

翰林 114分科測驗

精彩解析 **物理** 考科

北一女中／簡麗賢 老師



總編輯 / 李心筠

主 編 / 史燕玲

責 編 / 蘇子安

美 編 / 李湘悌·歐詩妤·林家綺

出 版 / 民國一十四年八月

發行所 / 702008 臺南市新樂路76號

翰林官網 <https://www.hle.com.tw>

☞ 本書內容同步刊載於翰林官網

☑ 依據大考中心公布內容【試題·答案】

翰林 相信學習



一、前言——物理不是胸口永遠的痛

114 年分科測驗結束，儘管命題良窳仁智互見，然而試題取向影響教師教學與學生學習，值得重視。

以物理試題而言，取材多元廣泛，結合生活情境，重視融會貫通物理概念。例如測驗考生是否理解舊式腳踏車使用的「湯匙煞車」系統的煞車片，透過正向推力壓在輪胎表面產生摩擦力，使車子減速，藉此測驗考生腳踏車緊急煞車時造成車輪鎖死後，車子還能前進多少距離。類似腳踏車驅動與煞車的原理，是物理學在生活情境中應用的事例，以物理原理解釋生活中觀察的現象，正好呼應課綱核心素養，強調學生學習物理應關注學習與生活的結合。

又如半導體製程中需要曝光機，將光罩上的線路圖縮小投影成像到晶圓上。在研發製程中，於晶圓與光源間注入純水，利用曝光機在晶圓上製得更小的線路線寬。學生透過閱讀與理解，加上背景知識及圖表閱讀，回答由簡入深的問題。

分科測驗旨在評量考生關鍵學科能力，成績轉化為級分作為登記分發入學的依據。今年試題需要計算的題數大約 12 題，其他題目大致以概念判斷正確與否，因此計算量接近題數的一半，應是命題時合理的分配。混合題或非選擇題與去年的特性相同，鑑別度高，考生必須熟悉物理知識與概念，增強閱讀能力，才能得高分。

今年試題與去年具有一共同特色，皆引用課綱內實驗內容為命題素材，去年以「認識電磁波」為素材，測驗學生有關電磁波偏振特性，學生必須能寫出如何使用兩片偏振板驗證電磁波為橫波的實驗步驟，以及根據實驗結果，說明電磁波是橫波的理由。今年試題則以「等電位線與電場」的主題，測驗考生是否熟知金屬探針的安排與實驗儀表的名稱，以及操作方式和判斷圖示中哪一種曲線才是等電位線，又如何決定電力線。這樣的命題皆以探究與實作入題，符合基本概念、推理分析及綜合應用等向度。

今年的物理試題結合生活時事新聞及科學實際應用的基本題，只要用功讀書，都可以獲得基本分數。例如今年是國際量子科學與科技年，測驗學生是否知道重要物理學家論點；其他如理想氣體不同溫度下的分子運動速率分布概念、拉塞福探討原子結構的實驗結果，以及小角度單擺簡諧運動等，考驗學生是否學得基本概念與知識內涵，並且融會貫通，還是只是囫圇吞棗。

總而言之，學生若能重視基本概念，關注日常生活現象，結合課堂學過的概念，重視實驗課實作，深入思考實驗原理與步驟，知其然也知其所以然，增強閱讀短文的仔細程度與理解能力，相信物理科目不再是胸口永遠的痛。

二、試題分布與分析

回顧前年 112 年分科測驗物理試題命題素材，必修物理（全）占 14 分，結合選修物理，認真作答可得到基本分數；去年 113 年試題，選修物理 II 力學二與熱學占 24 分，力學是準備分科測驗物理的必備主題。



檢視今年 114 年試題，選修物理 V 電磁現象二與量子現象的分數占 18 分，與去年相近；選修物理 II 力學二與熱學占 26 分，比例最高，再度呼應力學是準備分科測驗物理的必備主題，分析如表(一)。

表(一) 近三年分科測驗物理考科試題範圍分布暨配分百分比

範圍	114 分科測驗題號	114 分科測驗配分百分比 (%)	113 分科測驗配分百分比 (%)	112 分科測驗配分百分比 (%)
必修物理(全)	1.、(24)、(25)、(26)	5	4	14
選修物理 I 力學一	4.、5.、6.	9	10	28
選修物理 II 力學二與熱學	2.、(7.)、(13.)、14.、 15.、19.、20.	26	24	8
選修物理 III 波動、光及聲音	10.、(24)、 (25)、(26)	12	12	13
選修物理 IV 電磁現象一	8.、9.、16.、17.	16	16	18
選修物理 V 電磁現象二與量 子現象	1.、3.、(7.)、11.、 12.、(13.)、18.	18	19	9
課綱實驗	21.、22.、23.	14 (等電位線與電場)	15 (認識電磁波)	10 (非課綱實驗： 水銀氣壓計)

※重複題號為跨章節命題

今年與必修物理(全)內容相關的試題有 4 題，主要與量子現象及電與磁的統一有關。第 1. 題呼應今年是國際量子科學與科技年，測驗學生是否知道重要物理學家論點，此內容在必修物理(全)量子現象著墨，在選修物理 V 近代物理的重大發現及原子結構與原子核亦有深入討論，屬於跨冊命題內容。

選修物理 I 力學一命題包含萬有引力定律、牛頓運動定律及其應用、簡諧運動；選修物理 II 力學二與熱學則包含動量守恆、功與動能、位能與力學能守恆、一維碰撞、熱學等概念。第 19.、20. 題題組是探討腳踏車的煞車與滑行距離，運用牛頓運動定律、摩擦力與功能定理概念解題，屬於結合生活情境的命題；第 2. 題則是理想氣體分子速率分布圖的分析，考生必須理解函數圖形的意義，以及分子方均根速率與分子質量和絕對溫度的關係。

選修物理 III 波動、光及聲音的部分，今年命題比例與去年相仿，每年命題主題和取向不盡相同，今年第 10. 題以光的單狹縫繞射入題，亦有第 24. ~ 26. 題題組測驗光在水中傳播時，光速變慢，波長變短，但頻率不變的概念。因此考生須把握基本概念，不必執著於艱澀難理解的題目，才能把握分數。

試題分析

選修物理Ⅳ電磁現象一是分科測驗的重點，今年占分也與去年相仿。有關電流的磁效應單元，第 16. 題以單極馬達、第 17. 題以載流長直導線建立磁場結合電磁感應、第 8. 題以帶電質點在磁場中的受力與運動入題；第 21. ~ 23. 題題組則是靜電學的等電位線與電場實驗題；第 9. 題是典型的電磁感應問題，考生必須知道單位時間內磁通量變化即為感應電動勢，感應電動勢產生感應電流等，測驗考生的基本概念及推理能力。

修選物理Ⅴ電磁現象二與量子力學的近代物理和原子結構部分，比例與占分和去年相近。第 11.、12. 題是基本的命題素材，測驗考生有關光電效應方程式的物理量關係，以及波耳氫原子模型的電子基態、能量與半徑、電位能和動能的關係。前述命題概念之題型皆是教材強調的重點。

三、試題難易度分析

若依照試題內容對應知識理解、推理分析、綜合應用等目標，可將題目分成易、中偏易、中、中偏難、難等五個等級，整理出 114 年分科測驗物理考科試題難易度如表(二)。由表(二)可知，今年的題目與去年相比，難易度屬於中等的題目配分相近，對於中等程度考生是好訊息，也不影響程度佳的考生。因採級分制，各標對應分數推估可略微上升，屬於鑑別度佳的題目。

表(二) 114 年分科測驗物理考科試題難易度分析 (數字為試題題號)

試題 難易度	必修物理 (全)	選修物理 I	選修物理 II	選修物理 III	選修物理 IV	選修物理 V	114 年 總計	113 年 總計
易	1.	—	—	—	—	1.	3 分	3 分
中偏易	24.	—	2.	24.	—	3.、18.	16 分	12 分
中	25.	4.、6.	13.、19.	10.、25.	8.、16.、 21.、22.、 23.	11.、12.、 13.	49 分	48 分
中偏難	—	5.	7.、14.、 20.	—	9.、17.	7.	23 分	30 分
難	26.	—	15.	26.	—	—	9 分	7 分

四、試題特色

茲就 114 年分科測驗物理考科試題的特色，舉其犖犖大者說明如下：

1. 試題取材多元廣泛，結合科學重要貢獻和生活情境

本年試題取材廣泛，例如第 1. 題國際量子科學與科技年；第 2. 題理想氣體不同溫度下的分子運動速率分布概念；第 3. 題拉塞福探討原子結構的實驗結果；第 6. 題小角度單擺簡諧運動；第 19.、20. 題題組腳踏車的煞車等，與科學重大發現和生活情境相關，測驗學生的基本知識和物理概念，也呼應課綱核心素養強調的「學習不宜以學科知識及技能為限，而應關注學習與生活的結合」之精神。



2. 重視概念統整與真實情境應用

今年試題呈現教材的「傳統」題型，例如與力學有關的第 4、5、7、14、15 題等，是一般學校物理教師都會講授與強調的範列題型，著重於讀懂讀通基本概念與應用，學生學習時必須重視概念統整，並能在生活情境中體悟與思考。

3. 實驗題結合探究實作精神，重視實驗操作與實驗目的之聯結

113 年試題「認識電磁波」實驗，結合課綱實驗，以探究與實作題組方式命題，擷取偏振實驗為命題素材，可彰顯實驗課程教學的重要性。

今年混合題或非選擇題第 21. ~ 23. 題題組的實驗試題，本質也是測驗探究與實作的精神，以「等電位線與電場」實驗測驗考生有關電場與電位的關係，寫出如何使用實驗的步驟，能知其然也知其所以然，考驗學生的系統思考和文字表達能力，這類型試題對於上實驗課認真的考生應可拿此題的滿分，並不困難。

今年與去年的混合題型測驗實驗內容，不僅評量實驗原理與操作過程，更結合實驗目的，體現科學理論需由實驗驗證的科學精神，更彰顯高中物理實驗課程的必要性。

五、總結——重視理解與融會貫通

綜合上述論點，今年的分科測驗物理試題取材範圍廣泛，結合物理學和生活情境，重視物理概念的統整與真實情境中應用物理知識的能力，融入實驗主題，結合探究與實作的精神，重視實驗操作與實驗目的之聯結。

升學命題在於鑑別考生程度，作為選才依據，絕不是考倒學生，而是能提供學生學習和教師教學的參考。命題中的科學素養題型若能符合課綱核心素養理念，注重概念統整與真實情境應用，對教師和學生都是很好的啟示。

分科測驗試題提醒教師教學能結合生活與科學的應用，兼顧基本概念與素養導向的評量，重視學生能融會貫通，靈活思考與應用。

最後，建議教師增強學生閱讀文字和圖表的理解能力，考生準備分科測驗仍須以學校課程教材內容為主，多閱讀課本內文，關注科學相關新聞和閱讀科普文章，思考與生活相關的物理學概念。平時大量閱讀科學文章，有助提升閱讀理解能力，訓練從閱讀中擷取重要訊息，能言之有物、言之有序和言之有理，富有條理地表達自己的見解。



第壹部分、選擇題 (占 66 分)

一、單選題 (占 36 分)

說明：第 1. 題至第 12. 題，每題 3 分。

1. 2024 年聯合國大會宣布 2025 年為國際量子科學與科技年 (IYQ)，以紀念海森堡及薛丁格分別於 1925 年及 1926 年提出全新量子力學數學表述方式，並與 1900 年代初期歐洲科學家，如普朗克、愛因斯坦、波耳、德布羅意等，共同奠定第一次量子革命的基礎，建立量子科技的發展。下列有關量子力學發展的敘述何者正確？

- (A) 普朗克提出量子論成功解釋氫原子光譜的性質
- (B) 德布羅意提出物質波說明波與粒子的二象性，僅適合於解釋電子的性質
- (C) 波耳提出的原子模型，引入量子化能階概念說明原子核的組成與核衰變性質
- (D) 當電子束穿過雙狹縫，各電子射到屏幕上的位置，可用量子力學精準預測
- (E) 量子力學理論成功地描述電子在原子中的空間分布狀態及量子化能量的特性

答 案：(E)

命題出處：物理 (全) 第 6 章 量子現象

選修物理 V 第 2 章 近代物理的重大發現

選修物理 V 第 3 章 原子結構與原子核

測驗目標：知道基本的物理名詞、定義及現象

詳 解：本題呼應今年 2025 年國際量子科學與科技年 (IYQ)，測驗考生量子力學發展的重要科學家及其理論。

- (A) 普朗克提出量子論解釋黑體輻射，解決當時遇到的困境。
- (B) 德布羅意提出物質波理論說明波與粒子的二象性，能適用於解釋電子、中子及其他物質的性質。
- (C) 波耳提出氫原子模型，以角動量量子化的定態假設與能量量子化的能階躍遷概念說明原子結構，但並未說明原子核的組成與核衰變性質。
- (D) 當電子束穿過雙狹縫，各電子射到屏幕上的位置為機率分布，無法用量子力學精準預測。
- (E) 量子力學理論能描述電子在原子中的空間分布狀態及量子化能量狀態。

註：(1) 海森堡提出測不準原理 (uncertainty principle)，大意指出若想得知一物體的確切位置，則會因為在測量過程中的行為，使物體的速度失準。測不準原理與「測量」並沒有關係，而是一個單純由物質的「波粒二象性」所導致的必然結果。測不準原理描述物體的位置與動量具有不確定性，並且存在一最小極限，無法同時準確描述物體的位置與動量。這是由於物質具



有波粒二象性，其位置與動量的不確定性分別反映了物質的粒子性與波動性。當物質的粒子性較明顯時，其在空間中會具有較確定的位置；當物質的波動性較明顯時，其動量的確定性會較高。

- (2)在量子力學領域，物理學家薛丁格提出薛丁格方程，描述整個物理系統，小至粒子的量子行為，大至整個宇宙，也描述某量子的波函數如何隨時間演化，因此波函數是量子力學的一個非常重要之概念，用來描述量子系統的狀態——量子態（quantum state）的一項工具。

難易度：易

2. 圖 1 甲、乙、丙、丁四條曲線為 1 莫耳氮氣分子在不同溫度下的分子運動速率分布圖，其中橫軸 v 為氣體分子的運動速率，縱軸 $N(v)$ 為對應 v 之每單位速率的氣體分子數。下列選項何者正確？

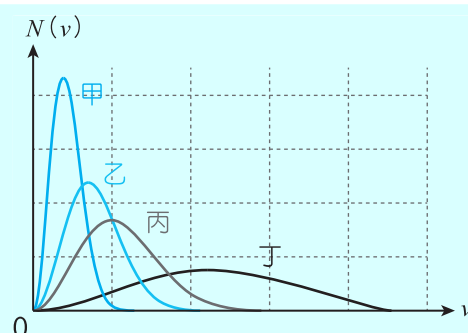


圖 1

- (A)各曲線代表的氣體溫度高低依序為丁 > 丙 > 乙 > 甲
 (B)各曲線代表的氣體平均動能大小依序為甲 > 乙 > 丙 > 丁
 (C)各曲線下的面積大小依序為甲 > 乙 > 丙 > 丁
 (D)各曲線代表的氣體方均根速率大小為甲 = 乙 = 丙 = 丁
 (E)若改用 1 莫耳的氮氣在曲線乙的溫度來作圖，所得曲線與圖 1 中的曲線乙相同

答案：(A)

命題出處：選修物理 II 第 5 章 熱學

測驗目標：了解基本的物理規則、學說、定律及原理

- 詳解：(A)氣體分子速率受溫度影響，溫度愈高，氣體的速率如方均根速率會愈大，由不同溫度的氣體分子運動速率分布圖，讀出氣體溫度由高至低依序為丁 > 丙 > 乙 > 甲。
 (B)氣體平均動能與絕對溫度成正比，故氣體平均動能由大至小依序為丁 > 丙 > 乙 > 甲。
 (C)各曲線下的面積大小代表該系統的氣體分子總數目，依題意應為 1 莫耳氮氣分子，面積大小應相等。
 (D)各曲線代表的氣體方均根速率與絕對溫度平方根成正比，氣體溫度由高至低依序為丁 > 丙 > 乙 > 甲，故方均根速率由大至小依序為丁 > 丙 > 乙 > 甲。
 (E)若改用 1 莫耳的氮氣，因氮氣與氮氣的分子量不同，亦即 1 個分子或原子的質量不同，兩種不同氣體的方均根速率或平均速率不相同，因此以曲線乙而言，所得曲線與題圖 1 中的曲線會不相同。

難易度：中偏易

試題解析

3. 1909 年拉塞福以 α 粒子對金箔做散射實驗而奠立原子結構之基礎模型，下列對散射實驗結果的敘述，何者錯誤？

- (A) 以 α 粒子對金箔做散射實驗，是為了探究原子內部正電荷的分布是否均勻
- (B) 實驗結果發現大部分之 α 粒子可射穿金箔
- (C) 實驗結果發現有非常少數之 α 粒子被反彈回來
- (D) 實驗中出現反彈回來之 α 粒子可解釋為強作用對 α 粒子產生散射
- (E) 拉塞福的散射實驗發現了原子核之存在

答 案：(D)

命題出處：選修物理 V 第 3 章 原子結構與原子核

測驗目標：了解基本的物理規則、學說、定律及原理

詳 解：(1) 本題測驗考生是否了解拉塞福以 α 粒子撞擊金箔的散射實驗。拉塞福提出原子內大部分是空無一物的想法，認為「只有假設帶正電部分的圓球直徑遠小於原子的直徑， α 粒子穿越單個原子時，才有可能產生大角度散射。 α 粒子一定是受到強大電場的作用，以致一次碰撞竟能產生這樣大的偏折」。

(2) 由於電子的質量非常小，故原子質量幾乎都由帶正電部分提供，而帶正電部分全部集中於非常小的區域，才能在原子內部形成非常強大的電場。可將這個原子質量與正電荷集中於非常小的區域，視為一質點，稱為原子核 (atomic nucleus)。 α 粒子偶爾會有大角度的散射，主要是因為原子之正電荷集中於極小的原子核。

(3) 拉塞福指出 α 粒子在受此帶正電原子核質點的靜電排斥力散射後，其軌跡為雙曲線，且計算所得在各角度的分布情形與實驗數據完全一致。拉塞福根據自己的實驗與前人的研究結果提出原子結構，用行星繞著太陽運轉的模型描述，原子核好比太陽，而電子則像行星在遠處繞著原子核運轉，其向心力來自於電子與原子核之間的庫侖吸引力。

(4) 依據上述(1)~(3)，可知(A)(B)(C)(E)正確，(D)錯誤，實驗中出現極少數反彈回來的 α 粒子，在當時並無法解釋強作用（強交互作用或強核力）對 α 粒子造成散射。

註：物理學家提出強交互作用 (strong interaction) 或強核力 (strong force)，存在於夸克與夸克之間，它不僅可讓夸克彼此結合形成中子或質子，也可藉著不同核子間的夸克作用，結合成穩定的原子核。強核力作用範圍很短，大約是在原子核尺寸 10^{-15} m 之內，在日常生活中無法察覺到。

難 易 度：中偏易

試題解析

答 案：(B)

命題出處：選修物理 I 第 4 章 牛頓運動定律

測驗目標：套用單一物理定義、公式、定律或原理解題

詳 解：小角度單擺簡諧運動的週期 $T=2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$

$$\text{代入數據 } T=2\times 3.14\times\sqrt{\frac{0.20}{9.8}}\div 0.9 \text{ (s)}$$

擺錘由左向右經過平衡位置開始計時，經過 1.5 s，其擺動過程為來回一次回到平衡位置後再向右，復向左通過平衡位置，且未到達左端點，所以 1.5 s 時，擺錘正向左擺動，速率漸減，故選(B)。

難 易 度：中

7. 質量 720 kg 的無人駕駛實驗性電動車以 20 m / s 等速度在斜面上前進。已知電動車以 1200 V 的電池提供動力來源，且馬達的電能轉換作功的效率接近 100%，在直線爬升過程中，除了須克服重力之外，仍須克服 600 N 的空氣阻力，其他阻力則忽略不計。若電動車在斜面上前進 120 s，爬升的垂直高度為 200 m，則該電池必須提供約多少 A 的電流？（取重力加速度 $g=10 \text{ m} / \text{s}^2$ ）

(A) 5.0

(B) 10

(C) 15

(D) 20

(E) 25

答 案：(D)

命題出處：選修物理 II 第 2 章 牛頓運動定律的應用

選修物理 II 第 3 章 功與動能

選修物理 V 第 1 章 電流與電路

測驗目標：融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題

詳 解：本題必須知道電功率 $P=IV$ ， I 是電流， V 是電壓

$$\text{也要知道功率 } P=\frac{W}{\Delta t}=\frac{F\Delta x}{\Delta t}=Fv, F \text{ 是作用力, } v \text{ 是速率}$$

如右圖（未依比例繪製），題意說明電動車在斜面上等速上升前進，且在斜面上前進 120 s，故其在斜面上位移為

$\Delta x=20\times 120=2400 \text{ (m)}$ ，爬升的垂直高度為 200 m，可得斜面上正弦值

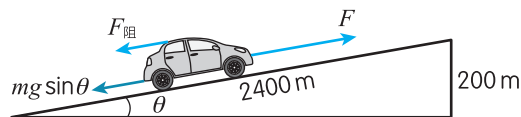
$$\sin\theta=\frac{200}{2400}\Rightarrow\sin\theta=\frac{1}{12}$$

電動車在斜面上等速前進的作用力

$$F=(mg\sin\theta)+F_{\text{阻}}=(720\times 10\times\frac{1}{12})+600=1200 \text{ (N)}$$

$$P=IV=Fv\Rightarrow I\times 1200=1200\times 20\Rightarrow I=20 \text{ (A)}$$

難 易 度：中偏難





8. 電子與帶 $+n$ 價的離子之質量分別為 m 與 M ，各自在相同均勻磁場中作等速圓周運動，其角頻率分別為 ω_m 與 ω_M 。試問其角頻率之比 $\frac{\omega_m}{\omega_M}$ 為下列何者？

- (A) $\frac{m}{M}$ (B) $\frac{m}{nM}$ (C) $\frac{M}{nm}$ (D) $\frac{nm}{M}$ (E) $\frac{nM}{m}$

答 案：(C)

命題出處：選修物理IV第2章 電流的磁效應

測驗目標：套用單一物理定義、公式、定律或原理解題

詳 解：帶電粒子能在均勻磁場中作等速圓周運動，磁力作為向心力，故

$$qvB = mR\omega^2$$

$$\Rightarrow q(R\omega)B = mR\omega^2$$

$$\Rightarrow qB = m\omega$$

$$\text{因 } B \text{ 相同，故 } \omega \propto \frac{q}{m} \text{，可寫成 } \frac{\omega_m}{\omega_M} = \frac{q_m}{q_M} \times \frac{M}{m} = \frac{M}{nm}$$

難 易 度：中

9. 智慧監控運送物體的機臺，在置物載臺底部裝設固定的方形金屬線圈，載臺系統置於隨 $+x$ 方向均勻變化的磁場 B 中，磁場 B 方向垂直射出紙面，而線圈平面垂直於磁場，示意結構如圖 3 所示。若金屬線圈的面積為 0.20 cm^2 ，線圈的匝數為 1000，當載臺在磁場中以固定速率 v 朝 $+x$ 方向移動距離 $\Delta x = 1.0 \text{ m}$ ，磁場強度變化量 $|\Delta B| = 0.50 \text{ T}$ ，測量到線圈中感應電動勢量值為 1.0 mV ，則載臺（線圈）的速率 v 為何？

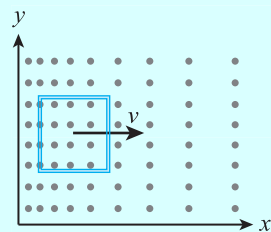


圖 3

- (A) 0.10 m/s (B) 1.0 m/s (C) 10 m/s
(D) 100 m/s (E) 1.0 km/s

答 案：(A)

命題出處：選修物理IV第3章 電磁感應

測驗目標：套用單一物理定義、公式、定律或原理解題

詳 解：依據題意，載臺系統是在隨 $+x$ 方向均勻變化的磁場中，載臺以固定速率 v 朝 $+x$ 方向移動距離 $\Delta x = 1.0 \text{ m}$ ，磁場強度變化量 $|\Delta B| = 0.50 \text{ T}$ ，測得線圈中感應電動勢 $|\varepsilon| = 1.0 \text{ mV}$ 。

$$\text{依據法拉第電磁感應定律 } |\varepsilon| = N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = N \frac{|\Delta B| \cdot A}{\Delta t} \text{，其中 } \Delta t = \frac{\Delta x}{v} = \frac{1.0}{v}$$

$$\Rightarrow |\varepsilon| = N \frac{|\Delta B| \cdot A}{\frac{1.0}{v}} = N |\Delta B| \cdot A \cdot v$$

$$\text{代入數據，} 1.0 \times 10^{-3} = 1000 \times 0.50 \times (0.20 \times 10^{-4}) v$$

$$\Rightarrow v = 0.10 \text{ (m/s)}$$

難 易 度：中偏難

試題解析

10. 某生進行光的單狹縫繞射實驗時，分別以波長為 λ 與 λ' 的光，垂直入射在同一狹縫上，在狹縫與屏幕的位置均不變動下，觀察屏幕上產生的繞射圖形。若波長為 λ 的光所形成的第二暗紋中線與波長為 λ' 的光所形成的第三暗紋中線正好重合，則波長的比 $\lambda : \lambda'$ 為何？

- (A) 2 : 1 (B) 3 : 2 (C) 1 : 2 (D) 2 : 3 (E) 4 : 3

答 案：(B)

命題出處：選修物理Ⅲ第4章 光的干涉與繞射

測驗目標：套用單一物理定義、公式、定律或原理解題

詳 解：單狹縫繞射實驗，在屏幕上的繞射圖形，暗紋中線的位置為 $y_m = m \frac{L\lambda}{a}$ ，因為狹

縫是同一個，所以狹縫寬度 a 相同，而狹縫與屏幕位置不變，所以 L 相同，故 $y_m \propto m\lambda$ 。依題意，波長 λ 的第二暗紋中線位置與波長 λ' 的第三暗紋中線位置重合，故 $2\lambda = 3\lambda'$ ，即 $\lambda : \lambda' = 3 : 2$ 。

難 易 度：中

11. 在光電效應實驗中，以波長為 640 nm 的紅光雷射照射某一金屬靶材，金屬表面發射出光電子的最大動能為 K 。若改使用波長為 480 nm 的藍光雷射照射相同金屬靶材，則金屬表面發射出光電子的最大動能為何？

- (A) 無法激發射出光電子 (B) $\frac{4K}{3}$ (C) 大於 $\frac{4K}{3}$
 (D) 小於 $\frac{3K}{4}$ (E) 仍為 K

答 案：(C)

命題出處：選修物理Ⅴ第2章 近代物理的重大發現

測驗目標：套用單一物理定義、公式、定律或原理解題

詳 解：愛因斯坦光電方程式： $hf - W = K_{\max}$ 或 $hf = W + K_{\max}$ ，即入射光的能量等於金屬靶材的功函數與光電子最大動能之和。

$$\text{一個光子的能量 } E = hf = \frac{hc}{\lambda} = \frac{1240 (\text{eV} \cdot \text{nm})}{\lambda (\text{nm})}$$

$$\text{依題意代入光電方程式，可得 } \frac{1240}{640} - W = K \text{ 且 } \frac{1240}{480} - W = K'$$

$$\text{整理成 } K \text{ 與 } K' \text{ 的數學式為 } K + W = \frac{1240}{640} \text{ 且 } K' + W = \frac{1240}{480}$$

$$\text{相除得到 } \frac{K' + W}{K + W} = \frac{640}{480} = \frac{4}{3} \Rightarrow 3K' + 3W = 4K + 4W$$

$$\Rightarrow 3K' = 4K + W \Rightarrow K' = \frac{4K + W}{3} = \frac{4K}{3} + \frac{W}{3}$$

$$W \text{ 為正，所以 } K' = \frac{4K}{3} + \frac{W}{3} > \frac{4K}{3} \text{，故光電子的最大動能 } K' > \frac{4K}{3}$$

難 易 度：中



12. 在波耳氫原子模型中，假設電子基態（量子數 $n=1$ ）的軌道半徑為 R ，電子在這個軌道上運動時的能量為 E ，則下列敘述何者正確？

(A) 電子在 $n=3$ 軌道上運動時的能量為 $\frac{E}{3}$

(B) 電子在 $n=3$ 軌道上運動時的半徑為 $6R$

(C) 電子在 $n=3$ 軌道上運動時的半徑為 $3R$

(D) 當電子從 $n=3$ 的軌道躍遷到 $n=1$ 的軌道時，其電位能和動能的總和保持不變

(E) 當電子從 $n=3$ 的軌道躍遷到 $n=1$ 的軌道時，其電位能減少的絕對值大於動能增加的絕對值

答 案：(E)

命題出處：選修物理 V 第 3 章 原子結構與原子核

測驗目標：融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題

詳 解：(A)(B)(C) 波耳氫原子模型，電子基態（ $n=1$ ）的軌道半徑為 R 、能量為 E ，其他軌

道半徑 $R_n = n^2 R$ 、能量 $E_n = \frac{E}{n^2}$ 。當 $n=3$ 時，軌道上能量 $E_3 = \frac{E}{3^2} = \frac{E}{9}$ ，半徑為 $9R$ 。

(D)(E) 當電子從 $n=3$ 的軌道躍遷到 $n=1$ 的軌道時，其電位能和動能的總和之變化

$\Delta E = E - \frac{E}{9} = \frac{8}{9}E$ ，是減少。電位能 $U_n = 2E_n$ ，動能 $K_n = -E_n$ ，故電位能減少的絕對值大於動能增加的絕對值。

難 易 度：中

二、多選題（占 30 分）

說明：第 13. 題至第 18. 題，每題 5 分。

13. 某校的科學實驗室有甲、乙兩個電茶壺，甲的容積為 1.0 L，加熱功率為 1500 W，乙的容積為 1.5 L，加熱功率為 1000 W。假設加熱過程中的熱散逸與電茶壺本身所吸收的熱皆可忽略，這兩個電茶壺在正確插電使用下，將水從 20°C 加熱到 90°C，且電能轉換為水的熱能之效率為 100%，則下列推論哪些正確？

(A) 兩者各自裝滿水後加熱，甲和乙所消耗的電能比為 3：2

(B) 兩者各自裝滿水後加熱，甲和乙所需的時間不相同

(C) 兩者各自加熱 500 mL 的水，甲和乙所消耗的電能相同

(D) 兩者各自加熱 500 mL 的水，甲所需的時間和乙相同

(E) 甲加熱 900 mL 的水和乙加熱 600 mL 的水，所需的時間相同

答 案：(B)(C)(E)

命題出處：選修物理 II 第 5 章 熱 學

選修物理 V 第 1 章 電流與電路

測驗目標：融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題

試題解析

詳 解：本題測驗考生基本的熱學概念：

吸收的熱量＝水的質量×水的比熱×升高的溫度，即 $\Delta H = ms\Delta T$

功＝功率×時間，即 $W = P \cdot \Delta t$

題目指出「可忽略熱散逸與電茶壺吸熱」

(A)甲： $1000 \times 1 \times (90 - 20) \times 4.187 = 1500 \times \Delta t_{\text{甲}}$

乙： $1500 \times 1 \times (90 - 20) \times 4.187 = 1000 \times \Delta t_{\text{乙}}$

電能完全轉換為水的熱能，可知甲與乙消耗的電能比等於熱量比

$$\text{即 } \frac{\Delta H_{\text{甲}}}{\Delta H_{\text{乙}}} = \frac{E_{\text{甲}}}{E_{\text{乙}}} = \frac{1000 \times 1 \times 70}{1500 \times 1 \times 70} = \frac{2}{3}$$

(B)承(A)， $\frac{\Delta t_{\text{甲}}}{\Delta t_{\text{乙}}} = \frac{1500}{1000} = \frac{3}{2}$ ， $\Delta t_{\text{甲}} \neq \Delta t_{\text{乙}}$ ，所需的時間不相同。

(C)各自加熱 500 mL 的水， $\Delta H = 500 \times 1 \times (90 - 20) \text{ cal}$ 皆相同，故消耗的電能也相同。

(D)各自加熱 500 mL 的水，消耗電能相同，但因加熱功率不同，故所需時間 $\Delta t_{\text{甲}} < \Delta t_{\text{乙}}$ 。

(E)甲加熱 900 mL 的水 $\Rightarrow \Delta H_{\text{甲}} = 900 \times 1 \times 70 \times 4.187 = 1500 \times \Delta t_{\text{甲}}$

乙加熱 600 mL 的水 $\Rightarrow \Delta H_{\text{乙}} = 600 \times 1 \times 70 \times 4.187 = 1000 \times \Delta t_{\text{乙}}$

得到 $\Delta t_{\text{甲}} = \Delta t_{\text{乙}}$

難 易 度：中

14. 光滑水平面上有兩個質量不同的小木塊，其中一個為靜止，另一個速率為 v ，兩木塊發生一維正面碰撞，碰撞後兩木塊的速度分別為 v_1 與 v_2 。下列關於碰撞前後兩木塊速度的敘述哪些正確？

(A)無論是否為彈性碰撞，在碰撞後 v_1 與 v_2 皆不為零

(B)若為彈性碰撞，則碰撞後 v_1 與 v_2 皆不為零

(C)若為彈性碰撞，則 $|v_1 - v_2| = v$

(D)若為非彈性碰撞，則 $|v_1 - v_2|$ 必不為零

(E)若為非彈性碰撞，則 $|v_1 - v_2|$ 必大於 v

答 案：(B)(C)

命題出處：選修物理 II 第 4 章 位能與力學能守恆定律

測驗目標：套用單一物理定義、公式、定律或原理解題

詳 解：題目指出情境是光滑水平面兩物體一維正面碰撞，物體質量 $m_1 \neq m_2$ ，碰撞前一物體速度量值為 v ，另一則靜止。

(1)若為彈性碰撞，碰撞前後滿足下列兩定律：

$$\text{動量守恆：} m_1 v + 0 = m_1 v_1 + m_2 v_2 \cdots \cdots \text{①}$$

$$\text{動能守恆：} \frac{1}{2} m_1 v^2 + 0 = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \cdots \cdots \text{②}$$



①、②解聯立方程式，得到碰撞後速度分別為

$$v_1 = \frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} v \text{ 且 } v_2 = \frac{2m_1}{m_1 + m_2} v$$

因 $m_1 \neq m_2$ ，所以 $v_1 \neq 0$ 且 $v_2 \neq 0$ ，故(B)正確。

(2)若為彈性碰撞，依據(1)的結果知 $|v_1 - v_2| = v$ ，故(C)正確。

註： $|v_1 - v_2|$ 或 $|v_2 - v_1|$ 為碰撞後兩者的分離相對速度，恰等於碰撞前的接近相對速度 $v - 0 = v$ ，此為一維彈性碰撞。

(3)不論是彈性碰撞或非彈性碰撞，碰撞前後皆滿足動量守恆： $m_1 v = m_1 v_1 + m_2 v_2$

若為完全非彈性碰撞： $m_1 v = (m_1 + m_2) v_{CM}$

$$\text{得到 } v_{CM} = \frac{m_1 v}{m_1 + m_2} \neq 0, \text{ 即 } v_1 = v_2 = v_{CM} \neq 0$$

由 $m_1 v = m_1 v_1 + m_2 v_2$ ，非彈性碰撞時，可能 $v_1 = 0$ ，而 $v_2 = \frac{m_1 v}{m_2} \neq 0$ ，故(A)錯誤。

(4)若為非彈性碰撞， $|v_1 - v_2|$ 必小於 $v - 0$ ，也就是會損失力學能，

$|v_1 - v_2| < v$ ，故(E)錯誤。

(5)若為完全非彈性碰撞，則 $|v_1 - v_2| = 0$ ，故(D)錯誤。

難易度：中偏難

15. 如圖 4 所示，質量為 $2m$ 之木塊甲放在光滑水平面上，其上置放質量為 m 之木塊乙，兩木塊間接觸面並非光滑。當時間 $t=0$ 時，地面靜止觀察者測得木塊甲與乙的速度方向皆向右，量值分別為 v 與 $2v$ 。若木塊乙沒有掉落，則下列敘述哪些正確？

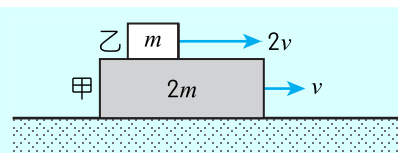


圖 4

(A)木塊甲的速率最大為 $\frac{2v}{3}$

(B)木塊甲的速率最大為 $\frac{4v}{3}$

(C)木塊乙的速率最小為 $\frac{2v}{3}$

(D)木塊乙的速率最小為 $\frac{4v}{3}$

(E)兩木塊之總動能因摩擦力而損失的最大值為 $\frac{mv^2}{3}$

答案：(B)(D)(E)

命題出處：選修物理 II 第 2 章 牛頓運動定律的應用

選修物理 II 第 4 章 位能與力學能守恆定律

測驗目標：融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題

試題解析

詳解：本題木塊甲在光滑水平面上，木塊乙與甲的接觸面則非光滑，表示甲、乙間有摩擦力，摩擦力對速度 v 的甲作正功，使甲速度增大，卻對速度 $2v$ 的乙作負功，使乙速度減小，最後兩者的速度相同，皆等於兩者的合體質心速度 v_{CM} 。

$$(A)(B)(C)(D) \text{ 依據動量守恆：} 2m \times v + m \times 2v = (2m + m) v_{CM} \Rightarrow v_{CM} = \frac{4v}{3}$$

故木塊甲的速率由 v 增大至最大為 $\frac{4v}{3}$ 、木塊乙的速率由 $2v$ 減小至最小為 $\frac{4v}{3}$ 。

$$(E) \text{ 兩木塊最初的總動能 } E_0 = \frac{1}{2} \times (2m) v^2 + \frac{1}{2} m (2v)^2 = 3mv^2$$

$$\text{兩木塊最後的總動能 } E = \frac{1}{2} \times (2m + m) \left(\frac{4v}{3}\right)^2 = \frac{8mv^2}{3}$$

$$\text{故因摩擦力而損失的動能最大值為 } E_0 - E = 3mv^2 - \frac{8mv^2}{3} = \frac{mv^2}{3}$$

難易度：難

16. 某生為了製作圖 5 所示簡易電動馬達，在一乾電池的下方，放了一個圓柱形的強力磁鐵，然後將裝置放在木桌面上。再將一條銅線折彎成如圖中粗黑曲線的形狀，銅線中央折成 V 字形接觸電池上方的正極，兩端折彎為圓弧，輕輕地勾住並接觸磁鐵的外圍。設置好之後，由上方向下看，觀察到銅線沿順時針繞著電池轉動。由此觀測，下列敘述哪些正確？

- (A) 銅線 PQ 段的電流方向是由 P 點至 Q 點
- (B) 銅線 RS 段的電流方向是由 S 點至 R 點
- (C) 下方的磁鐵，其 N 極較靠近電池
- (D) 下方的磁鐵，其 N 極較靠近桌面
- (E) 銅線上 P 點與 R 點的磁場方向相同

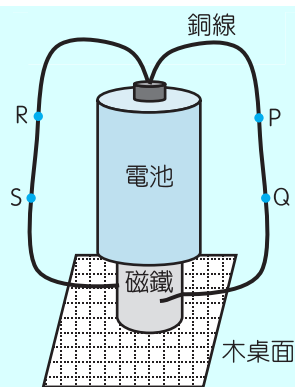


圖 5

答案：(A)(C)

命題出處：選修物理IV第2章 電流的磁效應

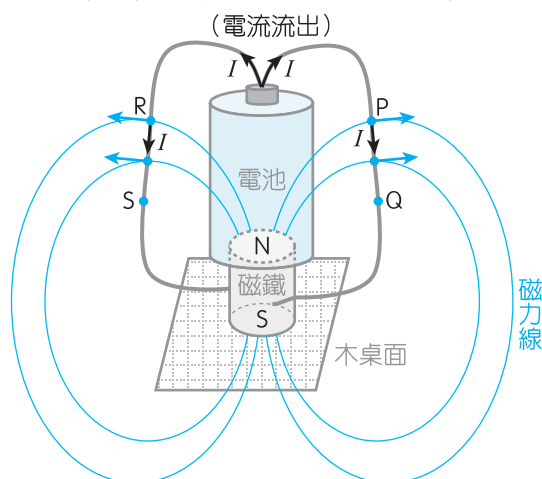
測驗目標：分析文本、數據或圖表等資料以解決問題

詳解：(A)(B)(C)(D)本題是科普活動「動手做」的主題「簡易電動馬達」，又稱為「單極馬達」，材料為直流電源（電池）、強力磁鐵（圓柱形）與銅導線。電池提供電源，使銅線通電流，強力磁鐵產生磁場，裝置安排如題目的示意圖，磁鐵的 N 極與電池的負極相通，銅線中央折成 V 字形接觸電池的正極，構成電路的迴路（通路），電流自電池的正極出發，由圖中的 P 流向 Q，另一側導線電流則由 R 流向 S，再由電池內部負極到正極。單極馬達即是 PQ 或 RS 段的導線通電流後，在磁場環境中受到磁力作用產生能旋轉的力矩，故能不停繞中心軸運動。



(E)如下圖，磁力線在 P 點或 R 點的切線方向為該點磁場方向，故 P 點與 R 點的磁場方向不相同。

註：PQ 段、RS 段導線所受磁力用右手開掌定則決定。



難易度：中

17. 如圖 6 所示，有一封閉的矩形線圈與一載流長直導線固定在同一平面上。若長直導線中的電流方向向上，並且電流值隨著時間增加，由紙面上方往下觀察時，下列敘述哪些正確？

- (A) 線圈中產生順時針的感應電流
- (B) 線圈中產生逆時針的感應電流
- (C) 線圈中不會產生感應電動勢
- (D) 線圈所受磁力的合力方向向左
- (E) 線圈所受磁力的合力方向向右

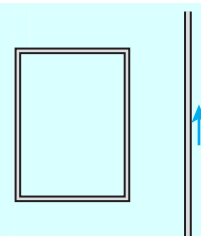


圖 6

答案：(A)(D)

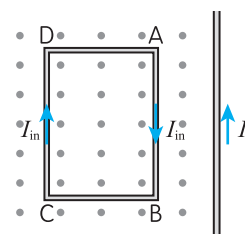
命題出處：選修物理 IV 第 2 章 電流的磁效應

選修物理 IV 第 3 章 電磁感應

測驗目標：融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題

詳解：(A)(B)如右圖，長直導線電流方向向上，且電流隨時間增加，

由紙面上方往下觀察，由於電流的磁效應，所以載流導線會產生磁場，導線左側的磁場依右手定則決定，方向垂直穿出紙面；又因電流隨時間增加，磁場量值亦隨時間增強。依電磁感應的冷次定律，導線左側的方形線圈因反抗磁場增強（或磁通量變化）而產生感應磁場穿入紙面，造成線圈中產生順時針的感應電流 I_{in} 。



(C)線圈會產生感應電動勢，才会有順時針的感應電流 I_{in} 。

(D)(E)如(A)(B)解析圖，通有電流的導線在磁場中會受到磁力，載流導線在磁場中受力用右手開掌定則決定：AB 段的 I_{in} 向下，磁力 F_{AB} 向左；CD 段 I_{in} 向上，磁力 F_{CD} 向右；但 $F_{AB} > F_{CD}$ ，故線圈所受磁力的合力方向向左。

難易度：中偏難

試題解析

18. 有一內含極稀薄氣體的封閉玻璃管，在兩端置入電極並加電壓，使其陰極產生射線，此稱之為陰極射線。湯姆森研究以後認為射線是由帶電粒子構成，而且這些粒子是一種基本粒子。下列哪些實驗證據可以支持這些粒子是普遍存在於所有原子內的基本粒子？
- (A) 在兩端電極加高電壓，則管內氣體會發出類似霓虹燈的輝光
 (B) 將管內壁塗上螢光物質，把管內抽至接近真空，則陽極端的管壁會發出螢光
 (C) 構成陰極射線的粒子，其荷質比為一定值，且和管內氣體種類、陰極材料無關
 (D) 構成陰極射線的粒子和光電效應中的帶電粒子性質相同
 (E) 構成陰極射線的粒子可產生電流

答 案：(C)(D)

命題出處：選修物理 V 第 2 章 近代物理的重大發現

測驗目標：應用物理概念或模型解釋物理現象

詳 解：本題測驗考生有關湯姆森發現陰極射線的概念。陰極射線是帶電粒子，其實就是現在熟知的電子，是組成物質的基本粒子。實驗證據主要是荷質比為一定值，與管內氣體種類、陰極材料無關，且與光電效應的帶電粒子性質相同，故選(C)(D)。
 註：湯姆森利用陰極射線管實驗，得到電子的荷質比（charge-to-mass ratio，電

$$\text{荷與質量的比值）為 } \frac{e}{m} = 1.76 \times 10^{11} \text{ (C / kg)}$$

難 易 度：中偏易

第貳部分、混合題或非選擇題 (占 34 分)

說明：本部分共有 3 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，更正時以橡皮擦擦拭，切勿使用修正帶（液）。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。

19、20. 題為題組

某舊式腳踏車使用的「湯匙煞車」系統是在兩輪胎上方加上一個像湯匙的煞車片，如圖 7 所示。煞車時，連桿會使煞車片施加一正向推力壓在輪胎表面上，因而產生摩擦力使車子減速。若煞車片所施的推力足夠大，則即使腳踏車在行進中，其車輪仍會被「鎖死」，也就是車輪完全不轉動而和地面處於動摩擦的狀態。



圖 7

已知該腳踏車之兩輪胎和地面間的靜摩擦係數皆為 $\mu_{st} = 0.80$ 、動摩擦係數皆為 $\mu_{kt} = 0.50$ ；煞車片與兩輪胎間的靜摩擦係數皆為 $\mu_{sb} = 0.60$ 、動摩擦係數皆為 $\mu_{kb} = 0.40$ 。取重力加速度 $g = 10 \text{ m / s}^2$ ，並假設此腳踏車和騎車者的總質量為 100 kg ，且車輪質量可忽略不計。



19. 當腳踏車在水平地面上以 4.0 m/s 等速度前進時，因緊急煞車以致兩車輪瞬間被鎖死，則此腳踏車在完全停止之前，最多還會再前進多少距離（4分）

答 案：1.6 m

命題出處：選修物理 II 第 2 章 牛頓運動定律的應用

選修物理 II 第 3 章 功與動能

測驗目標：應用物理概念於生活情境或其他學科

詳 解：題意說明緊急煞車以致兩車輪瞬間被鎖死，此時車輪不轉動，與地面處於滑動

摩擦的狀態。動摩擦力為定值，且 $f_{kt} = \mu_{kt}N = \mu_{kt}mg = ma_{kt}$

$\therefore a_{kt} = \mu_{kt}g = 0.50 \times 10 = 5 \text{ (m/s}^2\text{)}$ （方向與車移動速度方向相反）

代入 $v^2 = v_0^2 + 2aS_1 \Rightarrow 0 = 4.0^2 + 2 \times (-5) S_1$

得到前進位移 $S_1 = 1.6 \text{ (m)}$

故最多還會再前進 1.6 m。

〔另解〕運用功（動）能定理 $\Delta K = W_{\text{合力}}$ 解題

$$f_{kt} = \mu_{kt}N = \mu_{kt}mg = 0.50 \times 100 \times 10 = 500 \text{ (N)}$$

$$\Delta K = W_{\text{合力}} \Rightarrow 0 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -f_{kt} \cdot S_1 \Rightarrow \frac{1}{2} \times 100 \times 4.0^2 = 500S_1$$

$$\Rightarrow S_1 = 1.6 \text{ (m)}$$

難 易 度：中

20. 當腳踏車在水平地面上以 4.0 m/s 等速度前進時突然煞車，煞車片對兩輪胎施加的正向力總共為 200.0 N ，此時兩車輪未被鎖死，輪胎沒有在地面上滑動，僅靠煞車片和輪胎面的摩擦力做功來使腳踏車減速，則此腳踏車在完全停止之前，最多還會再前進多少距離？（4分）

答 案：10 m

命題出處：選修物理 II 第 2 章 牛頓運動定律的應用

選修物理 II 第 3 章 功與動能

測驗目標：應用物理概念於生活情境或其他學科

詳 解：短文中指出車輪質量可忽略不計，因此不討論輪胎轉動的慣量影響，僅考慮煞車片與輪胎面的摩擦力做功使車減速。

題意說明緊急煞車，但車輪未被鎖死，煞車片對兩輪胎施加正向力 200.0 N ，藉摩擦力做功減速。已知煞車片與輪胎的動摩擦係數 $\mu_{kb} = 0.40$

$$f_{kb} = \mu_{kb}N = 0.40 \times 200.0 = 80 \text{ (N)}$$

$$\Delta K = W_{\text{合力}} \Rightarrow 0 - \frac{1}{2}mv_0^2 = -f_{kb} \cdot S_2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \times 100 \times 4.0^2 = 80S_2 \Rightarrow S_2 = 10 \text{ (m)}$$

故最多還會再前進 10 m。

難 易 度：中偏難

試題解析

21. ~ 23. 題為題組

圖 8 為等電位線與電場實驗裝置圖，包含電場形成裝置：由碳板、金屬電極、導線與直流電源等連接而成，以及測量工具：金屬探針 P1、P2 與儀表 M。兩金屬電極的大小可不計，兩金屬電極與碳板的接觸點分別位於 X 軸上的 A、B 兩點，其與坐標原點 O 的距離為 a 。某生使用圖 8 的實驗裝置來測量碳板上任兩點間是否有電位差，畫出等電位線，並畫出電力線，如圖 9 所示。

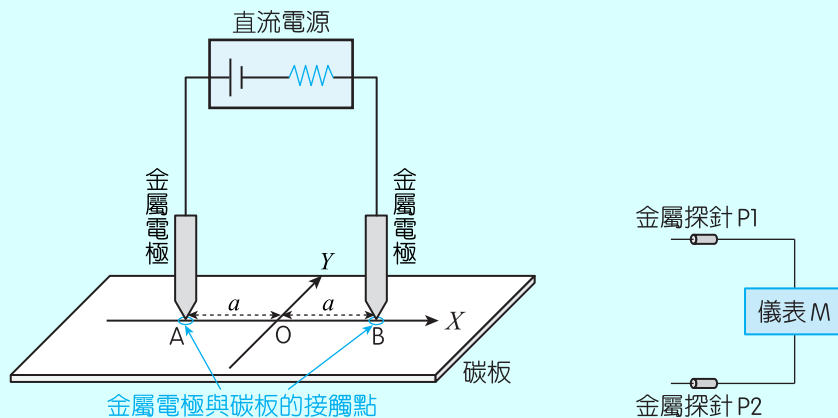


圖 8

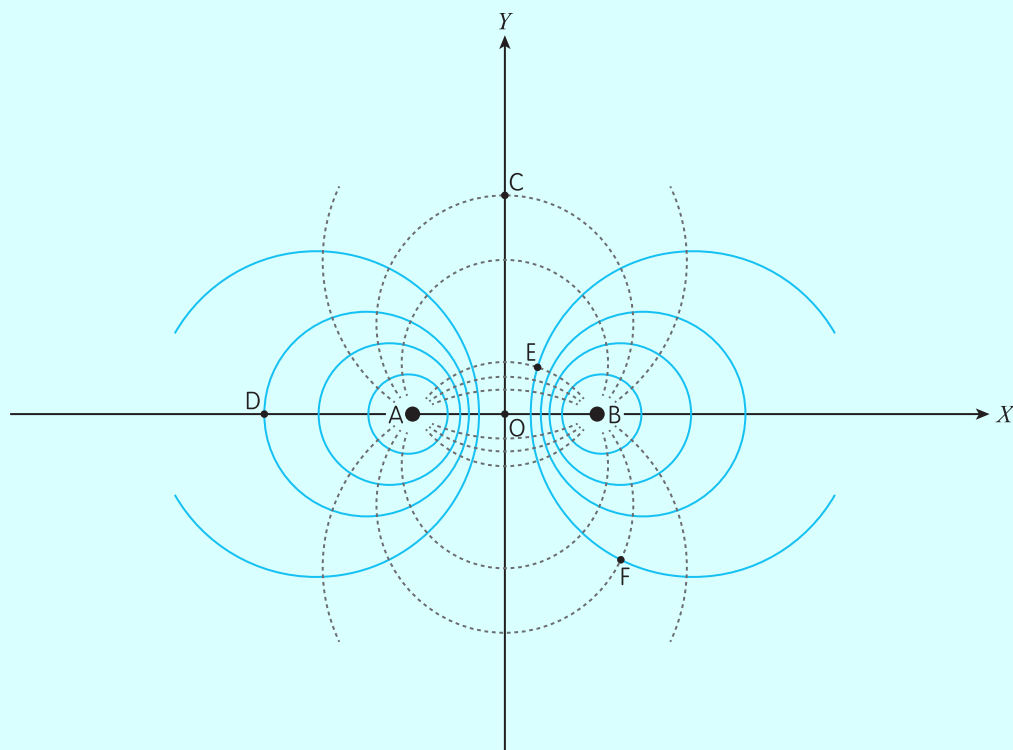


圖 9

21. (a) 就兩支金屬探針的安排、選取實驗儀表 M 的名稱及該儀表 M 的讀值，說明如何得到一條等電位線。(3 分)

兩支金屬探針的安排 (需註明 P1 或 P2)	選取實驗儀表 M 的名稱	前項儀表 M 的讀值 (包含數值與單位)



(b) 圖 9 中有實線與虛線兩組曲線，哪一組是等電位線？並說明判斷理由。(2 分)

哪一組是等電位線？ (擇一打勾)	說明判斷理由
<input type="checkbox"/> 實線 <input type="checkbox"/> 虛線	

答 案：(a)見詳解 (b)見詳解

命題出處：選修物理IV第 1 章 靜電學

測驗目標：應用圖示、模型或抽象知識來表達物理概念、方法及原理；分析實驗變因、比較實驗結果或解釋實驗數據

詳 解：(a)

兩支金屬探針的安排 (需註明 P1 或 P2)	選取實驗儀表 M 的名稱	前項儀表 M 的讀值 (包含數值與單位)
金屬探針 P1 固定在任一點(不可為 A 點、B 點)，移動探針 P2 至找出儀表 M (微安培計或檢流計) 的指示讀數為 0 時，記錄探針 P2 的位置。再依據上述方法，得到與 P1 等電位的位置，以圓滑曲線將上述的位置連接成一條等電位線	微安培計 (或檢流計)	0 μA

(b)

哪一組是等電位線？ (擇一打勾)	說明判斷理由
<input checked="" type="checkbox"/> 實線 <input type="checkbox"/> 虛線	沿各條等電位線的垂直方向畫圓滑曲線即為電力線，如題圖 9 的虛線。電力線垂直電極表面，且與電位線垂直，所以等電位線為實線

難 易 度：中

22. (a) 以箭頭畫出圖 9 中 C、D 兩點的電場方向。(2 分)

(b) 試比較 E 點與 F 點的電場量值的大小？須說明判斷理由。(2 分)

比較 E 點與 F 點的電場量值的大小 (空格填入 >、< 或 =)	說明判斷理由
E 點電場量值 ____ F 點電場量值	

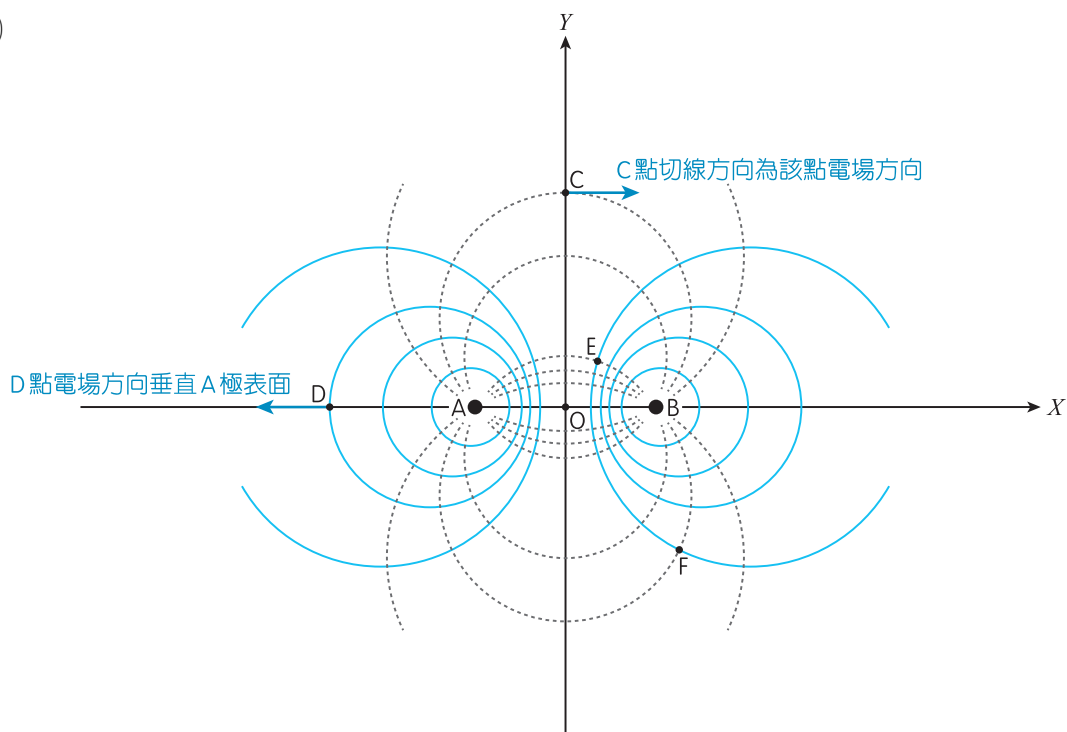
答 案：(a)見詳解 (b)見詳解

命題出處：選修物理IV第 1 章 靜電學

測驗目標：應用圖示、模型或抽象知識來表達物理概念、方法及原理；分析實驗變因、比較實驗結果或解釋實驗數據

試題解析

詳 解：(a)



(b) 比較 E 點與 F 點的電場量值的大小 (空格填入 >、< 或 =)	說明判斷理由
E 點電場量值 <u>></u> F 點電場量值	空間中電力線疏密程度表示該處電場量值的大小，E 點的電力線較 F 點密，故 E 點電場量值 > F 點電場量值

難 易 度：中

23. 有關圖 9 中所測量到的等電位線與對應的電力線，下列敘述哪些正確？（多選）（5 分）

- (A) 需先測量得到等電位線，之後才畫出電力線
- (B) 碳板上的電流流向為沿著所測到的等電位線進行
- (C) 電力線不一定通過 A、B 兩點
- (D) 若設原點 O 的電位為零，則理論上 Y 軸上任一點 $(0, y)$ 的電位均為零
- (E) 在其他裝置不變下，可將本實驗中的碳板更換為金屬導體

答 案：(A)(D)

命題出處：選修物理 IV 第 1 章 靜電學

測驗目標：應用圖示、模型或抽象知識來表達物理概念、方法及原理；分析實驗變因、比較實驗結果或解釋實驗數據

詳 解：(A) 「等電位線與電場」的實驗目的是說明「空間中的電場由電力線描述，利用實驗畫出電場的等電位線，並由電位線決定電力線」。單位正電荷 q 在等電位面上移動時，電位能不會改變，因此靜電力對電荷不作功。此亦說明靜電力 qE 必定與電荷在等電位面上的位移垂直，所以電力線與等電位面互相垂直。本實驗運用此關係先描繪出電場中各電位相等的點，將這些點連成等電位線，然後沿各條等電位線的垂直方向畫出電力線。



- (B)電荷在等電位線上無電位差，所以不會在等電位線上流動，故無電流沿等電位線流動。
- (C)電力線從正極出發，終止於負極，故會通過 A、B 兩點。
- (D)原點 O 位於正負極 A、B 兩點中間，電位為零，理論上 Y 軸上任一點 (0, y) 與 A、B 等距離，故電位為零。
- (E)實驗中碳板不可更換為金屬導體，因金屬導體易導電，導體表面可視為等電位而可能造成短路，燒毀線路，會影響實驗結果。

難易度：中

24. ~ 26. 題為題組

在半導體製程中需要有曝光機（光源），將光罩上的線路圖形縮小投影成像到晶圓上。已知常用的光源波長有紫外光（UV）436 nm、365 nm，深紫外光（DUV）248 nm、193 nm 及極紫外光（EUV）13.5 nm。某半導體公司在研發半導體製程中，曾在晶圓與光源間注入純水，利用波長 193 nm 曝光機在晶圓上製得比使用乾式 157 nm 曝光機更小的線路線寬。

光在單位面積單位時間內通過的能量值稱為光的強度。光在水中傳播時，其強度 I 會隨傳播距離 z 的增加而衰減，關係式為 $I = I_0 e^{-\alpha z}$ ，其中 α 為衰減係數、 I_0 為起始強度、 e 為自然常數（近似值 2.7，其倒數 $e^{-1} \div 0.37$ ）。圖 10 是水的吸收光譜，橫軸為光源的原始波長，縱軸為光在水中的衰減係數。圖 10 中橫軸與縱軸為對數坐標，坐標軸上刻度的位置是由坐標軸刻度數值取以 10 為底的對數值而決定。

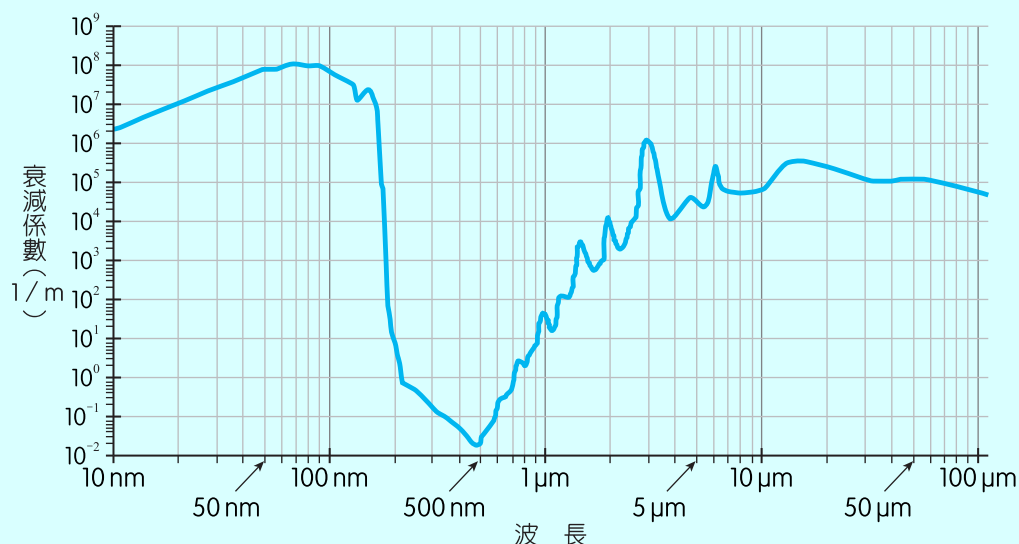


圖 10

綜上所述，回答下列問題。

24. 當在晶圓與光源間注入純水，下列有關光物理量改變的敘述，哪些正確？（多選）（5 分）
- (A)波長變短
 - (B)能量增大
 - (C)頻率增大
 - (D)強度增大
 - (E)傳遞速率變慢

答案：(A)(E)

命題出處：物理（全）第 4 章 電與磁的統一
選修物理Ⅲ第 3 章 光的折射及其應用

試題解析

測驗目標：應用物理概念或模型解釋物理現象；分析實驗變因、比較實驗結果或解釋實驗數據

詳 解：(A)(C)(E)本題組測驗考生閱讀理解能力，仍須具備基本知識，才能找出正確答案。

在純水中，光速會比在真空或空氣中慢，因水的折射率 ($n_{\text{水}} \doteq 1.33$) 比空氣的折射率 ($n \doteq 1.001$) 大，由 $v = \frac{c}{n} = \frac{3 \times 10^8}{n}$ 知介質折射率愈大，光在該介質中的光速愈慢。又因 $v = f\lambda$ ，頻率 f 不變，則光速變慢，波長也變短。

(B)光的頻率決定光的能量，故頻率不變，能量不會增加。

(D)依短文敘述「光在水中傳播時，其強度 I 會隨傳播距離 z 的增加而衰減」，故強度減弱。

難 易 度：中偏易

25. 有關在晶圓與光源間注入純水的做法，下列不同波長的光源，何者較不適用？（單選）
（3分）

(A) 13.5 nm

(B) 193 nm

(C) 248 nm

(D) 365 nm

(E) 436 nm

答 案：(A)

命題出處：物理（全）第4章 電與磁的統一
選修物理Ⅲ第3章 光的折射及其應用

測驗目標：應用物理概念或模型解釋物理現象；分析實驗變因、比較實驗結果或解釋實驗數據

詳 解：依短文知道半導體製程中常用的光源波長有 436 nm、365 nm、248 nm、193 nm 及 13.5 nm，其中以 13.5 nm 的極紫外光（EUV）在水中傳播的衰減係數最大，因此在晶圓與光源間注入純水其強度會大幅衰減，且在純水中的波長會更短，故較不適用的光源波長應選(A)。

難 易 度：中

26. 在圖 10 中，若當光在水中傳遞 10 cm 後，其強度至少仍有起始強度的 0.37 倍，則可能的波長範圍為何？即 $\lambda_L < \lambda < \lambda_H$ ，求 λ_L 及 λ_H 。（須有說明或計算過程）（4分）

答 案：見詳解

命題出處：物理（全）第4章 電與磁的統一
選修物理Ⅲ第3章 光的折射及其應用

測驗目標：應用物理概念或模型解釋物理現象；分析實驗變因、比較實驗結果或解釋實驗數據



詳 解：

λ_L 及 λ_H (包含數值與單位)	說明或計算過程
$\lambda_L = \underline{200 \text{ nm}}$ $\lambda_H = \underline{900 \text{ nm}}$	<p>短文中提到「光在水中傳播時，其強度 I 會隨傳播距離 z 的增加而衰減，關係式為 $I = I_0 e^{-\alpha z}$」，e 為自然常數，近似值為 2.7，且 $e^{-1} = \frac{1}{e} \doteq 0.37$。</p> <p>依題意傳播距離 $z = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$ 時，強度 $I = 0.37I_0$，亦即 $\frac{I}{I_0} = e^{-\alpha z} = 0.37$，故 $-\alpha z = -1$，而 $z = 0.1$，可得衰減係數 $\alpha = 10 \text{ m}^{-1}$。對照題圖 10，縱坐標衰減係數 $\alpha = 10$，對應橫坐標波長可得範圍為 $200 \sim 900 \text{ nm}$，寫成 $200 < \lambda < 900$，即 $\lambda_L < \lambda < \lambda_H$，$\lambda_L = 200 \text{ nm}$，$\lambda_H = 900 \text{ nm}$</p>

難 易 度：難