

103

指考

精彩 解析

物理考科

臺南一中 / 汪登隴 老師
新竹女中 / 邱嘉盈 老師

【試題·答案】依據大考中心公布內容

發行人 / 陳炳亨
總召集 / 周耀琨
總編輯 / 蔣海燕
主編 / 簡玉蘭
校對 / 劉馥姬
美編 / 李懿娟 · 杜政賢

出版 / 民國一〇三年七月
發行所 / 70248 臺南市新樂路 76 號
編輯部 / 70252 臺南市新忠路 8-1 號
電話 / (06) 2619621#314
E-mail / periodical@hanlin.com.tw
翰林我的網 <http://www.worldone.com.tw>

NO.00843



4 716413 008439

翰林出版

◆ 本書內容同步刊載於翰林我的網

一 前言

103 年指定科目考試是 99 課綱施行後的第二次。相對於 102 年指考的難易適中，103 年指考大致遵循這個方向，題目兼顧基本觀念、推理分析及綜合多個概念。依據試題所屬層次（知識、應用與分析），觀察試題難易度可以發現，知識、應用與分析層次之試題大概是由易至難的趨勢。但是今年的考試卻有新舊課綱「磨合期」的陣痛。新課綱開始實施時，最讓老師們頭痛的是：什麼該教，什麼該捨？假如不教的話，就怕大考考出來；但若什麼都不離不棄，課堂時間絕對不敷使用。這是一個兩難的困境。如多選題第 23 題考二維碰撞，課綱是要求只說明不計算。該題恐有「超出課綱」的疑慮。依據 99 課綱必修基礎物理（二）B 教材綱要，主題七「碰撞」在「備註」一欄提及二維碰撞「只說明不計算」。另外，非選擇題第 1 題的光學實驗，罕見的以「視差法」測量出虛像的像距，及以作圖驗證薄透鏡成像公式，這將會使 103 年指考的難度稍微提高。

二 試題分布及配分

大考中心歷年來對於指定考科的配分，都會以課程編排單元的授課時數比例為原則，不會有太大的變動，如表一所示。但今年的配分上有一個值得觀察的現象：高三課程的比例明顯偏重，如下頁表二。尤其特別的是兩題非選擇題，這兩題實驗題全部落在高三課程上，這是否意味著全力衝刺學測，而輕忽了高三的學業，在指考上可能會吃盡苦頭。

表一 103 指考物理考科試題分布及配分

主題	授課時數	節數百分比 (%)	103 指考題號	103 指考配分百分比 (%)	102 指考配分百分比 (%)
1. 基礎物理（一）	15	6	2	3	6
2. 力學 （基礎物理（二）B 上）	34	15	12、16、17	9	12
3. 力學 （基礎物理（二）B 下）	34	15	5、11、13、15、23	17	18
4. 熱學	12	5	3、10、14	9	6
5. 波動	20	8	1、19	6	9
6. 光學	23	9	7、18	6	11

主題	授課時數	節數百分比 (%)	103 指考題號	103 指考配分百分比 (%)	102 指考配分百分比 (%)
7. 電磁學	45	19	4、9、20、24、非選二	24	14
8. 近代物理	24	11	8、21、22	13	11
9. 實驗	25	12	6、非選一	13	13

表二 102、103 指考物理考科年級配分

年級	102 指考配分	103 指考配分
高一、高二	39	29
高三	61	71

延續 102 指考，基礎物理仍有出題。內容為核電廠如何使核子反應爐連鎖反應停止。這題出的很妙，是「科學時事題」，延續福島核災的議題。一般在課程上老師教導學生以控制棒吸收多餘的中子，但福島核災的報導，讓學生了解到，原來海水、硼酸，也可以發揮吸收中子的功效。另外，核能的考題還有一題，也是由福島核災引申的考題：核電廠關閉反應爐，停止連鎖反應，但反應後的產物具有放射性，仍有餘熱的問題。這題要讓學生計算：以水來吸收餘熱，每秒需要多少質量的水？這是熱學的問題，以核能為引子，相當有鑑別度。

在基礎物理（二）B 的部分，基本題較多，但有兩個題目較值得注意。第 5 題「彈力位能 U 隨時間 t 的變化圖」，這是蠻有創意的題目，學生常見到「彈力位能 U 隨形變量 x 的變化圖」，所以容易掉入陷阱而選(C)；必須看清楚題目，而且思路清晰才能成功達陣。第 23 題出現二維碰撞，與課綱的要求有所出入，有「超出課綱」的疑慮，若老師上課有教過，其實這一題並不難，屬於典型題；新舊課綱交替，最怕的就是這種尷尬。

在選修物理部分，如表二所示，今年高三配分比重可說是「翻轉」了。不只配分大幅提高，兩題非選擇題、兩題實驗題全部落在高三課程上。這提醒了若只想孤注一擲的押寶在學測上的學生，指考也許是你的夢魘。在題目的分析上，今年選修物理部分，不只多而且靈活有變化。第 1 題在吉他前吹奏管笛，吉他因為共鳴而發出聲音，題材生活化而有創意。第 9 題懸吊的磁鐵在環形線圈上擺盪，要表示出導線上電流 i 與時間 t 的關係圖，學生必須要有清楚的思路，以及數學的思維，但不需要精密的計算，此題也十分有創意。多選題第 24 題，兩段串連不同材質的金屬線，已標示出電路總電阻 R 和 x 的關係圖，這一題要看懂圖形，了解題意，並配合電阻定律、歐姆定律及電功率概念，並不容易完全答對。非選擇題第一題的光學實驗，以「視差法」測量出虛像的像距，對於不認真做實驗的學生，想必十分痛苦；以作圖驗證薄透鏡成像公式，必須以 $\frac{1}{p}$ 、 $\frac{1}{q}$ 為兩軸作圖，對於絕大多數的學生而言，應是十分困難。

三 難易度分析

大考中心將題目的難易度，按知識、應用與分析分成：(A)容易、(B)中等偏易、(C)中等偏難、(D)困難等四個等級。103 指考物理科試題難易度整理如表三。由列表可知，這符合近幾年大考中心的出題方式，即中等題目占七成，使得均標不會太低，又可藉由中等偏難與困難題提高鑑別度，以符合大學端經由指定考試選出所需要的學生。

表三 103 指考物理科試題難易度分析表 (* 數字為試題題號)

試題難易度	基礎物理 (一)	基礎物理 (二) B 上	基礎物理 (二) B 下	選修物理 (上)	選修物理 (下)	合計
容易	2			1、6、7	8	15 分
中等偏易		12、16	11、13	3、18、19	4、9、22	32 分
中等偏難		15、17	5、23	10、非選二	21、24	37 分
困難				14、非選一	20	16 分

四 試題特色

103 指考物理科試題的特色分析說明如下：

1 生活化、結合時事

今年的考題相當生活化，如在吉他前吹奏管笛，引起吉他的共鳴，相信是很多高中生的生活體驗。福島核災、反核大遊行，這些報紙、媒體常見的話題，適當又有技巧的設計出考題，有助引導高中物理教學的正常化。

2 圖表比例高

今年指考考題共有 26 題，其中有圖表出現的題目就有 12 題，幾乎占了一半。其中有的題目並不需要精準的計算，但需要數學函數及邏輯的推理，當然還要結合清晰的物理概念。畢竟考的是物理觀念的理解，不需要被數學計算所綁架。

3 持續創新

大考中心在網站上強調，希望維持創新性試題占分 5% ~ 10%，今年確實做到了。創新題是要讓考生接觸沒看過的類似題型，但也不能難到看不懂。題目的敘述不能局限於多重概念的疊加，或計算的複雜程度，而是要提供一種可思考的方向。比如第 3 題以分子速度選擇器，來思考熱平衡後，氦氣與氮氣的氣壓高低，這題不需要精算，但得找出公式來估算可能的結果。

4 實驗題走出窠臼

102 指考物理科試題的非選擇題中，有一題實驗題，其中牽涉安培計的歸零，高中並沒教，但題幹上寫的清清楚楚，所謂的歸零是配合安培計的最大讀數，而不是從零開始；這就是一種創新型態的實驗題，不難但要想清楚。今年指考物理科試題的非選擇題，也有一題實驗題，是實驗手冊的光學實驗——薄透鏡成像，但其中以「視差法」測量出虛像的像距，幾乎不曾出現在大考。作圖驗證薄透鏡成像公式，必須以 $\frac{1}{p}$ 、 $\frac{1}{q}$ 為兩軸作圖，畫出一段斜直線，這個幾乎是競賽等級的題目，有相當難度。過去十幾年來，大考的實驗題，集中在少數幾個適合出題的實驗，大家似乎都忘了還有這麼多的實驗存在。其實，實驗本來就是物理教學非常重要的一環，實驗題走出窠臼，將有助於正本清源。

五 試題趨勢與總結

大考中心的出題，仍有其一貫性，題目兼顧基本觀念、推理分析及綜合多個概念。分數的差異性力求穩定，每年盡量不要有太大的變化。但 99 課綱指考的第二年，因為新舊課綱的調適，難免會出現「超出課綱」的疑慮，相信往後類似爭議將會一再上演。尤其是大考中心常掛在嘴邊：「這個問題，國中課綱有包含在內，……」。

考題的不斷創新，將有助於教學的正常化。教學不再只是在解題技巧或過度練習上下功夫，將會回歸於物理學習的本質。

實驗本應是物理教學非常重要的一塊，課程的規劃上，理想目標是做實驗的時間最好多於聽講上課，但 99 課綱讓很多物理老師連講課的時間都沒有，更遑論做實驗。觀察、思考、動手做，仔細的測量、計算誤差，並作成圖表，從做實驗中學生可以學到動手做的經驗及科學實事求是的態度，進而能真正的理解物理、熱愛物理。而指考對實驗題的求新求變、走出窠臼，相信也有助於實驗教學的正常化。



翰林 103 指考 物理 考科

新竹女中 | 邱嘉盈 老師

試題解析

第壹部分：選擇題（占 80 分）

一、單選題（占 60 分）

說明：第 1 題至第 20 題，每題有 5 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. 在吉他空腔的圓孔前以管笛吹奏某特定頻率的聲音，即使不彈奏吉他，吉他也可能會發出聲音並看到弦在振動，這主要是下列何種物理現象造成的？
(A)回聲 (B)繞射 (C)反射 (D)折射 (E)共鳴

答案 (E)

命題出處 選修物理（上）：3-2 共振與共鳴

測驗目標 評量學生對波動應用的了解情況。

詳解 每個物體都有它特殊的振動頻率，當一個物體振動發出聲音，若在它附近有相同振動頻率的物體，也會跟著一起振動而發出聲音，這種現象稱為共振或共鳴。

2. 欲使核電廠之核子反應爐內的連鎖反應停止，可以注入大量的硼酸，這是因為硼酸很容易吸收下列何者？
(A)熱 (B)質子 (C)中子 (D)輻射線 (E)鈾原子

答案 (C)

命題出處 基礎物理（一）：7-3 核能

測驗目標 評量學生對核反應的了解情況。

詳解 核能發電是利用鈾原子核分裂產生的能量進行發電。當一個中子撞擊鈾 235 原子核後，原子核大約可以分裂成兩半，產生兩個質量較小的原子核，且放出 2 到 3 個新的中子；若這些中子可再次撞擊其他鈾原子，如此繼續分裂，此即所謂的「連鎖反應」。若要停止連鎖反應，可以注入大量的硼酸以吸收分裂後產生的中子。

3. 已知在某一溫度下，同種氣體分子的運動速率有大有小。今將同為 5 mole 及 100°C 的氦氣及氮氣注入同一密閉隔熱的真空鋼瓶內，鋼瓶上裝設有一速度選擇閥，當此閥門開啟時可以使到達該閥門而速率高於 400 m/s 的鋼瓶內任何種類氣體分子單向通過此閥門，而脫離鋼瓶。待氦氣與氮氣達到熱平衡後開啟此速度選擇閥一段時間，然後關閉。當存留於鋼瓶內的氦氣與氮氣再次達到熱平衡後，則下列關於鋼瓶中氦氣與氮氣的敘述，何者正確？(氦氣分子量為 4，氮氣分子量為 28)
- (A) 氦氣的溫度較氮氣高 (B) 氮氣的溫度較氦氣高
 (C) 氦氣的分壓較氮氣高 (D) 氮氣的分壓較氦氣高
 (E) 兩種氣體的分子數目相等

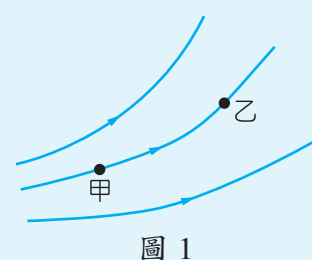
答案 (C)

命題出處 選修物理(上)：1-7 氣體動力論

測驗目標 評量學生對方均根速率的應用。

詳解 第一次熱平衡之後，氦氣及氮氣的溫度相同，但是氦氣的分子量小於氮氣，根據理想氣體的方均根速率 $v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$ 可以得知，氦氣的方均根速率較大。開啟速度選擇閥之後，氦氣高於 400 m/s 的分子應該較氮氣來的多，所以脫離鋼瓶的也較多。第二次熱平衡之後，氦氣及氮氣的溫度相同，但是氮氣殘留鋼瓶的分子數較多，根據理想氣體方程式 $PV = nRT$ ， V 、 R 、 T 相同，所以 $P \propto n$ ，最後氮氣的分壓較高。

4. 空間中某區域的電力線分布如圖 1，其電場方向如箭頭所示，下列敘述何者正確？
- (A) 甲點的電場較乙點強
 (B) 甲點之電位低於乙點之電位
 (C) 若甲點沒有電荷存在，則可以有兩條電力線通過甲點
 (D) 帶電粒子在甲點所受之靜電力之方向即為甲點電場之方向
 (E) 在甲點附近以平行電力線的方向移動帶電粒子時，電場所施之靜電力不會對該粒子作功



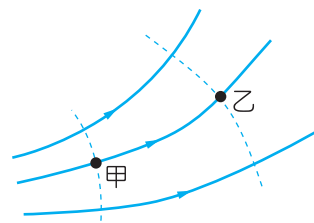
答案 (A)

命題出處 選修物理(上)：6-2 電場與電力線
 實驗 6 等電位線與電場
 6-4 電位與電位差

測驗目標 評量學生對電場、電位與電力線的了解。

詳 解 (A) 電力線愈密集的区域表示電場強度愈強。

(B) 如右圖所示，可以用等位線垂直電力線的特性，大致畫出甲、乙兩點的等位線。因為電力線的切線方向代表帶正電粒子受力方向，若在甲點放置一正電粒子，粒子會往乙點的等位線方向移動。由此得知，甲點的電位大於乙點。

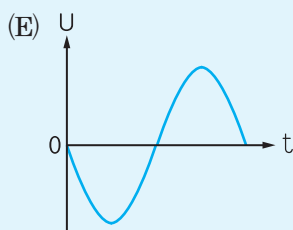
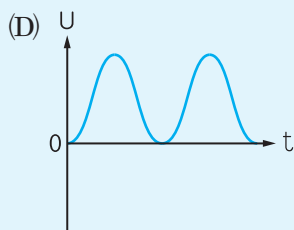
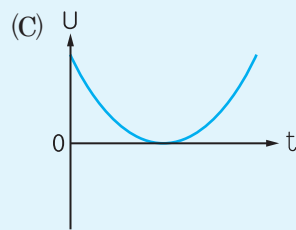
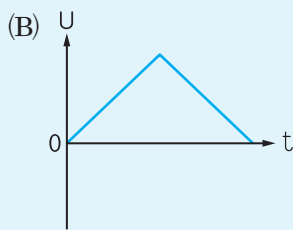
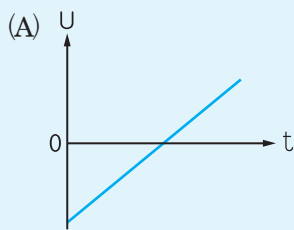


(C) 每個位置的靜電力方向只有一個，因此，電力線並不相交。

(D) 不一定。若帶電粒子電性為負，則其受力方向與電場方向相反。

(E) 若在甲點以平行電力線方向移動帶電粒子，則所受之靜電力 \vec{F} 與位移 \vec{S} 方向平行。根據功的定義 $W = \vec{F} \cdot \vec{S}$ ，靜電力有作功。

5. 有一質量可忽略的理想彈簧一端固定，另一端繫有一質點，在光滑水平面上作一維簡諧運動，則在一個週期內，彈性能 U 隨時間 t 的變化圖最可能為下列何者？



答 案 (D)

命題出處 基礎物理(二) B 上：5-2 簡諧運動

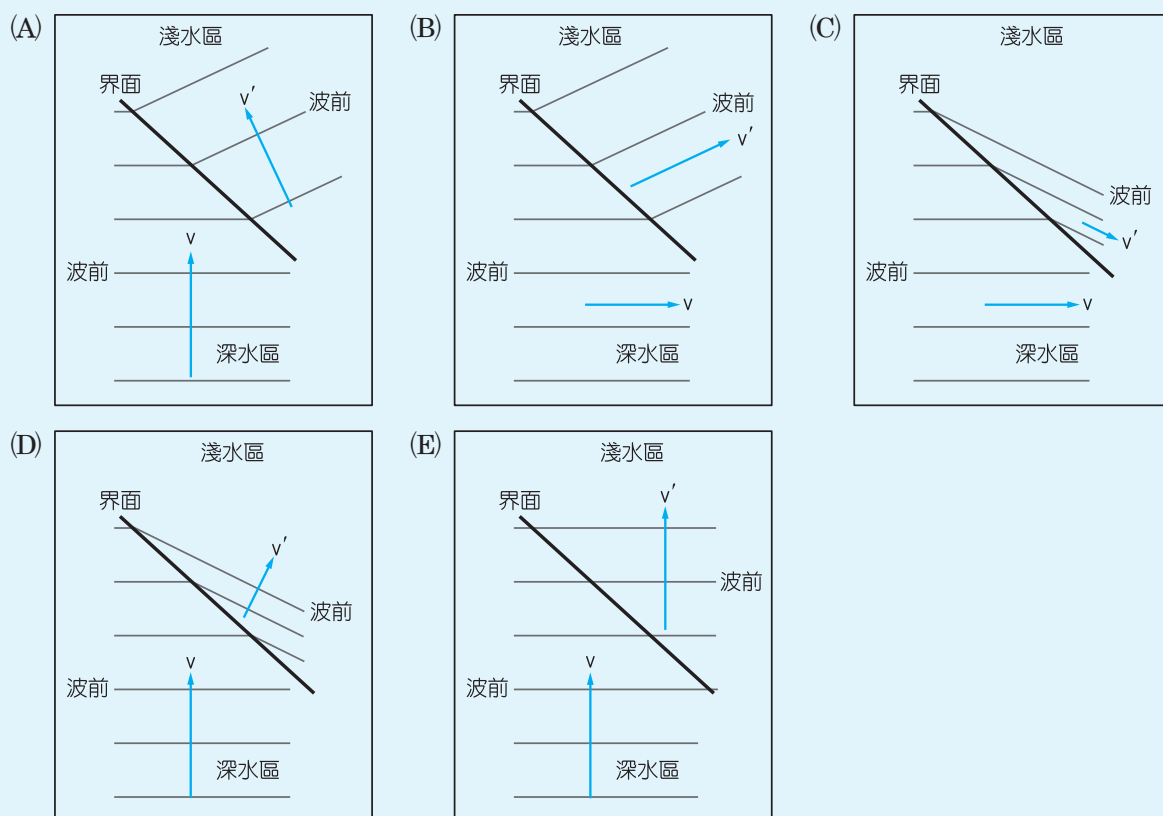
基礎物理(二) B 下：9-4 彈性能

測驗目標 評量學生對簡諧運動與彈性能的了解。

詳 解 根據彈性能 $U = \frac{1}{2} kx^2$ 。質點在兩端點時，系統擁有最大彈性能；

在平衡點時，系統的彈性能則為零。若質點由平衡點出發，先到達一邊的端點，再回來經過平衡點，到達另外一邊的端點，最後回到平衡點，此為一個週期內的運動。則(D)是系統的彈性能與時間之關係圖。

6. 某生以水波槽觀察水波的傳播，將厚玻璃板平置於水波槽底，形成淺水區與深水區，並以直線起波器產生直線波。以下各圖中， v 與 v' 分別為深水區與淺水區的波速，箭頭所示為波傳播的方向。下列關於連續波前與波傳播方向的關係示意圖，何者正確？

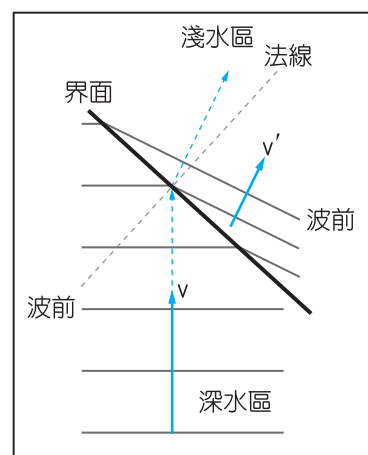


答案 (D)

命題出處 選修物理（上）：2-7 水波的反射與折射
實驗 2：水波槽實驗

測驗目標 評量學生對水波與折射的了解。

詳解 水波的速度方向與波前垂直，且深水區的波速大於淺水區。因此若水波由深水區到淺水區，水波的波長會變小，且水波的速度方向會偏向法線，如右圖所示。



7. 如圖 2 所示，空氣中一球形水滴，紅、藍兩道平行的單色光分別從 P、Q 兩點入射，其入射角分別為 θ_P 、 θ_Q ，則下列相關敘述，何者正確？

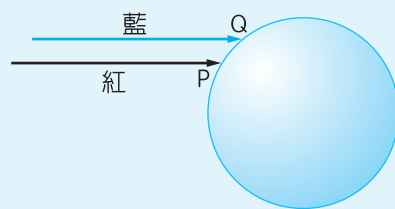


圖 2

- (A) $\theta_P < \theta_Q$ ，且兩色光均將在界面處同時發生反射與折射
 (B) $\theta_P > \theta_Q$ ，且兩色光均將在界面處同時發生反射與折射
 (C) $\theta_P < \theta_Q$ ，且僅紅光將在界面處同時發生反射與折射
 (D) $\theta_P < \theta_Q$ ，且僅藍光將在界面處同時發生反射與折射
 (E) $\theta_P > \theta_Q$ ，且僅紅光將在界面處同時發生反射與折射

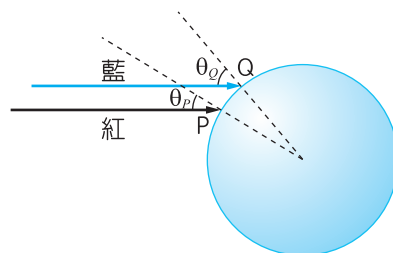
答案 (A)

命題出處 選修物理（上）：4-3 折射現象

測驗目標 評量學生對光的折射和反射之了解。

詳解 如右圖，畫出 P、Q 兩點的法線之後，可以看出 $\theta_P < \theta_Q$ 。

光對水的折射率比空氣大，因此光由空氣射入水中，光線會偏向法線，並不會發生全反射。所以不管什麼顏色的光，都會一部分的能量折射、一部分的能量反射。



8. 在波耳的氫原子模型中，假設 E 為電子繞原子核的力學能， K 為電子的動能， L 為電子的角動量， n 為主量子數， h 為普朗克常數，則下列的關係式何者正確？

- (A) $E = K$ (B) $E = 2K$ (C) $E = -\frac{1}{2}K$
 (D) $L = (n+1) \frac{h}{2\pi}$ (E) $L = n \frac{h}{2\pi}$

答案 (E)

命題出處 選修物理（下）：11-2 波耳的氫原子模型

測驗目標 評量學生對波耳氫原子模型的了解。

詳解 電子在原子核外作圓周運動的向心力，是利用電子和原子核之間的庫侖力。因此可以列出 $m \frac{v^2}{r} = \frac{kQq}{r^2}$ ，由此得知電子的動能 $K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{kQq}{2r}$ 。此時，整個原子的力學能 $E = K + U_e = \frac{kQq}{2r} + (-\frac{kQq}{r}) = -\frac{kQq}{2r}$ ，所以我們可以知道 $E = -K$ 。波耳的氫原子模型其中之一的假設，就是假設電子角動量的量子化。因此他假設電子角動量 $L = n \frac{h}{2\pi}$ 。

9. 一細長磁鐵棒繫於棉線下端形成單擺，並於此擺的正下方放置一環形導線，如圖 3 所示，箭頭所示方向表示導線上電流的正方向。當時間 $t=0$ 時，單擺由圖 3 的位置自靜止釋放而來回擺動，若此單擺的擺動可視為週期運動，其週期為 T ，下列何者最可能表示該導線上的電流 i 與時間 t 在單擺擺動一週期內的關係圖？

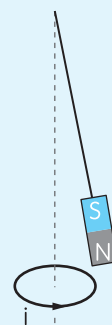
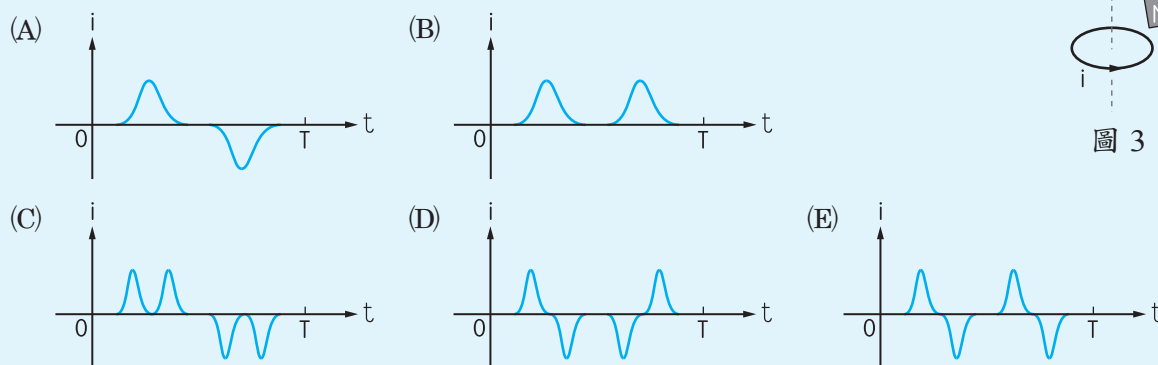


圖 3



答案 (E)

命題出處 選修物理（下）：9-1 應電動勢

9-2 冷次定律

9-3 法拉第電磁感應定律

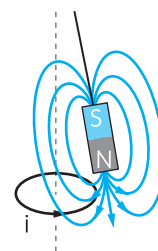
測驗目標 評量學生對應電流方向的判定。

詳解 磁力線方向由 N 極出發並結束於 S 極。

當磁鐵於端點擺動到中點的過程中，線圈面收到 N 極出發的磁力線數愈來愈多。因此，線圈的應電流產生的感應磁場方向向上，反抗磁力線數的增加，利用右手定則可以得知，此時的應電流方向如題圖 3。

反之，當磁鐵於中點擺動到另一端點的過程中，線圈的應電流產生的感應磁場方向向下，補充磁力線數的減少，因此，此時的應電流方向和題圖 3 相反。

最後，當磁鐵擺回出發點又重複了上面兩個步驟，因此，選項(E)為一週期內的電流與時間關係圖。



10. 核能電廠遇突發事故時可以關閉反應爐，停止連鎖反應，反應後的產物仍具有放射性，也會持續產生餘熱，因此仍需用水來冷卻反應爐。假設某反應爐正常運轉的發電功率為 $2.1 \times 10^9 \text{ W}$ ，停機以後某時段內餘熱的發熱功率為正常運轉時發電功率的 4.0%。已知水的比熱為 $4.2 \times 10^3 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$ ，如果用 20°C 的水來吸收此餘熱，且不能讓水沸騰而蒸發，則每秒至少需要多少質量的水？
 (A) $8.4 \times 10^1 \text{ kg}$ (B) $2.5 \times 10^2 \text{ kg}$ (C) $7.5 \times 10^2 \text{ kg}$ (D) $1.0 \times 10^3 \text{ kg}$ (E) $6.3 \times 10^4 \text{ kg}$

答案 (B)

命題出處 基礎物理（二）B 下：8-4 功率

選修物理（上）：1-1 熱容量與比熱

測驗目標 評量學生對功率和熱量計算的應用。

詳解 依題意，不能讓水沸騰而蒸發，所以水最多只能上升到 100°C 。假設每秒需要 $m \text{ kg}$ 的水，利用 $H = ms\Delta T$ 可得 $2.1 \times 10^9 \times 0.04 = m \times 4.2 \times 10^3 \times (100 - 20)$ ，所以 $m = 250 \text{ kg}$ 。

11. 重量為 8000 N 的車子，在水平的道路上以 12 m/s 的速率直線前進，如果車子忽然緊急煞車後，滑行了 4.0 秒鐘才停住，取重力加速度為 10 m/s^2 ，則在煞車過程中所產生的總熱能最多約為多少？
 (A) $4.8 \times 10^3 \text{ J}$ (B) $5.8 \times 10^4 \text{ J}$ (C) $1.2 \times 10^5 \text{ J}$ (D) $5.8 \times 10^5 \text{ J}$ (E) $4.8 \times 10^6 \text{ J}$

答案 (B)

命題出處 基礎物理（二）B 下：8-3 功能定理與動能

測驗目標 評量學生對動能和能量轉換的應用。

詳解 重量 8000 N 的車子其質量為 800 kg ，車子在煞車的過程中損失的動能

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 800 \times 12^2 = 57600 \div 5.8 \times 10^4 \text{ (J)}$$

為煞車過程中最多可以產生的總熱能大小。

12、13. 為題組

質量為 2 kg 的物體原先靜止於一光滑水平面， $t = 0$ 秒時因受外力而開始沿一直線運動，測得該物體之加速度 a 與時間 t 的關係如圖 4。

12. 時間由 0 至 4 秒之間，該物體所受之衝量為多少？

- (A) $2 \text{ N} \cdot \text{s}$
 (B) $4 \text{ N} \cdot \text{s}$
 (C) $6 \text{ N} \cdot \text{s}$
 (D) $8 \text{ N} \cdot \text{s}$
 (E) $10 \text{ N} \cdot \text{s}$

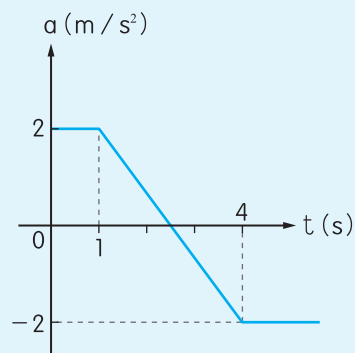


圖 4

答案 (B)

命題出處 基礎物理（二）B 上：1-4 加速度
基礎物理（二）B 下：6-1 動量與衝量

測驗目標 評量學生對 $a-t$ 圖的應用和對衝量的了解。

詳解 加速度 a 與時間 t 關係圖曲線及時間軸所包含的面積代表速度的變化量 Δv ，時間軸以上面積為正、以下為負。根據衝量 $J = F \times t = m \times \Delta v$ ，所以物體由 0 至 4 秒之間，物體所受之衝量 $J = 2 \times 2 = 4$ (N · s)。

13. 時間由 0 至 4 秒之間，外力對物體共作多少功？

- (A) 0 (B) 2 J (C) 4 J (D) 6 J (E) 8 J

答案 (C)

命題出處 基礎物理（二）B 下：8-3 功能定理與動能

測驗目標 評量學生對功能定理的應用。

詳解 物體原先靜止，所以 $t=0 \Rightarrow v=0$

物體由 0 至 4 秒的速度變化量 $\Delta v = 2$ ，所以 $t=4 \Rightarrow v=2$

根據功能定理，外力對物體所作的功 $W = \Delta K = \frac{1}{2} \times 2 \times (2^2 - 0^2) = 4$ (J)。

14. 一容積為 V 的氧氣筒內裝有壓力為 P 的高壓氧，筒內氣體的絕對溫度 T 與室溫相同。設病患在大氣壓力 P_0 下利用壓力差使用此氧氣筒。假設筒內的氧氣為理想氣體，氣體常數為 R ，且每單位時間流出的氧分子莫耳數固定為 r ，過程中氧氣筒內外溫度皆保持為 T ，則此筒氧氣可使用的時間為何？

- (A) $\frac{VP}{rRT}$ (B) $\frac{rP_0}{PV}$ (C) $\frac{VR(P-P_0)}{rT}$ (D) $\frac{T(P-P_0)}{rRV}$ (E) $\frac{V(P-P_0)}{rRT}$

答案 (E)

命題出處 選修物理（上）：1-6 理想氣體方程式

測驗目標 評量學生對理想氣體方程式的應用。

詳解 根據理想氣體方程式 $PV = nRT$ 可以得知，起初氧氣筒內的氧氣莫耳數

$n = \frac{PV}{RT}$ 。因為利用壓力差使用氧氣筒，所以最終當氧氣筒內剩下莫耳

數 $n' = \frac{P_0V}{RT}$ 時，氧氣筒無法再輸出氧氣，故氧氣筒可以使用的時間

$$t = \frac{n - n'}{r} = \frac{\frac{PV}{RT} - \frac{P_0V}{RT}}{r} = \frac{V(P - P_0)}{rRT}$$

15. 有一行星繞行某一恆星以正圓軌道運行，軌道半徑為恆星半徑的 1000 倍。若該恆星的半徑因演化而增加為原來的 2 倍，而此時行星的正圓軌道半徑也因故變為原來的 $\frac{1}{2}$ ，但兩者的質量皆保持不變，則下列敘述何者正確？

- (A) 行星的繞行週期變為原來的 $\frac{1}{4}$
- (B) 行星的繞行週期變為原來的 $2\sqrt{2}$ 倍
- (C) 恆星的表面重力加速度變為原來的 $\frac{1}{4}$
- (D) 行星所受恆星的重力變為原來的 $\frac{1}{4}$
- (E) 恆星所受行星的重力變為原來的 $\frac{1}{2}$

答案 (C)

命題出處 基礎物理（二）B 上：5-1 等速圓周運動

基礎物理（二）B 下：7-2 地球表面的重力與重力加速度

測驗目標 評量學生對萬有引力、圓周運動及重力場強度的應用。

詳解 (A)(B) 行星的向心力由萬有引力提供，因此 $\frac{GMm}{r^2} = mr \frac{4\pi^2}{T^2}$ ，所以

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}} \propto \sqrt{r^3}。若軌道半徑變為原來的 $\frac{1}{2}$ ，則週期變為原來的 $\frac{1}{\sqrt{8}}$ 。$$

(C) 行星表面的重力加速度 $g = \frac{GM}{R^2} \propto \frac{1}{R^2}$ 。若行星半徑增加為原來的 2 倍，則重力加速度 g 變為原來的 $\frac{1}{4}$ 。

(D)(E) 不管是恆星受行星的重力或者行星受恆星的重力，都是兩者間的萬有引力 $F_g = \frac{GMm}{r^2} \propto \frac{1}{r^2}$ ，若軌道半徑變為原來的 $\frac{1}{2}$ ，則重力變為原來的 4 倍。

16. 一汽車開在曲率半徑為 16 m 的彎曲水平路面上，車胎與路面的靜摩擦係數為 0.40，動摩擦係數為 0.20，取重力加速度為 10 m/s^2 ，則汽車在此道路上能等速安全轉彎而不打滑的最大速率約為下列何者？

(A) 64 m/s (B) 32 m/s (C) 16 m/s (D) 8.0 m/s (E) 5.7 m/s

答案 (D)

命題出處 基礎物理（二）B 上：4-4 摩擦力

5-1 等速圓周運動

測驗目標 評量學生對摩擦力及圓周運動的應用。

詳解 若車胎和地面之間無相對運動，則路面施予車胎的摩擦力屬於靜摩擦力。

汽車利用靜摩擦力提供圓周運動的向心力，幫助車子安全轉彎，因此可

以得知靜摩擦力 $f_s = m \frac{v^2}{R} = m \frac{v^2}{16}$ ；又靜摩擦力小於等於最大靜摩擦力

$$f_s \leq (f_s)_{\max} = N \times \mu_s = mg \times \mu_s = m \times 10 \times 0.4 = 4m。$$

$$\text{故 } m \frac{v^2}{16} \leq 4m, v \leq 8 \text{ (m/s)}。$$

17. 由彈性物質的性質可知若將一彈性繩對折，相當於將此彈性繩裁剪成相同長度的二段繩，每段繩在相同的外力作用下，其伸長量為原來的一半。今有原長 20 公分的彈性繩，其外力與伸長量的關係如圖 5 所示，將此彈性繩對折，其兩端點固定於天花板同一位置，並於對折點鉛垂懸吊一物體，然後再緩慢放手，平衡後發現物體下降 2.0 公分，則該物體重約為多少牛頓？

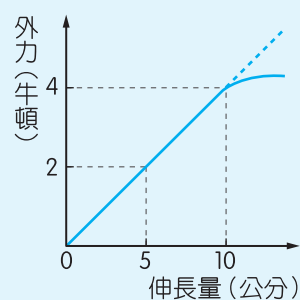


圖 5

(A) 0.8 (B) 1.6 (C) 3.2 (D) 6.4 (E) 9.6

答案 (C)

命題出處 基礎物理（二）B 上：3-1 力與平移平衡

測驗目標 評量學生對彈簧並、串聯的了解。

詳解 變成一半的繩子，在相同外力作用下，伸長量為原來的一半；同理，若伸長量相同的情況下，表示所承受的外力變為 2 倍。

所以，若伸長量為 2 公分，依照題圖 5，原本外力應該是 $\frac{4}{5}$ 牛頓；因為

變為 2 倍，所以繩子當時所承受的外力應為 $\frac{4}{5} \times 2 = \frac{8}{5}$ （牛頓）。又因為

繩子對摺變為 2 條，所以下面懸掛的物體重為 $\frac{8}{5} \times 2 = \frac{16}{5} = 3.2$ （牛頓）。

18. 某生欲以間距為 1.6 mm 的雙狹縫，來測知另一單狹縫的縫寬。當雷射光垂直入射雙狹縫後，在屏幕上測得相鄰兩暗紋的間距為 0.60 cm，在所有器材與實驗設置不變的情況下，僅將雙狹縫更換為單狹縫後，在屏幕上中央亮帶的同一側，測得相鄰兩暗紋的間距為 6.0 cm，則單狹縫的縫寬為何？
 (A) 0.16 mm (B) 0.32 mm (C) 1.6 mm (D) 3.2 mm (E) 3.2 cm

答案 (A)

命題出處 選修物理（上）：5-2 光的干涉現象

5-3 光的單狹縫繞射

測驗目標 評量學生對雙狹縫繞射與干涉的了解。

詳解 雙狹縫兩暗紋的間距 $\Delta y = \frac{L\lambda}{d} = \frac{L\lambda}{1.6} = 6$ (mm)，則單狹縫兩暗紋的間距

$$\Delta y' = \frac{L\lambda}{W} = 60 \text{ mm}。兩式相除，\frac{W}{1.6} = \frac{6}{60}，故 W = 0.16 \text{ (mm)}。$$

19. 在常溫常壓下，一長度為 1.50 m、兩端固定的弦，所能產生的最低音頻為 264 Hz。下列有關此弦振動時的敘述，何者正確？
 (A) 弦振動的基頻為 132 Hz
 (B) 基頻振動的波長為 1.50 m
 (C) 音頻愈高，則弦波波長也愈長
 (D) 弦可以產生頻率為 528 Hz 的聲波
 (E) 弦以基頻振動所產生的聲波，在空氣中傳播的波速為 792 m/s

答案 (D)

命題出處 選修物理（上）：3-3 基音與諧音

測驗目標 評量學生對基音與諧音的了解。

詳解 (A) 弦所能產生的最低音頻 264 Hz，不一定是弦振動的基頻。

(B) 兩端固定的弦以基頻振動時，其弦長 $L = \frac{\lambda}{2}$ 。

故此時波長 $\lambda = 2L = 2 \times 1.5 = 3$ (m)。

(C) 波速 $v = f\lambda$ ，波速不變之下，音頻愈高，波長愈短。

(D) 兩端固定的弦所能發出的頻率為基頻的整數倍。若 264 Hz 為基頻的 n 倍，則 528 Hz 為基頻的 $2n$ 倍，亦是基頻的整數倍，所以弦亦可產生此頻率的聲波。

(E) 兩端固定弦產生駐波的條件為 $L = n \frac{\lambda}{2}$ ，其中 $n = 1, 2, 3, \dots$ ，所

以波速 $v = f \times \lambda = f \times \frac{2L}{n}$ ，但題目並未指出 264 Hz 為基頻的幾倍，

所以波速無法計算。

20. 有一個邊長為 L 、電阻為 R 的方形封閉迴路自靜止自由落下，如圖 6，經過 L 的鉛垂位移後開始進入一水平方向的均勻磁場 B 中，磁場方向與迴路 L 面垂直，圖 6 中虛線以下為磁場區域。假設 g 為重力加速度，而且方形迴路在開始進入該磁場後而未完全進入磁場區的過程中，作等速鉛直運動，則此過程中方形迴路上的電流 I 及其質量 m 分別為何？

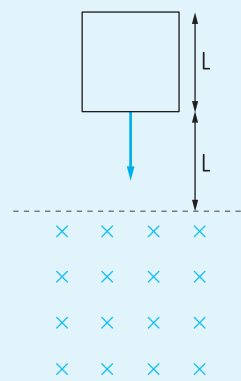


圖 6

- (A) $I = \frac{BL\sqrt{2gL}}{R}$, $m = \frac{\sqrt{2L}}{\sqrt{gR}}B^2L^2$
- (B) $I = \frac{BL\sqrt{2gL}}{R}$, $m = \frac{\sqrt{Lg}}{R}B^2$
- (C) $I = \frac{\sqrt{BgL}}{R}$, $m = \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{gR}}BL$
- (D) $I = \frac{\sqrt{BgL}}{R}$, $m = \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{2gR}}BL$
- (E) $I = \frac{\sqrt{BgL}}{R}$, $m = \frac{\sqrt{L}}{\sqrt{gR}}BL^2$

答案 (A)

命題出處 基礎物理（二）B 上：1-5 等加速運動
 選修物理（下）：8-3 載流導線在磁場中所受的磁力
 9-3 法拉第電磁感應定律

測驗目標 評量學生對等加速度、磁力及應電動勢的應用。

詳解 方形迴路進入磁場區之前作等加速運動，利用 $v^2 = v_0^2 + 2a\Delta x$ ，因此進入磁場前瞬間，迴路的速度 $v = \sqrt{2gL}$ 。

進入磁場區之後作等速運動，所以可以知道迴路下端的應電動勢

$$\varepsilon = LvB = BL\sqrt{2gL}, \text{ 因此，迴路內的應電流 } i = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{BL\sqrt{2gL}}{R}。$$

藉由等速運動我們可以知道，方形迴路正處於力平衡的狀態，所以我們可以得知應電流產生的磁力 F_B 等於迴路的重力 mg ， $F_B = iLB = \frac{BL\sqrt{2gL}}{R}LB$

$$= mg, \text{ 故 } m = \frac{\sqrt{2L}}{\sqrt{gR}}B^2L^2。$$

二、多選題 (占 20 分)

說明：第 21 題至第 24 題，每題有 5 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 5 分；答錯 1 個選項者，得 3 分；答錯 2 個選項者，得 1 分；答錯多於 2 個選項或所有選項均未作答者，該題以零分計算。

21. 某生用電子做雙狹縫干涉實驗，在狹縫後的螢幕上有電子偵測器，每次電子在垂直入射雙狹縫後，會撞擊偵測器顯示出一亮點。用許多電子逐一重覆上述步驟後，統計螢幕上各處偵測器所顯示的亮點數目，可以得到類似光波的干涉條紋。在螢幕上有甲、乙、丙三點，甲點與乙點分別位於兩個狹縫的正後方，丙點為甲乙之中點。下列敘述哪些正確？
- (A) 使用不同速率的電子重覆實驗，丙點一定是亮點
 - (B) 使用速率較大的電子重覆實驗，所形成的干涉條紋較密
 - (C) 使用不同速率的電子重覆實驗，甲、乙兩點一定是亮點
 - (D) 將電子換成中子，且將電子偵測器換成中子偵測器，丙點不會是亮點
 - (E) 電子射出的時間間隔增長為原來的兩倍，重覆實驗，則干涉條紋的間隔將增為兩倍

答案 (A)(B)

命題出處 選修物理（上）：5-2 光的干涉現象
選修物理（下）：11-3 物質波

測驗目標 評量學生對物質波與電子干涉實驗的了解。

詳解 電子的雙狹縫干涉說明了電子也具有波動性。

- (A) 丙點為中央亮紋，所以必為亮點。
- (B) 根據電子動量 $p = mv = \frac{h}{\lambda}$ ，若速率增加，電子的物質波波長會變小，所以干涉條紋間距會縮小，干涉條紋較密。
- (C) 除丙點為中央亮紋外，條紋的間距會依照不同速率的電子而改變，故甲、乙兩點不一定是亮點。
- (D) 丙點為中央亮紋，所以必為亮點，與入射粒子無關。
- (E) 條紋的間距只會依照不同速率的電子而改變，改變電子射出時間，並沒有改變電子射出的速率，所以間隔不變。

22. 一個電子經過電位差 V 加速之後，撞擊金屬靶而將動能完全轉換為電磁波的光子能量。若此過程能夠輻射光子的最短波長為 λ_s ，普朗克常數為 h ，光速為 c ，基本電荷為 e ，則下列有關此最短波長光子及入射電子的敘述，哪些正確？

(A) $\lambda_s = \frac{hc}{V}$

(B) 光子的動量量值為 $\frac{eV}{c}$

(C) 光子的能量為 eV

(D) 光子的頻率為 $\frac{hc}{\lambda_s}$

(E) 電子的動能為 $\frac{1}{2}eV^2$

答案 (B)(C)

命題出處 選修物理（下）：10-3 X 射線

10-5 光電效應——輻射的粒子性

測驗目標 評量學生對電子加速與輻射電磁波的了解。

詳解 (A) 電子經過電位差加速之後，所獲得的電位能 $U_e = qV = eV$ 。若這些能量完全轉變成光子的能量 E ，可以得知 $eV = hf = h \frac{c}{\lambda_s}$ ，所得之最短

波長 $\lambda_s = \frac{hc}{eV}$ 。

(B) 此時光子的動量 $p = \frac{h}{\lambda_s} = \frac{eV}{c}$ 。

(C) 光子的能量 $E = U_e = eV$ 。

(D) 光子的頻率 $f = \frac{E}{h} = \frac{eV}{h}$ 。

(E) 電子的動能即為所獲得的電位能 $U_e = eV$ 。

23. 在一個光滑的水平面上，有兩個質量相同、半徑均為 r 的光滑彈珠 P 和 Q 發生彈性碰撞。碰撞前彈珠 P 的球心沿直線 L 以等速度 \vec{v}_0 向右移動，Q 則是靜止的，Q 的球心到直線 L 的垂直距離是 $1.6r$ ，如圖 7 所示。若令碰撞後彈珠 P 與彈珠 Q 的運動方向與 \vec{v}_0 的夾角分別為 α 與 β ，則下列關係式哪些正確？

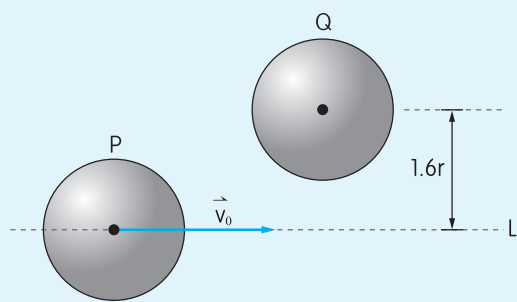


圖 7

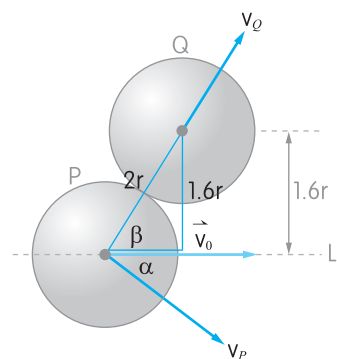
- (A) $\sin\alpha = \frac{3}{5}$
 (B) $\sin\alpha = \frac{4}{5}$
 (C) $\sin\beta = \frac{3}{5}$
 (D) $\sin\beta = \frac{4}{5}$
 (E) $\alpha + \beta = 60^\circ$

答案 (A)(D)

命題出處 基礎物理（二）B 下：10-1 彈性碰撞

測驗目標 評量學生對二維彈性碰撞的了解。

詳解 如右圖所示，可得知 $\beta = 53^\circ$ ， $\sin\beta = \frac{4}{5}$ 。兩質量相同的球發生二維彈性碰撞，因彈珠 Q 起初為靜止，所以碰撞之後兩球間的夾角 $\alpha + \beta$ 必為 90° ，故 $\alpha = 37^\circ$ ， $\sin\alpha = \frac{3}{5}$ 。



24. 如圖 8，電動勢為 0.10 V 的電池，連接一安培計 A，兩者的內電阻均可忽略。電池的一端連接一長度為 1.0 m 導線的右端，安培計的另一端接上導線的某一點， x 為接點與導線左端的距離，導線由一段鎢線（電阻率為 $5.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ）和一段銅線（電阻率為 $2.8 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$ ）串接而成，其截面積相同。由安培計測得的電流 I ，所推得的電路總電阻 R 和 x 的關係如圖 9。下列選項哪些正確？

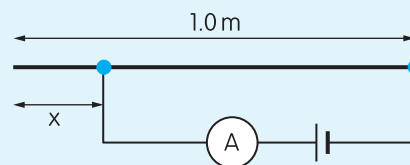


圖 8

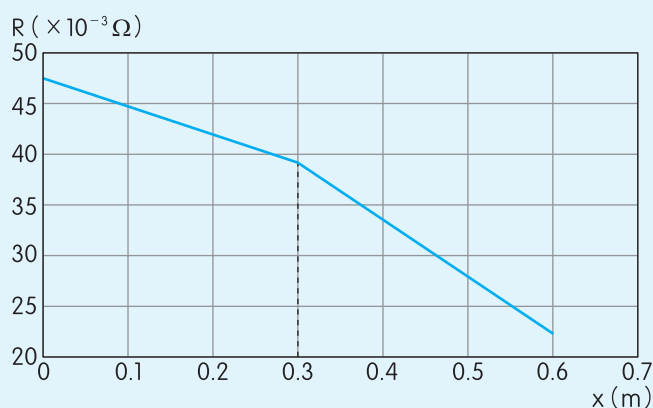


圖 9

- (A) 鎢線在左，長度為 0.3 m
 (B) 銅線在左，長度為 0.3 m
 (C) 導線的截面積約為 $1.0 \times 10^{-8} \text{ m}^2$
 (D) 當 $x = 0.3 \text{ m}$ 時，電路的總電阻約為 38Ω
 (E) 當 $x = 0.5 \text{ m}$ 時，電池消耗的功率約為 0.36 W

答案 (B)(E)

命題出處 選修物理（下）：7-2 歐姆定律與電阻

測驗目標 評量學生對電阻定律的應用。

詳解 (A)(B) 根據電阻定律 $R = \rho \frac{L}{A}$ ，故 $\frac{\text{電阻}}{\text{長度}} = \frac{R}{L} = \frac{\rho}{A} \propto \rho$ （電阻率），當

$x = 0.3 \text{ m}$ 時，可以看出右邊的 $\frac{\text{電阻}}{\text{長度}}$ 值較大，所以推測導線右邊

剩餘 0.7 m 的導線為鎢線；銅線在左，長度為 0.3 m。

(C) 當 $x = 0.3 \text{ m}$ 時，導線右邊 0.7 m 的鎢線，當時測得之電阻值 R 約為 $39 \times 10^{-3} \Omega$ ，計算其 $\frac{\text{電阻}}{\text{長度}} = \frac{39 \times 10^{-3}}{0.7} = \frac{5.6 \times 10^{-8}}{A}$ ，故導線的截面積 $A \doteq 10^{-6} \text{ m}^2$ 。

(D) 當 $x = 0.3 \text{ m}$ 時，電路的總電阻 $R \doteq 39 \times 10^{-3} \Omega$ 。

(E) 當 $x = 0.5 \text{ m}$ 時，電池消耗的電功率 $P = \frac{V^2}{R} = \frac{(0.1)^2}{28 \times 10^{-3}} \doteq 0.36 \text{ (W)}$ 。

第貳部分：非選擇題（占 20 分）

說明：本部分共有二大題，答案必須寫在「答案卷」上，並於題號欄標明大題號（一、二）與子題號（1、2、……）。作答時不必抄題，但必須寫出計算過程或理由，否則將酌予扣分。作答務必使用筆尖較粗之黑色墨水的筆書寫，且不得使用鉛筆。每一子題配分標於題末。

一、某生為了測得一個凸透鏡的未知焦距，進行以下實驗：將光源 A、光源屏 B、薄透鏡 C、像屏 D 等依序水平排列，如圖 10 所示。若該生由 B、C 之間面對光源屏 B，會看到光源屏如圖 11 所示，其中藍色的箭頭圖案即為光源屏的可透光區。每當改變 BC 的距離，則經調整 CD 的距離後，便可在像屏 D 上清楚看到帶有箭頭的影像。某生針對五個不同的 BC 距離，分別測量對應的 CD 距離，記錄於表 1。

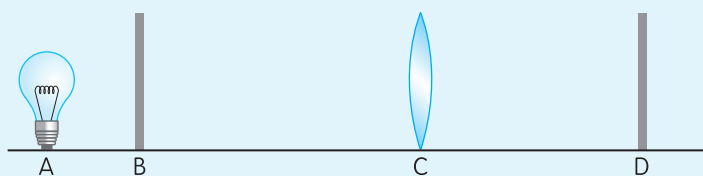


圖 10

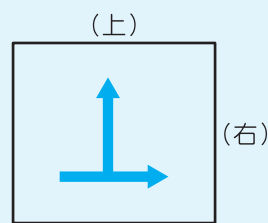


圖 11

表 1

次序	BC 距離 (cm)	CD 距離 (cm)
1	20.0	20.0
2	25.0	17.0
3	30.0	15.0
4	40.0	13.0
5	50.0	12.5

- 在表 1 中「次序 1」的實驗過程中，若由 C、D 之間面對像屏 D，畫出像屏上所看到的透鏡成像圖案（標出像屏的上及右）。比較該影像與光源屏 B 之圖案的尺寸大小，並說明理由。（3 分）
- 利用薄透鏡成像公式，將表 1 的數據做適當的運算或組合後，在答案卷的作圖區畫出合適的關係圖，以明確驗證薄透鏡成像公式，並說明可以明確驗證的理由。（4 分）
- 若要見到光源屏 B 上箭頭圖案的虛像，則 BC 的距離大小有何限制？要如何以實驗方式測量出該虛像的像距？請簡要說明實驗操作步驟。（3 分）

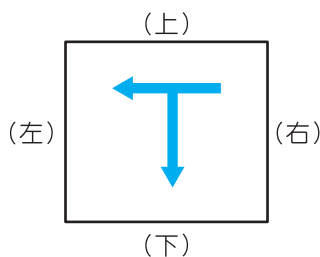
答案 1. ~ 3. 見詳解

命題出處 選修物理（下）：實驗 4(B) 薄透鏡成像

測驗目標 評量學生對薄透鏡成像實驗的了解。

- 詳解** 1. 物距等於像距，箭頭圖案位於兩倍焦距上，能夠得到等大的倒立實像。

成像圖案如圖(-)所示，成像與光源屏 B 之圖案尺寸大小相似。

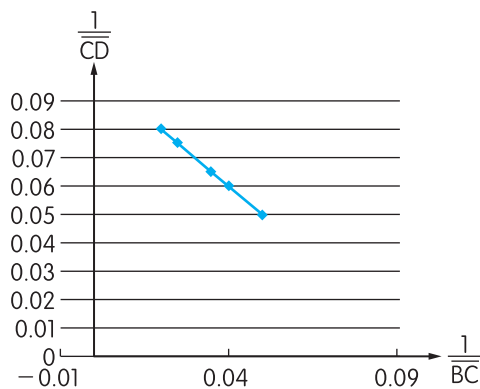


圖(-)

2. 根據薄透鏡成像公式， $\frac{1}{CD} + \frac{1}{BC} = \frac{1}{f}$ ，所以 $\frac{1}{CD} = -\frac{1}{BC} + \frac{1}{f}$ ，

若以 $\frac{1}{CD}$ 為 y 軸， $\frac{1}{BC}$ 為 x 軸，所得之關係圖的斜率應為 -1 。

圖(二)為依照題表 1 數據畫出的關係圖，可看出斜率接近 -1 ，因此可驗證薄透鏡成像公式。



圖(二)

3. (1) 根據薄透鏡成像公式和題表 1 中「次序 1」的數據，得知 $\frac{1}{20} + \frac{1}{f} = \frac{1}{f}$ ，所以透鏡焦距 f 約為 10 cm。若要看見虛像，則 B 箭頭圖案必須放入透鏡焦距內，也就是 \overline{BC} 必須小於 10 cm。
- (2) 當物體成虛像時，無法用屏幕測得成像位置，這時需使用「視差法」測得成像位置。所謂「視差法」，就是利用遠方物體當作不動，這時若把頭往右邊側移，則近方物體會落在遠方物體的左邊。實驗時，可利用筆桿來作視差法，以像為基準，如果筆桿側移的方向與頭相反，表示筆桿位置太近，應移離觀察者的位置。反之，如果筆桿擺動方向與頭相同，表示筆桿位置太遠，應移近觀察者的位置。最後調整到筆桿與像沒有因為視差而產生移動時，利用筆桿的位置得知虛像的位置。

二、以一對分別帶有等量正負電荷的平行板作為電子的轉向裝置，其中帶正電的下板挖有相距 1.0 cm 的兩個小縫，側視圖如圖 12 所示。設有一電子以 $4.55 \times 10^{19}\text{ J}$ 的動能及 45° 的入射角，從一縫進入，由另一縫射出，而且電子的射入與射出方向的夾角為 90° 。已知電子的質量為 $9.1 \times 10^{-31}\text{ kg}$ ，電量為 $-1.6 \times 10^{-19}\text{ C}$ ，若重力可以忽略不計，試回答下列問題：

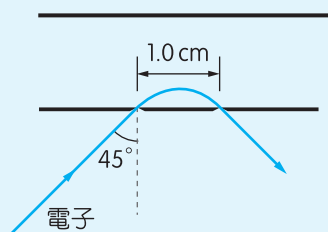


圖 12

1. 電子的入射速率為何？（3 分）
2. 電子在平行板電場中的運動軌跡為何種曲線？為什麼？（3 分）
3. 平行板間的電場量值約為多少？（4 分）

- 答案**
1. 10^6 m/s
 2. 見詳解
 3. $5.89 \times 10^2\text{ N/C}$

命題出處 基礎物理（二）B 上：2-5 斜向拋射
 基礎物理（二）B 下：8-3 功能定理與動能
 選修物理（上）：6-2 電場與電力線

測驗目標 評量學生對動能、斜向拋射及電場的應用。

詳解 1. 電子的動能 $K = \frac{1}{2}mv^2$ ，所以電子的入射速率

$$v = \sqrt{\frac{2K}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 4.55 \times 10^{-19}}{9.1 \times 10^{-31}}} = 10^6\text{ (m/s)}$$

2. 拋物線。因為電子進入平行電板之後，受到向下的定力，因此電子在平行板中，上下方向作等加速運動；左右方向不受力，作等速運動，此為斜拋運動。

3. 斜向拋射的水平射程 $R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{a}$ ，因此可知道電子在平行板中的

$$\text{加速度 } a = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{R} = \frac{(10^6)^2 \times \sin(2 \times 45^\circ)}{0.01} = 10^{14}。 \text{ 所以平行板間的}$$

$$\text{的電場量值 } E = \frac{F}{q} = \frac{ma}{e} = \frac{9.1 \times 10^{-31} \times 10^{14}}{1.6 \times 10^{-19}} \doteq 5.69 \times 10^2\text{ (N/C)}$$