

第八章 量子現象



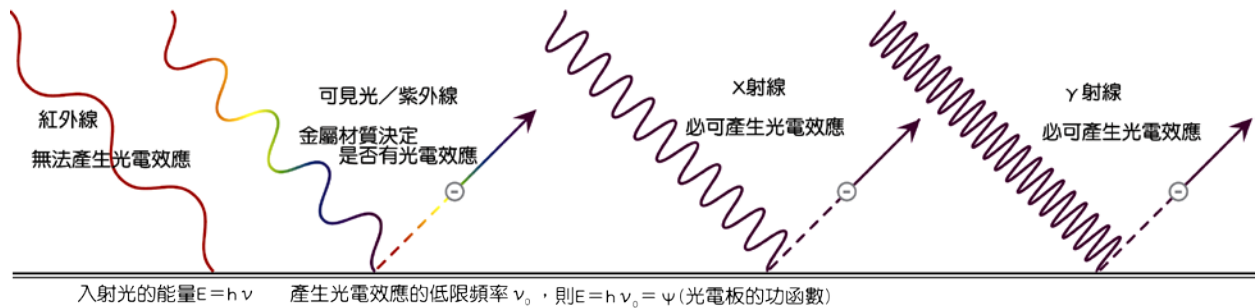
(一) 光電效應：

A、相關人物：

- (1) 1886 年，赫茲最早發現，光照射在金屬板上，金屬板表面會有釋放電子的現象。
- (2) 1900 年，雷納對光電效應進行一系列完整而徹底的研究。
- (3) 1905 年，愛因斯坦提出光子論，完美地解釋光電效應的實驗結果。

B、實驗內容：

(1) 決定是能產生光電效應的光：



甲、決定是否有光電效應的兩個因素：(1) 入射光的頻率；(2) 光電板的種類。

乙、不是所有的光都能產生光電效應。

頻率較低的人射光，不易產生光電效應，頻率較高的光容易產生光電效應。

丙、能產生光電效應的最低頻率，稱為低限頻率，或底線頻率。

丁、若入射光能產生光電效應，則一瞬間即刻產生光電效應，不需很長的時間。

戊、若不能產生光電效應，則照射時間再久，入射光再強，都無法有光電效應。

己、若綠光恰可產生光電效應，則：

藍光必可產生光電效應，而黃光則必定無法產生光電效應。

(2) 影響光電子的動能：

甲、影響光電子動能的兩個因素：(1) 入射光的頻率；(2) 光電板的種類。

乙、電子最初被束縛在金屬板表面，當照光時，電子獲得入射光足夠的能量，才能脫離金屬表面，此時所需的最低能量，稱為金屬板的功函數，可視為電子脫離金屬表面所需的游離能。

丙、不同的金屬板，功函數的量值不相同，電子容易游離的，功函數較小。

丁、入射光的能量 = 功函數(電子的游離能) + 電子的動能。

戊、入射光的頻率愈大或光電板的功函數愈小，則光電子的動能愈大。

(3) 影響光電流的大小：

甲、光電流的大小只和入射光的強度有關，和照射時間無關。

乙、若能產生光電效應，則強光所得到的光電流較大，弱光產生的光電流較小。

丙、一個入射光子照射金屬板，可產生一個光電子，入射光線強，表示光子數目多，產生的光電子多，電路中的光電流就愈大。

第八章 量子現象

C、古典的電磁波理論：

(1)光是波動，能量與光的振幅有關，強光的振幅大，而弱光的振幅小。

入射光的能量高低與入射光的頻率無關。

(2)能量可以累積，因此照射時間長，獲得入射光的能量較多，應可產生光電效應。

D、愛因斯坦的光子論：

(1)入射光的能量 $E = h \nu$ ，而光速 $c = \lambda \nu$ ，因此 $\nu = \frac{c}{\lambda} \rightarrow E = h \frac{c}{\lambda}$

$$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.63 \times 10^{-34})(3 \times 10^8)}{\lambda} \text{ (J)} = \frac{12400}{\lambda(\text{\AA})} \text{ eV}$$

(2)入射光的波長為 400nm、600nm，則入射光能量比為_____。

(3)400nm 光子的能量 = _____ eV；600nm 光子的能量 = _____ eV。

(4)光能為不連續的，頻率愈大，則能量愈大。

入射光的頻率高低決定每個光子的能量，而強度大小則決定光子的數目。

(5)當光子與束縛電子碰撞時(交互作用)，光子的能量只能被完全吸收或是完全不吸收，而無法僅作部分吸收。

(6)光電效應需以光子論解釋，才能完全符合實驗結果，因此光電效應符合光的粒子性。

範例 1 (104 年學測)

下列選項所陳述的事實或現象，哪些與「光電效應」有關？(應選兩項)

(A)此效應可用愛因斯坦提出的理論解釋 (B)利用靜電感應分離電荷 (C)可驗證光的波粒二象性 (D)雷雨中的閃電現象 (E)蝙蝠捕捉昆蟲。

【答案】：AC

範例 2 (103 年學測)

十九世紀末，實驗發現將光照射在某些金屬表面，會導致電子自表面逸出，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，哪些正確？(應選三項)

(A)光電效應實驗結果顯示光具有粒子的性質 (B)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 (C)光照射在金屬板上，每秒躍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，當頻率低於某特定頻率(底限頻率或低限頻率)時，無論光有多強，均不會有光電子躍出 (E)光照射在金屬板上，當頻率高於某特定頻率(底限頻率或低限頻率)時，即便光強度很弱，仍會有光電子躍出。

【答案】：ADE

範例 3

有關光量子理論與光電效應，下列敘述哪些正確？(應選三項)

(A)愛因斯坦提出光量子論，完美地解釋光電效應 (B)入射光的的頻率加倍時，光子的能量加倍，產生光電子的動能加倍 (C)光波能量具有量子化特性 (D)光的強度正比於光子數目 (E)光波頻率愈大，光子能量愈小。

【答案】：ACD

第八章 量子現象

範例 4 (102 年學測)

光電效應是光具有粒子性的實驗證據，今以單色光照射金屬表面後，金屬表面的電子吸收入射光的能量，部分能量用於克服金屬表面對電子的束縛，剩餘能量則轉為電子動能，自金屬表面逸出，成為光電子。下列有關此光電效應實驗的敘述，哪些正確？(應選兩項)

- (A)入射光子的能量由頻率決定，頻率越高，能量越大 (B)入射光子的能量由光強度決定，強度越大，頻率越高 (C)入射光子的頻率越高，光電子的動能會隨之增加 (D)入射光的強度越大，光電子的動能會隨之增加 (E)以同一單色光照射時，光電子的動能與被照金屬材料的種類無關。

【答案】：AC

範例 5

有關光電效應的敘述，下列何者正確？(應選三項)

- (A)光電管經特定頻率的可見光照射後，產生光電子，則被照射的金屬電極帶負電 (B)要使光電管發射光電子而形成光電流，入射光的頻率必須超過某個特定值 (C)用黃光照射一光電管後，恰可釋出光電子，若採用同強度的綠光，照射同一個光電管，也可產生光電子 (D)若光照射光電管可產生光電子，則光愈強時，激發出的光電子數目愈多 (E)要讓光電管產生光電子，入射光照射的時間要夠長。

【答案】：BCD

範例 6

下列有關光子的敘述，何者正確？(應選兩項)

- (A)光子的能量和頻率成正比 (B)光子的能量和速率的平方成正比 (C)光子是普朗克所提出的 (D)光子可以游離原子使原子帶電 (E)強度愈大愈容易產生光電效應。

【答案】：AD

範例 7

某種金屬在一束綠光照射下才有電子逸出，現要使逸出的電子速度增大，可以採用的方法為

- (A)再增加一束同樣的綠光 (B)改用一束強度較小的紫光 (C)改用一束強度較大的黃光 (D)改用一束任何強度的藍光 (E)改用一束強度很大的紅光。

【答案】：BD

範例 8

下列有關光電效應之敘述，何者正確？(應選兩項)

- (A)產生之光電子數目與入射光之強度成正比 (B)任何光皆可以產生光電效應 (C)入射光照射金屬表面打出光電子後，光子被電子散射 (D)光具有波粒二象性，因此以光的波動理論亦能解釋光電效應 (E)光照射到金屬表面到開始產生光電子，相隔時間非常短。

【答案】：AE

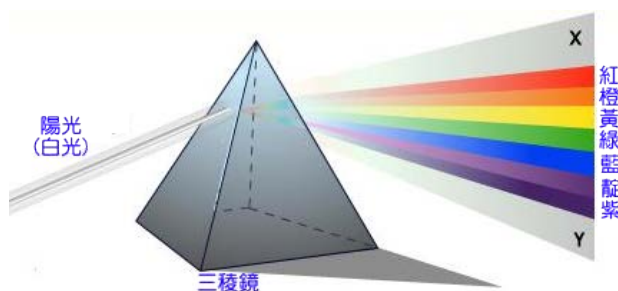
第八章 量子現象



(二) 原子光譜：

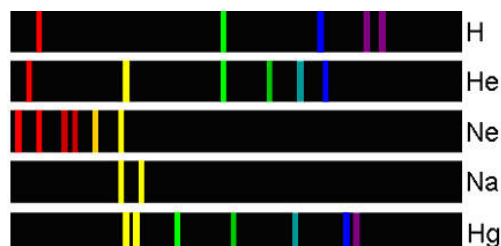
A、光譜的發現：

- (1) 西元 1666 年，英國牛頓將太陽光投射至三稜鏡，結果發現陽光經三稜鏡的兩次折射後，發生了色散現象。投射在屏幕上的色光呈現出紅橙黃綠藍紫等一系列的顏色，我們稱之為光譜。這就是電磁波中波長約為 380nm~780nm 間紅色至紫色連續分布的色光，我們稱之為連續光譜。



- (2) 西元 1825 年，英國塔耳波特研究火焰光譜，他將燈芯浸泡在各種不同鹽類的溶液中，待乾燥後將其點燃，並觀察所得之光譜，發現各種金屬鹽類的火焰分光後所得的光譜，都是不連續的幾條亮線。

- (3) 塔耳波特注意到，由不同鹽類的火焰顏色看起來可能相同，但是經光譜分析後，呈現出來光譜線卻完全不同。因此他認為每個元素都可以發出屬於自己特有的光譜線，稱之為明線光譜，或稱之為放射光譜。



- (4) 明線光譜為高溫的氣體或低壓的蒸氣所發出的光，這種光譜只包含幾種特定的波長，由於不同元素都有獨特位置的光譜線，因此成為辨別元素種類的重要依據。

B、原子光譜：

- (1) 西元 1852 年，瑞典物理學家翁斯傳整理出一系列元素的光譜，並提出『每一種原子都有其特定的明線光譜，並且這些特定的光譜線就如同人的指紋一般。』
- (2) 不同的原子所發出的光譜線的位置對應其特定的波長，並且其相對強度都不相同，因此由不同物質所發出的光譜線，可以推測其所含有的成分。
- (3) 西元 1871 年翁斯傳精確地測量出氫原子發出的四條可見光的光譜線波長，到了 1885 年時，瑞士一所女子中學的數學教師巴耳末，以數學分析法找到了這四條光譜線的規律性，也讓科學家光譜分析投注了更多的關注。

C、暗線光譜：

- (1) 白光經過光譜分析後，可以得到連續光譜。但是白光經過低溫的氣體後，因氣體吸收特定的能量而使得電子



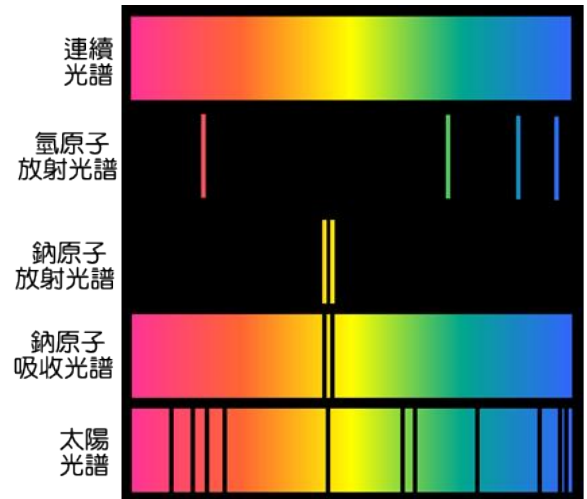
躍遷，因此使得連續光譜中，有部分能量的單色光因被電子躍遷所吸收，因此使得連續光譜線中缺少了少數幾條特定的光譜線，我們稱之為暗線光譜，也稱為吸收光譜。

- (2) 實驗發現，將同一元素所獲得的明線光譜與暗線光譜重疊，結果會得到連續光譜。

第八章 量子現象

D、太陽光譜：

- A、在地表測量太陽光譜時，發現在可見光的範圍內就有兩萬多條的暗線光譜，這些光譜線的成因，大部分是由於太陽內部發出的連續光譜，在經過太陽的光球層時，被光球層內的元素吸收了能量所形成；只有少部份是由於地球的大氣層所吸收。
- B、從太陽的吸收光譜線可發現，太陽內部的元素種類至少含有 57 種以上，其中大部分是氫及氦，其餘的元素則占不到 0.2%。
- C、分析其他青壯年的恆星，發現也有類似結果。



(三) 物質波：

A、緣起：

- (1) 愛因斯坦以光子論解釋了光電效應的結果。
- (2) 愛因斯坦認為光為同時具有波動及粒子現象的微粒，稱為光子；光子的能量和光的頻率有關，光子的強度和光子數目有關。
- (3) 1924 年，德布羅意注意到光同時具有物質及波動的性質，於是假設：運動中的粒子可以表現出干涉及繞射等波動的性質，稱為物質波。

B、物質波的性質：

- (1) 若物質具有動能 $E_k (= \frac{1}{2}mv^2)$ ，動量 $P (=mv)$ ，則：

$$\text{物質波的頻率 } f = \frac{E_k}{h}$$

$$\text{物質波的波長 } \lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}}, \text{ 此波長稱為德布羅意波長。}$$

- (2) 物質波為物質在空間中出現的機率分布，和水波、聲波的橫波、或縱波無關。
【註】：物質波為機率波，不是力學波。
- (3) 1927 年戴維森、格末以鎳晶體做電子的繞射實驗，證實電子的波動性。
- (4) 1961 年約生完成電子的雙狹縫干涉實驗，所得結果與光波的雙狹縫干涉圖形相似。
- (5) 在電子的雙狹縫干涉條紋中，亮紋代表通過兩狹縫的物質波在該處產生建設性干涉，意味著在該處，電子出現的機率較高。暗紋代表通過兩狹縫的物質波在該處產生破壞性干涉，意味著在該處，電子出現的機率較低。
- (6) 光子與物質都遵守波動性與粒子性，但是兩者的意義不相同。
- (7) 物質與光子都遵守動量守恆及動能守恆。
- (8) 欲使物質的波動性明顯，應：
 - (1) 減少物質的質量；
 - (2) 減少物質的速度。
- (9) 任何物質都具有物質波，然而一般不易觀察到物質波，是由於物質的質量太大，以至於物質波的波長太小，無法測量出。

第八章 量子現象

範例 9

下列敘述，何者是波耳原子理論的假設？(應選兩項)

- (A)電子在繞核作圓周運動時，因有加速度而放出輻射能 (B)電子可以在一組特定能階(穩定狀態)之一存在而不輻射 (C)氫原子只有一個電子，原子光譜只有一條譜線 (D)電子由低能階躍遷到高能階時，吸收一定頻率的輻射能 (E)必須不斷供給能量以維持電子在高能階運動。

【答案】：BD

範例10

下列何者是波耳氫原子理論的重大缺失？(應選兩項)

- (A)雖可得到正確的光譜線，但對於光譜線的強度卻一無所悉 (B)此模型只是用於氫原子，其他的原子或離子皆不適用 (C)古典物理與近代物理並用，缺乏合理一致的理論基礎 (D)只能得到四條可見光的光譜線，其餘的卻不得而知 (E)無法解釋原子穩定的問題。

【答案】：AC

範例11

右圖為氫原子的放射光譜線，通常我們所見到原子的光譜線形狀都是一條一條的細長直線，而不是其他形狀，主要原因為何？

氫原子的明線光譜



- (A)由於原子能階是一條一條的相互平行的直線 (B)由於光線直進的結果 (C)由於光線經平行玻璃板折射所產生的結果 (D)由於光是從直線型的狹縫穿出後，再經三稜鏡折射 (E)當原子輻射出來的光子都是平行前進的。

【答案】：D

範例12

關於光譜和光譜分析，下列何者敘述正確？

- (A)太陽光經三稜鏡後紅光的偏折角最大 (B)藉由分析光譜圖案，可以知道組成物質元素 (C)不同金屬鹽類火焰的光譜分析發現，所呈現的光譜線幾乎相同 (D)我們觀察月亮的發光光譜，可以知道月球的組成物質 (E)明線光譜與暗線光譜都是發射光譜。

【答案】：B

範例13

下列何種光譜為不連續的光譜？(應選兩項)

- (A)鈉原子光譜 (B)白熾燈光譜 (C)白光通過低溫氣體後產生的光譜 (D)太陽內部發射的光譜 (E)黑體輻射產生的光譜。

【答案】：AC

第八章 量子現象

範例14 (103年學測)

下列哪一個實驗可以最精確的判斷某一混合氣體中是否有氦氣存在？

- (A)觀察氣體的光譜 (B)觀察氣體壓力隨溫度的變化 (C)用肉眼辨識氣體的顏色 (D)測量常溫常壓下氣體的密度 (E)測量常溫常壓下氣體的折射率。

【答案】：A

範例15

下列哪個實驗可證實物質波的存在？

- (A)光電效應 (B)康普頓效應 (C)陰極射線研究
(D) α 粒子散射實驗 (E)電子的雙狹縫干涉實驗。

【答案】：E

範例16

持續地發射電子束使其通過某雙狹縫，在狹縫後方塗有螢光粉的屏幕上發現亮、暗相間的干涉條紋。下列敘述何者錯誤？

- (A)亮紋是螢光粉所發的光，並非電子發光 (B)此現象是電子發射的電磁波在狹縫後方干涉所致
(C)在屏幕上暗處可以發現到電子的機率較亮處低甚多 (D)上述現象可以用波動通過雙狹縫後產生干涉來解釋 (E)上述現象不能用光子來解釋。

【答案】：B

範例17

下列有關物質波的敘述，哪些正確？(應選三項)

- (A)物質波需要有介質才能傳播 (B)宏觀世界中所見的粒子或物體，其伴隨的物質波波長都很短，因此不易察覺 (C)物質波的波速等於物質運動的速率 (D)物質波是粒子在空間中出現的機率分布 (E)動量愈大的粒子，其物質波波長愈短。

【答案】：BDE

範例18

在 1927 年戴維森與革末使用鎳晶體做電子繞射的實驗，第一個成功證實物質波的假設，若將入射的電子速率增快，則下列敘述中哪些是正確的？

- (A)電子物質波波長變短 (B)電子物質波波長變長 (C)繞射現象更容易被觀察到 (D)繞射現象更不容易被觀察到 (E)此實驗證明了電子具有物質波，但實際上日常生活中的運動物體其實也都形成物質波。

【答案】：ADE

第八章 量子現象

【8-2_隨堂練習 1】

- ___ 1.(99 學測) 愛因斯坦在 26 歲時發表了三篇對現代物理產生深遠影響的論文。2005 年適逢論文發表 100 週年，聯合國特訂定 2005 年為世界物理年，以感懷愛因斯坦的創見及其對二十一世紀人類生活的影響，並在愛因斯坦逝世紀念日(4 月 18 日)當天發起物理年點燈活動，以紀念他的貢獻。下列哪些是愛因斯坦的重要貢獻？(有二答)
 (A)發現光的直進 (B)發現光的色散現象 (C)證明光是電磁波
 (D)提出光子說解釋了光電效應 (E)提出質能互換($E=mc^2$)的相關理論。
- ___ 2.(98 學測) 依據海森堡測不準原理，具有特定關係的兩個物理量，如位置與動量、能量與時間，要同時知道它們的量值到任意的精確度，是不可能的。下列與此原理有關的敘述，何者正確？
 (A)採用國際單位制 (SI) 時，適用測不準原理的兩個物理量，其乘積可用瓦特表示 (B)個別針對位置或動量的量值進行測量時，其精確度可以不受測不準原理的限制 (C)測不準原理所以成立，與實驗測量儀器精確度不夠有關 (D)光子恆以光速前進，因此不適用測不準原理。
- ___ 3.(87 推甄) 太陽表面溫度約為 6000 K，主要發出可見光，人體溫度約為 310 K，主要發出紅外線，宇宙間的溫度約為 3 K，所發出的輻射稱為「3 K 背景輻射」，若要進行「3 K 背景輻射」的觀測，應該選擇下列哪一個波段？
 (A) X 光 (B)紫外線 (C)可見光 (D)無線電波。
- ___ 4.下列是有關光電效應的敘述，請問哪一項正確？
 (A)光電效應的理論分析，首先是由普朗克所完成 (B)最早操作光電效應實驗的科學家是愛因斯坦 (C)光電效應實驗中，不論入射光的頻率為何，只要強度不要太小，就可立即產生光電子 (D)光電效應實驗中，若照射光的頻率小於底限頻率時，就需要照射較長的時間，才能產生光電子 (E)光電效應實驗不能用古典電磁波的理論來解釋。
- ___ 5.下列有關光子的敘述，何者正確？
 (A)光子的能量和頻率成正比 (B)光子的能量和速率的平方成正比 (C)光子波長愈短，能量愈低 (D)光子無法游離原子使原子帶電 (E)光子即 β 粒子，帶負電。
- ___ 6.鹼金屬 Li、Na、K、Rb、Cs 的功函數如下表，何種金屬當負極時，較容易產生光電子？
- | | | | | | |
|-----|-----|------|-----|------|------|
| | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) |
| 金屬 | Li | Na | K | Rb | Cs |
| 功函數 | 2.9 | 2.75 | 2.3 | 2.16 | 2.14 |
- ___ 7.根據愛因斯坦的光量子理論，請估計一顆紅光光子與紫光光子的能量比為何？(已知紅光的波長為 7000 埃，紫光的波長為 4000 埃)
 (A)7 : 4 (B)4 : 7 (C)49 : 16 (D)16 : 49 (E)1 : 1。
- ___ 8.下列敘述，何者正確？
 (A)愛因斯坦的光量子理論否定了光的波動性，讓光的本質又重回到粒子性 (B)物質波就是物質質點在真空中來回振動的波形，因此和水波槽中的水波很相似 (C)物質質點和電磁輻射同樣具有粒子和波動兩種性質 (D)楊氏的雙狹縫干涉實驗，證實了光的粒子性 (E)電磁輻射的波長愈長，粒子的特性就愈明顯。

第八章 量子現象

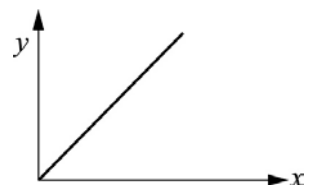
- ___ 9. 下列敘述何者錯誤？
 (A) 光電效應證明了光具有粒子的性質 (B) 粒子質量與其速度的乘積愈大，物質波的波長就愈長 (C) 物質波波長愈大的物體，其波動性也愈明顯 (D) 粒子質量與其速度的乘積愈大，其波動性愈不明顯 (E) 電子的繞射現象，證明了電子具有波動性。
- ___ 10. 下列敘述或物理量，何者不是「量子化」的？
 (A) 黑體輻射實驗中黑體的溫度 (B) 黑體輻射出電磁波的能量 (C) 密立坎油滴實驗中一個油滴的帶電量 (D) 電子繞原子核運行時的角動量。
- ___ 11. 下列有關光電效應的敘述，何者正確？
 (A) 光電效應的理論分析，首先是由普朗克完成 (B) 最早操作光電效應實驗的人是愛因斯坦 (C) 光電效應實驗中，不論入射光的頻率為何，只要強度不要太小，就可立即產生光電子 (D) 光電效應實驗中，若照射光的頻率小於底限頻率，則需要照射一段較長的時間，才能產生光電子 (E) 光電效應實驗不能用古典電磁波的理論來解釋。
- ___ 12. 光電效應的實驗中，當光束照射在物質表面上時，物質表面上的原子即可能放出電子，則
 (A) 當照射光愈強時，放射出之電子動能愈大 (B) 當照射光之波長愈長時，放射出之電子能量愈大 (C) 當照射光之波長愈長時，放射出之電子數目愈多 (D) 當照射光愈強時，放射出之電子數目愈多 (E) 當照射光之波長愈短時，放射出之電子數目愈多。
- ___ 13. 下列敘述，何者正確？
 (A) 愛因斯坦的光量子理論否定了光的波動性，讓光的本質又重回到粒子性 (B) 物質波就是物質質點在真空中來回振動的波形，因此和水波槽中的水波很相似 (C) 物質質點和電磁輻射同樣具有粒子和波動兩種性質 (D) 楊氏的雙狹縫干涉實驗，證實了光的粒子性 (E) 電磁輻射的波長愈長，粒子的特性就愈明顯。
- ___ 14. 下列有關黑體輻射實驗的敘述，何者錯誤？
 (A) 黑體吸收能量的同時，也對外輻射能量 (B) 黑體輻射實驗中，不同溫度會有不同範圍的輻射波長 (C) 此實驗須以連續性的電磁波來解釋 (D) 輻射的能量是以某個最小單元的整數倍來轉移。
- ___ 15. 有關近代物理的量子化論點，下列何者錯誤？
 (A) 「原子說」揭示了物質的量子化 (B) 「黑體輻射」是能量量子化的實驗證據 (C) 「原子能階」揭示了電子運動量的量子化 (D) 「光電效應」是電量量子化的證據。
- ___ 16. 下列關於黑體輻射的敘述，哪些正確？(有三答)
 (A) 輻射是一種電磁波 (B) 物體的溫度愈高，所含電磁波之波長愈長 (C) 物體表面能將照到之輻射熱完全吸收而不反射者稱為黑體 (D) 空腔的行為如同黑體 (E) 黑體輻射的光譜為連續光譜。
- ___ 17. 下列有關光電效應的敘述，那些是正確的？(有二答)
 (A) 截止頻率與入射光強度成正比 (B) 要使某金屬表面發射光電子，入射光的頻率必須超過其截止頻率 (C) 入射光之頻率高於截止頻率時，若光強度太小則不能產生光電子 (D) 入射光之頻率低於截止頻率時，若光強度夠大則能產生光電子 (E) 截止頻率隨金屬種類而異。

第八章 量子現象

- ___ 18. 普朗克研究熱輻射時，提出若帶電質點振動時的頻率為 ν ，則其振動時的最小能量為 $h\nu$ ， h 為普朗克常數，則下面哪一組能量是不符合普朗克假設的？
- (A) $h\nu$ ， $2h\nu$ ， $3h\nu$ (B) $2h\nu$ ， $4h\nu$ ， $6h\nu$ (C) $\frac{1}{2}h\nu$ ， $h\nu$ ， $\frac{3}{2}h\nu$
 (D) $h\nu$ ， $3h\nu$ ， $5h\nu$ (E) $10h\nu$ ， $100h\nu$ ， $1000h\nu$ 。
- ___ 19. 光兼具哪兩種性質，前者可由光的繞射、干涉等現象，後者可由光電效應等現象，獲得佐證？
- (A) 粒子、波動 (B) 反射、折射 (C) 折射、反射 (D) 波動、粒子。
- ___ 20. 下列有關量子現象的敘述，何者正確？
- (A) 愛因斯坦為解釋熱輻射而提出能量的量子化概念 (B) 牛頓最早提出「光子」這個名詞
 (C) 光子的能量與頻率成正比，所以光的強度愈大，則表示光的頻率愈大 (D) 光電效應可以說明光是具有粒子性。
- ___ 21. 在光電效應的實驗裡，下列敘述何者正確？
- (A) 當入射光強度增加時，光電子的能量即增加 (B) 光電流之產生與光照射在金屬板上，兩者間幾乎無時間落差
 (C) 光電流的大小與入射光之光強度無關 (D) 對不同的金屬板，截止頻率都相同。

【8-2_隨堂練習 1】

- ___ 1. 遠處的恆星 A 呈現紅色，恆星 B 呈現橙色，恆星 C 呈現黃色，恆星 D 呈現藍色，哪顆恆星的溫度最高？
- (A) 恆星 A (B) 恆星 B (C) 恆星 C (D) 恆星 D。
- ___ 2. 在光電效應實驗中，發現
- (A) 光電子不帶電 (B) 用以產生光電效應的入射光之底限頻率對所有金屬的光電板均相同
 (C) 光電子的最大動能與入射光的強度無關 (D) 入射光強度低於某一大於零的定值時，光電效應就不會發生。
- ___ 3. 光的強度是每秒鐘通過單位面積的光子數目再乘以每個光子的能量。亦即，光的強度是每秒鐘通過單位面積的能量。根據這個意義，同樣強度的紅光、黃光、藍光和紫光，單位時間內通過單位面積的光子數何者最多？
- (A) 紅光 (B) 黃光 (C) 藍光 (D) 紫光。
- ___ 4. 某生作光電效應實驗，發現當入射光波長大於 4000 埃時，他所用之光電管金屬表面即停止放射光電子，若其改為 2000 埃之光照該金屬表面，則放出光電子的最大動能約為多少電子伏特？
- (A) 4.2 (B) 6.2 (C) 3.9 (D) 3.1。
- ___ 5. 下列各種物理量的關係中，可以右圖表示的為(有三答)
- (A) 等加速度運動中在時間 x 內所行走的距離 y 的關係 (B) 壓力一定時，定量之理想氣體體積 y 與絕對溫度 x 的關係
 (C) 彈性限度內彈簧伸長量 y 與彈力 x 的關係 (D) 光子能量 y 與頻率 x 之關係 (E) 光電效應中，光子入射頻率 x 與電子之最大動能 y 之關係。



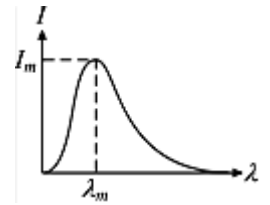
第八章 量子現象

___6.有關「量子論」和「光量子論」的比較，下列何者**錯誤**？

- (A)前者為普朗克提出，後者為愛因斯坦提出 (B)兩者皆認為光在被吸收或放射時具有量子性 (C)後者係受前者所啟發 (D)兩者內涵皆有別於古典電磁波理論 (E)前者可解釋光電效應，後者可解釋黑體輻射現象。

___7.如圖為黑體輻射的強度 I 隨波長 λ 而變的分布圖，當溫度升高時，則

- (A) I_m 與 λ_m 皆變大 (B) I_m 與 λ_m 皆變小 (C) I_m 變小， λ_m 變大
(D) I_m 變大， λ_m 變小 (E) I_m 與 λ_m 皆不變。



___8.下列有關黑體輻射的敘述，何者正確？

- (A)熱輻射照到黑體上，不會被完全吸收 (B)黑體輻射光譜與黑體材料有關 (C)黑體輻射光譜中具有最大能量強度的波長隨溫度升高而減少 (D)黑體輻射總能量與溫度無關 (E)黑體輻射現象是能量連續性證據之一。

___9.光電效應中，欲增加光電子的動能，應該(有二答)

- (A)增加入射光的波長 (B)增加入射光的強度 (C)增加入射光子的數目
(D)選用能量較大的光子 (E)選用波長較短的光子。

___10.光電效應中，影響光電子最大動能的因素有哪些？(有二答)

- (A)入射光波長 (B)入射光強度 (C)入射光照射金屬時間
(D)金屬的質量 (E)金屬的功函數。

___11.下列有關「光電效應」之敘述何者正確？

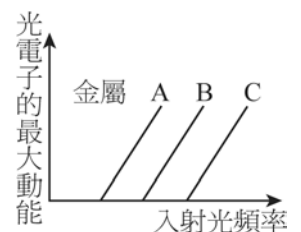
- (A)截止頻率的大小和金屬的材質有關 (B)截止頻率的大小和入射光的波長有關 (C)截止頻率的大小和入射光的強度有關 (D)截止頻率的大小和入射光照射的時間有關。

___12.下列有關「光子」的說法中，哪一項是**錯誤**的？

- (A)光子不帶電 (B)光子具有波動性 (C)光子為電磁波的一種
(D)同一頻率的光子可以具有不同的能量。

___13.如圖，光電子的最大動能對照射光頻率關係圖形中，各直線圖形與橫軸的截距為：

- (A)低限頻率 (B)低限波長 (C)功函數的負值
(D)功函數與基本電荷的比值之負值。



___14.用功率 500 W 的黃光照射光電管，結果產生 0.1 μA 的光電流，若改用功率 1000 W 的紅光照射，則產生的光電流約為：

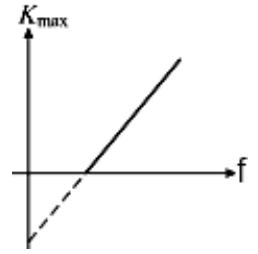
- (A)0.1 μA (B)0.3 μA (C)0.4 μA (D)可能不會產生光電流。

___15.由光量子的假說可知，每個光子的能量和光的頻率成正比，可見光的波長約 400 奈米~750 奈米，則可見光中光子最大能量與最小能量的比值為何？

- (A) $\frac{15}{8}$ (B) $\frac{15}{4}$ (C) $\frac{7}{4}$ (D) $\frac{5}{3}$ 。

第八章 量子現象

- ___ 16. 如圖為描寫光電效應實驗中電子最大動能 K_{\max} 與入射光頻率 f 的函數關係圖，則下列何者正確？
 (A) 圖中橫軸截距會隨入射光強度而改變 (B) 圖中縱軸截距的絕對值與入射光頻率成正比
 (C) 圖中直線斜率即為普朗克常數 (D) 此實驗結果說明逸出光電子最大動能與入射光頻率成正比
 (E) 此實驗結果可以用來說明光具有波動性。

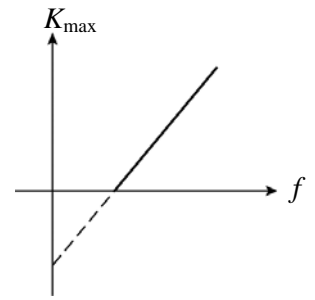


- ___ 17. 霖霖用穩定的綠光雷射做光電效應實驗時，發現金屬表面會放射光電子，測到的電流為 1 微安培，若用兩支綠光雷射，則測到的電流約為多少微安培？
 (A)1 (B)2 (C)3 (D)4。
- ___ 18. 根據愛因斯坦光量子理論，光子的能量 E 與其波長 λ 的關係為：
 (A) $E \propto \frac{1}{\lambda}$ (B) $E \propto \lambda$ (C) $E \propto \lambda^2$ (D) $E \propto \frac{1}{\lambda^2}$ 。
- ___ 19. 小米在作光電效應實驗時，發現當入射光波長大於 6000 埃時，金屬表面即停止放射光電子，則該金屬功函數約為 (1 電子伏特 = 1.6×10^{-19} 焦耳)
 (A)1.1 (B)1.6 (C)2.1 (D)2.6 (E)3.1 電子伏特。
- ___ 20. 下列有關光電效應的敘述中，哪一項是正確的：
 (A) 入射金屬靶的光頻率再低，只要照射的時間夠長，總是會產生光電子的 (B) 利用紅光照射金屬靶比紫光照射金屬靶容易產生光電效應
 (C) 入射光打擊金屬靶之後，會讓原子核得到能量而脫離金屬靶，形成光電流 (D) 入射金屬靶的光線頻率要夠高才能產生光電流。
- ___ 21. 根據愛因斯坦在 1905 年提出了光的粒子學說，依照他的光量子 (light quantum) 假說：光是由一個個的光量子所組成的，具有粒子的特性，稱為光子，關於光子的敘述，下列哪一項是正確的：
 (A) 光子能量與頻率成正比 (B) 光子能量與波長成正比 (C) 光子能量與速率平方成正比
 (D) 所有類型的光子能量皆相同。
- ___ 22. 已知某金屬表面接受波長 λ 和波長 2λ 單色光照射時，產生光電子最大動能比為 3 : 1，則使該金屬表面可產生光電子底限波長為
 (A) 1.5λ (B) 3λ (C) 4λ (D) 6λ (E) 8λ 。
- ___ 23. 作光電效應的實驗時，發現使用波長 500 nm 的光照射金屬靶會產生光電流，若改用波長 600 nm 的光照射同一金屬靶時，會不會產生光電流？
 (A) 會 (B) 不一定 (C) 600 nm 的光能量更低，所以不會產生光電流 (D) 600 nm 波長已屬於不可見光，故不會有光電流。
- ___ 24. 在光電效應中，若入射光子波長 λ ，光電子最大動能為 K ，則金屬功函數為
 (A) $\frac{hc}{\lambda} + K$ (B) $\frac{hc}{\lambda} - K$ (C) $K - \frac{hc}{\lambda}$ (D) $K - h\lambda$ (E) $h\lambda + K$ 。
- ___ 25. 用功率 500 W 的黃光照射光電管，結果產生 0.1 μ A 的光電流，若改用功率 1000 W 的同頻黃光照射，則產生的光電流約為：
 (A) 0.1 μ A (B) 0.2 μ A (C) 0.4 μ A (D) 0.05 μ A。

第八章 量子現象

【8-3_隨堂練習】

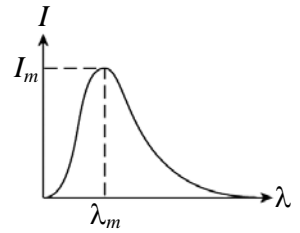
- ___ 1. 下列何者所發出光譜為明線譜？
 (A) 太陽光 (B) 汞蒸氣所發出光譜 (C) 燒紅木炭發出光譜
 (D) 燈泡發光 (E) 太陽光經水蒸氣後剩下光譜。
- ___ 2. 如右圖為描寫光電效應實驗中電子最大動能 K_{\max} 與入射光頻率 f 的函數關係圖，則下列敘述何者正確？
 (A) 圖中橫軸截距會隨入射光強度而改變 (B) 圖中縱軸截距的絕對值與入射光頻率成正比 (C) 圖中直線斜率即為普朗克常數 (D) 此實驗結果說明逸出光電子最大動能與入射光頻率成正比 (E) 此實驗結果可以用來說明光具有波動性。
- ___ 3. 已知汞原子第一激發態比基態能量高 4.86 電子伏特，當能量 5.00 電子伏特的電子與光子，分別撞擊基態汞原子，下列敘述何者正確？
 (A) 電子與光子皆不能激發汞原子 (B) 電子可以激發汞原子，但光子不能 (C) 電子不能激發汞原子，但光子可以激發汞原子 (D) 電子與光子都能激發汞原子 (E) 光子激發汞原子後，其能量不變。
- ___ 4. 甲、乙兩種可見光，其波長為 600 奈米與 400 奈米，則甲、乙的光子能量比為
 (A) 3 : 2 (B) 2 : 3 (C) 9 : 4 (D) 4 : 9 (E) 1 : 1。
- ___ 5. 下面哪個實驗或現象與電子的波動性有關？
 (A) 陰極射線實驗 (B) 光電效應 (C) 拉塞福散射 (D) 電子束的干涉實驗 (E) 燈泡發光。
- ___ 6. 對於「光的二象性」，下列敘述何者錯誤？
 (A) 干涉顯示光具有波動性 (B) 繞射顯示光具有波動性 (C) 光照射金屬靶上的電子時，光會顯示其有粒子性 (D) 此理論不同於古典物理學對光的解釋 (E) 我們在任何時刻，可以同時觀察到光的波動性和粒子性。
- ___ 7. 物理學家將「電子」射向雙狹縫後，發現電子在螢光屏上形成干涉條紋，此實驗的重大意義為
 (A) 電子帶負電 (B) 電子具有能量 (C) 電子具有粒子性 (D) 電子具有波動性 (E) 電子是基本粒子。
- ___ 8. 一個氫原子由 $n=1$ 的狀態被激發到 $n=4$ 的狀態。當原子回到 $n=1$ 的狀態過程中，最多可能放出幾種不同的光子？
 (A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4 (E) 6。
- ___ 9. 下列有關「光電現象」的敘述，何者正確？
 (A) 光電子的動能與光的強度成正比 (B) 無論光頻率多少，光強度愈強，愈容易產生光電子 (C) 入射光之頻率高於底限頻率時，縱然光強度微小亦可能產生光電子而引起光電流 (D) 每個光子能量被一個電子吸收後，完全變成電子的動能 (E) 入射光波長愈長，光電子的最大動能愈大。
- ___ 10. 下列有關「光電效應」的敘述，何者正確？
 (A) 光電效應理論分析，首先由普朗克完成 (B) 光電效應實驗最早由赫茲完成 (C) 光電效應實驗中，不論入射光頻率為何，只要強度不要太弱，就可立即產生光電子 (D) 光電效應實驗中，若入射光頻率小於底限頻率，則需要照射一段時間方可產生光電子 (E) 光電效應必須用古典電磁波理論解釋。



第八章 量子現象

11. 琳琳做光電效應的實驗，使用波長 500 奈米的光照射金屬靶會產生光電流，若改用波長 300 奈米的光照射同一金屬靶時，會不會產生光電流？
 (A)會 (B)不一定 (C)300 奈米的光能量更低，所以不會產生光電流 (D)300 奈米波長已屬於不可見光，故不會有光電流 (E)以上皆非。

12. 如右圖為黑體輻射的強度 I 隨波長 λ 而變的分布圖，當溫度升高時，則
 (A) I_m 與 λ_m 皆變大 (B) I_m 與 λ_m 皆變小 (C) I_m 變大， λ_m 變小
 (D) I_m 變小， λ_m 變大 (E) I_m 與 λ_m 皆不變。



13. 下列現象，何者顯示物質波的存在？
 (A)有些波必須靠介質才能傳播，如繩波、水波等 (B)拉塞福的 α 粒子散射實驗
 (C)電子雙狹縫干涉實驗 (D)光電效應 (E)X 射線晶格繞射現象。

14. 下列有關「光電效應」敘述何者正確？
 (A)對於固定金屬，入射光波長愈短，電子動能愈大 (B)對於固定金屬，入射光強度愈大，電子動能愈大
 (C)對於固定金屬，入射光頻率愈小，電子動能愈大 (D)對於固定頻率入射光，金屬功函數愈大，電子動能愈大
 (E)對於固定強度入射光，金屬功函數愈小，電子動能愈大。

15. 由雷納所作的「光電效應」實驗可知，當照射光的頻率小於底限頻率時
 (A)必須照射較久的時間，才會產生光電子 (B)必須以較大強度的光來照射，才會產生光電子
 (C)必須以較大強度的光且照射較久的時間，才會產生光電子 (D)不管光的強度多大或照射時間多久，都無法產生光電子
 (E)必可產生光電子。

16. 下列有關光子與波粒二象性的敘述何者正確？
 (A)光子的能量大小，紅光 < 藍光 < 綠光 (B)馬克士威的電磁理論說明光具有粒子性 (C)光子理論是愛因斯坦提出的
 (D)牛頓力學可以說明電子的干涉現象 (E)微觀粒子具有波粒二象性只是一種假設(理論)。

17. 有關「量子論」和「光量子論」的比較，下列何者錯誤？
 (A)前者為普朗克提出，後者為愛因斯坦提出 (B)兩者皆認為光在被吸收或放射時具有量子性
 (C)後者係受前者所啟發 (D)兩者內涵皆有別於古典電磁波理論 (E)前者可解釋光電效應，後者可解釋黑體輻射現象。

18. 下列有關黑體輻射的敘述，何者正確？
 (A)熱輻射照到黑體上，不會被完全吸收 (B)黑體輻射光譜與黑體材料有關 (C)黑體輻射光譜中具有最大能量強度的波長隨溫度升高而減少
 (D)黑體輻射總能量與溫度無關 (E)黑體輻射現象是能量連續性證據之一。

19. 愛因斯坦首先引入光子概念，來解釋光電效應。下列有關光子的敘述何者正確？
 (A)光子與電子類似，都是具有質量與電荷的質點 (B)光子以聲速運動 (C)光束的能量愈大時，表示光束中每個光子的能量愈高
 (D)光波的頻率愈高時，對應的光子能量也愈大 (E)可見光由光子組成，其他電磁波則否。

20. 下列有關「光電現象」的敘述，何者正確？
 (A)光電子之最大動能與光的強度成正比 (B)要使某一金屬表面發射光電子而形成光電流，入射光的頻率必須超過某特定頻率
 (C)無論光頻率多少，光強度愈強，愈容易產生光電子 (D)光子的能量可部分被電子吸收，剩餘能量以另一種光的形式被釋放出
 (E)對不同的金屬板，欲產生光電子所需的最小能量皆相等。

第八章 量子現象

【8-4_隨堂練習】

- ____ 1. 戴維森-革末實驗的重大意義是發現
(A) 鎳(金屬)晶體的結構 (B) X 射線具有粒子性 (C) 證實電子的波動性
(D) X 射線乃是電子撞擊鎳金屬所造成 (E) 原子模型的提出。
- ____ 2. 西元 1927 年，兩位科學家做實驗證實了物質波是確存在的，試問其實驗方式為：
(A) 利用電子顯微鏡觀察 (B) 光電效應實驗 (C) 油滴實驗 (D) 電子繞射實驗。
- ____ 3. 平常運動中所用的棒球，可當作質點看，但無法看出其所具的波動性質，這是因為什麼原因？
(A) 物質波只是一種未經證實的假設，其實根本不存在 (B) 因為棒球的速度太慢，波動性質不明顯 (C) 因為棒球的物質波波長太短，很難察覺 (D) 電子等質量極小的質點才有可能產生物質波，棒球質量太大，根本不會形成物質波。
- ____ 4. 下列現象，何者可顯示德布羅意物質波的存在？
(A) 有些波必須靠介質才能傳播，如繩波、水波等 (B) 光電效應的現象 (C) 松坂大輔投出的蝴蝶球飄浮不定 (D) 單一能量的電子束射入金屬晶體薄膜時的繞射現象。
- ____ 5. 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，落在屏上某些位置的機會較小 (D) 以上皆是 (E) 以上皆非。
- ____ 6. 動能相同之氫原子與氬原子的物質波波長比為
(A) 1 : 1 (B) 1 : 2 (C) $1 : \sqrt{2}$ (D) $\sqrt{2} : 1$ (E) 2 : 1。
- ____ 7. 真空下電子束通過雙狹縫時，在遠處的光屏上會形成干涉條紋，已知干涉條紋的寬度與電子的物質波波長成正比，又根據德布羅意的物質波公式： $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{\sqrt{2mE_K}}$ ($E_K = \frac{1}{2}mv^2$)，則當入射電子的動能降為原來的 $1/36$ 倍時，干涉條紋的間隔會變為原來的幾倍？
(A) $1/12$ (B) $1/36$ (C) 3 (D) 6 (E) 9。
- ____ 8. 根據德布羅意的理論，不僅電子，所有的粒子也有波動特性，其波長反比於粒子的質量與速率的乘積。若二電子的動能比為 4:1，則其物質波之波長比為何？
(A) 1 : 1 (B) 2 : 1 (C) 1 : 2 (D) $\sqrt{2} : 1$ (E) $1 : \sqrt{2}$ 。
- ____ 9. 德布羅意提出物質具有波動的性質，經由下列何者證實
(A) 光子繞射 (B) 晶格繞射 (C) 量子繞射 (D) x 射線繞射。
- ____ 10. 動量相同之下列各質點，何者波動性質較顯著？
(A) 電子 (B) 質子 (C) 中子 (D) 三者均相同。
- ____ 11. 某粒子以 10^4 公尺/秒的速率運動，其物質波波長為 10^{-10} 公尺。若速率降為 10^3 公尺/秒，則物質波波長變為
(A) 10^{-7} (B) 10^{-8} (C) 10^{-9} (D) 10^{-11} (E) 10^{-12} 公尺。

第八章 量子現象

- ___ 12. 若 α 粒子和質子以相同速率運動，其物質波波長比值 $\frac{\lambda_\alpha}{\lambda_p}$ 為
 (A) $\frac{1}{4}$ (B) $\frac{1}{2}$ (C) 1 (D) 2 (E) 4。
- ___ 13. 歐盟的物理研究機構 CERN 最近進行一項驚天動地的實驗，稱為超強子對撞機(LHC)，關於超強子對撞的敘述何者正確？
 (A) 將質子加速到 $0.9999c$ 以上，使其位能增加 (B) 使用超導磁鐵產生超強磁場可以使質子加速 (C) 希望找出希格斯(Higgs)粒子是一種比夸克還大的次原子 (D) 將質子加速到 7TeV 需要耗費極大的電能 (E) 因為巨大能量形成極低溫度，故可模擬宇宙起源大霹靂與黑洞。
- ___ 14. 丹布朗(Dan Brown)是美國知名的科技小說家，寫過一本小說叫《天使與魔鬼》是描述反物質與恐怖主義的故事，但文中哪一個情節與事實明顯不符？
 (A) 世界上有反物質的存在 (B) 反物質與物質結合發出能量而消失 (C) 可製造出質量大到足以毀滅大城市的反物質 (D) 反物質可以維持一定時間存在於自然界 (E) 反物質與物質質量相等但電量相反。
- ___ 15. 下列有關物質波的敘述，何者正確？(有三答)
 (A) 物質波需靠介質傳播 (B) 宏觀世界中所見物體其伴隨物質波波長都很短 (C) 物質波波速等於物體運動速率 (D) 物質波是粒子在空間中出現的機率分布 (E) 同一粒子，速度愈快，其波動性愈不明顯。
- ___ 16. 若粒子的波長為 λ 、質量為 m 、速率為 v 。根據物質波理論，不僅電子，包括所有粒子，其 λ 與 mv 的關係為下列何者？
 (A) 相等 (B) 成正比 (C) 成反比 (D) 沒有關係。
- ___ 17. 根據德布羅意的理論，不僅電子，所有的粒子也有波動特性，其波長反比於粒子的質量與速率的乘積。若二電子的動能比為 $4:1$ ，則其物質波之波長比為何？
 (A) $1:1$ (B) $2:1$ (C) $1:2$ (D) $\sqrt{2}:1$ (E) $1:\sqrt{2}$ 。
- ___ 18. 有關電子物質波的敘述，下列何者錯誤？
 (A) 在電子的楊氏雙狹縫實驗裡，當電子通過雙狹縫，在屏幕上出現干涉條紋，說明了電子的粒子性 (B) 電子波動特性與粒子特性在同一實驗裡雖可觀測到，但電子卻不能同時展現粒子性與波動性 (C) 電子的物質波是一種機率波。它是指在空間中某一點的電子波之振幅，與電子出現在那一點的機率有關 (D) 若增加電子的速度，則其物質波波長會變短 (E) 不僅電子有波動性，所有的物質都有波動性。
- ___ 19. 下列敘述，何者正確？
 (A) 愛因斯坦的光量子理論否定了光的波動性，讓光的本質又重回到粒子性 (B) 物質波就是物質質點在真空中來回振動的波形，因此和水波槽中的水波很相似 (C) 物質質點和電磁輻射同樣具有粒子和波動兩種性質 (D) 楊氏的雙狹縫干涉實驗，證實了光的粒子性 (E) 電磁輻射的波長愈長，粒子的特性就愈明顯。
- ___ 20. 平常運動中所用的棒球可當作質點看，但無法看出其所具有的波動性質，這是因為球的
 (A) 物質波波長太長 (B) 前進速率太小 (C) 質量太大 (D) 運動無週期性變化 (E) 形狀十分對稱。

第八章 量子現象



一、試題精華：

- ____ 1. 某一氫原子的電子由高能階躍遷至低能階時，可放出電磁輻射。若此時躍遷之氫原子放出 4.0eV 之光子，試求此光子的波長約為多少 nm ？(設 $h=6.63\times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$)
(A)540 (B)480 (C)420 (D)360 (E)310 nm 。
- ____ 2. 兩光子的波長分別為甲 = 400nm 與乙 = 300nm ，試依據愛因斯坦的『光量子理論』，是比較下列性質何者正確？
(A)頻率比 = $4:3$ (B)速率比 = $4:3$ (C)單一光子能量比 = $4:3$ (D)相同能量時的光子數目比 = $4:3$ (E)若乙恰能產生光電效應，則甲無法產生光電效應。
- ____ 3. 光有波動性及粒子性，稱為光的「波粒二象性」。試問下列哪個現象只能以光的波動性解釋？
(甲)光電效應；(乙)單狹縫繞射；(丙)雙狹縫干涉；(丁)光的直線前進；(戊)光的反射。
(A)甲乙丙 (B)乙丙 (C)乙丁戊 (D)乙丙丁戊 (E)甲乙丙丁戊。
- ____ 4. 光電效應之某金屬入射光底限波長為 λ 。若以 $\frac{\lambda}{3}$ 之波長的光照射此金屬表面，測得電子最大動能為 E_k ，則改以 $\frac{\lambda}{4}$ 之波長的光照射此金屬表面，則電子之最大動能應為多少 E_k ？
(A) $\frac{5}{4}E_k$ (B) $\frac{7}{12}E_k$ (C) $\frac{2}{3}E_k$ (D) $\frac{3}{2}E_k$ (E) $\frac{12}{7}E_k$ 。
- ____ 5. (模考) 下列有關『光電效應』的敘述，何者正確？
(A)光電效應是否會產生光電子由入射光的頻率大小決定 (B)若已產生光電流，則入射光頻率與光電流大小成正比 (C)根據愛因斯坦的光量子論中提到，若光頻率為 f ，則光電子能量 $E=hf$ (h 為普朗克常數) (D)古典物理與量子物理皆可以完整解釋光電效應 (E)光電效應證明了光具有波動性。
- ____ 6. 下列哪一個實驗可以最精確的判斷某一混合氣體中是否有氮氣存在？
(A)觀察氣體壓力隨溫度的變化 (B)用肉眼辨識氣體的顏色 (C)觀察氣體的吸收光譜 (D)測量常溫常壓下氣體的密度 (E)測量常溫常壓下氣體的折射率。
- ____ 7. 由雷納「光電效應」實驗結果可知，當照射光頻率比底限頻率低時，下列敘述何者正確？
(A)照射較久的時間，仍會產生光電子 (B)增強照射光的強度後，仍會產生光電子 (C)必須以較大強度的光且照射較久的時間，才會產生光電子 (D)不管光的強度多大或照射時間多久，都無法產生光電子 (E)必可產生動能較小光電子。
- ____ 8. 有關「物質波」的相關敘述，下列何者正確？
(A)聲波靠物質傳播，所以是物質波的一種 (B)德布羅意根據電子晶格繞射的實驗，提出物質兼具波動與粒子的雙重性質 (C)電子的繞射現象證明電子的粒子性 (D)若速度相等時，質量大的粒子，其物質波波長較短 (E)當物質質量固定時，其物質波的波長即為定值。
- ____ 9. 頻率為 4.5×10^{14} 赫茲的紅光，每一個光子能量約為多少電子伏特(eV)？
(A)0.93 (B)1.39 (C)1.86 (D)2.33 (E)2.78 電子伏特(eV)。

第八章 量子現象

- ____ 10. 在光電效應的實驗裡，下列敘述何者正確？
 (A)當入射光強度增加，光電子的能量即增加 (B)光電流的大小與入射光之光強度無關
 (C)對不同的金屬板，欲產生光電子所需的最小能量皆相等 (D)光電流之產生與光照射在金屬板上，兩者間幾乎無時間落差 (E)無論光頻率多少，入射光強度愈強，愈容易產生光電子。
- ____ 11. 關於「黑體輻射」的現象，下列敘述何者錯誤？
 (A)熱輻射落在黑體上，會被黑體完全吸收 (B)黑體輻射的光譜與黑體的材料無關 (C)黑體輻射的光譜之中，具有最大能量強度的頻率，隨溫度升高而減少 (D)同一個黑體，其輻射總能量隨溫度升高而增加 (E)黑體輻射的現象，要用能量量子化的觀念，才能圓滿解釋。
- ____ 12. 假設室內光源良好時，眼睛可感受 2×10^{-16} 焦耳的光能，則約相當於多少個光子進入到眼睛？(假設可見光的平均波長為 5000 \AA ，而光子能量 $E = \frac{12400}{\lambda(\text{\AA})} eV$)
 (A)20 個 (B)50 個 (C)200 個 (D)500 個 (E)2000 個。
- ____ 13. 有關『光電效應』的底線頻率的相關性質，下列各項敘述何者正確？
 (A)底限頻率的大小和入射光的波長有關 (B)底限頻率的大小和入射光的強度有關 (C)底限頻率的大小和金屬材質有關 (D)底限頻率的大小和入射光照射的時間有關 (E)底限頻率的大小和入射光的頻率有關。
- ____ 14. 有一個 40 瓦的燈泡發出 6200 \AA 的單色光，若其中有 16% 轉換成光能，當燈泡的光子照射到光電材質而發生光電效應，所能產生的光電流最大值為若干？
 (A)0.4 (B)0.8 (C)1.6 (D)2.4 (E)3.2 安培。【光子能量 $E = \frac{hc}{\lambda}$ ， $hc = 12400 (eV \cdot \text{\AA})$ 】
- ____ 15. (大考中心) 在光電效應的實驗中，僅有頻率夠高的光照射到金屬表面時，才能打出電子，這是因為電子需要獲得足夠的能量，克服金屬的束縛才能從金屬表面逸出，設電子逸出金屬表面所需的最小能量為 W 。今小明以同一單色光分別照在不同的金屬板甲、乙之上，皆能測量到光電流產生。已知電子逸出金屬板甲所需的最小能量為 $W_{\text{甲}}$ ，電子逸出金屬板乙所需的最小能量為 $W_{\text{乙}}$ ，且 $W_{\text{甲}} > W_{\text{乙}}$ 。該單色光的頻率為 ν ，普朗克常數為 h ，則 ν 與 $W_{\text{甲}}$ 、 $W_{\text{乙}}$ 之間的關係，下列何者正確？
 (A) $h\nu > W_{\text{甲}}$ (B) $h\nu < W_{\text{甲}}$ (C) $W_{\text{甲}} > h\nu > W_{\text{乙}}$ (D) $h\nu < W_{\text{乙}}$ 。
- ____ 16. 有關於波動性與粒子性的性質，下列各項敘述何者正確？
 (A)光是波動，但具有粒子的性質；物質是粒子組成，也可以看成是光波 (B)光子和電子均具有粒子和波動的性質，均具有靜止質量，且速度可為任意值 (C)大量的電子通過狹縫而抵達屏幕時，若其物質波發生建設性干涉，會發出強光 (D)物質波與光波同是橫波 (E)物質波的波函數可表示質點在空間出現的機率分布。
- ____ 17. 關於光電效應的實驗敘述，下列何者正確？
 (A)照射光強度愈大，放射出之光電子個數愈多 (B)照射光頻率愈小時，放射出之光電子能量愈大 (C)照射光之波長愈短時，放射出之光電子數目愈多 (D)照射光能量愈大時，放射出之光能量愈大 (E)照射光之波長愈短時，放射出之光電子數目愈多。

第八章 量子現象

- ___ 18.戴維森－格末進行電子晶格繞射實驗，所具有的重大意義是證實了科學上何種新理論？
 (A)發現了晶體結構 (B)提供「空間量子化」的資訊 (C)X射線具有粒子特性 (D)證實「電子束」如同X射線一般，具有繞射現象 (E)證實電子和晶體的碰撞會改變運動方向。
- ___ 19.根據德布羅意物質波的說法，物質波的波長與物質的哪一個物理量成反比？
 (A)普朗克常數 (B)動量 (C)質量 (D)密度 (E)動能。
- ___ 20.有關『物質波』性質的描述，下列各項敘述何者正確？
 (A)物質波只能存在介質中傳播 (B)物質波和光波同樣可產生干涉的現象 (C)物質的質量愈大，則物質波的波長愈大 (D)楊格的雙狹縫干涉實驗，為物質波的存在提供有力的證據 (E)物質波的理論是由愛因斯坦提出。
- ___ 21.拉塞福藉由 α 粒子的金箔散射實驗，提出有「核」的原子模型，此即為行星式原子模型。但此模型的重大缺陷為電子繞原子核運轉時，依電磁理論，將會產生電磁輻射而使電子的能量減少，最後將導致電子墜毀在原子核上，造成原子結構崩潰。此不符合事實的理論缺陷，最終由下列何種理論提出而終於獲得修正？
 (A)愛因斯坦的光子說 (B)普朗克的量子論 (C)波耳的氫原子能階 (D)德布羅意的物質波 (E)海森堡的測不準原理。
- ___ 22.科學家已經了解光源與光譜兩者的關係，所以藉由觀測遙遠天體的光譜，可以獲得其訊息。下列有關光譜的敘述，哪些正確？
 (A)白熾燈泡發出的光譜為明線光譜 (B)如果在白熾燈泡四周有一團低溫的氣體，氣體會吸收能量而產生發光的明線 (C)只有少數幾種原子才可能有發射光譜或吸收光譜 (D)太陽的可見光光譜為發射光譜 (E)如果氣體中的電子吸收了能量後，電子躍遷至高能量狀態，當電子躍遷至低能量狀態，便會發出特定波長的明線，稱為發射光譜。

【CH8_綜合練習】

- ___ 1.波長為 3750\AA 之光線，所對應光子的能量為若干焦耳？(普朗克常數 $h=6.63\times 10^{-34}\text{J}\cdot\text{s}$)
 (A) 5.3×10^{-19} (B) 4.2×10^{-19} (C) 6.3×10^{-18} (D) 6.3×10^{-19} (E) 7.1×10^{-19} 焦耳。
- ___ 2.有關熱輻射(黑體輻射)現象，下列敘述何者正確？
 (A)輻射能量強度的光譜中，具有最大能量強度的波長會隨著溫度的增高而增長 (B)溫度愈高時，最大強度輻射的能量密度愈小 (C)普朗克假設帶電質點振動時可連續地輻射或吸收能量 (D)輻射(黑體輻射)的現象，是能量連續性的證據之一 (E)為了解釋輻射(黑體輻射)現象，普朗克設想物體上帶電質點振動時，每個質點各有一特定振動頻率。
- ___ 3.下列有關「光電現象」的敘述，何者正確？
 (A)光電子之最大動能與光強度成正比 (B)要使某一金屬表面發射光電子而形成光電流，入射光的頻率必須超過某特定頻率 (C)無論光頻率多少，光強度愈強，愈容易產生光電子 (D)光子的能量可部分被電子吸收，剩餘能量以另一種光的形式被釋放出 (E)對不同的金屬板，欲產生光電子所需的最小能量皆相等。

第八章 量子現象

- ___4. 氫原子內的電子從 $n=5$ 能階躍遷至基態的過程中，下列敘述何者正確？
 (A) $n=5$ 降至基態釋放的電磁波波長比 $n=2$ 降至基態釋放的電磁波波長大 (B) $n=5$ 降至 $n=4$ 釋放的電磁波能量和 $n=2$ 降至基態釋放的電磁波能量相等 (C) $n=5$ 降至 $n=2$ 釋放的電磁波能量比 $n=2$ 降至基態釋放的電磁波能量小 (D) $n=5$ 降至基態時，釋放的電磁波光譜線共有 6 條 (E) 能階差相同時，電子躍遷釋放的能量相等。
- ___5. 關於「氫原子」光譜，下列敘述何者錯誤？
 (A) 電子可在穩定狀態的特定能階之一存在而不輻射 (B) 電子距離原子核愈遠，受原子核的靜電力愈小，能階愈高 (C) 光譜成線狀是因為產生光通過細縫所致 (D) 原子因電子的躍遷而放出能量時，是以電磁波的形式放出 (E) 若電子以 f 的頻率繞核運動時，其躍遷所放出的光子能量為 hf_0 。
- ___6. 物理學家將「電子」射向雙狹縫後，發現電子在螢光屏上形成干涉條紋，此實驗所代表的重大意義為何？
 (A) 電子帶負電 (B) 電子具有能量 (C) 電子具有粒子性 (D) 電子具有波動性 (E) 電子是基本粒子。
- ___7. 電子由一個比較高的能階轉變到另一個較低的能階時，則下列何者正確？
 (A) 電子軌道半徑變大，放出電磁波 (B) 電子軌道半徑變小，且放出電磁波 (C) 電子軌道半徑變大，且需吸收能量 (D) 電子軌道半徑變小，且需吸收能量 (E) 電子軌道半徑與能量都不變。
- ___8. 下列有關光電效應的敘述，何者為正確？
 (A) 光電效應理論分析，首先由普朗克完成 (B) 愛因斯坦最早操作光電效應實驗 (C) 光電效應實驗中，不論入射光的頻率為何，只要強度不要太小，就可立即產生光電子 (D) 光電效應實驗中，若照射光的頻率小於低限頻率時，就需要經一段長時間，方能產生光電子 (E) 光電效應實驗不能用古典電磁波的理論解釋。
- ___9. 一般演講用的紅光雷射光筆功率約 2 毫瓦特，雷射光筆每分鐘射出的光子數約 3.0×10^{17} 個，試問一個紅色光子的能量是多少焦耳？
 (A) 2×10^{-19} (B) 4×10^{-19} (C) 8×10^{-19} (D) 2×10^{-18} (E) 4×10^{-18} 焦耳。
- ___10. 愛因斯坦提出光子的概念，有關光強度的解釋，下列敘述何者正確？
 (A) 光的強度與光子頻率成正比 (B) 光的強度與光子頻率成反比 (C) 光子能量愈大，則光的強度必愈強 (D) 光強度愈強，表示每單位時間內通過單位截面積的光子數目愈多 (E) 光子波長愈短，則光的強度愈強。
- ___11. 下列有關「光電現象」的敘述，何者正確？
 (A) 光電子之最大動能與光的強度成正比 (B) 要使某一金屬表面發射光電子而形成光電流，入射光的頻率必須超過某特定頻率 (C) 無論光頻率多少，光強度愈強，愈容易產生光電子 (D) 光子的能量可部分被電子吸收，剩餘能量以另一種光的形式被釋放出 (E) 對不同的金屬板，欲產生光電子所需的最小能量皆相等。

第八章 量子現象

- ___ 12. 有關波耳「氫原子」光譜的性質描述，下列何者錯誤？
 (A) 氫原子能階中能量最低的狀態稱為基態，其他狀態稱為激發態 (B) 電子在穩定軌道上運動，不會輻射出電磁波 (C) 電子在不同能階上進行躍遷時，一定會吸收能量 (D) 原子因電子的躍遷而放出能量時，是以電磁波的形式釋放 (E) 電子位於低能階時，距離原子核比高能階距離近。
- ___ 13. 下列相關的敘述，何者正確？
 (A) 物質波是電磁波，只有像電子、質子較小的粒子才具有物質波 (B) 德布羅意提出物質波的存在，證實物質也可以具有波動特性 (C) 德布羅意提出物質波的存在，證實光具有粒子特性 (D) 用波動理論可以解釋光電效應中單位時間內逸出的光電子數目，與照射光的強度成正比 (E) 使用兩不同的光源分別照射兩個同材質的獨立金屬球，進行光電效應實驗，之後將兩球互相靠近(但未接觸)，發現兩球相吸，則兩球必有一球帶正電，另一球帶負電。
- ___ 14. 當電子物質波波長的整數倍恰好等於圓周長時，物質波的波形將可持續存在於原子內，而不會被破壞。如此核外圍電子僅可具有特定的波長，此種特定的狀態稱為定態(stationary state)，而一個定態則必對應於一特定的電子軌道半徑。若已知氫原子基態電子軌道半徑為 0.053 nm，在該電子所對應的物質波波長約為何？
 (A) 0.053nm (B) 0.21nm (C) 0.33nm (D) 0.56nm (E) 0.87nm。
- ___ 15. 波長 500 奈米的綠光射至一光電管，產生 2×10^{-4} 毫安培的電流。假定每個光子照射光電管都可產生一個光電子，則平均 1 秒鐘內有多少光子數照射光電管？
 (A) 1.25×10^{11} (B) 2.5×10^{11} (C) 3.75×10^{11} (D) 1.25×10^{12} (E) 2.5×10^{12} 個。
- ___ 16. 下列有關「光電現象」的敘述，何者錯誤？
 (A) 入射光波長愈短，光電子的最大動能愈大 (B) 要使某一金屬表面發射光電子而形成光電流，則入射光的強度必須夠強 (C) 入射光之頻率高於截止頻率時，縱然光強度微小亦可產生光電子而引起光電流 (D) 當入射光可使某一金屬表面發射光電子，形成光電流，入射光的強度愈強，光電流愈大 (E) 能否產生光電效應和入射光的照射時間無關。
- ___ 17. 一光電管內金屬靶的功函數為 2.1 電子伏特，若光電子的動能為 1.3 電子伏特，則入射光的頻率約為多少 Hz？
 (A) 3.1×10^{14} (B) 4.1×10^{14} (C) 6.0×10^{14} (D) 8.2×10^{14} (E) 3.1×10^{15} Hz。
- ___ 18. 下列的物理現象，何者可以說明物質波的存在？
 (A) 電子雙狹縫干涉實驗 (B) 光電效應 (C) 拉塞福的 α 粒子散射實驗 (D) 有些波必須靠介質才能傳播，如：繩波、水波等 (E) 楊氏雙狹縫干涉實驗。
- ___ 19. 氫原子由第三受激態躍遷至基態，與由第一受激態躍遷至基態兩者比較，下列何者正確？
 (A) 前者釋放出較少能量 (B) 前者釋放出的光子波長較短 (C) 兩者釋放出的能量相同 (D) 後者釋放出的電磁波頻率較高 (E) 後者釋放的電磁波波速較慢。

第八章 量子現象

- ___20. 當氫原子內的電子自能量值為 E_A 的高能量狀態躍遷至量值為 E_B 的低能量狀態時，所發出光的頻率為何？(h 為普朗克常數)
- (A) $\frac{(E_B - E_A)c}{h}$ (B) $\frac{E_B - E_A}{h}$ (C) $\frac{(E_A - E_B)c}{h}$ (D) $\frac{E_A - E_B}{h}$ (E) $\frac{(E_A - E_B)}{hc}$ 。
- ___21. (模考) 以光束照射在金屬表面會使其發射出電子的物理效應，稱為「光電效應」；下列有關光電效應的敘述何者錯誤？
- (A) 光電效應實驗是光具有粒子性的證據之一 (B) 以同一單色光照射時，所產生光電子的動能與被照金屬材料的種類有關 (C) 若入射光頻率大於或等於截止頻率(底限頻率)，即使入射光強度微弱，仍可產生光電子 (D) 對同一金屬而言，入射光的頻率愈高，所產生光電子的動能會隨之增加 (E) 入射光的強度愈強，代表每個光子的能量愈大，所產生光電子的動能會隨之增大。
- ___22. 在光電效應實驗中，光束照射程物質表面上時，物質表面上的原子即可能放出光電子，則
- (A) 當照射光愈強時，放射出之光電子動能愈大 (B) 當照射光之波長愈長時，放射出之光電子能量愈大 (C) 當照射光之波長愈長時，放射出之光電子數目愈多 (D) 當照射光愈強時，放射出之光電子數目愈多 (E) 當照射光之波長愈短時，放射出之光電子數目愈多。
- ___23. (模考) 兩津和中川使用兩道雷射光源照射同一種類的金屬板作光電效應實驗。好勝的兩津使用超高功率雷射照射金屬板，發現無論如何都無法使金屬板帶電。然而中川卻使用最近新開發的藍光雷射筆，對金屬板照射了相同時間後發現可使金屬板帶電。這樣的實驗結果，下列敘述何者正確？
- (A) 光的強弱，並非代表每一光子所具有的能量大小 (B) 兩津雷射光的頻率太小，無法引起電子共振 (C) 兩津雷射光的頻率太小，光子擊中電子的機率較低 (D) 兩津雷射光的強度太強，光子不易撞擊到電子 (E) 入射光的強度太強時，容易擊出質子與電子中和。
- ___24. 光電效應的實驗中，當光束照射在物質表面上時，物質表面上的原子即可能放出光電子，則下列何者正確？
- (A) 當照射光愈強時，放射出之光電子動能愈大 (B) 當照射光之波長愈長時，放射出之光電子能量愈大 (C) 當照射光之波長愈長時，放射出之光電子數目愈多 (D) 當照射光愈強時，放射出之光電子數目愈多 (E) 當照射光之波長愈短時，放射出之光電子數目愈多。
- ___25. (105 學測) 將光投射在金屬表面使其產生光電子，再利用磁場引導並選出具有相同速度之電子，使其通過單狹縫後，投射於能夠探測電子的屏幕上，經過一段時間的紀錄，發現在屏幕上各點累積的電子數目，其分布呈現繞射條紋。欲解釋上述的實驗現象，下列敘述何者最適當？
- (A) 需用到光及電子的波動性 (B) 需用到光的波動性及電子的粒子性 (C) 需用到光的粒子性及電子的波粒二象性 (D) 需用到光的粒子性，不需用到電子的粒子性或波動性 (E) 需用到電子的粒子性，不需用到光的粒子性或波動性。
- ___26. 二十世紀初葉發現光具有波與粒子二象性，為近代光電科技的重要基礎。下列有關光之波粒二象性的敘述，哪些正確？(應選三項)
- (A) 光的頻率愈高，則光量子的能量愈大 (B) 楊氏雙狹縫實驗，驗證了光的波動性質 (C) 入射光的波長愈長，愈容易產生光電效應 (D) 波與粒子二象性乃光子特性，其他物質並無波粒二象性 (E) 愛因斯坦以光能量的量子化，解釋光電效應，驗證了光的粒子性質。

第八章 量子現象

第八章_量子現象_參考答案：

【8-2_隨堂練習1】

1.DE 2.B 3.D 4.E 5.A 6.E 7.B 8.C 9.B 10.A

11.E 12.D 13.C 14.C 15.D 16.ACD 17.BE 18.C 19.D 20.D 21.B

【8-2_隨堂練習】

1.D 2.C 3.A 4.D 5.BC 6.E 7.D 8.C 9.DE 10.AE 11.A 12.D 13.A

14.D 15.A 16.C 17.B 18.A 19.C 20.D 21.A 22.C 23.B 24.B 25.B

【8-3_隨堂練習】

1.B 2.C 3.B 4.B 5.D 6.E 7.D 8.E 9.C 10.B

11.A 12.C 13.C 14.A 15.D 16.C 17.E 18.C 19.D 20.B

【8-4_隨堂練習】

1.C 2.D 3.C 4.D 5.C 6.D 7.D 8.C 9.B 10.D

11.C 12.A 13.D 14.C 15.BDE 16.C 17.C 18.A 19.C 20.C

【試題精華】

1.E 2.E 3.B 4.D 5.A 6.C 7.D 8.D 9.C 10.D 11.C 12.D 13.C

14.E 15.A 16.E 17.A 18.D 19.B 20.B 21.C 22.D

【綜合練習】

1.A 2.E 3.B 4.C 5.E 6.D 7.B 8.E 9.B 10.D 11.B 12.C 13.B 14.C

15.D 16.B 17.D 18.A 19.B 20.D 21.E 22.D 23.A 24.D 25.C 26.ABE

