性之外，都伴有一定的波動性，這種伴隨著物質粒子的波，稱為物質波或德布羅意波。

德布羅意推導出物質波的頻率  $f$ 、波長  $\lambda$  與其對應粒子的能量  $E$ 、動量  $p$  ( $=mv = \text{質量} \times \text{速度}$ ) 間之關係為：

$$\begin{cases} (1) \text{物質波的頻率: } f = \frac{E}{h}。 \\ (2) \text{物質波的波長: } \lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}。 \end{cases}$$

上兩式稱為德布羅意-愛因斯坦關係式，暗示了波與粒子二象性的普遍性。

此式乍看之下好像和愛因斯坦的光子能量  $E = hf$  類似，其實不然。兩個公式的數學形式雖然相同，但兩式的出發點及物理內涵是完全不同的。愛因斯坦由光波動的角度出發，說明光也具有粒子性，而德布羅意則從相反的角度出發，一般被視為粒子的物質，也會有波動的性質。

那麼日常生活中可以感受到物質波嗎？舉例來說，一臺質量為 1000 公斤的汽車，以 30 公尺/秒 ( $= 108$  公里/時) 前進時，其物質波的波長為  $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.63 \times 10^{-34}}{1000 \times 30} = 2.21 \times 10^{-38}$  (公尺)，波長如此的短，故其波動性極不顯著。因此在日常生活尺度中，德布羅意的物質波極不顯著，我們根本感受不到。

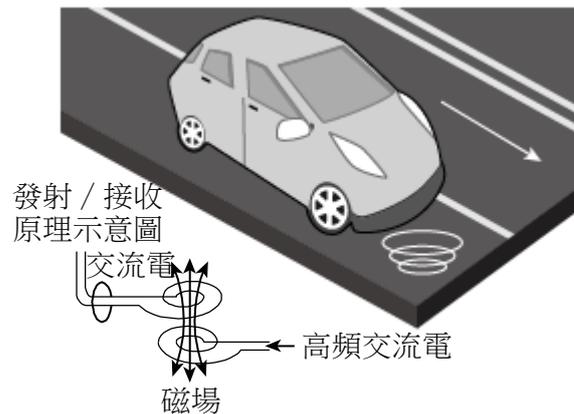
既然感受不到，那麼這個虛無飄渺的物質波到底是什麼呢？1926年，奧地利物理學家薛丁格提出了用波函數來描述粒子的運動，並建立了薛丁格方程式，但他無法解釋這個方程式的物理意義。之後，量子力學一代大師，德國物理學家玻恩，提出物質波是機率波的見解。此一見解，目前廣為物理學家所接受。

根據上面短文，試回答下列問題：

- ( ) (25) 物質也具有波動性，而此波動為機率波。此深奧的理論，是許多物理學家接力奮鬥的結果。下列關於物理學家及其貢獻，哪些正確？(應選 2 項) (A) 物質波由玻恩所提出 (B) 愛因斯坦提出物質波的波長  $\lambda = \frac{h}{mv}$  (C) 薛丁格建立了薛丁格方程式 (D) 德布羅意提出物質波是機率波的見解 (E) 玻恩提出物質波是機率波的見解
- ( ) (26) 下列各粒子或物體以相同速率運動時，何者的物質波波長最長？ (A) 氦原子 (B) 中子 (C) 電子 (D) 質子 (E) 棒球
- ( ) (27) 根據內文所述的公式，普朗克常數  $h = 6.63 \times 10^{-34}$  焦耳·秒。試計算質量為 10 公克的子彈，以 800 公尺/秒的初速射出時，其物質波的波長約為多少公尺？ (A)  $4.29 \times 10^{-12}$  (B)  $8.29 \times 10^{-18}$  (C)  $4.29 \times 10^{-28}$  (D)  $8.29 \times 10^{-35}$  (E)  $4.29 \times 10^{-40}$

3. 荷蘭為落實綠色家園的夢想，預計在政經繁榮的各大城市建造一條條電動車專用道，使車輛在行進中能自動充電，進而免除汽油的使用。電動車的輪子都是絕緣體，但在公路下方的底盤裝設線圈，藉由公路線圈通電後所產生的磁場，使車輛的線圈產生應電流，進而儲存至電動車的蓄電池後以提升車輛的續乘力，如圖所示。

這種構想在美國某些城市早已落實，電動公車以此種方式進行感應充電。規劃好公車的行駛路線、停靠站固定，因此可在每個停靠站的道路內側裝設線圈，當電動公車停妥後，便啟動感應充電。只要測試效果達到理想目標，這種全面性以電力取代汽油、實現零污染的公共運輸的境界將指日可待。

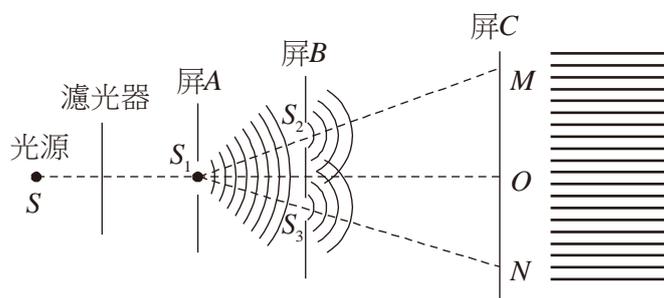


- ( ) (28)以電磁學的觀點來看，這種「非接觸式充電」的電動公車在智慧型公路上能自動充電，與下列哪一種電器的運用原理是相同的？ (A)電流磁效應，電動機 (B)感應起電，驗電器 (C)電流磁效應，電磁鐵 (D)電磁感應，電動牙刷 (E)電流磁效應，電鈴
- ( ) (29)臺北市的公車分有高底盤與低底盤兩種設計，除了底盤高低不同外，其餘規格均相同。如果公車處擬改變現行的汽油公車為電力公車，試問何者在同一停靠站的充電效果較佳？又主要的理由為何？ (A)高底盤公車，公車底盤線圈與公路線圈間距離較大 (B)高底盤公車，公車底盤線圈與公路線圈間距離較小 (C)低底盤公車，公車底盤線圈與公路線圈間距離較大 (D)低底盤公車，公車底盤線圈與公路線圈間距離較小 (E)無論哪一型公車，效果都一樣，因為磁場與距離無關

#### 四、科學閱讀題：(8分)

英國物理學家楊氏，是第一位清晰地驗證光波的疊加原理的科學家，1802年，他成功地完成了光的雙狹縫干涉實驗，實驗裝置示意圖如圖所示。圖中清楚地指出當光線通過雙狹縫  $S_2$ 、 $S_3$  (雙狹縫間的距離  $\overline{S_2S_3} \approx 6000$  埃) 時，在屏幕  $C$  上會出現一均勻且明暗相間的條紋，此現象完全無法用光的微粒說來解釋；相反地，若將光視為波動，出現亮紋的位置表示從兩狹縫出發的兩道光在此處進行建設性干涉，而出現暗紋的位置表示從兩狹縫出發的兩道光在此處進行破壞性干涉，這個盛名的楊氏雙狹縫實驗，完整地揭露了光的波動性。

1961年，德國物理學家瓊森仿照楊氏的實驗裝置，將光源改為電子槍，雙狹縫間的距離調整為  $10^{-2}$  埃，屏幕上塗有一層感光材料。實驗結果顯示，屏幕上出現同楊氏雙狹縫實驗一樣的干涉條紋，而圖中亮紋的位置黏著有較多電子，發出較強的螢光，暗紋處則有較少電子抵達該處，瓊森的改良式雙狹縫實驗，顯示了電子同光一樣具有波動性。後來的科學家也模仿瓊森的實驗，而將入射的粒子改為質子、中子或碳 60 (巴克球) 等，也都出現類似的現象，這些實驗，為 1924 年德布羅意提出的物質波理論，提供了有利的驗證。閱讀完上述的短文，試回答下列各問題：



- ( ) (30) 下列關於楊氏光的雙狹縫實驗，和瓊森電子的雙狹縫實驗的敘述，哪些**錯誤**？(應選 3 項) (A) 楊氏光的雙狹縫實驗所用的屏幕，必須塗上感光的化學材料 (B) 瓊森電子的雙狹縫實驗屏幕上的亮紋，是因為電子作加速運動發出的輻射光造成 (C) 楊氏光的雙狹縫實驗的狹縫間距，約與可見光的波長大小接近 (D) 只須將楊氏光的雙狹縫實驗中的可見光源改為電子槍，在屏幕上就可以看到電子的干涉條紋 (E) 楊氏和瓊森的雙狹縫實驗分別證實了光與電子均具有波動性
- ( ) (31) 下列關於光與電子的敘述，哪些**錯誤**？(應選 2 項) (A) 光電效應證實了光具有粒子性 (B) 德布羅意提出：粒子具有粒子和波動的雙重特性 (C) 愛因斯坦提出：光具有波動和粒子的雙重特性 (D) 一群運動的電子只具有粒子性而無波動性 (E) 物質波的概念只適用於電子，其他粒子並不適用