

111 學年度學科能力測驗 模擬試題（一）

教師用

自然考科—物理

—作答注意事項—

考試時間：40 分鐘

題型題數：

- 第壹部分
 單選題 共 5 題
 多選題 共 5 題
- 第貳部分 共 8 題

作答方式：

- 請將答案填入題本所附答案卷之答案欄中。

注意事項：

- 本試題為模擬學科能力測驗之形式設計，正式測驗時，作答方式仍以大考中心規定為準。

版權所有，請勿翻印

第壹部分、選擇題（占 20 分）

說明：第 1 題至第 10 題，含單選題及多選題，每題 2 分

1. 下列有關物理量的單位與定律之描述，何者正確？
- (A)某社區管委會計算社區用電時表示，1 度電為 1000 瓦/小時
 - (B)阿明在體育課跑直線百米僅花 13 秒，其平均速度量值可表示為 13 秒/100 公尺
 - (C)物體在流體中受浮力為其所排開液體重量，故浮力量值可表示為
$$F_{\text{浮}} = \text{流體密度} \times \text{排開體積}$$
 - (D)光量子的能量單位可以是焦耳
 - (E)頻率的單位可寫成秒分之一，屬於基本物理量的單位

答案：(D)

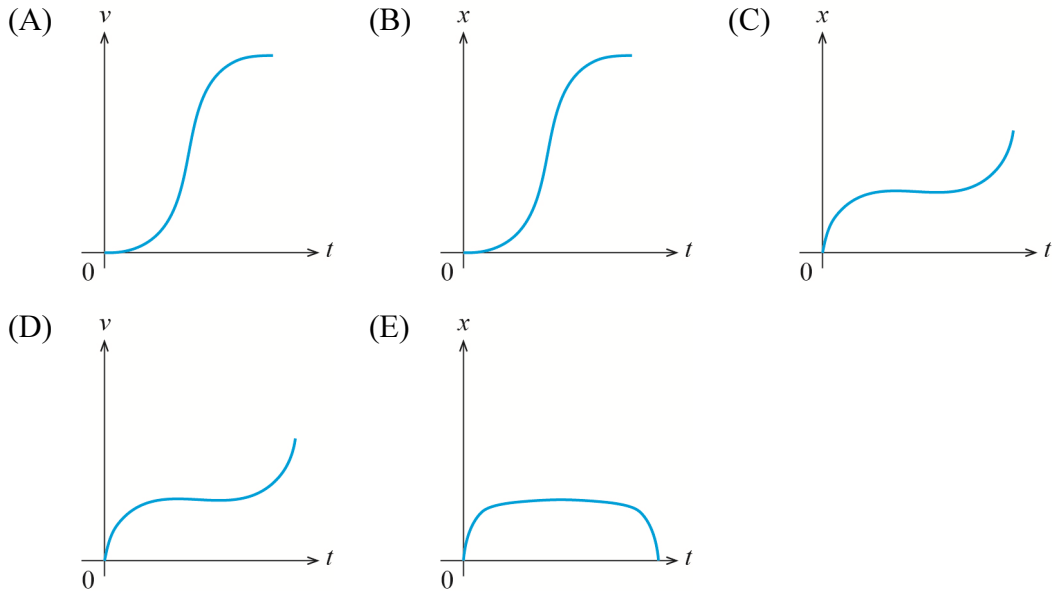
解析：(A)錯誤。1 度電為 1000 瓦·小時；
(B)錯誤。平均速度量值應為 100 公尺/13 秒；
(C)錯誤。浮力量值應為流體密度×排開體積×重力加速度；
(E)錯誤。頻率屬於導出量，故其單位亦為導出單位。

2. 自然界中的作用力歸類為四種，分別是：重力、電磁力、強作用以及弱作用，以下列出的作用力之描述，何者正確？
- (A) α 粒子內並沒有重力的作用
 - (B)分子間的凡德瓦力屬於強作用
 - (C)原子核若發生核反應必是弱作用造成
 - (D)強力膠的黏著力屬於電磁力
 - (E)人站立在地面時受到的正向力屬於重力

答案：(D)

解析：(A)錯誤。 α 粒子內的核子皆有質量，故有萬有引力作用；
(B)錯誤。分子間作用力屬於電磁交互作用；
(C)錯誤。核反應也有可能是強作用造成；
(E)錯誤。正向力屬於電磁交互作用。

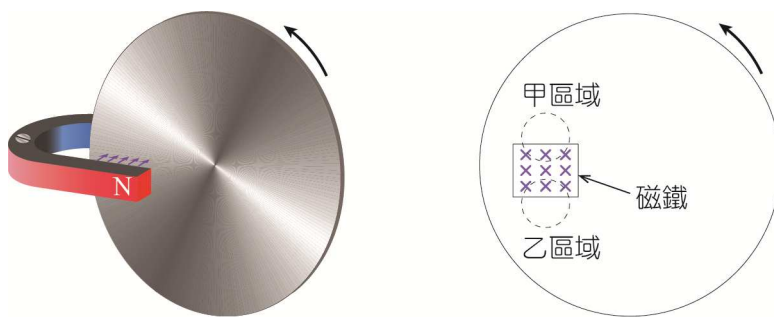
3. 火車可以讓人們在不同縣市間移動的工具，假如現有一列火車由靜止開始加速至某速度後作等速度運動，在到站前開始緩緩減速至停止進站，且為了簡化問題，亦將火車軌道視為直線，則下列速度或位置對時間關係圖，何者最能表達該列車的運動？



答案：(B)

解析：以位置對時間關係圖來說，切線斜率為瞬時速度，由題意的描述知道初速度為零漸漸加快後等速度運動，最後減速而停止，斜率應由零漸漸變得陡峭，再慢慢變為零。若以速度對時間關係來說，會類似(E)選項的圖。

4. 磁剎車是高速鐵路常用的剎車系統，其原理如圖左所示，在高速轉動的鋁盤兩側分別擺上 N 極與 S 極的磁極，當磁場通過轉動中的鋁盤後，會產生交互作用來減慢鋁盤轉速以利剎車，圖右為其側視圖。下列關於磁剎車的細節描述，何者最為正確？



- (A) 剎車過程中，鋁盤與磁極間只有排斥力作用，沒有吸引力
 (B) 剎車過程中，以上圖右而言，鋁盤上甲區域會受到磁極的排斥力
 (C) 磁剎車的優點之一是不會產生熱，而傳統的剎車會有摩擦生熱的現象
 (D) 剎車過程中，只有轉動中的鋁盤會受到作用力，而磁極不會
 (E) 當鋁盤停止轉動後，鋁盤會受到磁極吸引來維持車身靜止

答案：(B)

解析：(A)錯誤。如題目右圖的乙區即受吸引力；
(C)錯誤。仍有電流熱效應；
(D)錯誤。仍遵守牛頓第三運動定律，故磁極亦會受到反作用力；
(E)錯誤。無應電流的鋁盤與磁極間無交互作用。

5. 波耳提出氫原子模型解決了拉塞福行星原子模型所無法解釋的一些問題，但當時氫原子模型尚有未解決的困境。下列關於波耳的氫原子模型所解決的問題以及遭遇的困境描述，哪些正確？（應選 2 項）

- (A)波耳假設電子僅能在特定的軌域存在，並且在特定軌域時不輻射電磁波
- (B)波耳假設原子在不同能階間躍遷時，以光子形式吸收或放出電磁輻射
- (C)波耳完美地解釋原子躍遷的發生機制
- (D)波耳的氫原子模型尚無法解釋光譜的不連續性
- (E)波耳的氫原子模型僅能解釋單一電子的原子

答案：(B)(E)

解析：(A)錯誤。應是特定軌道，而非軌域；
(C)錯誤。波耳並沒有辦法解釋躍遷機制；
(D)錯誤。波耳成功解釋光譜的不連續。

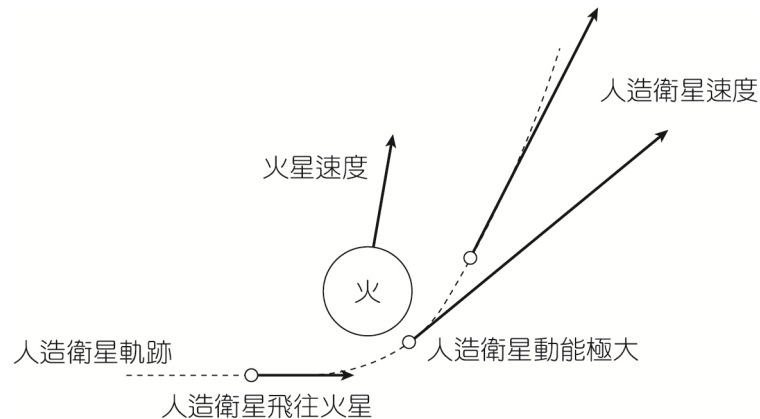
6. 焦耳做了熱功當量實驗，證實熱與功可以互相轉換。下列關於熱能、力學能與溫度的關係，哪些正確？（應選 3 項）

- (A)溫度愈高的物體，其組成分子做熱運動的平均動能愈大
- (B)由微觀的角度思考，某物體的溫度若愈高，則代表該物體的組成分子具有的總動能愈多
- (C)兩物體中，其組成分子具有的總動能較多者，溫度必較高
- (D)在人造機械中，分子力學能可以 100%轉換成熱，且熱也可以 100%轉換為分子力學能
- (E)有序能量的作功能力較強，而萬物又會趨於無序狀態，故會有能源枯竭的問題存在

答案：(A)(B)(E)

解析：(C)錯誤。有可能是分子數量較多導致力學能較多，未必是平均動能較大；
(D)錯誤。人造熱機不可能 100%將熱轉為力學能。

7. 我們可以利用「重力彈弓」效應將人造衛星扔到非常遙遠的地方，甚至脫離太陽的束縛。舉例來說，由地表發射火箭後不再提供動力，使人造衛星具有飛往火星的初速度，我們簡化該人造衛星受力，僅有太陽與火星施予的萬有引力，當相當接近火星時，火星造成的作用力影響則較顯著，如下圖所示，當人造衛星非常靠近火星時，會獲得相當多的動能，若初始狀態控制得宜，可以避免人造衛星軌跡與火星表面相交，且火星還可以让人造衛星獲得沿火星運動方向的速度，此時火星就像是彈弓一樣將人造衛星甩飛出去，使其脫離太陽的束縛而飛出太陽系外。根據以上描述，下列敘述哪些正確？（應選 3 項）



- (A)當火箭不再提供動力後，人造衛星之所以可以再獲得動能，是因系統重力位能減少轉換而來
(B)人造衛星被火星甩飛出去且可以脫離太陽束縛後，其受太陽引力漸漸變大
(C)在僅考慮火星引力作用過程中，人造衛星與火星系統的力學能守恆
(D)克卜勒行星運動定律可用萬有引力及牛頓力學證明，而此引力彈弓效應則不行
(E)若因某因素導致該人造衛星無法脫離太陽束縛，那麼其軌跡將會繞太陽作橢圓軌道運動

答案：(A)(C)(E)

解析：(B)錯誤。受太陽引力漸漸變小；

(D)錯誤。引力彈弓亦可用萬有引力及牛頓力學做理論計算。

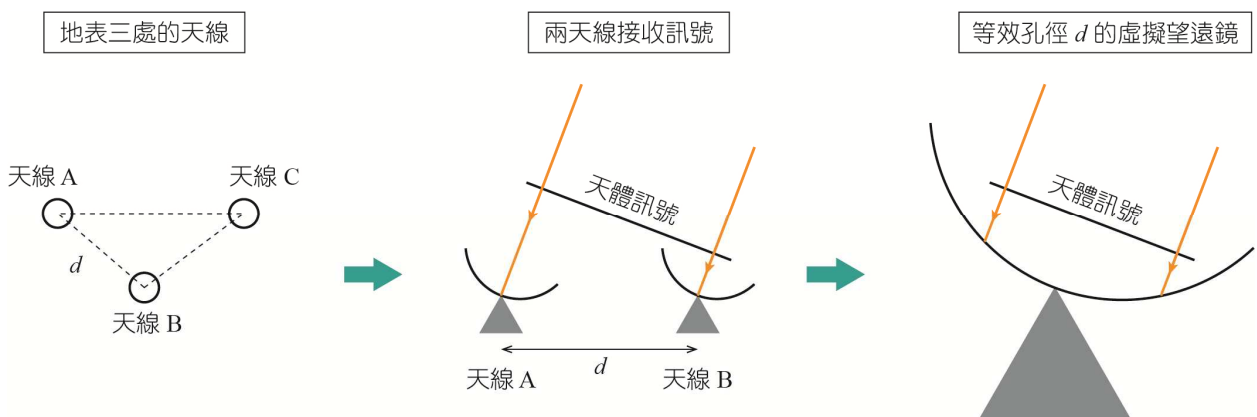
8~10 為題組

為黑洞拍照——電波望遠鏡陣列：

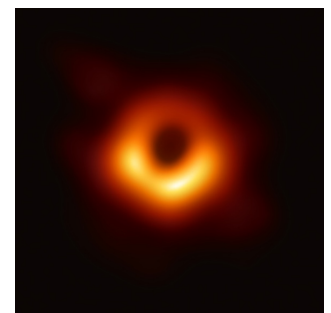
電波望遠鏡的使用是二十世紀天文學的新發展，相較於傳統的光學望遠鏡是相當新的產物；但是僅僅幾十年的時間，電波望遠鏡已經有許多為人所知的重要貢獻。舉幾個比較著名的例子，如 1958 年觀測到 21 公分譜線得到本銀河系的完整的漩渦臂結；又如 1964 年找到了 3 K 宇宙背景輻射，提供宇宙起源大霹靂說有力的直接觀測證據……等，這都是光學望遠鏡所無法達成的任務。

而電波望遠鏡的關鍵性優勢就是穿透性佳，一般來說，可見光無法穿透遮蔽物，所以如果有兩顆星體恰好前後排列，那麼我們將看不到後面星體發出的可見光，但無線電波就沒有這個限制，後方星體發出的無線電波仍然能夠收到。另外，透過電波望遠鏡我們將無線電波段的訊號做頻譜分析，可以用來判斷天體含有的元素，也能夠利用頻譜的紅移量得知天體的位置。

天文觀測中，如果觀測物體的張角比可分辨張角還小，那麼我們將無法辨識其中的結構，故可分辨的張角愈小，解析度就會愈高，也就是角分辨率愈大，若我們定義可分辨的最小張角為 θ ，則 $\theta \propto \frac{\lambda}{D}$ ，其中 D 為鏡面的直徑， λ 為觀測波長。由此可知，相同的觀測波長下，較高的解析度需要較大的鏡面直徑，但鏡面直徑過大會因重量過重而導致製造上的困難，而「干涉陣列」的問世解決了這個問題。干涉陣列的原理是將數個鏡面直徑為 D 的無線電波望遠鏡排列在一個廣大的區域內，再將這些無線電波望遠鏡的觀測訊號重疊在一起，因為無線電波抵達每個天線的時間略有差異，經由調整個別天線之間訊號傳輸的時間延遲，便可模擬出一座鏡面直徑 d 的「虛擬」無線電波望遠鏡（下圖）。其中，任兩座天線之間的距離被稱為基線，當基線建立成功時，會得到兩天線之間的干涉條紋，而相隔最遠的兩座天線所建立的基線長度，便決定了這座虛擬望遠鏡的鏡面直徑 d 。因為 d 大於 D ，解析度因而得到改善。



綜合以上的技術，如果要為黑洞拍一張解析度足夠高的照片，則需要一個幾乎與地球半徑差不多尺度的電波望遠鏡，那麼干涉陣列就可以解決這個問題，而終於在 2019 年臺北時間 4 月 10 日 21 時，全球六地（布魯塞爾、聖地亞哥、上海、臺北、東京和華盛頓）聯合召開新聞發布會，公布史上首張黑洞照片（右圖）。



8. 根據上文內容提及頻譜的相關描述，四位同學分別提出自己

的看法：

甲：若觀測到的發射光譜發生紅移，可以理解為發光體的溫度較低。

乙：因發光星體周圍有稀薄氣體，故此星體發出的光經稀薄氣體後的光譜，屬於吸收光譜。

丙：可藉光譜紅移量求出星體遠離速率，再由哈伯—勒梅特定律求出星體的約略位置。

丁：可由觀測元素的無線電波頻譜，對應元素的可見光頻譜，得知星體的組成成分。則以上四位同學描述正確的有誰？

(A)甲、乙 (B)乙、丙 (C)甲、乙、丁 (D)乙、丙、丁 (E)甲、乙、丙、丁

答案：(B)

解析：(甲)錯誤。發射光譜屬於不連續的特定光譜，而熱輻射為連續光譜，故不會有此誤會。(丁)錯誤。不同波段的元素光譜線會有所不同，故無法直接比對無線電波與可見光的頻譜。

9. 文章中提及無線電波有「穿透性佳」的描述，關於此現象與下列描述的哪些現象有著相同的原理？（應選 2 項）

(A)海浪的方向與海岸線平行

(B)在隧道中仍能聽到些微的廣播訊號

(C)地震波能夠穿透地函與地核至地球的另一端

(D)針孔成像的原理

(E)晚上時，將眼睛眯成「一」字形，路燈的亮光看起來會變成「1」字形

答案：(B)(E)

解析：因無線電波的波長較可見光長，繞射現象較顯著，故穿透性較佳，而選項中(A)為折射現象；(C)為透射現象；(D)為光的直進性。

10. 根據上文，下列有關電波望遠鏡干涉陣列與解析度的描述，哪些正確？（應選 3 項）

(A)可分辨張角愈大表示解析度愈高

(B)同樣大小的星體，距離愈遠觀測張角愈小

(C)對於相同頻率的波段作觀測，孔鏡愈大的儀器解析度愈高

(D)同一個孔徑的觀測儀器觀測不同波段的電波時，解析度都相同

(E)電波望遠鏡的干涉陣列間，任兩座的天線間距愈大解析度愈高

答案：(B)(C)(E)

解析：(A)錯誤。可分辨張角愈大表示解析度愈低；

(D)錯誤。不同波段波長不同，也會影響解析度。

第貳部分、混合題或非選擇題（占 23 分）

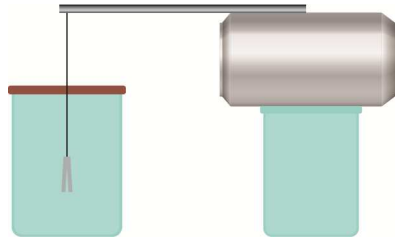
說明：本部分共有 3 題組，每一子題配分標於題末。限在標示題號作答區內作答。選擇題與「非選擇題作圖部分」使用 2B 鉛筆作答，更正時，應以橡皮擦擦拭，切勿使用修正液（帶）。非選擇題請由左而右橫式書寫，作答時必須寫出計算過程或理由，否則將酌予扣分。

11~12 為題組

一天，小明在 YouTube 頻道上看到 photoelectric effect demo（譯：光電效應演示實驗）影片，影片內容以文字描述如下：

影片中有一位大叔準備了驗電器、紫外燈、鋁罐、砂紙等器材。

(1) 首先使用砂紙將鋁罐表面某處磨光，直至表面的廣告圖案不見，再使用金屬棒將磨光的部位與驗電器連結，且下方放置塑膠杯使鋁罐與地面絕緣，如下圖所示，此時驗電器的鋁箔呈現下垂狀態，表示不帶電。



(2) 接著利用將帶負電的物質接觸鋁罐磨光處，使驗電器張開，這表示驗電器與鋁罐皆帶負電。

(3) 拿普通日光燈照射鋁罐磨光部位，發現驗電器裡的鋁箔沒有任何反應，仍維持張開、帶負電的狀態，於是改用紫外燈照射鋁罐磨光部位，此刻神奇的事情發生，驗電器裡的鋁箔下垂了，表示驗電器又回到不帶電的狀態。

試回答下列問題：

11. 實事求是的小明覺得影片可能有造假，於是按照影片中的材料與步驟親自操作實驗，結果他獲得了和影片中一模一樣的實驗結果；接下來他思考光電效應中學到的「底限頻率」，於是自己想自己設計實驗來驗證該鋁罐是否存在「底限頻率」，試問以下實驗器材的準備與簡要說明，何者可以幫助他確認「底限頻率」的存在？（2分）

- (A) 準備各種雷射光源，包含紅、綠、藍、紫、紫外光等，以同樣步驟照射同一個鋁罐
- (B) 準備各種不同材質的金屬罐，再以同樣步驟用原來準備好的紫外燈照射
- (C) 準備數個相同的紫外燈光源，以不同數量的紫外燈照射鋁罐，並觀察驗電器鋁箔下垂速率
- (D) 準備可調亮度的白熾燈泡，以不同強度照射鋁罐，並觀察驗電器是否有異樣
- (E) 以同樣的紫外燈照射鋁罐，但改變照射時間長短，並觀察驗電器是否有異樣

答案：(A)

解析：光電效應中的底限頻率與金屬材料有關，故應使用原有的鋁罐，而更換不同頻率的光源來照射，假如藍光照射時驗電器無反應，而紫光照射時驗電器下垂，則代表底限頻率落在藍光與紫光的頻率之間。

12. 小華看見小明做的這個光電效應實驗覺得非常有趣，於是他也自己準備一份類似的器材來做實驗，但是他發現，使驗電器帶負電的這個步驟一直無法順利完成，帶負電的物質接觸磨光的金屬罐後，驗電器一點反應都沒有，試問他的裝置可能有什麼沒有注意到的事情？（試列舉一樣可能的原因）（2分）

答案：

（以下列舉可能原因，寫出其中一項合理的原因即可得分）

金屬罐可能未與地面良好絕緣、

金屬罐磨光處未磨好、

金屬罐與驗電器接觸不良、

金屬罐材質可能不同，可能拿到非「鋁」材質的罐子而無法導電

13~15 為題組

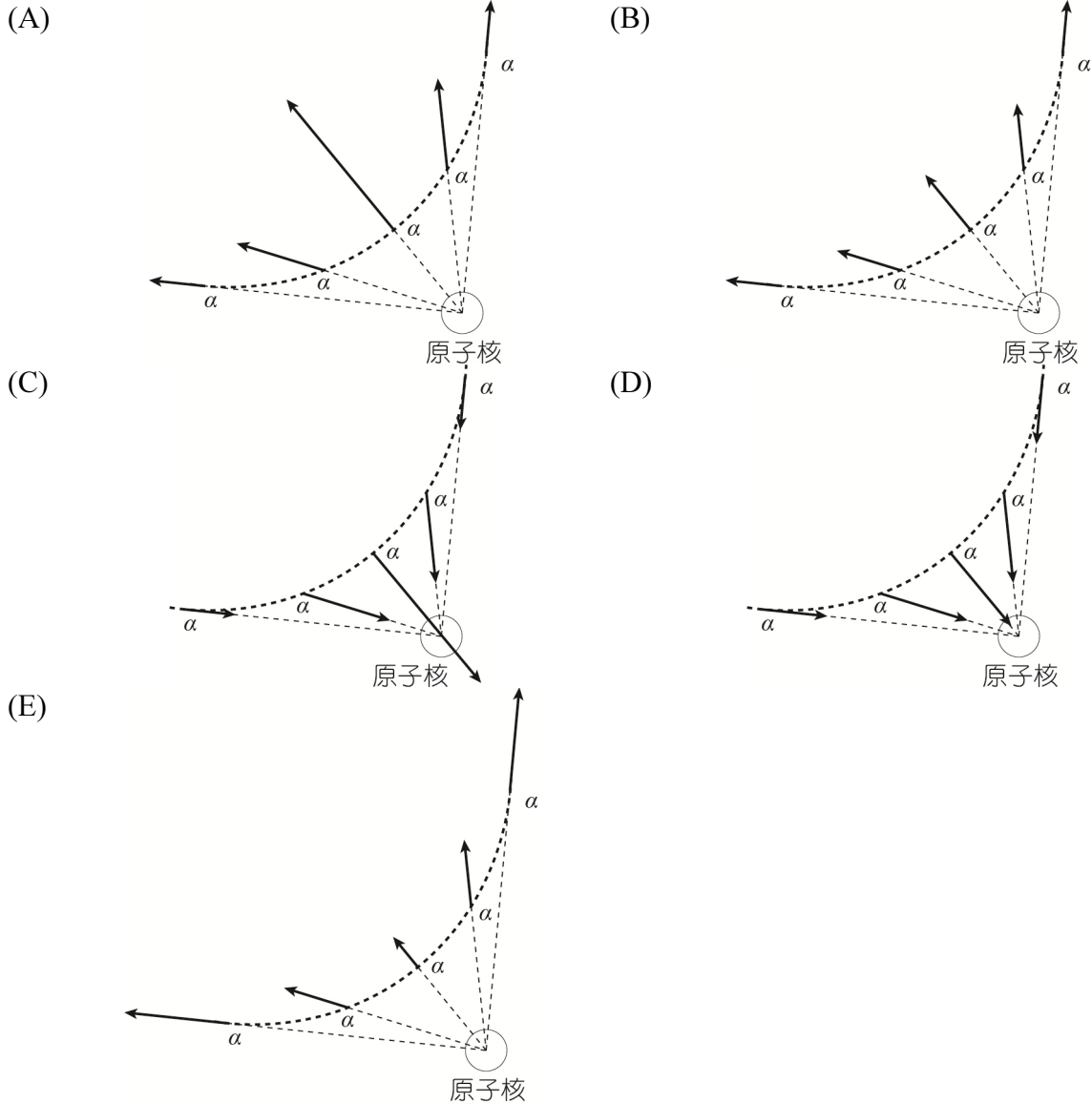
原子核的發現：

在 1897 年，湯姆森發現每一種原子內都有電子存在之後，認為原子並非不可分割的基本粒子，其內部尚有構造，提出了「葡萄乾布丁原子模型」，之後在 1909 年，拉塞福與其助手和學生再利用高速 α 粒子撞擊金屬薄片，發現有一定程度的大角度散射，遂在 1911 年提出原子內有一緻密構造，並稱之為原子核，再結合湯姆森發現的電子結構提出「行星原子模型」；除此之外，他設計各種不同動能的 α 粒子去撞擊原子核，並由庫侖力、力學能守恆與角動量守恆等古典力學理論來計算散射軌跡，其散射軌跡為雙曲線，並且預測散射的角度與機率關係，而實驗結果與他的理論計算高度吻合；後來在 1919 年，於拉塞福實驗室進行的另一個非常類似的實驗，以發射更高能量的 α 粒子撞擊氮原子核和氧原子核，觀察到的散射曲線顯著地偏離雙曲線，經計算得知 α 粒子已撞入原子核內，顯示原子核內的作用力不同於庫侖斥力，且發現各種原子核都含有氫原子核結構，並稱氫原子核為「質子」。

質子—電子模型與中子假說：

而科學界在 1920 年普遍認為原子核內存在電子。假若原子核是由質子構成，以鋰原子核來說，其質量約為質子的 7 倍，因而應含有 7 個質子，核內電荷也應為 +7 個單位，但鋰原子的電子數只有 3 個，所以正電荷數明顯過多，無法維持電中性。由於氫核帶有一單位的正電荷，為了讓原子核的總電荷量與原子序數相等，就需要一些帶有一單位負電荷的「核中電子」來中和。質子質量比電子質量大 1800 多倍，所以電子的質量在計算中可以忽略；且部分不穩定的原子核也會因為釋放 1 個電子而變為原子序多 1 的原子核；由以上兩個推論，拉塞福提出「質子—電子模型」，認為原子核內的中性電粒子是由 1 個質子與 1 個電子所組成。

13. α 粒子散射實驗中， α 粒子撞擊原子核過程，兩者之間有著庫侖力的作用。下列選項中示意 α 粒子受庫侖力作用，其中彎曲虛線為雙曲線軌跡，直線虛線為 α 粒子與原子核的連心線，箭頭方向為 α 粒子受力方向，箭頭長度為 α 粒子受力量值。下列選項中，哪一個圖示最為正確？（2 分）



答案：(A)

解析： α 粒子與原子核間的庫侖斥力量值與距離平方成反比關係，故愈靠近原子核斥力愈大。

14. 在「原子核的發現」短文中提及 α 粒子撞入原子核內後受到的作用力不同於庫侖斥力，試推論該不同於庫侖斥力的作用力最有可能屬於四大基本交互作用力中的哪一種？並簡要說明原因。

最有可能的作用力	(1 分)
簡要原因	(2 分)

答案及解析：

最有可能的作用力	強作用；強交互作用；強力
簡要原因	強作用屬於短程力，當粒子間距離夠近才能凸顯其作用，且此交互作用可作用在核子之間，故推論為強作用。

15. 在「質子－電子模型與中子假說」短文中提及原子核釋放 1 個電子而變為原子序多 1 的原子核，試推論此現象被稱為何種衰變？是四大基本交互作用力中的哪一種導致此衰變發生？並完成此衰變的原子核反應式（標示質量數與原子序）。

何種衰變	(1 分)
何種交互作用導致	(1 分)
核反應式	\rightarrow <input type="text"/> + <input type="text"/> + 其他粒子 (2 分)

答案及解析：

何種衰變	中子衰變； β （貝塔）衰變。答「核衰變」得部分分數
何種交互作用導致	弱作用；弱交互作用；弱力
核反應式	${}^1_0\text{n} \rightarrow {}^1_1\text{p} + {}^0_{-1}\text{e} + \text{其他粒子}$ 或 ${}^A_Z\text{X} \rightarrow {}^A_{Z+1}\text{Y} + {}^0_{-1}\text{e} + \text{其他粒子}$

16~18 為題組

單擺的等時性：

單擺是個具有等時性的運動裝置，也就是每完成一次完整的運動所耗費的時間會相等，組成一個單擺裝置需要一個擺錘與一條擺繩，而在操作其擺動時需要注意擺繩擺動的角度以及擺繩長度等問題。

今設計兩部分實驗，第一部分要確認擺錘質量對於單擺週期的影響，第二部分則是確認擺繩長度對於單擺週期的影響，兩部分實驗操作過程雷同，皆在裝置架設好後，令擺錘開始擺盪五次後再開始計時，並記下來回擺盪十次所耗費時間後求平均週期，而兩個部分的實驗結果數據如下二表所示：

擺錘質量 (g)	平均週期 (s)
20.26	1.410
40.70	1.412
60.38	1.402
80.55	1.408
100.43	1.414

擺繩長度 (cm)	平均週期 (s)
4.05	0.401
24.90	1.005
64.00	1.577
100.20	1.955
196.20	2.812

以上兩部分的實驗變因設計與規畫皆正確無誤，請依照上列敘述與實驗結果回答以下問題：

16. 上述實驗方法提到先令擺錘擺盪五次後再開始計時，關於此操作的原因說明何者最有可能？（2分）
- (A) 擺錘被釋放瞬間可能因人為因素導致每次釋放有所不同，故先令其擺動五次達到較穩定的擺盪
 - (B) 擺錘剛開始擺動所受的阻力較大，所以待其受阻力較小後才開始計時測量
 - (C) 擺錘被釋放後仍會受到手施予的作用力，但此作用力會漸漸消退，大約五次後可忽略其作用
 - (D) 擺錘前幾次的擺動速率較快，故不易測量，待其擺動較慢後較好測量，故未必要五次
 - (E) 沒有特別原因，甚至不應該等待五次，應放手後立即測量才是正確的做法

答案：(A)

解析：如(A)選項所述。

17. 此兩部分實驗變因設計與規畫皆正確無誤，那麼關於該兩部分實驗的控制變因、操縱變因與應變變因的對應該如何搭配？（將相應的變因填入作答區的空格內）
- (A) 擺錘質量 (B) 擺繩長度 (C) 擺錘釋放時的擺繩與鉛錘線的夾角
 - (D) 擺繩長度 (E) 擺盪週期 (F) 開始計時位置 (G) 觀察與操縱計時器的人與方法
 - (H) 計算用的計算機與紙筆 (I) 擺繩長度的測量方法 (J) 擺錘的固定方法
 - (K) 裝置架設的地點 (L) 裝置架設方法與技巧

	第一部分	第二部分
控制變因	(1分)	(1分)
操縱變因	(A)	(1分)
應變變因	(E)	(1分)

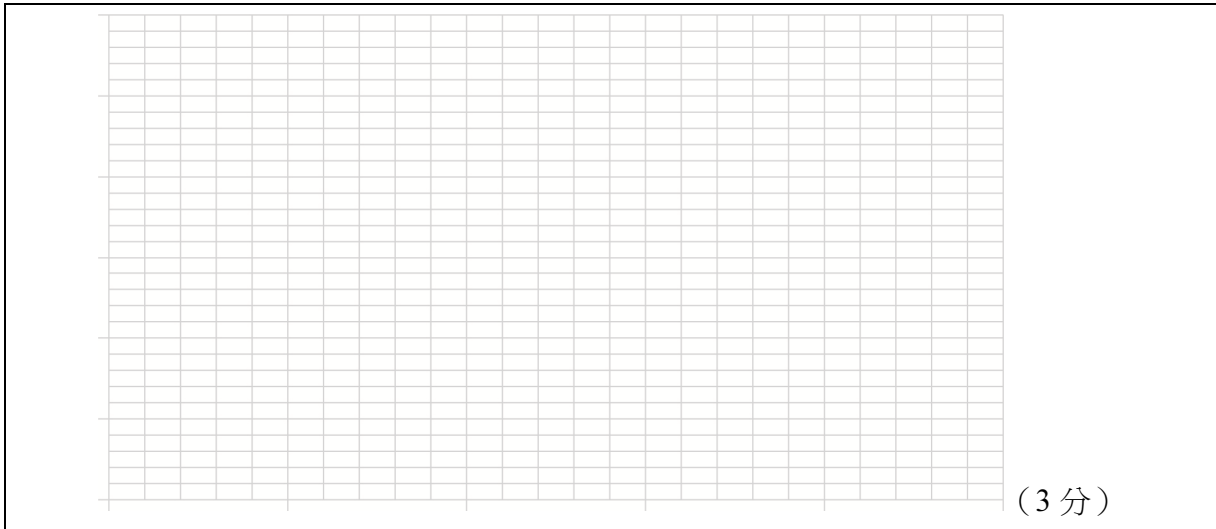
答案：

	第一部分	第二部分
控制變因	(B)(C)(D)(F)(G)(I)(J)(K)(L)	(A)(C)(D)(F)(G)(I)(J)(K)(L)
操縱變因	(A)	(B)
應變變因	(E)	(E)

註：控制變因全對才給分

解析：控制變因僅不包含「(H)計算機及紙筆」，且其餘缺一不可，否則將影響實驗結果。

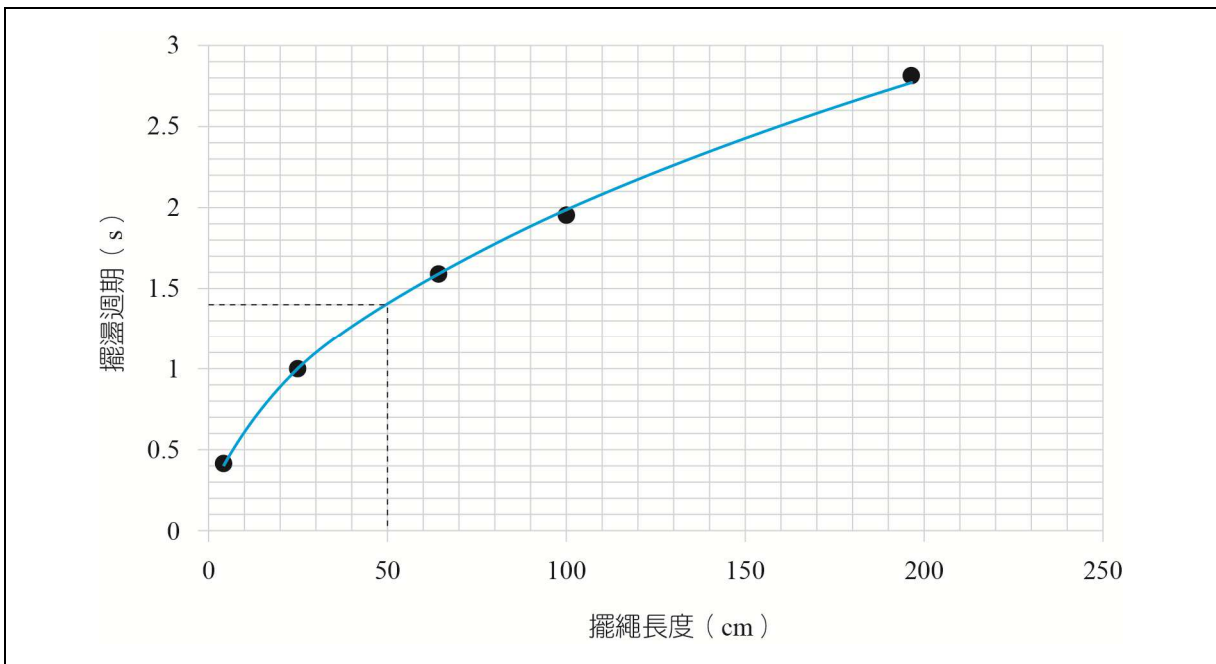
18. 將第二部分的實驗數據畫成單擺平均週期 T 對擺繩長度 L 的關係圖，並畫出 $T-L$ 關係趨勢（曲）線，再由趨勢線推測第一部分實驗中的擺繩長度約為多少公分？



(3 分)

由圖推測第一部分實驗擺長約為_____。(1 分)

答案：



由圖推測第一部分實驗擺長約為 50 公分。

解析：將第二部分五個點描繪在坐標圖上應注意，橫軸為操縱變因，縱軸為應變變因，顛倒屬錯誤答案，不給分；單位長、物理量等細節皆應要標示清楚，未標示清楚扣 1 分；該五個點明顯並非一次方的線性關係，故若趨勢線畫為斜直線亦為錯誤答案，不給分。

第一部分的擺長若是以曲線趨勢線近似得 40~60 公分仍可算對，若以斜直線的趨勢線得出 50 公分才算對。