

翰林 108 指考。

精彩 解析

師大附中 / 陸怡中 老師
名師 / 鍾怡 老師

物理考科

【試題・答案】依據大考中心公布內容

發行人 / 陳炳亨
總召集 / 陳彥良
總編輯 / 汪崇愛
主編 / 簡玉蘭
校對 / 莊峻傑・劉馥姬
美編 / 林琬晴・杜政賢
本書內容同步刊載於翰林官網

出版 / 民國一〇八年七月
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 #369
E-mail / periodical@hanlin.com.tw
翰林官網 <https://www.hle.com.tw>



00843-24

翰林出版



一 前言

108 年指定科目考試已經是 99 課綱施行後的第七次考試，今年的考題相較於去年而言，難度微降，但整體而言屬中等。雖仍重基礎觀念，但不論閱讀量及敘述過程均較往年增加，少數試題偏難；計算量雖不多，但考生需要極大耐心理解題意；物理概念與閱讀能力需非常熟練方能得高分，且結合生活情境的題目亦較往年為多。實驗題大幅增加。至於題目內容仍符合基本觀念、推理分析及綜合應用等多個向度，配分方面高一、二比例較往年提升。總歸來說，今年的題目難易度與往年難度相仿，閱讀理解能力及解題速度，仍然是這次物理指考的勝負關鍵。

二 試題分布與分析

大考中心歷年來對於指定考科的配分，都希望符合課程編排單元的授課時數比例，但由表一可看出，相較於去年，今年較不符合授課時數比例原則。而由表二可以得知，今年和近年一樣，雖仍偏重高三課程，然比例較 107 年而言，高二部分比例上升，高一部分略微下降，因此，有關高二下學期動量、動量變化、功與動能、位能與力學能等章節為今年試題的重點，基礎物理的基本概念仍須複習，對於高三上採取全力準備學測的同學來說，如果學測成績不理想，想要再回頭拼指考，基礎物理的部分仍有印象，但須掌握指考的方向與出題模式。

表一 108 指考物理考科試題分布及配分

主 題	授課時數	節數百分比 (%)	108 指考題號	108 指考配分百分比 (%)	107 指考配分百分比 (%)	106 指考配分百分比 (%)
1. 基礎物理 (一)	15	6	1	3	6	1
2. 力學 (基礎物理 (二) B 上)	34	15	6、7、19 非選二 1、 非選二 2	15	17	12
3. 力學 (基礎物理 (二) B 下)	34	15	10、11、13、 14、17、18、 20、21 非選二 2	28	14	23
4. 熱學	12	5	15、16	6	6	8

主 題	授課 時數	節數 百分比 (%)	108 指考 題號	108 指考 配分百分 比 (%)	107 指考 配分百分 比 (%)	106 指考 配分百分 比 (%)
5. 波動	20	8	5	3	3	6
6. 光學	23	9	2 非選二 2	5	8	3
7. 電磁學	45	19	8、9、12、24	14	22	24
8. 近代物理	24	11	3	3	14	13
9. 實驗	25	12	4、22、23 非選一	23	10	10

表二 近四年指考物理考科的年級配分

年 級	108 指考配分	107 指考配分	106 指考配分	105 指考配分
高一、高二	46	37	36	42
高 三	54	63	64	58

今年包含「基礎物理（一）」內容的試題有兩題，單選第 1 題是考對於原子核尺度的認知。單選第 3 題考其中一個選項是有關 3 K 宇宙微波背景輻射的問題，著重在基本的科學認知。只要學測的記憶還在，利用基本觀念即可處理。

高二力學的部分，第 10、11 題藉由閱讀理解，考 GPS（全球定位系統）的運作原理，並與同步衛星比較其角速率的關係，乃是結合福衛七號升空之時事命題。非選擇題第二大題的第 1 小題是考傳統鑷子夾物之靜力平衡。上述題目計算方面皆稍嫌複雜。必須要掌握觀念小心謹慎，方可拿分。

熱、光、波動學的部分，今年出題比例與去年相仿，每個章節大約都有 1 ~ 2 題，由於每年所出題型都不盡相同，因此考生要能了解每個單元的基本概念，不要去記憶過難的題目，才能用最少的時間把握最多的分數。第 15、16 題分別考理想氣體方程式的變因分析，與氣體動力論中兩種氣體之參數比較。第 2 題則是以日常生活常見的面鏡為例，考其成像性質與原理，又是取材自生活情境及學術情境的素養導向試題。

電磁學部分一直以來都是指考試題的重中之重，還好這部分主要是分布在高三下，同學們拼完學測之後，如果想要繼續拼指考，那高三下認真上課還是來得及。今年極具特色的題目也出現在此部分，同樣是結合生活情境，第 12 題考手機無線充電的物理原理——電磁感應，並藉由法拉第定律計算其應電動勢。第 24 題更是令人驚艷，將電蚊拍的使用，導入電場與板距、電壓的關係，堪稱完美的設計。此與傳統題目講求直接訴求條件，解出正確答案之命題方式不同。

最後，近代物理的部分內容較往年為少。除第 3 題主要考黑體輻射之源由、原理與實驗結果外，其餘題目是以光子為素材，與其他單元結合，探討其動量、動量變化、作用力、強度等問題。

此外跨章節命題模式，亦為指考的特色之一，今年亦不例外且大幅增加，例如第 6 題，表面上看起來是在考波動，但必須要先聯想到簡諧運動才能夠答題。第 7 題以鉛直上拋為主體，考物體彈性碰撞後折返的速度、動能之變化可能性，此等以基本力學與能量的觀念結合的題目還有第 18、19、21 題。第 13、14 題以光子功率延伸至能量與動量關係，探討光子吸收與反射產生作用力之大小關係。進而延伸使太空船產生加速度之原理計算，為創新考題。然而今年重頭戲是非選擇題第二大題，其設計概念來自 2018 年諾貝爾物理學獎的光學鑷子，須先閱讀理解並利用折射的概念，繪出光子的動量變化方向，再依據牛頓第三運動定律探討微粒所受合力的方向，堪稱本份試題之一大亮點。

今年最大的特色不外乎實驗題大幅增加，實驗相關題型比重可謂歷年最高，總計達 23 分，包含第 4 題水波槽實驗、第 22 題透明固體折射率測定、第 23 題狹縫造成明暗條紋實驗及非選擇題第一大題惠司同電橋等。除鼓勵學生動手做實驗外，還要懂得分析，此與未來新課綱探究實作課程連結，將有助於鼓勵教學現場正常化。

三 試題難易度分析

若依照試題內容的知識理解、推理分析、應用與綜合等目標，大致可將題目分成容易、中等偏易、中、中等偏難、困難等五個等級，可整理出 108 年指考物理科試題難易度如表三。由表三可知，今年的題目和去年相比，中等及中等偏難的題目約占六成，困難题目的比重下降，主要是今年實驗題對考生而言較為熟悉，故預測今年的各標分數應該會較去年微幅提升。

表三 108 指考物理考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)	108 年 總計	107 年 總計
容 易	1	19				6 分	6 分
中等偏易			10	2、4、5	3	15 分	11 分
中 等			13、17、 21	15、16、 22	8、9、 12、 非選一	41 分	42 分
中等偏難		6、7	18、20	23、24		22 分	16 分
困 難		非選二 1、 非選二 2	11、14、 非選二 2	非選二 2		16 分	30 分

四 試題特色

108 指考物理考科試題的特色分析說明如下：

① 重閱讀理解，分析計算量微幅下降

由近年的題目設計可以發現，題目盡可能跳脫既有題型的問法，強調觀念是否正確，並且希望考生就文字敘述解讀題意做判斷，故對於題意理解有障礙的考生而言是一大災難。例如第 10 題 GPS（全球定位系統）的運作原理，題目敘述冗長，頗有學測考題的味道，但其實並不困難，需要時間耐心閱讀完找出答案後做簡易計算即可。此外，第 24 題電蚊拍的運作原理則需要耐心研讀後，找尋變因做分析計算。

此外，今年試題難度相較於去年微幅下降，題目普遍具有鑑別度，學生需要多思考判斷才能作答。試題雖仍有一半以上需要動筆計算，但計算量相較於去年反而下降，且與往年相比，大多數題目計算過程並不繁複。

② 傳統與創新題型並陳

本次考題可謂新舊並陳，其中傳統題型包括第 5、8、9、15、16、17 等題，仍是一般學校教授之重點題型。考生仍能依所學就既有觀念解題。此外，著重跨章節整合及基本定義的探討，頗有回歸物理本質的味道。

③ 著重情境結合的素養導向

今年考題偏重情境結合的物理素養命題，包括第 2、10、11、12、13、14、24、非選擇題第二大題，共計 8 題，考出生活與學術探究情境結合，包含 GPS、電蚊拍、光學鑷子等，可見與情境結合的素養導向及時事題是近年命題趨勢。誠如大考中心所言，會逐步朝科普之開放式命題前進，考生未來恐得多觀察周遭生活所應用之物理原理，作為先備知識。

④ 實驗考題之延伸探究

實驗考題配分大幅增加，除考實驗步驟、原理及目的外，亦與理論作結合，非選擇題必須畫出實驗裝置圖，這些都是老師與學生未來的新挑戰。不外乎實驗題大幅增加，種種跡象顯示逐步朝 108 課綱探究與實作之精神邁進。

五 總 結

總體而言，今年考題中等，由於非應屆考生之比例逐年提高，大考中心早已注意到此一現象，故去年五標分數下降，但因現今參與指考的同學，往往是程度不錯，希望學測後指考能有所突破的同學。誠如筆者於 108 指考趨勢分析中所言，推測今年指考試題應與去年難度相仿，但因非選擇題的實驗題之難度下降，故五標分數預測將較去年微幅提升。此外，命題方向的改變才是關鍵，經過近年的磨合，試題內容不論是學測或指考，逐步開始朝 108 課綱邁進，這也是大考中心希望達成的目標。

對於未來考生們的建議，還是希望高三時能夠正常上物理課，別因為學測而放棄高三上的進度，不僅給自己的升學管道留條後路，上大學之後，高三物理對於理工科系的學生還是非常重要的。尤其是學測五選四之後，大學升學方式又回到傳統自然組與社會組分野的方式，考題不斷創新、試題除重基本觀念計算外，更強調閱讀素養與探究，但對於在校生及程度中等以下的學生著實為難，這些都是未來的挑戰。如何讓正常化教學回歸學校，而不再只是在解題技巧或過度練習上下功夫，能夠回歸於物理學習的本質，是未來努力的目標。

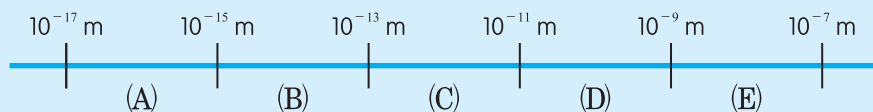


第壹部分：選擇題（占 80 分）

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. 原子核由質子與中子組成，試問原子核的直徑大小最可能落在下列尺標圖的哪個區間？



答 案 • (B)

命題出處 • 基礎物理（一）：第 2 章 物質的組成

測驗目標 • 評量學生對於原子核尺度的認知

難 易 度 • 易

詳 解 • 原子核直徑大小約為 $10^{-15} \sim 10^{-14}$ m 之間
故選項(B)正確

2. 下列關於凹面鏡及凸面鏡的敘述，何者正確？

- (A) 裝設在大賣場天花板角落的面鏡為凸面鏡，可觀察到放大虛像
- (B) 裝設在道路轉彎處的面鏡為凹面鏡，以便觀察到更大的範圍，使視野更佳
- (C) 手電筒常利用凹面鏡作為反射面，燈泡置於焦點處，使反射後射出的光線較為發散
- (D) 化妝鏡若要具有放大效果須使用凹面鏡，且使用時臉的位置須在凹面鏡的焦距外，以產生正立的放大虛像
- (E) 汽車兩側的後照（視）鏡常用凸面鏡觀測後方車輛，其像距小於物距，形成縮小的虛像

答 案 • (E)

命題出處 • 選修物理（上）：第 4 章 幾何光學

測驗目標 • 評量學生對於日常生活中各種面鏡的應用與原理

難 易 度 • 中

- 詳解** • (A) 裝設在大賣場天花板角落的面鏡為凸面鏡，可觀察到縮小虛像。
 (B) 裝設在道路轉彎處的面鏡為凸面鏡，以便觀察到更大的範圍，使視野更佳。
 (C) 手電筒常利用凹面鏡作為反射面，燈泡置於焦點處，使反射後射出的光線變為平行光。
 (D) 化妝鏡若要具有放大效果須使用凹面鏡，且使用時臉的位置須在凹面鏡的焦距內，以產生正立的放大虛像。
 (E) 由於凸面鏡之放大率小於 1 ($M < 1 \Leftrightarrow \left| \frac{q}{p} \right| < 1$)
 $\therefore |q| < |p|$ ，其像距小於物距，形成縮小的虛像

3. 下列有關理想的黑體輻射及其強度（相當於每單位面積的表面所發出的輻射功率）的敘述，何者正確？

- (A) 黑體輻射的溫度升高時，其輻射強度對波長的分布曲線中之峰值所對應的波長變短
 (B) 波耳是第一位提出電磁波能量量子化，來解釋黑體輻射強度對波長分布的科學家
 (C) 黑體輻射強度對波長的分布曲線與黑體的溫度和材料有關，而與黑體的形狀和大小無關
 (D) 現今的宇宙微波背景輻射對應到一個約 77 K 的黑體輻射
 (E) 黑體輻射是指黑色物體發出的物質波

答案 • (A)

命題出處 • 基礎物理（一）：第 9 章 宇宙學簡介
 選修物理（下）：第 10 章 近代物理的重大發現

測驗目標 • 評量學生對於黑體輻射之源由、原理與實驗結果的認知與理解

難易度 • 中

- 詳解** • (A) 黑體輻射的溫度升高時，其輻射強度對波長的分布曲線中之峰值所對應的波長變短。
 $\lambda_m \cdot T = \text{定值}$
 $T \uparrow \Leftrightarrow \lambda_m \downarrow$
 (B) 普朗克是第一位提出電磁波能量量子化，來解釋黑體輻射強度對波長分布的科學家。
 (C) 黑體輻射強度對波長的分布曲線與黑體的溫度和材料、形狀及大小均無關。
 (D) 現今的宇宙微波背景輻射對應到一個約 3 K 的黑體輻射。
 (E) 黑體是一個理想化的模型，可以吸收所有照射於表面的電磁波，其在某溫度下達熱平衡後會釋放出特定的電磁波光譜分布圖而並非物質波。

4. 在圖 1 所示的「水波槽實驗」裝置中，下列關於其分項裝置的敘述，何者正確？

- (A) 長方形木條起波器的目的是要產生圓形波
- (B) 可變電阻是用來改變電流，以調整光照的強度
- (C) 白紙上顯示的相鄰兩亮紋間距恰等於水波的波長
- (D) 水波槽的四周需用海綿條圍住，以避免水波頻率改變
- (E) 水波的波谷在強光通過時，會有類似凹透鏡的效果，在白紙上顯現出暗紋

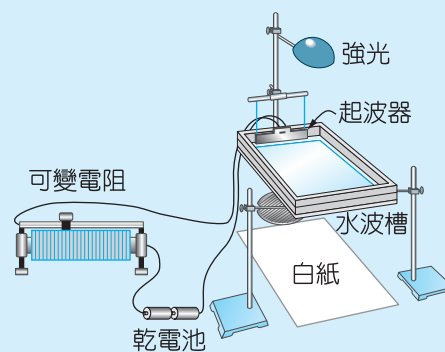


圖 1

答案 • (E)

命題出處 • 選修物理（上）：第 2 章 波動

測驗目標 • 評量學生對於水波槽實驗器材使用之目的與原理

難易度 • 中

詳解 • (A) 長方形木條起波器的目的是要產生直線波。

(B) 可變電阻的目的是用來改變電流，繼而改變起波器振動頻率藉以改變水波的波長，與光照的強度無關。

(C) 由於強光源並非平行光，故白紙上顯示的相鄰兩亮紋間距不一定恰等於水波的波長。

(D) 水波槽的四周需用海綿條（阻波器）圍住，目的是吸收傳播至水波槽邊緣的水波以避免其反射，與水波頻率改變無關。

(E) 水波的波谷在強光通過時，會有類似凹透鏡的效果，使光線發散，在白紙上顯現出暗紋。

5. 聲波在空氣柱內重疊時，可以形成駐波。考慮聲波在一端開口、一端閉口的空氣柱內所形成的駐波，並將聲波視為傳遞空氣分子位移變動的縱波時，下列關於駐波特性的敘述，何者正確？

- (A) 開口處為波節
- (B) 在閉口處發生建設性疊加
- (C) 相鄰兩波節的間距為一個波長
- (D) 相鄰波節與波腹的間距為 $\frac{1}{4}$ 波長
- (E) 該駐波是由沿相同方向前進的兩波互相重疊而成

答案 • (D)

命題出處 • 選修物理（上）：第 3 章 聲波

測驗目標 • 評量學生對於閉管空氣柱形成駐波原理的認知

難易度 • 中

- 詳解 • (A) 開口處為波腹。
 (B) 在閉口處發生破壞性疊加。
 (C) 相鄰兩波節的間距為半個波長。
 (D) 相鄰波節與波腹的間距為 $\frac{1}{4}$ 波長。
 (E) 該駐波是由沿相反方向前進的兩波互相重疊而成。

6. 一細繩上出現沿水平方向行進的週期性橫波，以致繩上各點均作簡諧振動，在某時刻其中一段的波形如圖 2 所示， x 與 y 分別代表繩上各點（簡稱質點）的水平位置坐標與垂直位置坐標，已知此時質點 P 的速度方向為垂直向下，高度低於其平衡位置。當波繼續行進，質點 P 位於最低點時，下列敘述何者正確？

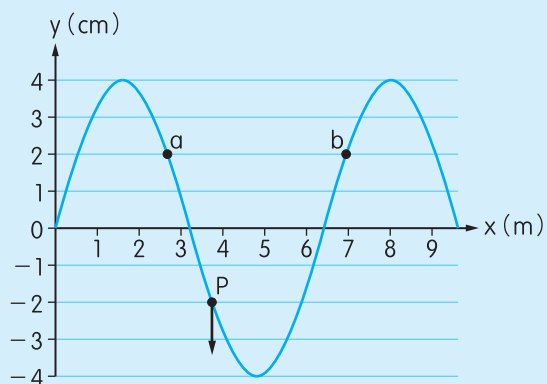


圖 2

- (A) 質點 a 的 $y < 0$
 (B) 質點 a 的 $y = 0$
 (C) 質點 b 的 $y < 0$
 (D) 質點 b 的 $y = 0$
 (E) 質點 a 到達最高點

答案 • (A)

命題出處 • 基礎物理（二）B 上：第 5 章 牛頓運動定律的應用
 選修物理（上）：第 2 章 波動

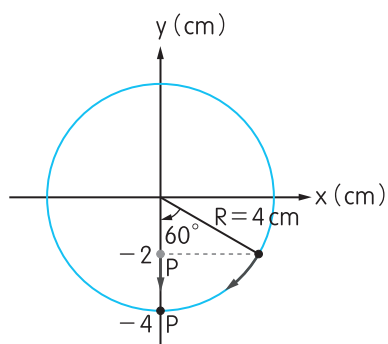
測驗目標 • 評量學生對於週期正弦波、質點作簡諧振動之推理與認知

難易度 • 中

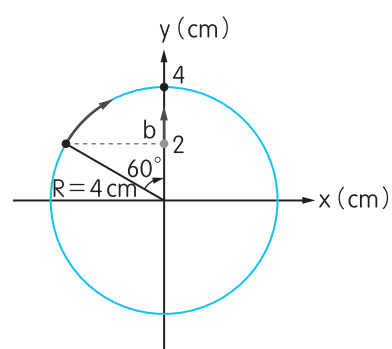
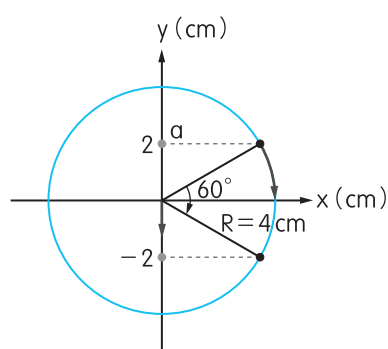
詳解 • (1) 質點 P 的速度方向向下，故可判定此橫波向左運動。

(2) 由簡諧運動（投影圓作圖）可知：P 點至最低點歷時 $\frac{1}{6}T$

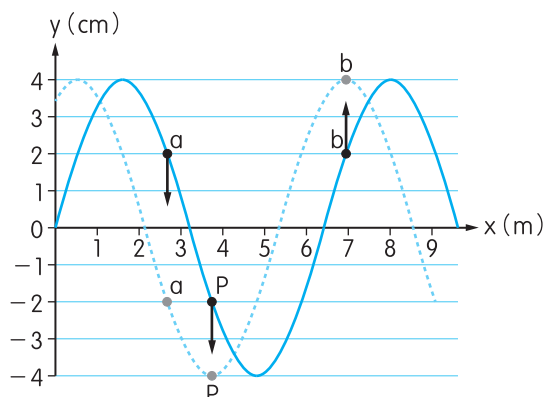
$$\Delta t = \frac{60^\circ}{360^\circ} T = \frac{1}{6} T$$



同理，a 點歷時 $\frac{1}{6}T$ ，b 點歷時 $\frac{1}{6}T$



如下圖所示，當質點 P 位於最低點時，此時質點 a 的 $y < 0$ ，質點 b 的 $y = 4$ ，故選項(A)正確。



7. 將位於同一高度的甲、乙兩質點，以相同初速同時鉛直上拋。甲在僅受重力的情況下，自初始上拋至再回到起點所需的時間為 $t_{甲}$ ，過程中最大的上升高度離起點為 h 。但乙在上升時，與一片固定在離起點高度為 $\frac{h}{2}$ 的水平鋼板面發生彈性碰撞而向下折返，自初始上拋至再回到起點所需的時間為 $t_{乙}$ 。若空氣阻力可忽略，則下列敘述何者正確？
- (A) $t_{甲} = t_{乙}$
 (B) 乙再回到起點瞬間，甲的速度方向為向下
 (C) 在各自再回到起點瞬間，甲、乙兩者的動能相同
 (D) 就上拋至再回到起點的整個過程而言，重力對甲所作之功大於對乙所作之功
 (E) 乙發生碰撞後，向下運動的加速度量值，大於甲向下運動的加速度量值

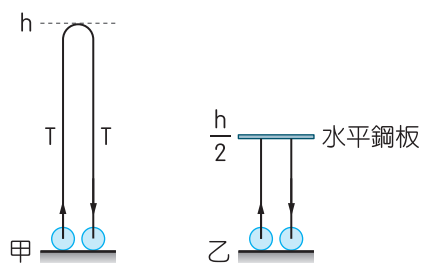
答案 • 無答案。本題為力學基本題，唯題目未明示兩質點質量是否相同，造成條件不足。

命題出處 • 基礎物理（二）B 上：第 1 章 運動學——直線運動
 基礎物理（二）B 下：第 8 章 功與動能

測驗目標 • 評量學生對於鉛直上拋運動型態與作功分析的能力

難易度 • 中

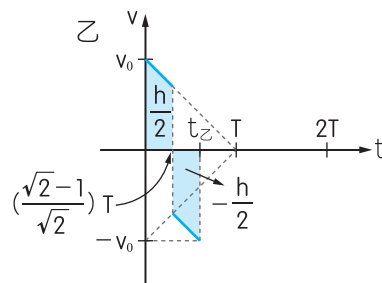
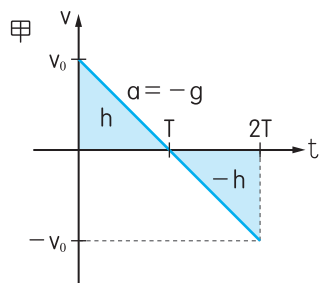
詳解 •



甲：由 $v-t$ 圖依據對稱性， $t_{甲} = 2T$

乙：由 $v-t$ 圖圖形下面積與時間之關係可得

$$t_{乙} = 2 \times \left(\frac{\sqrt{2}-1}{\sqrt{2}} \right) T = (2-\sqrt{2}) T < T$$



- (A) $t_{甲} > t_{乙}$
 (B) 由於乙再回到起點瞬間 $t_{乙} < T$ ，故甲仍在上升途中。
 (C)(D) 對甲、乙而言，總位移均為零，故重力作功均為零。

依據功能定理，兩者重力作功相等（均為零），故動能與初拋之動能相同，然因本題未述明甲、乙兩「質點」是否質量相同，故無法判定。

- (E) 乙碰撞後之加速度仍為 g 向下，故與甲相同。

8. 甲、乙、丙三條導線的長度、截面積及在相同外加電壓下的電流如表 1 所示。假設各導線的溫度相同，且都遵守歐姆定律，則依表 1 判斷，在該溫度下，此三條導線材料的電阻率大小順序為何？

表 1

金屬線標示	甲	乙	丙
長度 (m)	40	20	10
截面積 (mm^2)	0.5	1.0	1.0
電流 (A)	0.5	1.0	1.0

- (A) 甲 > 乙 > 丙
 (B) 乙 > 甲 > 丙
 (C) 丙 > 乙 > 甲
 (D) 甲 > 丙 > 乙
 (E) 丙 > 甲 > 乙

答案 • (C)

命題出處 • 選修物理（下）：第 7 章 電流、電阻與電路

測驗目標 • 評量學生對於歐姆定律與電阻定律的理解與認知

難易度 • 中

詳解 • 由歐姆定律 $R = \frac{V}{I}$ 及電阻定律 $R = \rho \frac{\ell}{A}$ 可得：電阻率 $\rho = \frac{RA}{\ell} = \frac{VA}{I\ell} \propto \frac{A}{I\ell}$

$$\begin{aligned} \therefore \rho_{甲} : \rho_{乙} : \rho_{丙} &= \frac{0.5}{0.5 \times 40} : \frac{1.0}{1.0 \times 20} : \frac{1.0}{1.0 \times 10} = \frac{1}{40} : \frac{1}{20} : \frac{1}{10} \\ &= 1 : 2 : 4 \end{aligned}$$

三條導線材料的電阻率大小順序為： $\rho_{丙} > \rho_{乙} > \rho_{甲}$

9. 如圖 3 所示，在 yz 平面的環形金屬線圈以坐標系原點 O 為中心， xy 平面為水平面，地球磁場指向 $+y$ 方向。位於原點 O 處的小磁針，可繞 z 軸在 xy 平面自由轉動，當環形線圈中的電流為 2.0 安培時，磁針與 $+x$ 軸的夾角為 37° 。若要使磁針與 $+x$ 軸的夾角變為 45° ，則環形線圈中的電流應調整為多少安培？

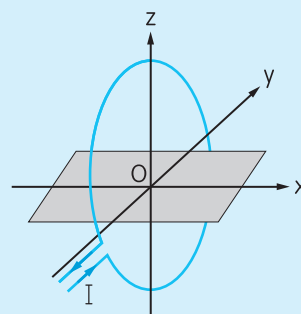


圖 3

- (A) 1.0 (B) 1.5 (C) 2.0
 (D) 2.7 (E) 3.5

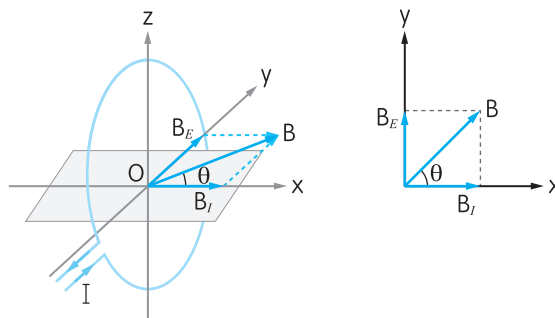
答案 • (B)

命題出處 • 選修物理（下）：第 8 章 電流的磁效應

測驗目標 • 評量學生對於載流圓線圈建立磁場與地磁之向量關係

難易度 • 中

詳解 • 由載流環形金屬線圈在原點 O 所建立的磁場 B_I 與地磁 B_E 之關係如下圖所示



磁針與 x 軸的夾角 θ

$$\tan \theta = \frac{B_E}{B_I} = \frac{B_E}{\frac{\mu_0 I}{2\pi r}} \propto \frac{1}{I}$$

$$\therefore \frac{\tan 37^\circ}{\tan 45^\circ} = \frac{I'}{I} \quad (I' : \text{調整後的電流})$$

$$\text{帶入數值可得：} \frac{3}{4} = \frac{I'}{2.0} \Rightarrow I' = 1.5 \text{ (A)}$$

第 10、11 題為題組

GPS 是 Global Positioning System（全球定位系統）的簡稱，它為使用者提供定位導航和定時服務。GPS 系統包括多顆衛星，在距離地球表面約 20200 公里的太空軌道上運行，每顆衛星內部裝置有精密的原子鐘，並以無線電波持續向地球發射訊號，不斷提供 GPS 衛星的編號、位置和精確時間。理論上使用三顆衛星即可定位，但因訊號傳輸需要時間，且地面 GPS 的接收器如智慧型手機並未內建精準的計時工具，即使極微小的時間差都會導致換算距離時出現巨大誤差，因此需要校正。地面上使用者的接收器在任何時間、任何地點，只要同時接收到至少四顆衛星的訊號，記錄訊號到達時間，即可使用這些資訊來確定該接收器在三維空間中的位置。取光速為 $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。

10. 依據上述資料，下列敘述何者正確？
- (A)無線電波的波長比紅外線的波長還短
- (B)無線電波訊號自 GPS 衛星傳送至地面接收器約需 6.7 秒
- (C)若地面 GPS 接收器的時間能夠精確測量到千分之一秒，則無須其他校正，就能夠在小於 100 公尺的誤差範圍內，定位出地面接收器的三維空間位置
- (D)地面 GPS 接收器只需要測量並計算出它到三顆衛星的距離，就能夠精確定位出它的三維空間位置
- (E)至少需要四顆衛星各自到接收器距離的數據，方能根據第四顆衛星的距離校正接收器內部的計時裝置，藉此得到精確的時間測量，提升定位的精準度

答案 • (E)

命題出處 • 基礎物理（一）：第 6 章 波
 基礎物理（二）B 上：第 1 章 運動學——直線運動
 基礎物理（二）B 下：第 7 章 萬有引力

測驗目標 • 評量學生理解科學資料的能力

難易度 • 中

詳解 • (A) 無線電波的波長比紅外線的波長還長。

(B) 無線電波訊號自 GPS 衛星傳送至地面接收器的時間

$$t = \frac{20200 \times 10^3}{3 \times 10^8} \div 0.067 \text{ (秒)}$$

(C) 由於即使極微小的時間差都會導致換算距離時出現巨大誤差，因此需要校正。

(D)(E) 由題意得知，因訊號傳輸需要時間，且地面 GPS 的接收器如智慧型手機並未內建精準的計時工具，故地面上使用者的接收器在任何時間、任何地點，要同時接收到至少四顆衛星的訊號，記錄訊號到達時間，方可使用這些資訊來確定該接收器在三維空間中的位置。

11. 已知地球半徑約 6400 公里，而地球同步衛星在距離地球表面約 36000 公里的太空軌道上運行。若 GPS 衛星與地球同步衛星繞行地球之運動皆可視為等速圓周運動，則 GPS 衛星繞行角速率約為地球同步衛星繞行角速率的多少倍？

(A) 2 (B) $\frac{1}{2}$ (C) 1 (D) 4 (E) $\frac{1}{4}$

答案 • (A)

命題出處 • 基礎物理（二）B 下：第 7 章 萬有引力

測驗目標 • 評量學生對於克卜勒第三定律的應用與推理

難易度 • 難

詳解 • 由克卜勒運動行星第三定律可得： $\frac{R^3}{T^2} = \text{定值}$

由衛星繞行角速率 $\omega = \frac{2\pi}{T} \propto \frac{1}{T}$ 可得各衛星 $\omega^2 R^3 = \text{定值}$

或由各衛星所受地球之萬有引力當作向心力：

$$\frac{GMm}{R^2} = mR\omega^2 \Rightarrow \omega = \sqrt{\frac{GM}{R^3}}$$

均可得 $\omega \propto R^{-\frac{3}{2}}$

$$\therefore \frac{\omega_{GPS}}{\omega_{\text{同步}}} = \left(\frac{6400 + 20200}{6400 + 36000} \right)^{-\frac{3}{2}} \div (0.63)^{-\frac{3}{2}} \div 2$$

12. 手機的無線充電是近年來發展出來的新科技，它使用到的物理原理是電磁感應。假設一手機內有邊長為 0.050 m、匝數為 1000 匝的正方形線圈，今將此正方形線圈置於垂直於線圈面且隨時間變動的均勻磁場 B 中，如圖 4 所示。當磁場 B 的時變率 $\frac{\Delta B}{\Delta t} = 1.0 \text{ N}/(\text{A} \cdot \text{m} \cdot \text{s})$ 時，則正方形線圈兩端

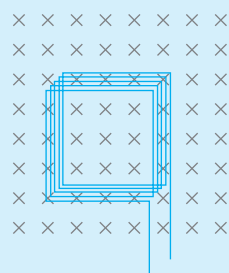


圖 4

間的應電動勢為下列何者？

- (A) 25 mV (B) 250 mV (C) 2.5 V (D) 25 V (E) 250 V

答案 • (C)

命題出處 • 選修物理（下）：第 9 章 電磁感應

測驗目標 • 評量學生對於法拉第電磁感應定律之理解與應用

難易度 • 中

詳解 • 依據法拉第電磁感應定律可得

$$\begin{aligned} \text{應電動勢 } |\varepsilon| &= \left| -N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \right| \\ &= \left| -N \left(\frac{\Delta B}{\Delta t} \right) A \cdot \cos 0^\circ \right| \\ &= 1000 \times 1.0 \times 0.050^2 \\ &= 2.5 \text{ (V)} \end{aligned}$$

第 13、14 題為題組

13. 已知光子的動量 p 、能量 E 與光速 c 的關係為 $E=pc$ 。有科學家提議可依此關係，利用太空船上裝置太陽帆吸收或反射光子來加速，以進行太空旅行。下列敘述何者錯誤？
- (A) 在相同條件下，完全吸收光子與完全反射光子的太陽帆，前者使太空船產生的加速度量值較大
- (B) 在其他條件不變下，太陽帆張開的面積越大，太空船的加速度量值越大
- (C) 在其他條件不變下，離太陽越遠，太空船的加速度量值越小
- (D) 該太空船利用太陽帆來增加動能時，其能量來自光子
- (E) 利用光子與太陽帆作用前後之動量變化，可計算該太空船的加速度量值

答案 • (A)

命題出處 • 基礎物理（一）：第 7 章 能量

基礎物理（二）B 上：第 4 章 牛頓運動定律

基礎物理（二）B 下：第 6 章 動量與動量守恆律

選修物理（下）：第 10 章 近代物理的重大發現

測驗目標 • 評量學生對於牛頓第二運動定律之合力與動量時變律的關係及能量轉換的認知

難易度 • 中

詳解 • 依據作用力與反作用力的關係：

光子總動量之時變率 = 太空船（太陽帆）的受力量值

$$F_{\text{光子}} = \left| N \frac{\Delta p}{\Delta t} \right| = F_{\text{船}} = m_{\text{船}} a_{\text{船}} \cdots \cdots \textcircled{1}$$

(A) 在相同條件下，完全吸收光子，對於光子動量變化 $\Delta p \doteq |0 - p|$ 而完全反射光子，對於光子動量變化

$$\Delta p \doteq |-p - p| = 2p \cdots \cdots \textcircled{2}$$

由①式 $a_{\text{船}} \propto \Delta p$ 可得，完全反射光子的太陽帆，使太空船產生的加速度量值較大。

(B) 在其他條件不變下，太陽帆張開的面積愈大，則入射太陽帆之光子數目 N 愈多，由 $a_{\text{船}} \propto N$ 可得，太空船的加速度量值愈大。

(C) 在其他條件不變下，離太陽愈遠，入射太陽帆之光子數目 N 愈少，由 $a_{\text{船}} \propto N$ 可得，則太空船的加速度量值愈小。

(D) 依據能量的轉換，太空船用太陽帆來增加動能時，其能量來自光子。

(E) 利用光子與太陽帆作用前後之動量變化，可計算該太空船的加速度量值。

14. 假設一太空船連同太陽帆的總質量為 $1.0 \times 10^3 \text{ kg}$ ，其太陽帆面積為 $1.0 \times 10^6 \text{ m}^2$ ，帆上單位面積接受太陽來的光子功率為 $1.5 \times 10^3 \text{ W/m}^2$ 。若太陽帆能夠將光子完全反射，則此太空船因為光子照射造成的最大加速度量值最接近下列何者？取真空中光速 $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ 。
- (A) $5.0 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$
 (B) $1.0 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2$
 (C) 0.50 m/s^2
 (D) 10.0 m/s^2
 (E) $1.0 \times 10^3 \text{ m/s}^2$

答案 • (B)

命題出處 • 基礎物理 (二)B 上：第 4 章 牛頓運動定律
 基礎物理 (二)B 下：第 6 章 動量與動量守恆律
 第 8 章 功與動能
 選修物理 (下)：第 10 章 近代物理的重大發現

測驗目標 • 評量學生對於光子作用產生加速度之分析能力

難易度 • 難

詳解 • (1) 太陽帆上單位面積接受太陽來的光子功率

$$P = 1.5 \times 10^3 \text{ W/m}^2 = 1.5 \times 10^3 \text{ J}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$$

(2) 太陽帆上所接受太陽來的光子總功率

$$P_{\text{總}} = PA = (1.5 \times 10^3) \times (1.0 \times 10^6) = 1.5 \times 10^9 \text{ (J/s)}$$

(3) 太陽帆上所接受太陽來的光子總功率 $P_{\text{總}} = \frac{NE}{\Delta t} = \frac{Npc}{\Delta t} \dots\dots\dots \textcircled{3}$

(4) 由上題①、②式及③可得：

$$F_{\text{光子}} = \left| N \frac{\Delta p}{\Delta t} \right| \div N \times \frac{2p}{\Delta t} = \frac{2P_{\text{總}}}{c} = m_{\text{船}} a_{\text{船}}$$

$$\Leftrightarrow \frac{2 \times (1.5 \times 10^9)}{3 \times 10^8} = (1.0 \times 10^3) \times a_{\text{船}}$$

$$\Leftrightarrow a_{\text{船}} = 1.0 \times 10^{-2} \text{ (m/s}^2\text{)}$$

15. 基於安全考量，一個容量為 10 公升的氧氣瓶，裝了一個當壓力大於 12 大氣壓時就會將氣體排出的洩氣閥，此氧氣瓶裝有溫度 300 K、壓力 10 大氣壓的氧氣。在運送時，氧氣瓶被裝載在車廂中，但炎炎夏日下，車廂內溫度變高，此時洩氣閥正常工作，排出部分氣體，當運送到目的地時，氧氣瓶的氧氣壓力為 12 大氣壓、溫度為 400 K。取理想氣體常數為 $0.082 \text{ atm} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ ，則排出的氣體約為多少莫耳？
- (A) 1.3 (B) 0.41 (C) 0.23 (D) 0.11 (E) 0.051

答案 • (B)

命題出處 • 選修物理（上）：第 1 章 熱學

測驗目標 • 評量學生對於理想氣體方程式之應用與推理

難易度 • 中

詳解 • (1) 氧氣瓶內氣體原有狀態之理想氣體方程式：

$$10 \times 10 = n \times 0.082 \times 300 \Rightarrow n \doteq 4.07 \text{ (莫耳)}$$

(2) 到目的地時，氧氣瓶內氣體之理想氣體方程式：

$$12 \times 10 = n' \times 0.082 \times 400 \Rightarrow n' \doteq 3.66 \text{ (莫耳)}$$

(3) 排出的氣體 $\Delta n = n - n' = 4.07 - 3.66 \doteq 0.41$ (莫耳)

16. 一靜止且密封容器內有處於熱平衡的兩種單原子分子的理想氣體，分別是 2 莫耳的氣體 X 和 1 莫耳的氣體 Y。已知 Y 的分子量是 X 的分子量的 2 倍，則下列敘述何者正確？

(A) 兩種氣體分子的總動量不相等

(B) 兩種氣體分子的方均根速率相等

(C) X 氣體的分壓是 Y 氣體分壓的 $\frac{1}{2}$ 倍

(D) X 氣體分子總動能是 Y 氣體分子總動能的 2 倍

(E) X 氣體分子平均動能是 Y 氣體分子平均動能的 2 倍

答案 • (D)

命題出處 • 選修物理（上）：第 1 章 熱學

測驗目標 • 評量學生對於氣體動力論的分析能力

難易度 • 中

詳解 • (A) 由於分子運動是一種隨機的運動，平均來說，朝各個方向運動分子的數目無明顯差異。故對兩種氣體而言，總動量均為零。

(B) $v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ ，由於兩種氣體處於熱平衡狀態，故溫度 T 相等，然因分子量 M 不同，故分子的方均根速率不相同。

(C) 氣體的分壓與莫耳數成正比，故 X 氣體的分壓是 Y 氣體分壓的 2 倍。

(D) 氣體分子總動能 $N\bar{E}_k = \frac{3}{2}nRT \propto n$ ，故 X 氣體分子總動能是 Y 氣體分子總動能的 2 倍。

(E) 氣體分子平均動能 $\bar{E}_k = \frac{3}{2}kT$ ，故 X 氣體分子平均動能與 Y 氣體分子平均動能相等。

17. 如圖 5 所示，一個被固定在鉛直面上，半徑為 r 的圓形光滑軌道玩具，將質量分別為 m 與 $2m$ 的甲與乙兩質點，靜置於光滑圓形軌道內緣，甲離水平地面的高度為 r ，而乙位於軌道最低點。當甲自靜止開始沿著軌道下滑後，與乙發生正面彈性碰撞。碰撞後乙沿軌道可爬升的最大鉛直高度為下列何者？

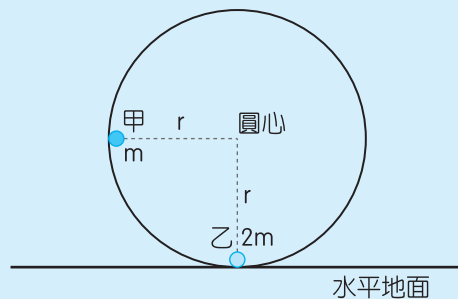


圖 5

- (A) r (B) $\frac{2}{3}r$ (C) $\frac{1}{2}r$ (D) $\frac{4}{9}r$ (E) $\frac{1}{3}r$

答案 • (D)

命題出處 • 基礎物理 (二) B 下：第 9 章 位能與力學能守恆律
第 10 章 碰撞

測驗目標 • 評量學生對於力學能守恆與彈性碰撞的理解與分析。

難易度 • 中

詳解 • (1) 甲離水平地面的高度 r 下滑至軌道最低點，依據力學能守恆

$$mgr = \frac{1}{2}mv_{\text{甲}}^2。$$

(2) 甲與乙發生正面彈性碰撞，碰撞後乙的速度 $v_{\text{乙}} = \frac{2m}{m+2m}v_{\text{甲}} = \frac{2}{3}v_{\text{甲}}。$

(3) 依據力學能守恆，乙沿軌道可爬升的最大鉛直高度 $h_{\text{乙}}$

$$\frac{1}{2}mv_{\text{乙}}^2 = mgh_{\text{乙}} \Leftrightarrow \frac{1}{2}m\left(\frac{2}{3}v_{\text{甲}}\right)^2 = \frac{4}{9}mgr$$

$$\therefore h_{\text{乙}} = \frac{4}{9}r$$

18. 如圖 6 所示，一質量為 m 的小物體靜止在傾角為 60° 、長度為 L 且固定不動之斜面的最低點 P。現對此物體施加量值不變、方向始終沿斜面方向向上的力 F ，使物體沿斜面運動到達斜面長度 $\frac{L}{2}$ 的 Q 點，在 Q 點時立即撤去外力 F 。若要使物體能夠到達斜面最高點 R，則外力 F 的量值至少需為多少？設物體與斜面之動摩擦係數為 μ 、重力加速度為 g 。

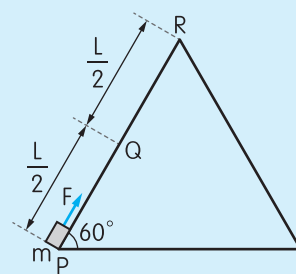


圖 6

- (A) $\frac{\sqrt{3}}{2}\mu mg$ (B) $(\sqrt{3}+1)\mu mg$ (C) $\frac{(\mu+\sqrt{3})}{2}mg$
(D) $(\sqrt{3}\mu+1)mg$ (E) $(\mu+\sqrt{3})mg$

答案 • (E)

命題出處 • 基礎物理 (二) B 下：第 8 章 功與動能
第 9 章 位能與力學能守恆律

測驗目標 • 評量學生對於非保守力作功與總力學能變化關係的分析能力

難易度 • 中

詳解 • 由最低點 P 至最高點 R ：

施力 F 作正功 + 動摩擦力作負功 = 總力學能的變化 (以地表為零位面)

$$F \times \frac{L}{2} - \mu mg \cos 60^\circ \times L = mg(L \sin 60^\circ) - 0$$

$$\Rightarrow F = (\mu + \sqrt{3}) mg$$

第 19、20 題為題組

一質量為 1000 kg 的汽車在十字路口 ($x=0$) 停下等待，當紅燈轉綠燈後，開始在筆直水平道路上沿 $+x$ 方向作直線運動，前 300 m 的加速度 a 與位置 x 之關係如圖 7 所示。

19. 汽車在下列哪一路段作等速度運動？

- (A) $0 < x < 100$ m
- (B) $100 \text{ m} < x < 200$ m
- (C) $200 \text{ m} < x < 300$ m
- (D) $0 < x < 200$ m
- (E) $0 < x < 100$ m 及 $200 \text{ m} < x < 300$ m

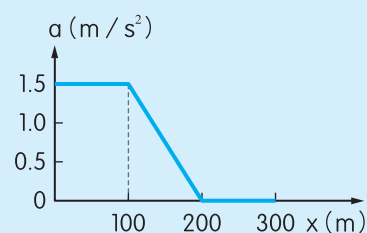


圖 7

答案 • (C)

命題出處 • 基礎物理 (二) B 上：第 1 章 運動學——直線運動

測驗目標 • 評量學生藉由圖形對於等速度運動的認知

難易度 • 易

詳解 • 汽車作等速度運動，其加速度為零，故選項(C)正確。

20. 在前 300 m 的路途中，汽車的最大速率約為多少 m/s？

- (A) 90
- (B) 76
- (C) 62
- (D) 21
- (E) 10

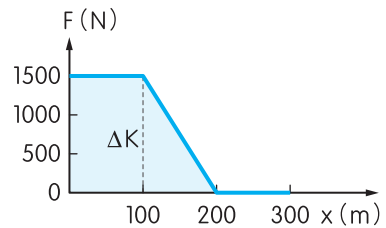
答案 • (D)

命題出處 • 基礎物理 (二) B 下：第 8 章 功與動能

測驗目標 • 評量學生對於變力作功與功能定理的認知及推理能力

難易度 • 中

- 詳解** • (1) 由加速度 a 與位置 x 關係圖另繪汽車受力 $F(ma)$ 與位移 x 關係圖，如右圖所示。
- (2) 圖形下的面積即為汽車動能的變化



$$\frac{1}{2} (100 + 200) \times 1500 = \Delta K = \frac{1}{2} \times 1000 \times v_{max}^2$$

$$\Rightarrow v_{max} \doteq 21 \text{ (m/s)}$$

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. 某人拉著紙箱沿斜坡向上等速行走，若此人施加的拉力平行於斜坡的方向，且作用在紙箱上的力只有人施加的拉力、斜面對紙箱的摩擦力、斜面的正向力與重力，則在此等速過程中，下列敘述哪些正確？
- (A) 重力對紙箱作負功
 (B) 人施加的拉力對紙箱作正功
 (C) 摩擦力對紙箱作正功，斜面的正向力對紙箱不作功
 (D) 紙箱的動能沒有增加，代表所有的作用力對紙箱所作的總功為零
 (E) 紙箱的重力位能增加，代表所有的作用力對紙箱所作的總功為正功

答案 • (A)(B)(D)

命題出處 • 基礎物理 (二) B 下：第 8 章 功與動能

第 9 章 位能與力學能守恆律

測驗目標 • 評量學生對於作功的定義與保守力作功及位能變化之關係的認知

難易度 • 中

- 詳解** • (A) 某人拉著紙箱沿斜坡向上等速行走，重力（下滑力）與位移方向相反，故重力對紙箱作負功。
- (B) 人施加的拉力與位移方向相同，故拉力對紙箱作正功。
- (C) 摩擦力方向沿斜面向下，與位移方向相反，故對紙箱作負功；斜面的正向力方向垂直斜面向上，與位移方向垂直，故對紙箱不作功。
- (D) 由於紙箱沿斜坡向上等速運動，故動能沒有增加，依據功能定理，代表所有的作用力對紙箱所作的總功為零。
- (E) 承(B)，由於重力對紙箱作負功，故紙箱的重力位能增加，並非代表所有的作用力對紙箱所作的總功為正功。

22. 在透明固體的折射率測定實驗中，某生以長方體的透明壓克力磚放在方格紙及保麗龍板上當作待測物，以插針法追蹤經待測物的入射光線及折射光線的路徑。已知壓克力磚的長、寬、高分別為 30、10 及 2 公分，下列敘述哪些正確？
- (A) 在同一側所插的 2 針，間距愈近所量測的折射率愈準
 - (B) 若在壓克力磚二平行面外側各插 2 針，共插 4 針，可測得其折射率
 - (C) 若壓克力磚二平行面不是真的平行，亦可由本實驗方法測定其折射率
 - (D) 壓克力磚二平行面是否真的平行，無法由兩側所插針的實驗結果判定
 - (E) 以相距 10 公分的平行面量測折射率，較利用相距 2 公分平行面的結果為精準

答案 • (B)(C)(E)

命題出處 • 選修物理（上）：第 4 章 幾何光學

測驗目標 • 評量學生對於透明壓克力磚折射率的測定之認知

難易度 • 中

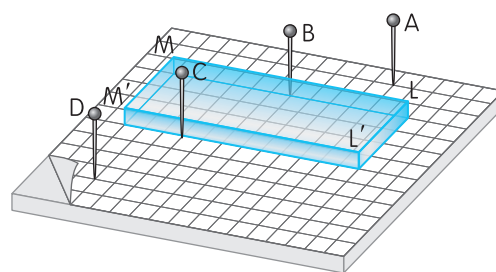
詳解 • (A) 在同一側所插的 2 針，間距愈遠，其光徑愈明確，所量測的折射率才會愈準。

(B) 如右圖所示，若在壓克力磚二平行面外側各插 2 針，共插 4 針，即可測得其折射率。

(C) 若壓克力磚二平行面不平行，只要測量光在玻璃界面的入射角與折射角，仍可測得玻璃磚的折射率。

(D) 壓克力磚二平行面是否真的平行，可藉由實驗所得壓克力磚兩側所插針連線是否平行判定。

(E) 壓克力磚之厚度愈大，其光徑之側位移愈大，其結果較為精準。



23. 甲生在整理實驗器材時，發現有雙狹縫片與單狹縫片共 5 片，其規格標籤都脫落了，導致無法從外觀分辨規格。於是他將這 5 片狹縫片編號為 S1 ~ S5，接著利用同一單色雷射光源做干涉與繞射實驗來比較狹縫片之間的關係。實驗時光屏與狹縫間的距離保持固定，並僅依序更換 5 片狹縫片，觀看光屏上的干涉或繞射圖像，其示意如圖 8 所示，並在光屏上定出 P_i 、 Q_i 兩點 ($i=1 \sim 5$)，且數出 P_i 、 Q_i 之間的暗紋數目 n (包含 P_i 、 Q_i 兩處之暗紋)，量測結果如表 2 所示。下列關於甲生實驗的敘述，哪些正確？

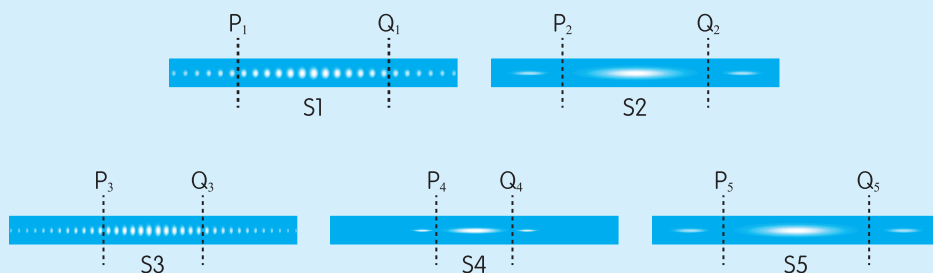


圖 8

表 2

編號	S1	S2	S3	S4	S5
P_i 、 Q_i 兩點間距 $\overline{P_iQ_i}$ (mm)	52	52	26	12	48
n (個)	14	2	14	2	2

- (A) S1 為雙狹縫片；S2 為單狹縫片
 (B) S3 的相鄰縫距是 S1 相鄰縫距的 2 倍
 (C) S5 的縫寬是 S4 縫寬的 4 倍
 (D) 如果僅將光屏和狹縫片的距離變成原來的兩倍，則 S3 的 n 會變成 28
 (E) 如果僅將光屏和狹縫片的距離變成原來的兩倍，則 S5 的 $\overline{P_5Q_5}$ 會變成 24 mm

答案 • (A)(B)

命題出處 • 選修物理 (上)：第 5 章 物理光學

測驗目標 • 評量學生對於光的干涉與繞射實驗之圖形與圖表的認知及變因分析

難易度 • 中

詳解 • (A) 由光屏上 P_i 、 Q_i 兩點間的圖像可判定 S1、S3 為雙狹縫片 (繞射之中央亮帶中有干涉條紋)，S2、S4、S5 為單狹縫片 (僅繞射之中央亮帶)。

$$(B) \text{ 由雙狹縫干涉可得：} \Delta y_{\mp} = \frac{\overline{P_iQ_i}}{n-1} = \frac{\lambda L}{d} \Rightarrow d \propto \frac{1}{\overline{P_iQ_i}}$$

$$\therefore \frac{d_{S1}}{d_{S3}} = \frac{26}{52} = \frac{1}{2} \Rightarrow 2d_{S1} = d_{S3}$$

故 S3 的相鄰縫距是 S1 相鄰縫距的 2 倍

$$(C) \text{ 由單狹縫繞射可得：} 2\Delta y_{\text{繞}} = \frac{\overline{P_i Q_i}}{2-1} = 2\frac{\lambda L}{W} \Rightarrow W \propto \frac{1}{\overline{P_i Q_i}}$$

$$\therefore \frac{W_{S4}}{W_{S5}} = \frac{48}{12} = 4 \Rightarrow W_{S4} = 4W_{S5}$$

故 S4 的縫寬是 S5 縫寬的 4 倍

$$(D) \Delta y_{\text{干}} = \frac{\overline{P_i Q_i}}{n-1} = \frac{\lambda L}{d} \Rightarrow L \propto \frac{1}{n-1}$$

如果僅將光屏和狹縫片的距離變成原來的兩倍（ $\overline{P_i Q_i}$ 兩點的距離不變），則 S3 的 n 會變小，且不為整數。

$$(E) 2\Delta y_{\text{繞}} = \frac{\overline{P_i Q_i}}{2-1} = 2\frac{\lambda L}{W} \Rightarrow L \propto \overline{P_i Q_i}$$

如果僅將光屏和狹縫片的距離變成原來的兩倍，則 S5 的 $\overline{P_5 Q_5}$ 會變成 $48 \times 2 = 96$ (mm)。

24. 電蚊拍利用電子電路讓兩電極間的直流電壓可升高達上千伏特，且兩電極間串聯著一個電阻值很大的電阻。它酷似網球拍的網狀拍外型，一般具有三層金屬導線網，其中構成上、下拍面的兩層較疏的金屬網彼此相通，構成同一電極，處於電路的低電位；夾在中間的一層金屬網則是電路中電位較高的另一電極。已知在一大氣壓下，當電場超過 30 kV/cm 時，空氣通常會被游離而放電。以下僅考慮兩電極的間距為 5 mm 之金屬網，且兩電極間的電壓不足以使空氣游離的電蚊拍。依據上述，判斷下列敘述哪些正確？

- (A) 該電蚊拍兩電極間的電壓可升高至 30 kV
- (B) 閃電生成的基本原理與電蚊拍游離空氣放電的原理是一樣的
- (C) 電蚊拍拍面上的電子由較高的原子能階躍遷回低能階時釋放的能量可使空氣游離
- (D) 飛入兩電極間的蚊蟲相當於導體，即使它只碰到外層電網，也可使兩電極間的空氣間隙減小，以致空氣游離放電
- (E) 電蚊拍中間夾層的金屬網電位高達上千伏特，若人體碰觸金屬網，會因電擊而產生嚴重傷害

答案 • (B)(D)

命題出處 • 選修物理（上）：第 6 章 靜電學

測驗目標 • 評量學生對於平行電板之電位差與電場和板距關係的理解與認知

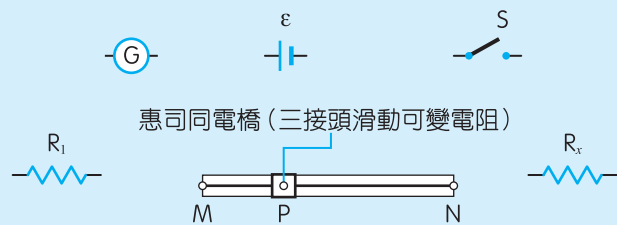
難易度 • 中

- 詳解** • (A) 平行電板的電位差 V 與板間電場 E 之關係： $V=Ed$
 $V < 30 \text{ kV} \times 0.5 = 15 \text{ kV}$
 故該電蚊拍兩電極間的電壓無法升高至 30 kV 。
- (B) 閃電生成的基本原理，一般被認為是雲層內的各種微粒因為碰撞摩擦而積累電荷，當電荷的量達到一定，等效於雲層間或者雲層與大地之間的電壓達到或超過某個特定的值時，因局部電場強度達到或超過當時條件下空氣的電擊穿強度從而引起放電，與電蚊拍游離空氣放電的原理是一樣的。
- (C) 電蚊拍拍面上的電子能階躍遷釋放的能量太小，無法使空氣中之電游子離。
- (D) $V=Ed$
 $\therefore d \downarrow \Rightarrow E \uparrow$
 當 $E > 30 \text{ kV/cm}$ ，即可使空氣游離放電。
- (E) 由於人體碰觸金屬網，亦可使空氣游離放電或形成迴路，然因串聯很大的電阻，電流很小，故不會因電擊而產生嚴重傷害。

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、……），若因字跡潦草、未標示題號、標錯題號等原因，致評閱人員無法清楚辨識，其後果由考生自行承擔。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、欲使用惠司同電橋測量電阻，圖 9 中為電路元件的符號，其中 G 為檢流計、 ε 為直流電源供應器、 S 為開關、 R_1 為已知電阻、 R_x 為待測電阻。另有惠司同電橋（三接頭滑動可變電阻），其電阻大小與電阻線的長度成正比。



1. 利用圖 9 的元件各一個及數條接線，安裝成惠司同電橋來測量 R_x 的電阻值，試畫出其電路圖。（4 分）
2. 列出相關公式，並說明利用惠司同電橋可測量出未知電阻的基本原理。（3 分）
3. 簡要說明利用惠司同電橋測量 R_x 的步驟。（3 分）

答案 • 1. 見詳解

2. 見詳解

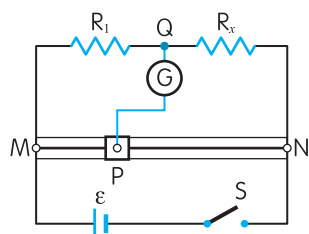
3. 見詳解

命題出處 • 選修物理（下）：第 7 章 電流、電阻與電路

測驗目標 • 評量學生對於惠司同電橋實驗之架構、原理與步驟

難易度 • 中

詳解 • 1.



2. 當檢流計的讀數為零時，P、Q 兩點等電位，又根據電阻定律 $R = \rho \frac{L}{A}$

$$\Rightarrow \frac{R_1}{R_x} = \frac{\overline{MP}}{\overline{NP}}$$

$$\Rightarrow R_x = R_1 \frac{\overline{NP}}{\overline{MP}}, \overline{MP} \text{ 是 M 到 P 的長度, } \overline{NP} \text{ 是 N 到 P 的長度}$$

3. (1) 連接線路圖如上圖。
- (2) 連接開關 S。
- (3) 移動滑動接頭一直到檢流計ⓐ的讀數為零。
- (4) 測得 \overline{MP} 、 \overline{NP} 長度。
- (5) 由 $R_x = \frac{\overline{NP}}{\overline{MP}} R_1$ 測得待測電阻 R_x 。

二、獲得 2018 年諾貝爾物理學獎的科學家對雷射領域做出的重要貢獻，包括了光學鑷子在物理學上的應用，本大題將探討傳統鑷子與光學鑷子的原理。

1. 傳統鑷子：

用兩邊長各為 L 、末端重合成 V 字形的鑷子，去夾半徑為 R 、質量為 m 的玻璃小球。夾小球時，鑷子在鉛垂面上，若每邊對小球施力量值為 F ，恰可將小球夾起，鑷子與小球的接觸點，如圖 10 所示。試畫出小球所受各外力的力圖（需標示各外力的名稱），並計算出鑷子與小球之間的靜摩擦係數 μ 至少為若干？設重力加速度為 g 。（5 分）

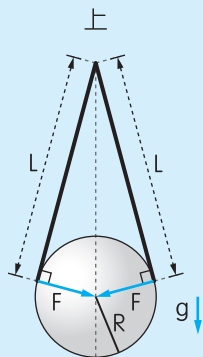


圖 10

2. 光學鑷子：（應用高度聚焦的雷射光束來控制微小物體）

當雷射光穿透折射率比周圍介質還大的球形微粒（以下簡稱為微粒）時，雷射光束會折射偏向，代表光束中光子的動量發生了變化，由牛頓第三運動定律可知，光子可施力於微粒上。

當微粒的大小遠大於雷射光的波長時，可用幾何光學來解釋光學鑷子的原理。如圖 11 所示，若僅考慮通過會聚透鏡後的雷射光束中，行進方向交會於微粒球心 O 下方的 B 點之編號 1、2 兩條光線，它們射入微粒後會發生偏折，再由微粒的上方射出時，則因光線被折射，光子會施於微粒一個作用方向向下的合力 \vec{F} ，而將微粒向下推移。編號 1、2 兩條光線射入微粒前後，光子的動量分別為 \vec{P}_1 與 \vec{P}_1' 、 \vec{P}_2 與 \vec{P}_2' 。

如圖 12 所示，若改變兩條光線的入射方向使行進方向交會點在微粒球心 O 上方的 C 點，試參考圖 11 的動量表示方式，僅需考慮光的折射，畫出雷射光的光子路徑、雷射光的光子在射入微粒前後的動量 \vec{P}_3 與 \vec{P}_3' 、 \vec{P}_4 與 \vec{P}_4' 並標示出動量變化 $\Delta\vec{P}_3$ 、 $\Delta\vec{P}_4$ 、以及微粒受光子合力 \vec{F} 作用的方向。（5 分）

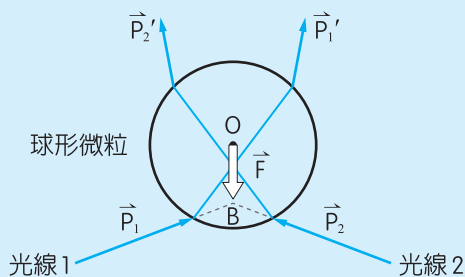


圖 11

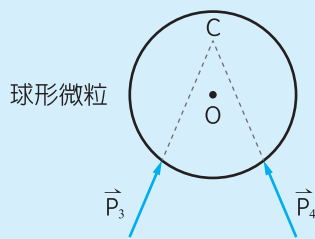


圖 12

答案 • 1. $\frac{\sqrt{R^2+L^2} \cdot mg}{2FL} + \frac{R}{L}$

2. 見詳解

- 命題出處** • 基礎物理 (二)B 上：第 3 章 靜力學
 第 4 章 牛頓運動定律
 基礎物理 (二)B 下：第 6 章 動量與動量守恆律
 選修物理 (上)：第 4 章 幾何光學
 選修物理 (下)：第 10 章 近代物理的重大發現

測驗目標 • 評量學生對於靜力平衡、牛頓第三運動定律、光子動量變化之分析能力

難易度 • 難

詳解 • 1. (1) 小球受力圖如右圖所示

(2) 假設鑷子與鉛直夾角為 θ

由圖可知 $\cos \theta = \frac{L}{\sqrt{L^2+R^2}}$, $\sin \theta = \frac{R}{\sqrt{L^2+R^2}}$

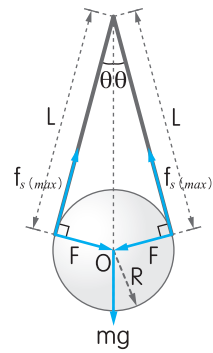
(3) 由力平衡，恰可夾住 \Rightarrow 鉛直力平衡

$$2f_{s(max)} \cos \theta = mg + 2F \sin \theta$$

其中 $f_{s(max)} = \mu N = \mu F$

$$\Rightarrow 3\mu F \left(\frac{L}{\sqrt{R^2+L^2}} \right) = mg + 2F \left(\frac{R}{\sqrt{R^2+L^2}} \right)$$

$$\Rightarrow M = \frac{\sqrt{R^2+L^2} \cdot mg}{2FL} + \frac{R}{L}$$



$f_{s(max)}$: 最大靜摩擦力
 F : 正向力
 mg : 重力

2. 光子的動量變化 $\Delta \vec{P}_3$ 、 $\Delta \vec{P}_4$ (如下右圖)，其合向量方向向下，由動量守恆可知微粒的動量變化方向向上

\Rightarrow 粒子受力方向向上

