

111 學年度學科能力測驗 模擬試題(二)

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：

- 第一部分
 單選題 共 8 題
 多選題 共 3 題
- 第二部分 共 7 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 72 分）

說明：第 1 題至第 36 題，含單選題及多選題，每題 2 分

1. 在實驗室中有一臺可發出波長 200 nm 的雷射光源，其功率為 1.0 W。已知光速為 3×10^8 m/s，普朗克常數為 6.6×10^{-34} J·s。則此光源每秒發出的光子之數目約為下列何者？
(A) 10^{16} (B) 10^{18} (C) 10^{20} (D) 10^{22} (E) 10^{24}

答案：(B)

解析：由 $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ 可知，

$$\text{每個光子能量 } E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.6 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)}{200 \times 10^{-9}} = 1.0 \times 10^{-18} \text{ (J)},$$

雷射光源功率為 1.0 W，即每秒的光能為 1.0 J，

$$\text{則每秒發出的光子數目 } N = \frac{1.0}{1.0 \times 10^{-18}} = 10^{18} \text{ (個)}。$$

2. 下列有關物理學家的傳承，與後者對應科學方法，哪些正確？（應選 3 項）
(A) 伽利略 → 牛頓（演繹法）
(B) 第谷 → 克卜勒（歸納法）
(C) 伽利略 → 牛頓（歸納法）
(D) 克卜勒 → 牛頓（演繹法）
(E) 牛頓 → 伽利略（歸納法）

答案：(A)(B)(D)

解析：(A) 伽利略的慣性概念影響牛頓，牛頓利用演繹法得出慣性定律；

(B) 克卜勒接收第谷的資料，歸納提出行星運動定律；

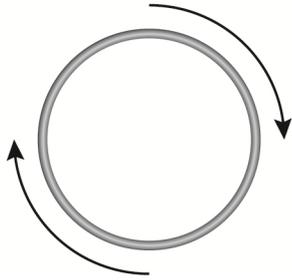
(D) 牛頓因克卜勒提出行星運動定律才能得出萬有引力定律，屬於演繹法。

3. 氫原子由一個帶正電的質子與一個帶負電的電子所組成，在自然界中較常以兩個氫原子所形成的氫氣（ H_2 ）的形式存在，則有關氫氣中兩個質子間存在的作用力，下列敘述何者較為正確？
(A) 兩個質子間僅有電磁力
(B) 兩個質子間僅有強作用力
(C) 兩個質子間有重力、電磁力及強作用力
(D) 兩個質子間有電磁力及強作用力
(E) 兩個質子間有重力及電磁力

答案：(E)

解析：氫氣中的兩個質子具有質量且均帶正電，因此有重力及電磁力的作用，但是因為質子間的距離約為 10^{-10} m，故兩個質子間沒有強作用力。

4. 如圖所示，有一長直導線與導線環固定在同一紙平面上。當長直導線的電流方向與量值如何變化時，可使導線環上出現順時針的應電流？（應選 2 項）



- (A)當長直導線的電流方向朝右且為定值
 (B)當長直導線的電流方向朝右且量值逐漸減少
 (C)當長直導線的電流方向朝右且量值逐漸增加
 (D)當長直導線的電流方向朝左且量值逐漸減少
 (E)當長直導線的電流方向朝左且量值逐漸增加

答案：(B)(E)

解析：(A)當長直導線的電流方向朝右且為定值，則通過導線環的磁場沒有變化，因此沒有應電流；

(B)當長直導線的電流方向朝右且量值逐漸減少，將使進入導線環的磁場減弱，因此會產生順時針方向的應電流；

(C)當長直導線的電流方向朝右且量值逐漸增加，將使進入導線環的磁場增加，因此會產生逆時針方向的應電流；

(D)當長直導線的電流方向朝左且量值逐漸減少，將使穿出導線環的磁場減弱，因此會產生逆時針方向的應電流；

(E)當長直導線的電流方向朝左且量值逐漸增加，將使穿出導線環的磁場增強，因此會產生順時針方向的應電流。

5. 小宇發現學校的某一個水龍頭無法拴緊，水一滴一滴不停地滴落到洗手臺，並且觀察到在耳朵聽到前一滴水滴在洗手臺的聲音時，下一滴水剛好下落。他為了測量一天浪費的水量，利用碼表進行計時，而計時的方法如下：「當聽到某一滴水滴落在洗手臺的聲音時，開始計時，並且數 1，之後聽到的水滴聲，依序數 2、3……，一直數到 20 時，按下碼表停止計時，得到碼表時間讀數為 76 秒。」若每滴水的質量為 $m = 0.2$ 公克，則一天（24 小時）浪費的水約為多少公斤？

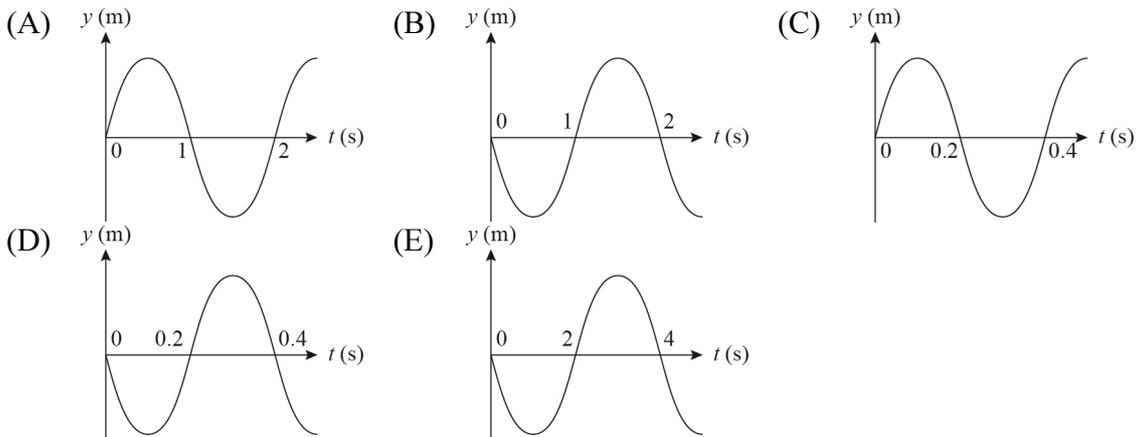
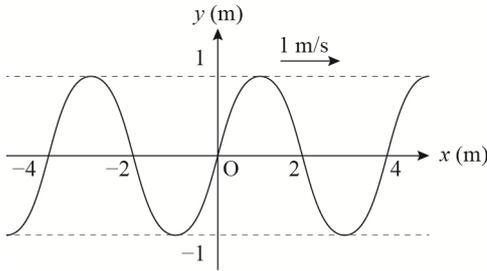
- (A)0.6 (B)1.2 (C)2.5 (D)4.3 (E)7.8 公斤

答案：(D)

解析：76 秒內滴落的水滴共 20 滴，則 2 滴水的時間差 $\Delta t = \frac{76}{20-1} = 4.0$ (s)，則一天所浪費

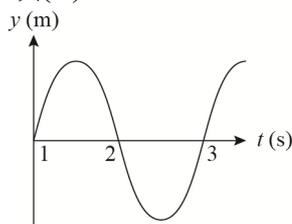
的水質量 $M = \frac{24 \times 60 \times 60}{4.0} \times 0.2 = 4320$ (g) 4.3 (kg)。

6. 一列週期性繩波以 2 m/s 之速度，沿 +x 方向傳播時，導致輕質細繩沿著 y 方向振動。若以 y 代表細繩偏離平衡位置的位移，則在 $t=1$ s 時，繩上各點的位移如圖所示。試問在 $x=-10$ m 處的質點位移 y 隨時間 t 的變化關係，以下列何者表示較為正確？

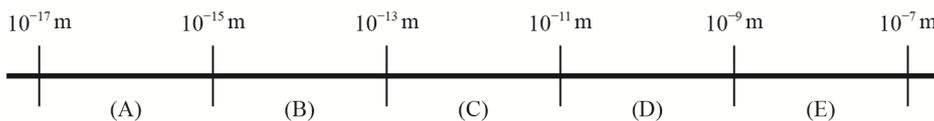


答案：(B)

解析：由圖可知波長為 4 m，則由 $v = \frac{\lambda}{T} \Rightarrow 2 = \frac{4}{T} \rightarrow$ 可得週期 $T = 2$ (s)。由於波長為 4 m，則 $x = -10$ m 的位置的質點振動狀態與 $x = -2$ m 位置的質點振動狀態相等，故可知 $t = 1$ (s) 之後的質點振動狀態應如下圖，則可推得 $t = 0$ 開始的質點振動狀態應如選項(B)。



7. 已知物質是由原子組成，試問原子的直徑大小最可能落在下列尺標圖的哪個區間？



答案：(D)

解析：原子的直徑大小約為 10^{-10} m。

8. (甲)可見光 (乙)紅外線 (丙)無線電波 (丁)X 射線 (戊)紫外線 為五種常聽見的不同頻率電磁波，則有關這些不同頻率電磁波的敘述，哪些正確？（應選 2 項）
- (A)光子能量，(甲) $>$ (乙)
(B)波長，(丁) $>$ (丙)
(C)頻率，(戊) $>$ (乙)
(D)真空中傳播速率，(甲) $>$ (乙)
(E)(丁)的波動性較(丙)的波動性容易察覺（波動性較明顯）

答案：(A)(C)

解析：(A)光子能量 $E = hf$ ，因為(甲)可見光的頻率 $>$ (乙)紅外線的頻率，

故光子能量(甲) $>$ (乙)；

(B)(丁)X 射線的波長 $<$ (丙)無線電波的波長；

(C)(戊)紫外線的頻率 $>$ (乙)紅外線的頻率；

(D)電磁波在真空中傳播速率相等，(甲)可見光的傳播速率 = (乙)紅外線的傳播速率；

(E)波長愈長，其波動性愈容易察覺（較明顯），故(丙)無線電波的波動性較(丁)來得明顯。

9. 太陽常數是在 1 天文單位（大約相當於地球到太陽的平均距離）的距離下，垂直於太陽輻射平面的單位面積上，測量到來自太陽的電磁輻射總通量。太陽常數不止計算可見光，還包含了全部類型的太陽輻射，大略的數值為 1.366 kW/m^2 。若此能量功率均由核融合所產生，則太陽每秒所損失的質量約為多少公斤？（已知地球半徑 $R = 6400$ 公里，1 天文單位 $AU = 1.5 \times 10^8$ 公里，真空中光速 $c = 3 \times 10^5$ 公里/秒，球表面積為 $4\pi \times \text{半徑}^2$ ，球體積為 $\frac{4\pi}{3} \times \text{半徑}^3$ ）

(A) 4.3×10^9 (B) 4.3×10^7 (C) 4.3×10^5 (D) 4.3×10^3 (E) 4.3×10^1 公斤

答案：(A)

解析：由太陽常數 1.366 kW/m^2 ，可知太陽每秒輻射的總能量

$$E = (1.366 \times 10^3) \times [4\pi \times (1.5 \times 10^8 \times 10^3)^2] \times 1 = 3.86 \times 10^{26} \text{ (J)},$$

利用愛因斯坦質能互換公式 $E = mc^2$

$$\Rightarrow m \times (3 \times 10^5 \times 10^3)^2 = 3.86 \times 10^{26},$$

可得每秒損失的質量 $m = 4.3 \times 10^9 \text{ (kg)}$ 。

10. 馬力 (hp, 俗稱匹), 是一個古老的功率單位。這個單位的概念是由蒸汽機改良者詹姆斯·瓦特命名, 用以表示蒸汽機相對於馬匹拉力的功率。其定義為:「一匹馬在 1 分鐘的時間內, 施 180 磅重的力, 移動半徑為 12 英尺的水車 2.4 圈距離的功率, 稱為 1 馬力。」時至今日, 除了航空、造船與汽車工業提及內燃機的功率時會使用外, 在其他領域較少用到馬力這個單位, 而是使用標準的國際功率單位——瓦特。試求 1 馬力約為多少瓦特?(已知瓦特假設每匹馬能施力 180 磅重 = 801 牛頓, 1 磅 = 454 公克, 1 英尺 = 30.5 公分, 1 瓦特 = 1 焦耳/秒, 重力加速度 = 9.8 公尺/秒²)
- (A)100 (B)310 (C)520 (D)740 (E)31000 瓦特

答案: (D)

解析: 移動半徑為 12 英尺的水車 2.4 圈距離為
 $2.4 \times 2\pi(12 \times 30.5)$ (公分) = 55.2 (公尺),
功率 $P = \frac{\Delta W}{\Delta t} = \frac{801 \times 55.2}{60} = 737$ (瓦特)。

11. 19 世紀末, 實驗發現將光照射在某些金屬表面, 會導致電子自金屬表面逸出, 此一現象稱為光電效應, 逸出的電子稱為光電子。下列關於光電效應的敘述何者正確?
- (A)光電效應實驗結果採用光的波動性方能解釋
(B)入射光的強度愈大, 光電子的動能會隨之增加
(C)光照射在金屬板上, 逸出的光電子數目與光照射的時間成正比
(D)光照射在金屬板上, 當光波長小於某特定波長(底限波長或低限波長)時, 無論光有多強, 均不會有光電子逸出
(E)愛因斯坦因首先發現光電效應的現象而獲得諾貝爾物理獎

答案: (C)

解析: (A)光電效應實驗結果須以光的粒子性才能解釋;
(B)光電子的動能由入射光的頻率決定, 與光強度無關;
(D)光照射在金屬板上, 當波長小於某特定波長(底限波長或低限波長)時, 將會有光電子逸出金屬板;
(E)光電效應的現象首先由赫茲發現, 而後愛因斯坦因解釋光電效應的現象而獲得諾貝爾物理獎。

第貳部分：混合題或非選擇題（占 40 分）

說明：本部分共有 6 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。

12-13 題為題組

多軸飛行器（multirotor，如附圖）就是現今常聽到的空拍機，是一種具有兩個或兩個以上旋翼軸的旋翼航空器。其運作的機制是藉由每個軸末端的電動機轉動，帶動旋翼產生一上升的動力。並透過控制不同旋翼之間的相對速度，使其產生推進的扭矩，進而控制飛行器的運行軌跡。發展至今，多軸飛行器已可執行電影取景、實時監控、地形勘探及農業……等飛行任務。

試回答下列問題：



12. 假設一多軸飛行器飛行的區域為無風狀態。若其質量為 m ，旋翼產生的上升力量值為 F_B 、周遭氣體給予飛行器的垂直阻力量值為 F_R ，而重力加速度的量值為 g ，則在此多軸飛行器沿垂直方向加速上升的過程中，下列關係何者正確？（2 分）

- (A) $F_B - F_R > mg$ (B) $F_B - F_R = mg$ (C) $F_B - F_R < mg$
(D) $F_B + F_R < mg$ (E) $F_B + F_R = mg$

答案：(A)

解析：當多軸飛行器沿垂直方向加速上升時，表示其所受合力朝上，則由牛頓運動定律可知 $F_B - F_R - mg = ma > 0$ ，故 $F_B - F_R = mg + ma > mg$ 。

13. 下表左欄為飛行器的動力運作順序，若以 c 代表化學能； h 代表熱能； e 代表電能； K 代表動能； U 代表重力位能； L 代表光能。試完成下表。

飛行器的運作	對應的能量轉換
電池提供電動機電力	→ (1 分)
電力讓電動機運轉使飛行器往上升	→ → (1 分)

答案：

飛行器的運作	對應的能量轉換
電池提供電動機電力	$c \rightarrow e$
電力讓電動機運轉使飛行器往上升	$e \rightarrow K \rightarrow U$

解析：多軸飛行器飛行時，電池的化學能轉換成電能，使電動機轉動產生一向上的推力，造成飛行器上升，故主要的能量轉換順序為化學能→電能→動能→位能。

14-16 題為題組

超速駕駛是交通意外的主要成因之一，此一行為可能造成自己的生命受到傷害，亦會影響到其他道路使用者的安全。因此各國政府都想盡辦法來遏止駕駛者的超速行為發生，其中最常見的方法是利用測速照相機在定點取締超速駕駛。而測速照相機運作的機制主要有以下兩種方式：第一種方式稱為感應線圈測速，其原理是在道路上設置如圖的感應線圈，當車輛經過線圈時會產生訊號，並依據車輛通過第一個及第二個線圈所產生的訊號時間差，換算出車輛的移動速度；第二種方式稱為雷達測速，是以雷達系統發射出特定頻率的電磁波，接收經移動中的車輛反射後的電磁波，利用發射頻率與接收頻率的變化量，換算出車輛的移動速度。



由於道路上設置的測速照相機位置固定，因此許多超速行駛的車輛會在到達測速位置前急速剎車，並在經過測速位置後繼續超速駕駛，反而造成車禍肇事機率增加。因此警察單位參考歐美國家的取締方式引入一種新的方法「區間測速」來避免超速駕駛。「區間測速」是利用攝影機搭配車牌辨識系統，測量車輛進入開始點至結束點之間所經的時距，若車輛所花的時距低於規定平均時速所行之時距，就會啟動拍照，進行違規舉發。目前此種方法已於 2018 年 7 月 1 日，使用在長約 1.1 公里的新北市萬里隧道，駕駛者行駛隧道的時距如果低於 80 秒，就會被判斷為超速。此一方法實施至今已有效減少車輛的超速行駛，且交通事故也大幅減少。

試根據上文回答下列問題：

14. 有關感應線圈式測速及雷達測速所應用原理的對應，何者較為恰當？（2分）

	感應線圈測速	雷達測速
(A)	電流磁效應	都卜勒效應
(B)	電磁感應	都卜勒效應
(C)	光電效應	電流磁效應
(D)	都卜勒效應	光電效應
(E)	電磁感應	克卜勒定律

答案：(B)

解析：感應線圈測速是應用電磁感應定律，藉由車輛（金屬）經過線圈產生感應得到一電流訊號，進而獲得車輛通過兩線圈的時間差。雷達測速則是應用都卜勒效應，測量經車輛反射的電磁波頻率變化，推算車輛是否超速。

15. 根據上文的敘述推知，萬里隧道的行駛速限應如何計算？試完成下表。

(A)隧道長	(B)花費時間	(C)被判斷為超速的秒數
行駛速限計算		\leq (m/s) (1分)
行駛速限		(m/s) = (km/h) (1分)

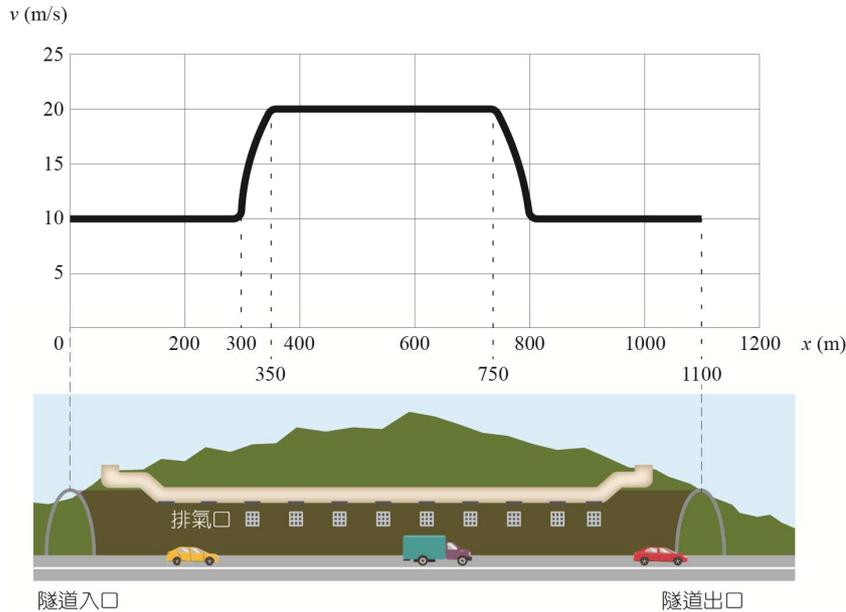
答案：

(A)隧道長	(B)花費時間	(C)被判斷為超速的秒數
行駛速限計算		$\frac{(A)}{(B)} \leq \frac{(A)}{(C)}$ (m/s)
行駛速限（四捨五入取至整數位）		14 (m/s) = 50 (km/h)

解析：新北市萬里隧道長約 1.1 公里，所花的時間 $\Delta t \geq 80$ 秒才不會被判斷為超速，則其平

$$\text{均速率 } \bar{v} = \frac{\Delta S}{\Delta t} \leq \frac{1100 \text{ m}}{80 \text{ s}} = 14 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) = 50 \left(\frac{\text{km}}{\text{hr}} \right), \text{ 即隧道內速限為 } 50 \text{ 公里/小時。}$$

16. 安妮某次開車行駛新北市萬里隧道。已知進入隧道入口時，速度為 10 m/s，中途以等加速度的方式加速至速度為 20 m/s，之後又以等加速度的方式減速至速度為 10 m/s，最後維持車速直到離開隧道。若其行駛速度 v 與隧道入口的距離 x 之關係如圖所示。假設隧道為一直線，則下列的敘述哪些正確？（應選 2 項）（2 分）



- (A) 車輛由速度為 10 m/s 加速至速度為 20 m/s 的加速度約為 2 m/s^2
 (B) 車輛由速度為 10 m/s 加速至速度為 20 m/s 的加速度約為 3 m/s^2
 (C) 安妮此次行駛隧道會被判讀為超速
 (D) 安妮此次行駛隧道不會被判讀為超速
 (E) 若安妮在隧道內行駛的最高時速已超過隧道速限，則出隧道時會被判讀為超速行駛

答案：(B)(D)

解析：(A)(B) 車速由速度為 10 m/s 加速至速度為 20 m/s，車輛的行駛距離為

$S = 350 - 300 = 50 \text{ (m)}$ ，再由等加速度公式

$$v^2 = v_0^2 + 2aS \Rightarrow 20^2 = 10^2 + 2a \times 50, \text{ 可得加速度 } a = 3 \text{ (m/s}^2\text{)};$$

(C)(D) 車輛以速度為 10 m/s 行駛了 $x = 0 \rightarrow x = 300$ 及 $x = 800 \rightarrow x = 1100$ ，這兩段所

需的時距 $t_1 = \frac{300 - 0}{10} + \frac{1100 - 800}{10} = 60 \text{ (s)}$ ；車輛以速度為 20 m/s 行駛了

$x = 350 \rightarrow x = 750$ ，這段所需的時距 $t_2 = \frac{750 - 350}{20} = 20 \text{ (s)}$ ，而加速過程所花

時間可由等加速度公式 $v = v_0 + at \rightarrow 20 = 10 + 3 \times t_3$ ，可得加速需時

$t_3 = \frac{10}{3} = 3.\bar{3}$ ，減速過程 $10 = 20 + (-3) \times t_4$ ，可得減速需時 $t_4 = \frac{10}{3} = 3.\bar{3}$ 。由於

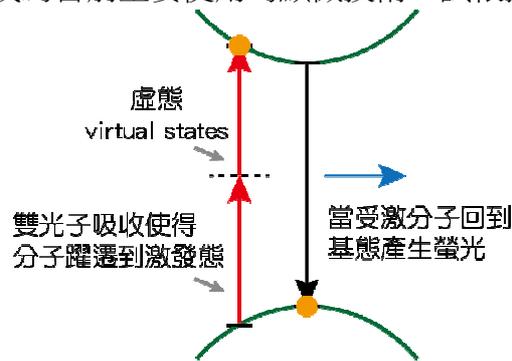
車輛行駛隧道的總時距 $T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 60 + 20 + 3.3 + 3.3 = 86.6 > 80$ ，故不會被判斷為超速行駛；

(E) 即使在過程中車輛時速超過速限範圍，只要車輛行駛此區間的平均速率小於速限規定，也不會被判斷為超速。

17-18 題為題組

雙光子吸收是指利用兩個光子將原子或分子激發至較高能階的現象，也就是原子或分子吸收了兩個光子的能量而由基態躍遷至激發態，此方式有別於原子或分子吸收單一光子的能量而激發的方法，這個想法最早是 1931 年的科學家瑪麗亞·格佩特-梅耶提出，但由於雙光子吸收需要使兩個光子與原子或分子同時反應，因此反應機率遠小於一般的單光子吸收，只有在高強度下才能達到此一現象，因此實際的實驗是在雷射發明後才實現。

近年來科學家則利用此一技術設計出可觀察活體細胞的雙光子顯微鏡，其工作原理是將能量較低的光子經透鏡作用，使其激發生物體內的螢光分子，再觀察由螢光分子所釋放出的螢光，經分析後可得到所需的影像，此一技術相較於傳統的單光子顯微鏡的優點為波長愈長的光子愈不易被吸收，因此可獲得細胞內部深層的影像，且光子波長愈長時，因為光化學作用所產生的光毒性及灼燒現象愈小，可避免樣品細胞壞死，故可用於觀察活體細胞，加上激發光源的波長與螢光分子所發出的光波長不同範圍，可減少干擾訊號，因此所獲得影像的解析度較高，成為目前主要使用的顯微技術。試根據本文回答下列問題：



17. 下列有關雙光子顯微鏡的敘述，較為正確的為下列哪些選項？（應選 3 項）（2 分）
- (A) 如果利用單一光子去激發螢光分子的波長範圍在 250~300 nm，則可用波長範圍為 125~150 nm 的雙光子去激發同一螢光分子
 - (B) 由於單光子顯微鏡使用的光子能量較高，因此會對生物體所造成的光傷害較雙光子來得嚴重
 - (C) 雙光子顯微鏡利用透鏡作用的原因，是為了使光子聚焦在一小區域用以產生較高強度的光才得以激發螢光分子
 - (D) 由於單一光子的能量較大，因此可觀察到較深層的細胞影像
 - (E) 當激發光源的波長與螢光分子發出的螢光波長相等時，所觀察到的細胞影像解析度會下降

答案：(B)(C)(E)

解析：(A)一光子去激發螢光分子的波長範圍在 250~300 nm，則雙光子的能量和須與單一

$$\text{光子能量相等才能激發原子或分子，} E = \frac{hc}{\lambda_{\text{單光子}}} = \frac{hc}{\lambda_{\text{雙光子}}} + \frac{hc}{\lambda_{\text{雙光子}}}, \text{故}$$

$\lambda_{\text{雙光子}} = 2\lambda_{\text{單光子}}$ ，因此可用波長範圍為 500~600 nm 的雙光子去激發同一螢光分子；

(B)單一光子的光子能量較高，因此會對生物體所造成較大的光傷害；

(C)雙光子吸收需要使兩個光子與原子或分子同時反應，需要個光子的能量總和大於能階差，且由於雙光子激發的反應機率遠小於一般的單光子吸收，只有在高強度下才能達到此一現象，因此可利用透鏡聚光使局部達到高光強度而提高激發機率；

(D)由於波長愈長的光子愈不易被吸收，因此單一光子的能量較大時波長較短，因此只能觀察到表層的細胞影像；

(E)當激發光源的波長與螢光分子發出的螢光波長相等時，會同時觀察到的反射的激發光與螢光的訊號，因此訊號會互相干擾，使得影像解析度下降。

18. 關於顯微鏡可觀測的尺度大小比較，哪一個選項正確？（2分）

- (A)放大鏡>雙光子顯微鏡>複式顯微鏡>掃描穿隧顯微鏡
- (B)掃描穿隧顯微鏡>雙光子顯微鏡>複式顯微鏡>放大鏡
- (C)掃描穿隧顯微鏡>複式顯微鏡>雙光子顯微鏡>放大鏡
- (D)雙光子顯微鏡>掃描穿隧顯微鏡>複式顯微鏡>放大鏡
- (E)放大鏡>複式顯微鏡>雙光子顯微鏡>掃描穿隧顯微鏡

答案：(E)

解析：(E)放大鏡>複式顯微鏡>雙光子顯微鏡>掃描穿隧顯微鏡