

49 48 47 46 45 44 43 42 41 40  
39 38 37 36 35 34 33 32

34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24  
20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10  
3 2 1

翰林 109 指考

# 精彩 解析

ONE HUNDRED  
AND NINE

59 58 57 56 55 54  
55 54 53 52 51 50

## 物理考科

師大附中 陸怡中 老師  
名 師 鍾 怡 老師

依據大考中心公布內容

【試題·答案】

總召集 / 陳彥良  
總編輯 / 李心筠  
主 編 / 史燕玲  
責 編 / 莊孟如  
美 編 / 林婷慧·杜政賢  
◎ 本書內容同步刊載於翰林官網

出 版 / 民國一〇九年七月  
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 #312  
E-mail / periodical@hanlin.com.tw  
翰林官網 <https://www.hle.com.tw>



00843-24

翰 林 出 版

## 一 前 言

109 年指定科目考試已經是 99 課綱施行後的第八次考試，即將邁入最後尾聲，今年的考題相較於去年，難度再些微提升，整體屬中等偏難。雖仍重基礎觀念，但不論閱讀量或敘述過程均較去年增加，少數試題偏難；需計算的題目量較去年多。部分考題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，且融合生活情境的題目與去年相當，可見其已成慣例。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，配分方面高三比例較 108 年提升。總歸來說，今年的題目難易度與往年相比難度稍增，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，由表一可看出大致符合。至於二、三年級出題比例與 108 年度相比，高二部分比例下降，高一部分持平，由表二得知，試題分布仍偏重高三課程。

今年高二力學較偏重高二上學期部分，例如運動學、力矩、牛頓運動定律及其應用等章節。高三試題分布大致與授課時數相當。對於高三上採取全力準備學測的同學而言，如果學測成績不理想，想要回頭拼指考，對於熱學、波動、光學、電磁學、近代物理及實驗部分必須先行複習。高二部分必須掌握 A、B 版差異的章節深化複習方能收到效果，基礎物理的部分有印象即可，無須多所著墨。此外，須確實掌握指考的方向與出題模式。

表一 109 指考物理考科試題分布及近三年配分百分比

主 題	授課時數	節數百分比 (%)	109 指考題號	109 指考配分百分比 (%)	108 指考配分百分比 (%)	107 指考配分百分比 (%)
1. 基礎物理 (一)	15	6	22	5	3	6
2. 力學 (基礎物理 (二) B 上)	34	15	4、5、7、 19、20、21 非選一 2(a)	23	15	17
3. 力學 (基礎物理 (二) B 下)	34	15	8、 非選一 1、2(b)	10	28	14

主 題	授課 時數	節數 百分比 (%)	109 指考 題號	109 指考 配分百分 比 (%)	108 指考 配分百分 比 (%)	107 指考 配分百分 比 (%)
4. 熱學	12	5	9、10	6	6	6
5. 波動	20	8	15	3	3	3
6. 光學	23	9	13、14、23	11	5	8
7. 電磁學	45	19	6、11、12、 17、18、24	20	14	22
8. 近代物理	24	11	1、2、3、16	12	3	14
9. 實驗	25	12	非選二	10	23	10

表二 近五年指考物理考科的年級配分

年 級	109 指考配分	108 指考配分	107 指考配分	106 指考配分	105 指考配分
高一、高二	38	46	37	36	42
高 三	62	54	63	64	58

今年「基礎物理（一）」內容的試題仍僅 1 題，多重選擇題第 22 題是考聲波的各项性質，包括反射、兩介質傳遞之波長變化、是否需介質傳遞與影響傳遞速率及繞射顯著與否等因素，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 4 題考物理量單位之因次式計算；第 5、7、19 題均考摩擦力的作用，包括產生力矩影響轉動的方向、摩擦力種類的判定、圓周運動與簡諧運動等；第 8 題考行星繞恆星作圓軌道運動之受力軌道半徑與各物理量的次方關係。而整份試題最有創意的是第 20 題，以「蘇花改」的區間測速概念考通過偵測點之速限，此題除需使用時速的單位，並由題中資料繪出速率－時間關係圖（ $v-t$  圖），與等速運動做比較，較能釐清題意。整體比例與往年相當。

熱、波動、光學的部分，今年比例較去年些微增加，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。熱學部分，第 9 題考線膨脹的觀念，是近年來較少命題到的單元；第 10 題考理想氣體方均根速率。光學部分，第 13 題考影響雙狹縫干涉的波長因素，結合司乃耳定律，與 104 年命題相仿，整體而言算是中規中矩，屬常見考古題型；第 14 題考藉由光的折射性質判定折射光出射方向，只要考生題目有作練習，應可掌握此部分分數；第 23 題則是取材日常生活常用的智慧型手機鏡頭為例，並結合實驗的操作，考薄透鏡公式成像物、像距與焦距的關係，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，今年的比例較去年提升，還好這部分主要是分布在高三下，如果想要繼續拼指考，那高三下認真上課還是來得及。今年若干極具特色的題目也出現在此部分。第 12 題是結合交通工程，考城市輕軌電車裝置應用，討論電線的高電流產生的磁場對行人是否有害；第 18 題則是藉由設計分壓器，考電路串、並聯關係與計算；第 24 題考高鐵使用的磁煞車系統之原理與效果。此種結合生活情境應用與素養導向試題，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，已成近年及未來趨勢。

最後，近代物理的部分內容較去年為多。最有「前瞻性命題」的，不外乎第 1、2 題考額溫槍測量人體額溫的物理原理及紫外線將口罩滅菌延伸光強度計算光子數。不過各校老師及同學想必均以 107 指考之耳溫槍試題「超前部署」，算是猜題成功。此外，第 16 題考電子碰撞引發波耳氫原子能階躍遷，算是很久沒出現過的考古題。

跨章節命題模式，每年亦為指考的特色之一，然今年著墨不多，僅多選第 21 題考急停跳投，籃球作斜向拋射之力學能守恆與水平、鉛直運動位移與時間關係。以及非選第一題，結合彈簧之力學能守恆、彈性碰撞、簡諧運動等單元。而今年試題強調跨領域之素養命題，結合醫學檢測、交通工程等，堪稱本份試題的一大亮點。

今年實驗題又回歸僅非選實驗 1 題，雖有若干試題有實驗試題的概念，例如第 14、23 題，有平行玻璃磚折射率測定與薄透鏡成像的身影，但仍由文字敘述即可答題。此外，第 11 題考三用電表的使用方式及檢測，也是學校常使用的儀器設備，相信只要有實際操作經驗的同學，會比較容易答題。非選第二題考等電位線與電場實驗的操作步驟與實驗結果，除鼓勵學生動手做實驗外，還要懂得如何闡述分析實驗原理及寫出實驗報告，此將與未來新課綱探究實作課程連結，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 109 年指考物理科試題難易度如表三。由列表可知，今年的題目和去年相比，中等偏難的題目與難題約占六成，整體難度提升，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下降。



表三 109 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)	109 年 總計	108 年 總計
容 易	22	5		9	1、3	17 分	6 分
中等偏易				10、13	12	9 分	15 分
中 等		4、19	8	15	6、11	18 分	41 分
中等偏難		21、非選 一 2(a)	非選一 1、 2(b)	14、23	16、17、 24	34 分	22 分
困 難		7、20		非選二	2、18	22 分	16 分

## 四 試題特色

茲就 109 指考物理科試題的特色分析說明如下：

### 1 重閱讀理解，分析計算量大幅提升

由近年題目的設計可以發現，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，本年度題幹字數高達約 4300 字，恐一般考生會寫不完，故對於題意理解有障礙的考生而言是一大災難。例如第 6 題探討磁場對腦部神經組織的影響，藉由脈衝電流的變化產生脈衝磁場進而產生感應電場與感應磁場，考法拉第電磁感應定律之變因關係；題目敘述冗長，頗有學測考題的味道，但其實並不困難，需要時間及耐心閱讀完後判斷哪位學生所言正確即可。此外，第 20 題，以「蘇花改」命題，需利用運動學知識綜合分析，文字敘述多，數字線索複雜，且需作大量的計算，堪稱整份試題最難題，必須掌握觀念小心謹慎，方可拿分。

今年試題難度約呈現兩極化的現象，題目普遍具有鑑別度，學生需要多思考判斷才能作答。試題多達 14 題需動筆計算，與去年相當，幾乎占試題一半，然因重於選擇題部分，故考生恐需花費更多時間，而無法就非選擇題完整作答，亦可能會是總體分數下降的原因。

### 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 4、8、10、13、19、22 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。但今年試題靈活度高、創新題型多、需思考的時間較長，加上中等難度以下的題型變少，可能讓考生有挫折感，大部分學生要答完整份試題並不容易。

### 3 著重情境結合的素養導向

今年考題結合生活情境的物理素養命題，包括第 1、2、3、6、12、15、20、21、23、24 題；結合科學素養題材，包括第 17、24 題，兩者高達 12 題，考出生活與學術探究情境結合，包含額溫槍、X 射線、脈衝磁場、輕軌電車、智慧型手機照相裝置、高鐵電磁煞車系統等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，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

今年物理試題有許多實驗情境，如電表檢測、分壓器電路設計、智慧型手機透鏡成像等，鼓勵考生動手做實驗、注意實驗環節。除考實驗步驟及原理、目的外，如何改變變因作分析，這些都是老師與學生未來的新挑戰。種種跡象顯示逐步朝 108 課綱之精神邁進。

## 五 總 結

總體而言，今年考題中等偏難，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，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 109 指考趨勢分析所言，推測今年指考試題應較去年難度再增加，由於學測數學科命題太過簡單，而各科均有「報復性命題」的現象，因選擇題部分難度提升，故今年分數預測將較去年再微幅下降，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與指考，已逐步開始朝 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。

#### 第 1、2 題為題組

新型冠狀病毒與流感病毒可使人類感染致病，甚至危害生命，因此必須防止病毒傳播。進出公共場所用額溫槍量測額溫、戴口罩及利用紫外線消滅病毒等都是可行的措施。回答第 1、2 題。

1. 新型冠狀病毒防疫期間，常使用額溫槍量測人體額溫，下列敘述何者正確？
  - (A) 額溫槍量測額溫的物理原理與偵測宇宙背景輻射類似
  - (B) 額溫槍偵測的主要波段為紫外線範圍
  - (C) 額溫槍偵測到主要波段的輻射強度越強，表示額溫越低
  - (D) 額溫槍偵測到最大輻射強度的輻射頻率，隨額溫升高而變小
  - (E) 額溫槍需與額頭表面皮膚達熱平衡才能準確量測額溫

**答 案** (A)

**命題出處** 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觀念及應用的能力

**難 易 度** 易

- 詳 解**
- (A) 額溫槍與偵測宇宙背景輻射，均是利用黑體輻射能量強度與溫度波長的關係曲線判定。
  - (B) 額溫槍偵測的主要波段為紅外線範圍。
  - (C) 依據黑體輻射能量強度與溫度波長的關係曲線，額溫槍偵測到主要波段的輻射強度愈強，表示量測之額溫愈高。
  - (D) 額溫升高，最大輻射強度的輻射波長變小，輻射頻率因而變大  
( $\lambda_{max} \cdot T = \text{定值}$ )
  - (E) 額溫槍不需與額頭表面皮膚接觸，即可藉由額頭之熱輻射，準確量測額溫。

# 試題解析

2. 表面沾有流感病毒的口罩，可使用波長為 253.7 nm 的紫外線-C 照射，破壞病毒的去氧核糖核酸 (DNA) 及核糖核酸 (RNA) 結構，達到消滅病毒的效果。若以強度為  $6,600 \mu\text{W} / \text{cm}^2$  的紫外線-C 垂直照射口罩表面 2.0 s，則兩秒鐘內每平方公分的紫外線-C 光子數約為若干？(普朗克常數  $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ ，光速  $c=3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ )
- (A)  $2.4 \times 10^{13}$     (B)  $6.4 \times 10^{14}$     (C)  $8.4 \times 10^{15}$     (D)  $1.7 \times 10^{16}$     (E)  $9.6 \times 10^{17}$

**答案** (D)

**命題出處** 選修物理 (下)：第 10 章 近代物理的重大發現

**測驗目標** 評量學生對於輻射強度與光子個數及能量計算分析能力

**難易度** 難

**詳解** 紫外線-C 強度  $6600 \mu\text{W} / \text{cm}^2 = 6600 \times 10^{-6} \text{ J/s} \cdot \text{cm}^2$

$$\text{一個光子的能量} = \frac{(6.63 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)}{253.7 \times 10^{-9}} \text{ (J)}$$

兩秒鐘內每平方公分的紫外線-C 光子數為

$$6600 \times 10^{-6} \text{ (J/s} \cdot \text{cm}^2) \times 2 \text{ (s)} \div \frac{(6.63 \times 10^{-34}) \times (3 \times 10^8)}{253.7 \times 10^{-9}} \text{ (J)}$$

$$\div 1.7 \times 10^{16} \text{ (1/cm}^2)$$

3. X 射線應用於醫學影像及晶體結構分析，其頻率範圍約在  $3 \times 10^{17} \text{ Hz}$  至  $3 \times 10^{19} \text{ Hz}$ 。下列有關 X 射線的敘述何者正確？(光速  $c=3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ )
- (A) X 射線可顯示骨骼結構影像，是由於波的干涉所產生  
 (B) X 射線可顯示晶體結構，是由於其高穿透力特性所產生  
 (C) X 射線的路徑不受磁場與電場的影響  
 (D) 用狹縫間距為 0.1 mm 的雙狹縫即可觀察到 X 射線的干涉條紋  
 (E) 氫原子光譜的來曼系就有 X 射線的頻率

**答案** (C)

**命題出處** 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 X 射線應用的概念及特性認知能力

**難易度** 易

**詳解** (A) X 射線可顯示骨骼結構影像，是由於其高穿透力特性所產生。

(B) X 射線可顯示晶體結構，是由於波的繞射性質所產生。

(C) X 射線不帶電，故不受磁場與電場的影響。

(D)  $\lambda = \frac{c}{f}$ ，波長範圍： $\frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^{17}} > \lambda > \frac{3 \times 10^8}{3 \times 10^{19}} \Rightarrow 10^{-9} \text{ m} > \lambda > 10^{-11} \text{ m}$

$\lambda \ll 0.1 \text{ mm}$ ，用 X 射線照射間距為 0.1 mm 的雙狹縫，因亮紋間距太小，無法觀察到 X 射線的干涉條紋。

(E) 氫原子光譜的來曼系為紫外光的頻率範圍。



4. 一質點作週期運動，經測量發現，位移平方的平均等於  $X^2$ ，動量平方的平均等於  $P^2$ ，總力學能等於  $E$ ，下列何者的因次與週期相同？

(A)  $\frac{\sqrt{X^2 P^2}}{E}$       (B)  $\frac{X^2 P^2}{E}$       (C)  $\frac{\sqrt{X^2 E^2}}{P^2}$       (D)  $E \sqrt{\frac{X^2}{P^2}}$       (E)  $E \sqrt{\frac{P^2}{X^2}}$

**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

**測驗目標** 評量學生對於物理量的因次之概念與分析能力

**難 易 度** 中

**詳 解** 位移平方的平均等於  $X^2$ ，其單位為  $\text{m}^2$ ，因次： $[\text{L}]^2$   
 動量平方的平均等於  $P^2$ ，其單位為  $(\text{kg} \cdot \text{m} / \text{s})^2$ ，因次： $[\text{L}]^2[\text{M}]^2[\text{T}]^{-2}$   
 總力學能  $E$ ，其單位為  $\text{kg} \cdot \text{m}^2 / \text{s}^2$ ，因次： $[\text{L}]^2[\text{M}][\text{T}]^{-2}$

(A)  $\frac{\sqrt{X^2 P^2}}{E}$ ，因次： $\frac{\sqrt{[\text{L}]^2[\text{L}]^2[\text{M}]^2[\text{T}]^{-2}}}{[\text{L}]^2[\text{M}][\text{T}]^{-2}} = [\text{T}]$

(B)  $\frac{X^2 P^2}{E}$ ，因次： $\frac{[\text{L}]^2[\text{L}]^2[\text{M}]^2[\text{T}]^{-2}}{[\text{L}]^2[\text{M}][\text{T}]^{-2}} = [\text{L}]^2[\text{M}]$

(C)  $\frac{\sqrt{X^2 E^2}}{P^2}$ ，因次： $\frac{\sqrt{[\text{L}]^2[\text{L}]^4[\text{M}]^2[\text{T}]^{-4}}}{[\text{L}]^2[\text{M}]^2[\text{T}]^{-2}} = [\text{L}][\text{M}]^{-1}$

(D)  $E \sqrt{\frac{X^2}{P^2}}$ ，因次： $[\text{L}]^2[\text{M}][\text{T}]^{-2} \sqrt{\frac{[\text{L}]^2}{[\text{L}]^2[\text{M}]^2[\text{T}]^{-2}}} = [\text{L}]^2[\text{T}]^{-1}$

(E)  $E \sqrt{\frac{P^2}{X^2}}$ ，因次： $[\text{L}]^2[\text{M}][\text{T}]^{-2} \sqrt{\frac{[\text{L}]^2[\text{M}]^2[\text{T}]^{-2}}{[\text{L}]^2}} = [\text{L}]^2[\text{M}]^2[\text{T}]^{-3}$

5. 一顆落地前沒有旋轉的網球落在水平地面前瞬間的速度為  $(v_x, -v_y)$ ，其中  $v_x, v_y > 0$ ，落地反彈後瞬間的速度為  $(v'_x, v'_y)$ ，其中  $v'_x, v'_y > 0$ ，如圖 1 所示。若網球和地面間有摩擦力，忽略空氣阻力，則下列有關網球反彈後運動的敘述何者正確？

- (A)  $v'_x > v_x$ ，且網球以逆時針方向旋轉  
 (B)  $v'_x > v_x$ ，且網球以順時針方向旋轉  
 (C)  $v'_x < v_x$ ，且網球以逆時針方向旋轉  
 (D)  $v'_x < v_x$ ，且網球以順時針方向旋轉  
 (E)  $v'_x < v_x$ ，且網球並不旋轉

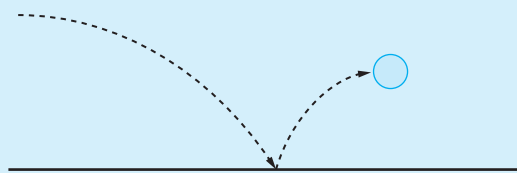


圖 1

**答 案** (D)

**命題出處** 基礎物理 (二) B 上：第 3 章 靜力學

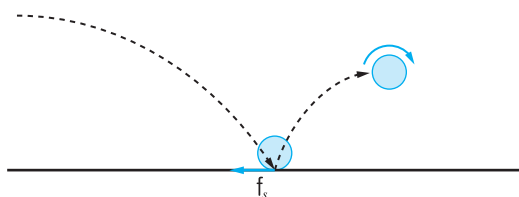
第 4 章 牛頓運動定律

**測驗目標** 評量學生對於物體受力矩作用產生旋轉效果之推理能力

**難 易 度** 易

# 試題解析

**詳解** 如右圖，網球落地時，受地面給予其摩擦力向左，使網球下緣水平方向速度減慢，故  $v'_x < v_x$ ，且對網球中心產生順時針方向之力矩，使其以順時針方向旋轉。



6. 學生為探討磁場對腦部神經組織的影響及臨床醫學應用，查閱網頁資訊得知：「利用可耐高電流的金屬線圈，放置頭部上方約數公分處，並施以線圈約千安培、歷時約幾毫秒的脈衝電流，如圖 2 所示（脈衝電流以  $I$  表示，脈衝電流時間以  $\Delta t$  表示）。電流流經線圈產生瞬間的高強度脈衝磁場，磁場穿過頭顱對腦部特定區域產生應電場及應電流，而對腦神經產生電刺激作用。」以下學生討論的內容，何者較合理？

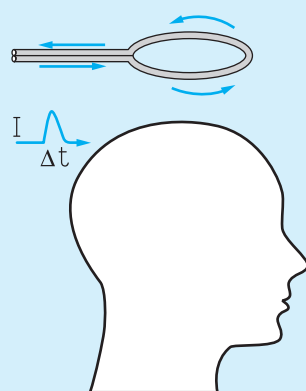


圖 2

- (A) 甲生：脈衝電流  $I$  流經線圈會產生高強度的磁場，是電磁感應所造成
- (B) 乙生：脈衝電流  $I$  在線圈產生的脈衝磁場，會在线圈周圍空間產生應電場，是電流磁效應所造成
- (C) 丙生：若將脈衝電流改為穩定的直流電流，可持續對腦神經產生電刺激作用
- (D) 丁生：脈衝電流通過線圈後的一段時間，通過腦部特定區域的磁通量仍維持固定
- (E) 戊生：若脈衝電流最大強度不變，但縮短脈衝電流時間  $\Delta t$ ，則在腦部產生的應電場及應電流會增強

**答案** (E)

**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的應用與推理能力

**難易度** 中

**詳解** (A) 甲生：脈衝電流  $I$  流經線圈會產生高強度的磁場，是電流的磁效應所造成。  
 (B) 乙生：脈衝電流  $I$  在线圈產生的脈衝磁場，會在线圈周圍空間產生應電場，是電磁感應所造成。  
 (C) 丙生：若將脈衝電流改為穩定的直流電流，無法產生瞬間的高強度脈衝磁場，故無法對腦神經產生電刺激作用。  
 (D) 丁生：脈衝電流通過線圈後的一段時間，通過腦部特定區域的磁通量即變為零。

- (E) 戊生：若脈衝電流最大強度不變，但縮短脈衝電流時間，則電流流經線圈瞬間產生的高強度脈衝磁場變強，磁場穿過頭顱對腦部特定區域產生的應電場及應電流會增強。

7. 某卡車的水平載貨廂的長度為 3.0 m，上面載有一裝滿衛生紙的紙箱，其長、寬、高皆為 0.50 m，緊貼前方駕駛室背面放置，如圖 3 所示。卡車在水平道路上由靜止開始，以加速度  $1.2 \text{ m/s}^2$  往前行駛 10 s，已知紙箱和載貨廂底部間的動摩擦係數為 0.10、靜摩擦係數為 0.11，取重力加速度為  $10.0 \text{ m/s}^2$ ，若載貨廂後方的擋板沒有關上，則下列敘述何者正確？

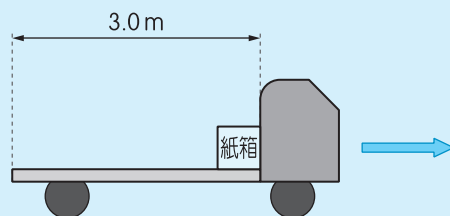


圖 3

- (A) 紙箱自始至終都不會掉出載貨廂  
 (B) 紙箱在卡車開始行駛後 3 秒至 4 秒間會掉出載貨廂  
 (C) 紙箱在卡車開始行駛後 4 秒至 5 秒間會掉出載貨廂  
 (D) 紙箱在卡車開始行駛後 5 秒至 6 秒間會掉出載貨廂  
 (E) 紙箱在卡車開始行駛後 6 秒至 7 秒間會掉出載貨廂

**答 案** (D)

**命題出處** 基礎物理 (二) B 上：第 4 章 牛頓運動定律

**測驗目標** 評量學生對於摩擦力的判定與相對運動計算分析能力

**難 易 度** 難

**詳 解** 卡車給予紙箱的摩擦力向前，若紙箱受靜摩擦力作用，而與卡車一起加速運動，容許之最大加速度  $a$

$$\text{則 } f_s \leq f_{s(max)} = \mu_s mg = ma$$

$$\Rightarrow a = \mu_s g = 0.11 \times 10 = 1.1 \text{ (m/s}^2\text{)} < 1.2 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

故紙箱與卡車產生相對滑動。

其受動摩擦力作用

$$f_k = \mu_k mg = ma_{\text{箱}} \Rightarrow a_{\text{箱}} = \mu_k g = 0.10 \times 10 = 1.0 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

當兩者相對滑動距離達 3 m，紙箱即已掉出載貨廂

$$S_{\text{車}} - S_{\text{箱}} = 3 \Rightarrow \frac{1}{2} \times 1.2 \times t^2 - \frac{1}{2} \times 1.0 \times t^2 = 3 \Rightarrow t = \sqrt{30}$$

$\Rightarrow 5 < t < 6$ ，故紙箱在卡車開始行駛後 5 秒至 6 秒間會掉出載貨廂。

## 試題解析

8. 若行星繞行恆星的軌道可視為圓形軌道，表 1 所列行星軌道運動的物理量均與其軌道半徑  $R$  的  $N$  次方成正比，例如行星週期  $T \propto R^{\frac{3}{2}}$ ，即  $N = \frac{3}{2}$ 。下列  $N_1$ 、 $N_2$  與  $N_3$  的大小關係何者正確？

表 1

物理量	繞行週期 $T$	繞行速率 $V$	動能 $K$	相對軌道圓心的角動量 $L$
$N$	$\frac{3}{2}$	$N_1$	$N_2$	$N_3$

- (A)  $N_3 > N_1 > N_2$                       (B)  $N_3 > N_2 > N_1$                       (C)  $N_1 > N_2 > N_3$   
 (D)  $N_2 > N_1 > N_3$                       (E)  $N_2 > N_3 > N_1$

**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** 評量學生對於行星受恆星引力作等速圓周運動物理量間之因次關係分析能力

**難易度** 中

**詳解** 由於行星繞行恆星的軌道視為圓形軌道，且由克卜勒行星週期定律

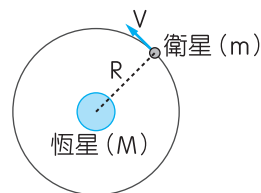
$$T = \frac{1}{\sqrt{K}} R^{\frac{3}{2}} \propto R^{\frac{3}{2}}$$

$$(1) \text{ 作圓周運動行星的速率 } V = \frac{2\pi R}{T} \propto \frac{R}{R^{\frac{3}{2}}} \propto \frac{1}{\sqrt{R}} \quad \therefore N_1 = -\frac{1}{2}$$

$$(2) \text{ 動能 } K = \frac{1}{2} m V^2 \propto V^2 \propto \frac{1}{R} \quad \therefore N_2 = -1$$

$$(3) \text{ 相對軌道圓心的角動量 } L = R m V \propto R \cdot \frac{1}{\sqrt{R}} \propto \sqrt{R} \quad \therefore N_3 = \frac{1}{2}$$

由上述可得： $N_3 > N_1 > N_2$



9. 一直徑為  $d$  的圓柱狀銅棒，加工製成半徑為  $R$ 、間隙為  $x$  的開口圓環狀零件，如圖 4 所示。若均勻加熱該零件，則下列有關  $x$ 、 $R$  和  $d$  長度變化的敘述何者正確？

- (A)  $x$ 、 $R$  和  $d$  皆不變  
 (B)  $x$  減少， $R$  和  $d$  增加  
 (C)  $x$  和  $R$  減少， $d$  增加  
 (D)  $d$  減少， $x$  和  $R$  增加  
 (E)  $x$ 、 $R$  和  $d$  皆增加

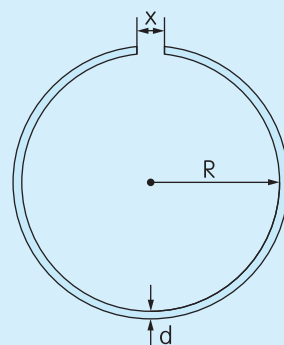


圖 4



**答 案** (E)

**命題出處** 選修物理（上）：第 1 章 熱學

**測驗目標** 評量學生對於熱膨脹的認知與推理能力

**難 易 度** 易

**詳 解** (1) 設原銅棒內圈長度為  $L_{內0} = 2\pi(R-x)$ ，依據線膨脹，令銅棒的線膨脹係數為  $\alpha$ ，且為正值  
 加熱後令溫度上升  $\Delta T$ ；半徑為  $R_T$ ，間隙為  $x_T$   
 $L_{內} = L_{內0}(1 + \alpha\Delta T) = 2\pi(R-x)(1 + \alpha\Delta T) = 2\pi(R_T - x_T)$   
 $\therefore R_T = R(1 + \alpha\Delta T) > R$ ， $x_T = x(1 + \alpha\Delta T) > x$   
 (2) 設原銅棒外圈長度為  $L_{外0} = 2\pi(R+d-x)$   
 加熱後令溫度上升  $\Delta T$ ；直徑為  $d_T$   
 $L_{外} = L_{外0}(1 + \alpha\Delta T) = 2\pi(R+d-x)(1 + \alpha\Delta T) = 2\pi(R_T + d_T - x_T)$   
 $\therefore d_T = d(1 + \alpha\Delta T) > d$   
 故  $x$ 、 $R$  和  $d$  皆增加。

10. 一體積可變的密閉容器內裝有可視為理想氣體的定量氦氣，當氣體的體積為  $V_0$ 、溫度為絕對溫度  $T_0$  時，氣體分子的方均根速率為  $v_0$ 。經由某一過程達到熱平衡後，氣體的體積變為  $\frac{V_0}{2}$ 、溫度變為  $4T_0$ ，則此時氣體分子的方均根速率為何？

- (A)  $\frac{v_0}{2}$                       (B)  $v_0$                       (C)  $2v_0$                       (D)  $4v_0$                       (E)  $8v_0$

**答 案** (C)

**命題出處** 選修物理（上）：第 1 章 熱學

**測驗目標** 評量學生對於氣體分子方均根速率的認知與推理能力

**難 易 度** 中

**詳 解** 密閉容器內分子質量  $m$  為定值

由氣體分子的方均根速率可得  $v_{rms} = \sqrt{\frac{3kT}{m}} \propto \sqrt{T}$

氣體前後狀態達到熱平衡， $\frac{v'}{v_0} = \sqrt{\frac{4T_0}{T_0}} = \frac{2}{1}$

$\therefore$  經過程達到熱平衡後，方均根速率  $v' = 2v_0$

# 試題解析

11. 進行「載流導線的磁效應」的示範實驗時，將導線連接可變電阻及電源後，卻沒有看到指北針的指針偏轉，下列使用三用電表檢修該實驗電路的方式，何者不正確？

- (A) 為測量導線電阻值，先選擇三用電表的電阻檔，再將兩支量測棒碰觸短路，作歸零校正
- (B) 將導線連接電源後，再以電阻檔量測導線電阻，確定導線是否為斷路
- (C) 三用電表和電源並聯，以電壓檔量測，確定電源有電壓輸出
- (D) 三用電表測得電壓和電阻值，計算電流的大小是否足夠使指針偏轉
- (E) 三用電表和電路串聯，以電流檔量測，確定迴路上有電流通過

**答案** (B)

**命題出處** 選修物理（下）：第 7 章 電流、電阻與電路

**測驗目標** 評量學生對於三用電表使用方法的認知與推理能力

**難易度** 中

**詳解** 如欲以三用電表之電阻檔量測導線電阻，僅需將兩支量測棒與導線電阻兩端碰觸即可，無須連接電源，若導線電阻無窮大，則確定導線為斷路。

12. 某城市的輕軌電車自上方電線引電，其引電構造側視圖，如圖 5 所示，電線連接直流高壓電源，在空中沿水平延伸，可視為一載流長直導線。若電線離地面 3 m 且電流為 150 A，為探討電線的高電流產生的磁場是否對行人有害，試計算在其正下方 1.5 m 處所產生磁場的量值，約為該處地球磁場的幾倍？（該處的地球磁場約  $0.5 \times 10^{-4} \text{ T}$ ，磁導率約  $4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m} / \text{A}$ ）

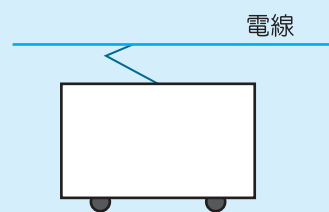


圖 5

- (A) 40
- (B) 4.0
- (C) 0.4
- (D) 0.04
- (E) 0.004

**答案** (C)

**命題出處** 選修物理（下）：第 8 章 電流的磁效應

**測驗目標** 評量學生對於載流長直導線在空間中建立磁場量值之計算能力

**難易度** 中

**詳解** 由載流長直導線附近產生之磁場量值可得

$$B_l = \frac{\mu_0 I}{2\pi d} = \frac{(4\pi \times 10^{-7}) \times 150}{2\pi \times 1.5} = 2 \times 10^{-5} \text{ (T)}$$

$$\text{該處的地球磁場 } B_E \doteq 0.5 \times 10^{-4} \text{ (T)}$$

$$\therefore \frac{B_l}{B_E} \doteq \frac{2 \times 10^{-5}}{0.5 \times 10^{-4}} = 0.4$$

13. 有一雙狹縫裝置，其狹縫間距為  $d$ ，屏幕與雙狹縫平行、距離為  $L$ ，以一束綠色雷射光經空氣垂直射入雙狹縫，在屏幕上相鄰兩亮紋間距為  $x_1$ 。若改在平靜的水中進行上述實驗，其餘條件皆相同，在屏幕上相鄰兩亮紋間距為  $x_2$ ，則  $\frac{x_2}{x_1}$  之值為何？（已知水的折射率為  $\frac{4}{3}$ ）

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

**答 案** (D)

**命題出處** 選修物理（上）：第 4 章 幾何光學  
第 5 章 物理光學

**測驗目標** 評量學生對於影響雙狹縫干涉之變因分析與探討能力

**難 易 度** 中

**詳 解** 令綠色雷射光在空氣及水中之波長分別為  $\lambda_1$  與  $\lambda_2$ ，折射率分別為  $n_1$  與  $n_2$

$$\text{兩介質之波長與折射率成反比：} \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{3}{1} = \frac{4}{3}$$

雙狹縫干涉在狹縫間距、屏幕與雙狹縫距離條件皆相同的情形下，屏幕上相鄰兩亮紋間距  $x = \frac{L\lambda}{d} \propto \lambda$

$$\therefore \frac{x_2}{x_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{3}{4}$$

14. 兩塊完全相同的直角三角形玻璃塊，將其中一塊倒置，使其斜面互相平行，且兩平行斜面間的灰色區域填入某種均勻透明介質，如圖 6 所示。以一道雷射光束由左方垂直入射，若不考慮所有的反射光線，則右方哪些線條是可能的折射光線？

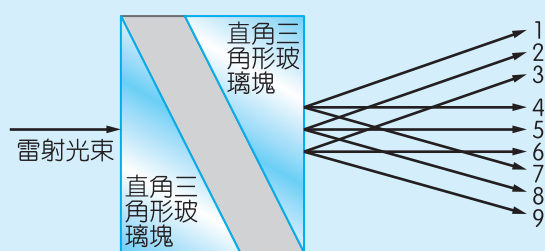


圖 6

- (A) 1、2、3 中的任一條都有可能  
(B) 4、5、6 中的任一條都有可能  
(C) 7、8、9 中的任一條都有可能  
(D) 1、4、7 中的任一條都有可能  
(E) 3、6、9 中的任一條都有可能

# 試題解析

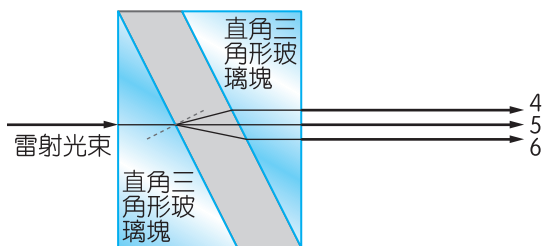
**答案** (B)

**命題出處** 選修物理(上)：第4章 幾何光學

**測驗目標** 評量學生對於光折射性質的認知與判斷推理能力

**難易度** 中

**詳解** 雷射光束由左方垂直入射直角三角形玻璃塊，折射進出灰色區域均勻透明介質，由於灰色區域兩界面平行且左右玻璃塊相同，故兩界面入射、折射角度均對稱，射出透明介質之光線必平行入射光線，而由右方垂直出射直角三角形玻璃塊，如右圖所示。



- 若透明介質折射率 > 三角形玻璃塊折射率，則為折射光線 4
- 若透明介質折射率 = 三角形玻璃塊折射率，則為折射光線 5
- 若透明介質折射率 < 三角形玻璃塊折射率，則為折射光線 6

15. 長笛與單簧管為常見的管樂器，長笛的管柱兩端皆為開口，單簧管的管柱一端封閉而另一端開口。吹奏時，透過按壓管柱的音孔，可改變管內空氣柱長度，當吹氣通過簧片或管口產生聲音的頻率與空氣柱振動頻率相同時，會發生共振並在管內空氣柱形成駐波。若忽略聲音駐波的管口修正量，當長笛吹奏出基音的頻率與單簧管第一泛音的頻率相同時，此時長笛空氣柱長度為單簧管空氣柱長度的幾倍？

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

**答案** (B)

**命題出處** 選修物理(上)：第3章 聲波

**測驗目標** 評量學生對於聲波在開閉口空氣柱形成駐波之性質與比較分析能力

**難易度** 中

**詳解** 長笛的管柱兩端皆為開口，可視為開管空氣柱；單簧管的管柱一端封閉而另一端開口，可視為閉管空氣柱。

當長笛吹奏出基音的頻率與單簧管第一泛音（第三諧音）的頻率相同

$$\text{即 } f_{\text{長笛}1} = f_{\text{單簧管}3} \Rightarrow \frac{v}{2L_{\text{長笛}}} = \frac{3v}{4L_{\text{單簧管}}}$$

$$\Rightarrow \frac{L_{\text{長笛}}}{L_{\text{單簧管}}} = \frac{2}{3}$$



16. 已知氫原子的能階公式為  $E_n = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV}$ ，其中  $n$  為主量子數。一個動能為 12.3 eV 的電子與基態的氫原子發生碰撞，下列何者可能為激發後的氫原子所發出的光子能量？
- (A) 0.7 eV      (B) 1.5 eV      (C) 1.9 eV      (D) 12.3 eV      (E) 12.8 eV

**答 案** (C)

**命題出處** 選修物理（下）：第 11 章 原子結構與原子核

**測驗目標** 評量學生對於氫原子模型能階躍遷之能量變化推理能力

**難 易 度** 中

**詳 解** 動能為 12.3 eV 的電子  $\geq$  氫原子基態與激發態之能階差，即可使氫原子之電子產生躍遷後釋放光子。

$$12.3 \geq \frac{-13.6}{n^2} - \left( \frac{-13.6}{1^2} \right) \Leftrightarrow n < 4$$

$$\therefore n_{\max} = 3$$

釋放光子的能量包含

$$3 \rightarrow 1 : \frac{-13.6}{3^2} - \left( \frac{-13.6}{1^2} \right) \div 12.1 \text{ (eV)}$$

$$3 \rightarrow 2 : \frac{-13.6}{3^2} - \left( \frac{-13.6}{2^2} \right) \div 1.9 \text{ (eV)}$$

$$2 \rightarrow 1 : \frac{-13.6}{2^2} - \left( \frac{-13.6}{1^2} \right) \div 10.2 \text{ (eV)}$$

綜上所述，答案為(C)選項。

17. 核反應：甲  $\rightarrow$  乙 + 丙，產生的乙、丙粒子垂直經過出紙面方向的均勻磁場之軌跡紀錄，如圖 7 所示。若忽略重力與空氣阻力，已知乙、丙的電量大小相同，且對應軌跡的圓弧半徑比  $R_{\text{乙}} : R_{\text{丙}} = 5 : 3$ ，則甲、乙、丙三粒子動量的量值比  $p_{\text{甲}} : p_{\text{乙}} : p_{\text{丙}}$  為何？

- (A) 8 : 5 : 3      (B) 8 : 3 : 5      (C) 2 : 5 : 3  
(D) 2 : 3 : 5      (E) 1 : 1 : 1

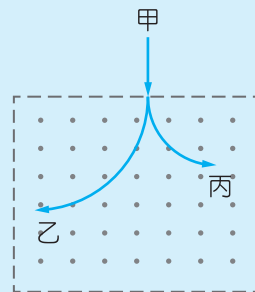


圖 7

**答 案** (A)

**命題出處** 選修物理（下）：第 8 章 電流的磁效應

**測驗目標** 評量學生對於核反應原理與帶電質點在均勻磁場中運動分析能力

**難 易 度** 中

# 試題解析

**詳解** 乙、丙粒子電量大小相同，垂直經過出紙面方向的均勻磁場之軌跡為圓弧。

$$\text{磁力提供向心力：} qvB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow mv = p = qBR \propto R$$

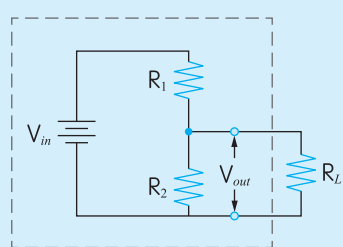
$$\therefore p_{\text{乙}} : p_{\text{丙}} = R_{\text{乙}} : R_{\text{丙}} = 5 : 3$$

$$\text{核反應前後動量守恆：} p_{\text{甲}} = p_{\text{乙}} + p_{\text{丙}}$$

$$\therefore p_{\text{甲}} : p_{\text{乙}} : p_{\text{丙}} = 8 : 5 : 3$$

18. 實驗室常因應用上的需要而自行設計分壓器。圖 8 為以兩串聯電阻  $R_1$ 、 $R_2$  和一電壓源  $V_{in}$  組成分壓器的電路，其中  $R_1 = 75 \Omega$  及  $V_{in} = 100 \text{ V}$ ，若負載  $R_L$  的電壓  $V_{out}$  為  $25 \text{ V}$ ，且流經  $R_L$  的電流為  $900 \text{ mA}$ ，則  $R_2$  的電阻值為何？

- (A)  $25 \Omega$
- (B)  $75 \Omega$
- (C)  $100 \Omega$
- (D)  $175 \Omega$
- (E)  $250 \Omega$



分壓器

圖 8

**答案** (E)

**命題出處** 選修物理（下）：第 7 章 電流、電阻與電路

**測驗目標** 評量學生對於電路串、並聯之原理分析與計算能力

**難易度** 難

**詳解** 由電路可知負載  $R_L$  與  $R_2$  並聯 ( $R_2 // R_L$ )；令流經  $R_2$  與  $R_L$  之電流和為  $I_2 + I_L$ ，流經電壓源與電阻  $R_1$  之電流為  $I$ ，電阻  $R_1$  兩端之電壓為  $V_1$

由電路之串、並聯可知：

$$I = I_2 + I_L$$

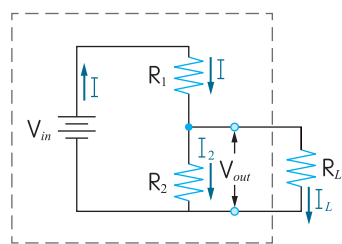
$$V_{in} = V_1 + V_{out} \Rightarrow 100 = V_1 + 25 \Rightarrow V_1 = 75 \text{ (V)}$$

$$\text{且 } V_1 : V_{out} = R_1 : (R_2 // R_L) \Rightarrow (R_2 // R_L) = 25 \text{ (}\Omega\text{)}$$

$$\text{流經電壓源之電流為 } I = \frac{V_{in}}{R_1 + (R_2 // R_L)} = \frac{100}{75 + 25} = 1 \text{ (A)}$$

$$I_2 = I - I_L = 0.1 \text{ (A)}$$

$$V_{out} = I_2 R_2 \Rightarrow 25 = 0.1 \times R_2 \Rightarrow R_2 = 250 \text{ (}\Omega\text{)}$$



分壓器

19. 水平面上有一圓盤半徑為  $R$ ，圓盤邊緣放置一質點，圓盤和質點一起繞圓盤中心旋轉，如圖 9 所示，若圓盤角速度超過  $\omega$  時，質點就會脫離圓盤。設重力加速度為  $g$ ，當質點和圓盤一起旋轉時，下列敘述何者正確？

- (A) 質點與圓盤間無摩擦力  
 (B) 質點與圓盤間動摩擦力提供質點向心力  
 (C) 質點與圓盤間靜摩擦力作負功  
 (D) 質點與圓盤間動摩擦力作負功  
 (E) 質點與圓盤間靜摩擦係數  $\mu_s \leq \frac{R\omega^2}{g}$

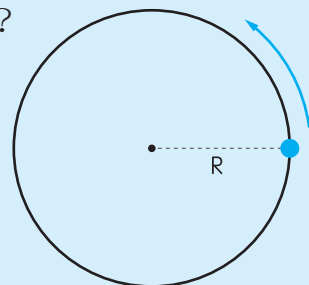


圖 9

**答案** (E)

**命題出處** 基礎物理 (二) B 上：第 4 章 牛頓運動定律  
 第 5 章 牛頓運動定律的應用

**測驗目標** 評量學生對於摩擦力的判定與等速圓周運動受力分析能力

**難易度** 中

**詳解** (1) 質點與圓盤間無相對滑動，故為靜摩擦力提供質點向心力。

(2) 由於靜摩擦力方向（指向圓盤中心）與質點運動方向（切線方向）垂直，靜摩擦力不作功（功為 0）。

(3) 圓盤角速度超過  $\omega$  時，質點就會脫離圓盤

$$f_{s(max)} = \mu_s mg = mR\omega^2 \Rightarrow \mu_s = \frac{R\omega^2}{g}$$

[註：此題題義敘述應解讀為圓盤角速度超過  $\omega$  時，最大靜摩擦力不足以維持圓盤和質點一起繞圓盤中心旋轉，但仍建議選擇(E)選項]

20. 蘇花公路山區改善路段（簡稱蘇花改）已全線通車，包含隧道內的部分路段，行車最高速限於 2020 年 6 月 20 日正式調整至 70 公里 / 小時。目前的科技，可以在長隧道內每隔一段區間建置一個具有自動化設備的偵測點，以兩固定點間之平均速率偵測是否超速。有一輛汽車駛入一長直隧道內，隧道內某段區間的兩偵測點間距離為 4.2 公里，該車之車尾通過第一個偵測點時的速率為 66 公里 / 小時，汽車以等加速運動行駛 36 秒後速率達到 74 公里 / 小時，接著以等速率行駛 60 秒，然後以等減速運動行駛。為使汽車在兩偵測點間之平均速率不超過最高速限 70 公里 / 小時，該車之車尾通過第二個偵測點時的最高速率為何？

- (A) 60 公里 / 小時                      (B) 62 公里 / 小時                      (C) 64 公里 / 小時  
 (D) 66 公里 / 小時                      (E) 68 公里 / 小時

# 試題解析

**答案** (B)

**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** 評量學生對於等速與等加速運動之資料分析能力

**難易度** 難

**詳解** (1) 汽車以 70 公里 / 時等速率行駛 4.2 公里總歷時  $T = \frac{4.2}{70} = \frac{6}{100}$  (小時)

$$(2) \text{ 第一段等加速行駛距離： } \Delta x_1 = \frac{66 + 74}{2} \times \frac{1}{100} = \frac{7}{10} \text{ (公里)}$$

$$(3) \text{ 第二段等速行駛距離： } \Delta x_2 = 74 \times \frac{1}{60} = \frac{37}{30} \text{ (公里)}$$

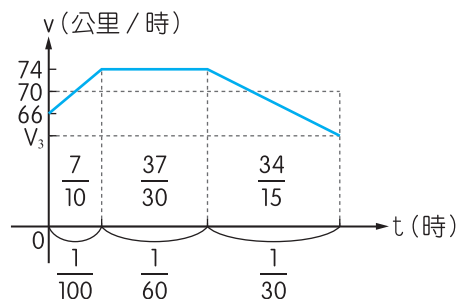
$$(4) \text{ 第三段等減速行駛距離： } \Delta x_3 = 4.2 - \frac{7}{10} - \frac{37}{30} = \frac{34}{15} \text{ (公里)}$$

$$\Delta t_3 = \frac{6}{100} - \frac{1}{100} - \frac{1}{60} = \frac{1}{30} \text{ (時)}$$

(5) 由  $v-t$  圖可知：通過第二個偵測點時的最高速率  $v_3$

$$\Delta x_3 = \frac{34}{15} = \frac{74 + v_3}{2} \times \frac{1}{30}$$

$$\Rightarrow v_3 = 62 \text{ (公里 / 時)}$$



## 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. 籃球比賽中，進攻球隊的當家射手運球在三分線外，突然急停跳投，以與水平面夾角  $\theta$  ( $\cos\theta = \frac{4}{5}$ ) 的仰角、初速  $v_0 = 9.00 \text{ m/s}$  將籃球投出，並通過籃框中心入網，已知籃框距離水平地面的高度  $H = 3.05 \text{ m}$ ，籃球被投出時，距離地面高度  $h$ 、與籃框中心點的水平距離  $d = 7.20 \text{ m}$ ，若將籃球視為質點，且忽略籃球的旋轉與空氣阻力，則下列有關籃球運動狀態的描述哪些正確？(重力加速度  $g = 10.0 \text{ m/s}^2$ )
- (A) 在運動的過程中，籃球的動能守恆  
 (B) 籃球投出時的初始速率比其通過籃框中心時的速率大  
 (C) 籃球從被投出至運動軌跡最高點經過的時間約  $0.72 \text{ s}$   
 (D) 籃球從被投出至通過籃框中心經過的時間約  $1.00 \text{ s}$   
 (E) 籃球被投出時，距離地面高度  $h$  約  $2.65 \text{ m}$



**答 案** (B)(D)(E)

**命題出處** 基礎物理 (二) B 上：第 2 章 運動學——平面運動

**測驗目標** 評量學生對於斜向拋射之拋體運動分析能力

**難 易 度** 中

**詳 解** (D) 水平方向： $d = v_0 \cos\theta \times t$

$$\Rightarrow 7.20 = 9.00 \times \frac{4}{5} \times t$$

$$\Rightarrow t = 1.00 \text{ (s)}$$

(A) 在運動的過程中，籃球的動能先減少後增加，符合力學能守恆鉛直方向：

$$H - h = \Delta h = v_0 \sin\theta \cdot t - \frac{1}{2} g t^2$$

$$\Rightarrow \Delta h = 9.00 \times \frac{3}{5} \times 1 - \frac{1}{2} \times 10 \times 1^2$$

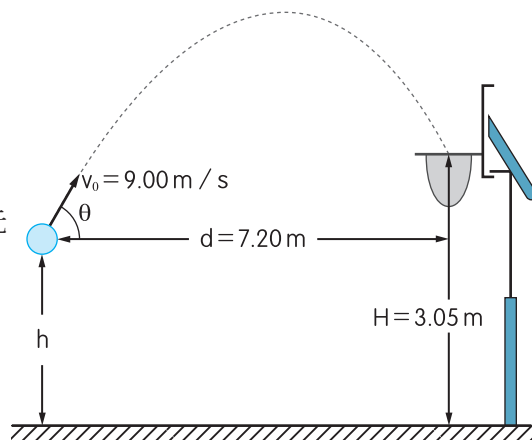
$$\Rightarrow \Delta h = 0.4 \text{ (m)}$$

(B) 依據力學能守恆可知： $mgh + \frac{1}{2} m v_0^2 = mgH + \frac{1}{2} m v^2$

$\therefore h < H \quad \therefore v_0 > v$  (籃球通過籃框中心時的速率)

(C)  $0 = v_0 \sin\theta - g t_{\perp} \Rightarrow t_{\perp} = \frac{9.00 \times \frac{3}{5}}{10} = 0.54 \text{ (s)}$

(E)  $H - h = \Delta h \Rightarrow 3.05 - h = 0.4 \Rightarrow h = 2.65 \text{ (m)}$



22. 下列有關聲波的敘述，哪些正確？

- (A) 探測魚群的聲納主要是利用聲波的反射性質來探測水中魚群的位置
- (B) 聲波由水中傳入空氣中時，其波長變長
- (C) 若月球上空有東西爆炸，在爆炸處附近的太空人聽不到爆炸聲
- (D) 甲的聲音低沉但較大聲，乙的聲音尖銳但較小聲。在無風的環境，兩人站在與丙等距離的兩個地點同時向丙喊話，丙會先聽到甲的聲音再聽到乙的聲音
- (E) 日常生活中聲波的繞射現象比可見光的繞射現象容易顯現，主要原因是聲波的波長與一般物體的尺度較為接近，而可見光的波長太短

**答 案** (A)(C)(E)

**命題出處** 基礎物理 (一)：第 6 章 波

**測驗目標** 評量學生對於聲波各項性質之認知與概念

**難 易 度** 易

- 詳解** (B) 聲波需靠介質傳遞，由水中傳入空氣中時，其波速變慢，波長變短。  
 (C) 若月球上空有東西爆炸，因無介質可傳遞聲波，在爆炸處附近的太空人聽不到爆炸聲。  
 (D) 聲音低沉與尖銳 ⇨ 頻率，聲音大小聲 ⇨ 響度  
 頻率及響度均不影響聲音傳遞的速率，故丙會同時聽到甲、乙的聲音。

23. 智慧型手機的照相裝置主要包括兩部分：鏡頭透鏡和位於成像平面的感光元件。為了使遠近不同的物體均能成像於感光元件上，透鏡和感光元件之間的距離，需靠手機的自動控制機件，使其在 4.0 mm 到 4.5 mm 之間變動。已知照相裝置可以將無窮遠處的物體透過透鏡成像於感光元件上，若鏡頭透鏡可視為單一薄透鏡，且透鏡的焦距固定，則下列敘述哪些正確？

- (A) 鏡頭透鏡為凹透鏡  
 (B) 鏡頭透鏡的焦距約為 4.0 mm  
 (C) 鏡頭前的物體在感光元件上所成的像為正立實像  
 (D) 鏡頭前的物體，只要其物距大於 36 mm，都可以清楚對焦  
 (E) 當物距為 4.0 m 時，透鏡和感光元件之間的距離為 4.5 mm

**答案** (B)(D)

**命題出處** 選修物理（上）：第 4 章 幾何光學

**測驗目標** 評量學生對於在照相裝置中的薄透鏡之推理與應用能力

**難易度** 中

**詳解** (A)(C) 鏡頭透鏡應為凸透鏡，方可使遠近不同的物體成倒立實像於感光元件上。

(B) 由薄透鏡公式：
$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f}$$

當物距  $p$  為無限遠處 ( $p \div \infty$ )，像距  $q$  趨近於焦距  $f$  ( $q \div f$ )  
 $\therefore f \div 4.0$  (mm)

(D) 當物距  $p$  愈小，像距  $q$  愈大，自動控制機件在 4.0 mm 到 4.5 mm 之間，即為像距  $q$  變動的範圍

$$\therefore \frac{1}{p_{min}} + \frac{1}{4.5} = \frac{1}{4.0} \Rightarrow p_{min} = 36 \text{ (mm)}$$

鏡頭前的物體，只要其物距大於 36 mm，都可以清楚對焦。

(E) 當物距為 4.0 m = 4000 mm 時

$$\frac{1}{4000} + \frac{1}{q'} = \frac{1}{4.0} \Rightarrow q' \div 4.0 \text{ (mm)}$$

透鏡和感光元件之間的距離  $q'$  約為 4.0 mm。

24. 高速鐵路列車通常使用磁剎車系統。磁剎車工作原理可簡述如下：將磁鐵的 N 極靠近一塊正在以逆時鐘方向旋轉的圓形鋁盤，使磁力線垂直射入（以×表示）鋁盤內，鋁盤隨即減速，如圖 10 所示。圖中磁鐵左方鋁盤的甲區域（虛線區域）朝磁鐵方向運動，磁鐵右方鋁盤的乙區域（虛線區域）朝離開磁鐵方向運動。下列有關鋁盤磁剎車的敘述哪些正確？

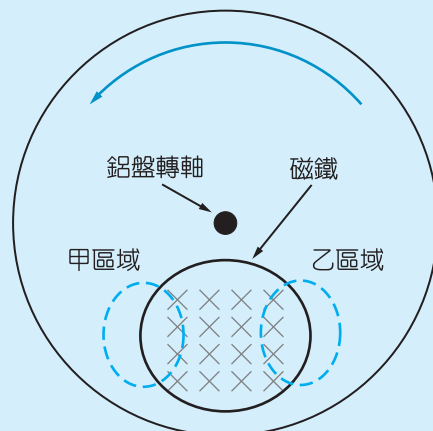


圖 10

- (A) 鋁盤甲區域的應電流會產生穿出紙面的應磁場
- (B) 鋁盤乙區域的應電流會產生穿出紙面的應磁場
- (C) 磁場與應電流之間的作用力，會產生將鋁盤減速旋轉的淨力矩
- (D) 應電流在鋁盤產生的熱能，是將鋁盤減速的最主要原因
- (E) 若將實心鋁盤換成布滿小空洞的鋁盤，則磁鐵對空洞鋁盤所產生的減速效果與實心鋁盤相同

**答案** (A)(C)

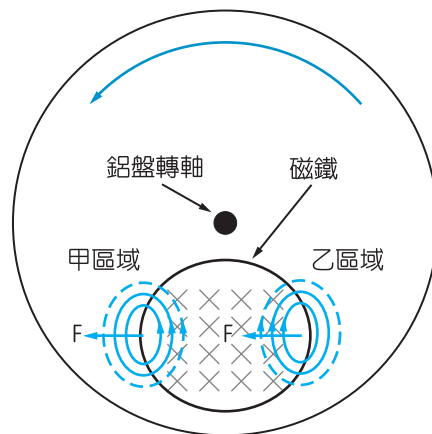
**命題出處** 選修物理（下）：第 9 章 電磁感應

**測驗目標** 評量學生對於法拉第電磁感應定律之推理與應用之能力

**難易度** 中

**詳解** 如右圖所示

- (A) 磁鐵左方鋁盤的甲區域（虛線區域）朝磁鐵方向運動，磁通量增加，生成逆時針方向應電流，應電流產生穿出紙面的應磁場。
- (B) 磁鐵右方鋁盤的乙區域（虛線區域）朝離開磁鐵方向運動，磁通量減少，生成順時針方向應電流，應電流產生垂直射入紙面的應磁場。
- (C)(D) 磁場與應電流之間的作用力，會產生將鋁盤減速旋轉的淨力矩，是將鋁盤減速的最主要原因，而非應電流在鋁盤產生的熱能。
- (E) 若將實心鋁盤換成布滿小空洞的鋁盤，由於應電流生成不易，故磁鐵對空洞鋁盤所產生的減速效果小於實心鋁盤。



## 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、兩物體碰撞並與彈簧作用的運動：

1. 大小相同的甲、乙兩個均勻物體，質量分別為  $3m$ 、 $m$ 。甲物體自靜止沿固定於地面的光滑曲面下滑後，與靜止在光滑水平地面上的乙物體發生正面彈性碰撞，如圖 11 所示。若甲物體的質心下降高度為  $h$ ，重力加速度為  $g$ ，則碰撞後瞬間，甲、乙兩物體的速率各為多少？（以  $m$ 、 $g$ 、 $h$  表示）（4 分）

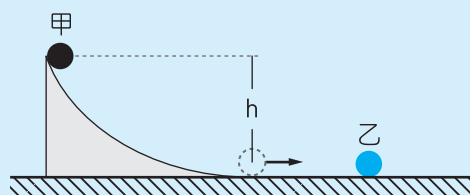


圖 11

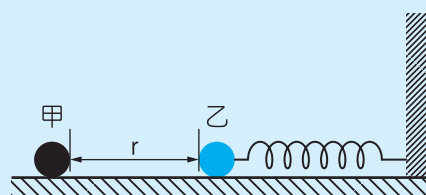


圖 12

2. 承第 1 小題，碰撞後隔一段時間，當甲、乙兩物體相距  $r$  時，乙物體恰正向接觸前方一處於自然長度、力常數為  $k$ 、右端固定於牆壁之理想彈簧（其質量可忽略不計），如圖 12 所示。乙物體壓縮彈簧後反彈，當作簡諧運動的彈簧第一次恢復至原自然長度時，乙物體恰與甲物體發生第二次碰撞。
- (a) 乙物體剛接觸彈簧時，甲、乙兩物體間的距離  $r$  為何？（以  $m$ 、 $g$ 、 $h$ 、 $k$  表示）（3 分）
- (b) 在乙物體與甲物體發生第二次碰撞前，從彈簧開始接觸乙物體至彈簧到達最大壓縮量時，彈力對乙物體所作的功與最大壓縮量之值各為何？（以  $m$ 、 $g$ 、 $h$ 、 $k$  表示）（3 分）

**答案** 1.  $\frac{\sqrt{2gh}}{2}$ ， $\frac{3\sqrt{2gh}}{2}$

2. (a)  $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{2mgh}{k}}$ ；(b)  $-\frac{9}{4}mgh$ ， $\sqrt{\frac{9mgh}{2k}}$

**命題出處** 基礎物理（二）B 上：第 5 章 牛頓運動定律的應用  
 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** 評量學生對於位能與力學能守恆律、彈性碰撞、簡諧運動之綜合分析能力

**難易度** 中

**詳解** 1. 由力學能守恆

$$3mgh = \frac{1}{2} \cdot 3m \cdot v_{\text{甲}}^2 \Rightarrow v_{\text{甲}} = \sqrt{2gh}$$

一維彈性碰撞後兩球速率

$$v_{\text{甲}}' = \frac{3m - m}{3m + m} \sqrt{2gh} = \frac{\sqrt{2gh}}{2}$$

$$v_{\text{乙}}' = \frac{2(3m)}{3m + m} \sqrt{2gh} = \frac{3\sqrt{2gh}}{2}$$

2. (a) 乙物體接觸至彈回經過半個 SHM 週期

$$t = \frac{T}{2} = \frac{1}{2} \cdot 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} = \pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\text{期間甲前進距離為 } r = v_{\text{甲}}' \cdot t = \frac{\sqrt{2gh}}{2} \times \pi \sqrt{\frac{m}{k}} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{2mgh}{k}}$$

(b) 乙物體壓縮彈簧，依據功能定理

$$\text{彈力作功} = \Delta K_{\text{乙}} = 0 - \frac{1}{2} m \left( \frac{3}{2} \sqrt{2gh} \right)^2 = -\frac{9}{4} mgh$$

乙在壓縮過程受彈力作功，遵守力學能守恆： $K + U_s$  為定值

$$\frac{1}{2} m \left( \frac{3}{2} \sqrt{2gh} \right)^2 + 0 = 0 + \frac{1}{2} kx^2$$

$$\therefore \text{最大壓縮量 } x = \sqrt{\frac{9mgh}{2k}}$$



二、物理老師在課堂介紹平行板的等電位線與電場，同學為探討其他形狀電極等電位線與電場的分布情形，向實驗室借用到 3 個圓柱形金屬電極（圓柱直徑 3 公分、高度 5 公分）、1 條長條形金屬電極（長、寬、高各為 30 公分、3 公分、5 公分）、2 組金屬探針、1 台直流電源供應器（0 ~ 15 V）、數條導線、數張方格紙，欲進行「等電位線與電場」的實驗。

1. 除上述所列，尚需要哪些必要的實驗器材，才能完成等電位線與電場的實驗？（列出至少兩項器材名稱）。（2 分）
2. 實驗器材架設完畢後，寫出如何以金屬探針量測得到等電位線，並說明如何繪出電力線的方法。（3 分）
3. 若兩圓柱形金屬電極相距 20 公分，左邊圓柱為正極、右邊圓柱為負極（相對位置的俯視圖，如圖 13 所示），畫出兩圓柱形金屬電極四周的等電位線與電力線的分布情形（以虛線代表等電位線，以實線代表電力線）。（3 分）
4. 根據平行板電極與圓柱電極的實驗，推論並畫出一個圓柱形與一條長條形金屬電極之間的電力線分布情形（圓柱形與長條形金屬電極相距 20 公分，左邊長條形金屬為正極、右邊圓柱形金屬為負極，相對位置的俯視圖，如圖 14 所示）。（2 分）



圖 13

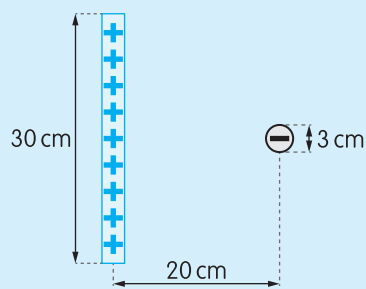


圖 14

**答案** 1. ~ 4 見詳解

**命題出處** 選修物理（上）：第 6 章 靜電學

實驗 6 等電位線與電場

**測驗目標** 評量學生對於等電位線與電場實驗之操作原理及步驟結果推理能力

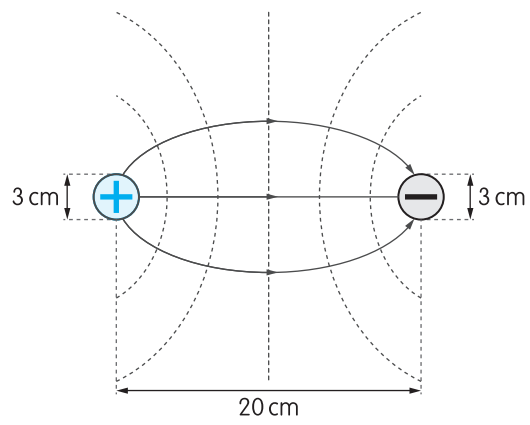
**難易度** 難

**詳解** 1. 微安培計、電場形成盤。

〔註：方格紙、食鹽或幫助導電之電解質、水若算「器材」則可列入〕

2. (1) 於電場形成盤中固定其中一探針位置，移動另一探針使微安培計的讀數為零之各點連線即為一條等電位線。
- (2) 移動原固定探針至另一位置，以(1)之方式找尋多條等電位線。
- (3) 由正極至負極繪出與等電位線互相垂直之連線數條即為電力線。

3.



4.

