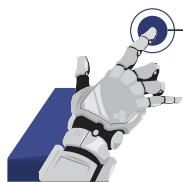


翰 林 111分科測驗

精彩 解析

物理考科



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 / 陳家安
美 編 / 史佳勳 · 杜政賢
◎ 本書內容同步刊載於翰林官網

出 版 / 民國一一一年八月
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 #355
E-mail / periodical@hanlin.com.tw
翰 林 官 網 <https://www.hle.com.tw>



00843-24

翰 林 出 版



【一】前言

111 年分科測驗考試為 108 課綱施行後的個別科目第一次考試，主要是在評量考生關鍵學科能力，並將成績作為分發入學使用。其題型可包括：選擇題型（單選題、多選題）、混合題型與非選擇題型。混合題型同時包含選擇（填）題與非選擇題的題型，為題組形式，並使用「卷卡合一」答題卷，與往年指考型態有些許不同。測驗範圍包括必修物理、選修物理，與原課綱相比僅些許微調。

今年的考題相較於往年指考，難度再向上提升，整體屬中等偏難。閱讀量及敘述過程均較往年增加，半數試題偏難；計算量則與往年持平。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往年相當，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，各年級課程配分方面與往年有些差異。總體而言，今年的題目難易度較往年困難，閱讀理解能力及解題速度仍然是這次物理分科測驗的勝負關鍵。

【二】試題分布與分析

由於 108 課綱學測僅以高一必修物理為主，故分科測驗著重在高二、三選修物理部分，但因各校對於課程時數安排年段不同，多數學校高二以選修物理 I、II 力學部分為主，高三講授選修物理 III~V。如以此方式計算，由表一可看出，今年分科測驗，高一占 5%，高二占 37%，高三占 58%。大致符合課程編排時數及單元比例。

今年力學部分選修物理 I、II 出題比例大致相當。高三試題分布以選修物理 V 最重要，超過四分之一。對於高三上學期採取全力準備學測的同學而言，如果學測成績不理想，在高三下學期想要回頭拼分科測驗，對於波動、光及聲音、電磁學、近代物理必須先行複習，必修物理的部分有印象即可，無須多所著墨。此外，須確實掌握分科測驗的方向與出題模式。

表一 111 分科測驗物理考科試題分布及近二年指考配分百分比

範 圍	111 分科測驗題號	111 分科測驗配分百分比 (%)	110 指考配分百分比 (%)	109 指考配分百分比 (%)
必修物理 (全)	4、18	5	3	5
選修物理 I 力學一	1、3、11、19、20、21	19	27	23
選修物理 II 力學二與熱學	2、7、12、 17 、18	16	12	16
選修物理 III 波動、光及聲音	6、10、16、25、26	20	11	14
選修物理 IV 電磁現象一	5 、13、 14 、15	14	14	14
選修物理 V 電磁現象二與量子現象	5 、8、9、 14 、 17 、 22、23、24	26	17	18
課綱實驗	—	—	16	10

註：重複題號為跨章節命題。

今年與高一必修物理 (全) 內容有關的試題僅 2 題，為第壹部分單選題第 4 題，考焦耳實驗功與熱的轉換，至於第 18 題氣體膨脹作功，在以不超課綱為前提下，僅能以能量守恆律處理。

力學部分命題主要分布於測量與不確定度、運動學——直線運動、萬有引力定律、牛頓運動定律及其應用、一維碰撞、熱學等章節。第 1 題考牛頓第二運動定律基本單位；第 2 題考球自光滑斜面下滑之力學能守恆及彈性碰撞；第 7 題考氣體動力論微觀與巨觀性質；第 12 題考堆疊物體受摩擦力的作用等速移動之力平衡分析，算是較為傳統且基本的題型；第 11 題為新課綱中加入之測量與不確定度，也在今年首度入題，但計算上若不夠明快或未掌握單選題以排除錯誤的方式找答案之要領，勢必要費些時間計算。

波動、光及聲音部分，今年比例增加，由於每年章節內考點不盡相同，因此考生須把握每個單元的基本概念，不必去記憶過難的題目，才能用最少的時間把握最多的分數。第 6 題考弦產生駐波弦長與基頻關係；幾何光學部分，第 16 題考新冠疫情防疫期間，餐桌豎立防止飛沫傳播的壓克力板，討論其折射率與真實距離，試題取材生活化。然今年對於光的干涉與繞射章節沒有命題，算是較為特殊的現象。

電磁現象絕對是分科測驗的重點，今年的比例與去年大致相當。且多為結合電流的磁效應、電磁感應、電流與電路之統合命題，包括第 5 題及第 14 題，均以磁場或磁通量的時變率為前提，考應電流是否生成、電阻大小比較、電壓電流的量度、所受磁力等跨章節試題；第 15 題考不同板距下之平行帶電金屬板之電量、電場、電位差。此外結合時事，以核融合反應器為名，藉由推理計算筒壁單位面積所受的磁力，考驗學生解讀題意及推理能力，對考生而言相當困難。

量子現象的部分內容較去年增加。第 14 題藉由基態氫原子發生正向碰撞，考波耳的氫原子之能階躍遷。而最有「回顧式命題」的，不外乎第 8 題以超新星爆炸對舊課綱之放射性物質半衰期再次命題。恐怕是出題者對於新舊課綱之些微差異不盡了解，欲藉由素養式命題的再次體現吧！

【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 111 年分科測驗物理科試題難易度如表二。由表可知，今年的題目和去年相比，中等偏難的題目與難題皆大幅增加，且難易程度差距甚大，整體而言較去年指考更為困難，對於中等程度考生極度不利，故預測今年各標恐會大幅下降，對於前段考生亦大受影響，此外，今年已改採級分制，滿級分為 60 級分，估算每級分差距約在 1.25 分左右，預期級分高者為數甚少，鑑別度不佳。

表二 111 分科測驗物理科試題難易度分析表（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	111 年總計	110 年總計
易		1		6		22	9 分	6 分
中偏易	4		2				6 分	9 分
中		3、19	7		5	5、8、9	18 分	42 分
中偏難		11、21	12、17	25	13、14	14、17、23	34 分	23 分
難	18	20	18	10、16、26	15	24	33 分	20 分

四 試題特色

茲就 111 分科測驗物理考科試題的特色分析說明如下：

1 重閱讀理解，分析計算量大

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。本年度題幹字數亦多，一般考生會寫不完，對於題意理解有障礙的考生而言更是一大災難。例如第 10 題以物體在遠處發出近軸光線，對有氣泡的水滴圓球透鏡折射。除文字敘述冗長之外，亦出現新課綱未提及之名詞，僅能在厚度未知的情況下，藉由文字敘述判定觀察者之成像性質。此外，第 25、26 題題組以瑞立矩形喇叭筒擴音器來引導，究竟是希望學生寫出何種條件「驗證」水平與垂直方向的分散效果？上述題意不夠明確且抽象，變因甚多，對學生來說是種考驗。

此外，今年試題難易度出現非常兩極化的現象，題目不太具有鑑別度，學生不僅花非常多時間去理解題意才能作答。試題多達 14 題需動筆認真計算，占試題一半以上，故考生恐需花費更多時間，亦可能是使總體分數下降的主要原因。

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 2、3、4、6、12 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。但今年基本題僅 5~10 題，試題靈活度高、創新題型多、需思考的時間較長，加上中等難度以上的題型大幅增加，讓考生非常有挫折感，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 3、6、9、16、20、24、25、26 題；結合科學素養題材的部分包括第 10、15、19、20、21 題，兩者合計高達 13 題，考出生活與學術探究情境結合，包含「韋伯太空望遠鏡」在拉格朗日點的運行模式、矩形開口擴音器工作的理論模型等，以科學新聞和生活情境入題，強調物理基本概念，是近年命題趨勢。誠如大考中心所言，大考命題正在朝科普之開放式命題前進。

4 實驗考題之延伸探究

今年最特別之處，在於實驗雖有入題，惟測驗之實驗試題，並無直接對應課綱指定操作實驗，非傳統實驗試題模式，第 22~24 題題組以混合題形式考光電效應實驗操作所須具備的相關實驗設計與圖表分析判斷能力，並作圖求出普朗克常數對基本電荷的比值。或許是對於課綱中既有實驗已命題多次，即便有新增電磁波實驗，可能待施行操作較為熟悉後再予命題較適當。



【五 總 結】

總體而言，今年考題中等偏難，由於新課綱出題的不穩定度，此份試題與大考中心提供的參考試卷難易度差距頗大，且由於新課綱授課時數縮減，部分學校甚至到高三才上選修物理Ⅲ～Ⅴ，對於想要再試一次的考生無疑是沉重的打擊。或許 111 學測物理試題較為平實，故希望藉由分科考試提升學生學習強度，殊不知因少子化及繁星申請入學比例的大幅增加，學生早已將學測視為主要升學管道，甚至自高二起，即已放棄一窺進階物理的堂奧之想法，故本份試題最終恐在沒有倒扣的前提下，創下有史以來的低分紀錄。雖從整份題目分析，試題靈活、命題素材多元，兼具素養及整合性題型，並以課綱學習內容為主要命題主軸，章節分配也符合課綱時數，分配得宜，但考生要獲得高分實屬不易。

對於未來的建議，還是希望學生高三時能夠正常修習物理，誠如教改專家所希望，由於學習歷程檔案須採計高中三年表現，能使高三教學正常化，別因為學測而放棄高三進度。且上大學之後，高中物理對於理工科系的學生還是非常重要的。隨著考題不斷創新、試題更強調閱讀素養與探究，但對於程度中等以下的學生著實為難，一份不具鑑別度的分科試題，恐怕只會讓學生更將分發入學視為畏途，今年筆者已有學生在未報名分科測驗的情況下，因學測成績不佳先選擇重考，若分科測驗不是給學生再試一次的機會，往後恐將形成常態，這些都是未來的挑戰。如何讓教學正常化並回歸物理學習的本質，才是未來命題努力的目標。





第壹部分：選擇題（占 68 分）

一 單選題（占 33 分）

說明：第 1 題至第 11 題，每題 3 分。

1. 下列何者等於 1.0 N 的力？

- (A) 能使質量為 1.0 g 之物體的加速度為 $1.0 \text{ cm} / \text{s}^2$ 的力
- (B) 能使質量為 1.0 kg 之物體的加速度為 $9.8 \text{ m} / \text{s}^2$ 的力
- (C) 能使質量為 1.0 kg 之物體的加速度為 $1.0 \text{ m} / \text{s}^2$ 的力
- (D) 質量為 1.0 g 之物體所受的重力
- (E) 質量為 1.0 kg 之物體所受的重力

答案 (C)

命題出處 選修物理 I 第 4 章 牛頓運動定律

測驗目標 知道重要物理現象的尺度或物理量的單位

難易度 易

詳解 依據國際上開始使用共同的質量定義後，便可定義力的標準單位，若質量 1 kg 的物體以一固定外力使此物體產生 $1 \text{ m} / \text{s}^2$ 的加速度時，則此物體所受之外力為 $F = 1 \text{ kg} \times 1 \text{ m} / \text{s}^2 = 1 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{s}^2$ ，稱為 1 N（牛頓），力的 SI 單位是 N（牛頓）。

2. 如圖 1 所示，質量 m 的甲球自高度 H 處，由靜止開始沿光滑軌道下滑至水平部分後，與質量亦為 m 的靜止乙球發生總動能守恆的一維碰撞。已知重力加速度為 g ，且取水平向右為正值速度的方向，則兩球碰撞後，甲球的速度 v_1 與乙球的速度 v_2 為下列何者？

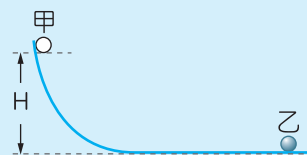


圖 1

- (A) $v_1 = v_2 = \frac{1}{2}\sqrt{2gH}$
- (B) $v_1 = -v_2 = -\frac{1}{2}\sqrt{2gH}$
- (C) $v_1 = -v_2 = \sqrt{gH}$
- (D) $v_1 = 0, v_2 = \sqrt{2gH}$
- (E) $v_1 = 0, v_2 = \sqrt{gH}$

答案 (D)

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 融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題

難易度 中偏易

詳解 依據力學能守恆，甲球自高度 H 處，由靜止開始沿光滑軌道下滑至水平部分後，令其速度為 $v_{\text{甲}}$

$$mgH = \frac{1}{2}mv_{\text{甲}}^2 \Rightarrow v_{\text{甲}} = \sqrt{2gH}$$

甲球與質量亦為 m 的靜止乙球碰撞前後，行碰撞前後動能相同的一維碰撞：

$$\frac{1}{2}mv_{\text{甲}}^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + \frac{1}{2}mv_2^2$$

另依據動量守恆： $mv_{\text{甲}} = mv_1 + mv_2$

由上述兩式可得：

$$v_1 = \frac{m-m}{m+m}v_{\text{甲}} = 0$$

$$v_2 = \frac{2m}{m+m}v_{\text{甲}} = \sqrt{2gH}$$

3. 一部汽車以等速度 10.0 m/s 沿水平車道前行，駕駛發現前方 24.5 m 處的單車沿同一直線與方向前進，於是立刻煞車而以等加速度 $-a$ 繼續前行。若單車一直以等速度 3.00 m/s 前進，而兩車不會相撞，則 a 至少約需大於下列何者？
註：在等速運動的坐標系中，牛頓運動定律都能成立。

(A) $\frac{(10.0)^2}{2 \times 24.5} \text{ m/s}^2 = 2.04 \text{ m/s}^2$

(B) $\frac{[(10.0)^2 - (3.00)^2]}{2 \times 24.5} \text{ m/s}^2 = 1.86 \text{ m/s}^2$

(C) $\frac{(10.0 - 3.00)^2}{2 \times 24.5} \text{ m/s}^2 = 1.0 \text{ m/s}^2$

(D) $\frac{[(10.0)^2 - 2 \times 10.0 \times 3.00]}{2 \times 24.5} \text{ m/s}^2 = 0.82 \text{ m/s}^2$

(E) $\frac{[(10.0)^2 - 2 \times 10.0 \times 3.00]}{24.5} \text{ m/s}^2 = 1.64 \text{ m/s}^2$

答案 (C)

命題出處 選修物理 I 第 2 章 運動學——直線運動

測驗目標 根據資料進行歸納、假說或演繹

難易度 中

詳 解。 繪出兩車之 $v-t$ 圖可知，汽車減速至 3.00 m/s ，其緩衝距離 $d < 24.5 \text{ m}$ ，兩車不會相撞。

令汽車減速至 3.00 m/s 所需之時間為 t'

$$\text{汽車加速度量值 } a = \frac{10.0 - 3.00}{t'}$$

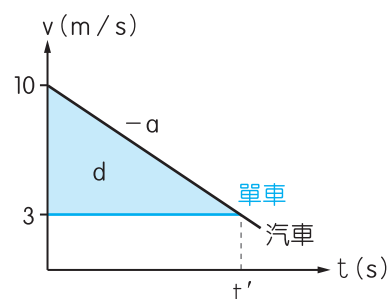
由如右圖所示的圖形面積可知：

$$\text{緩衝距離 } d = \frac{10.0 - 3.00}{2} t'$$

將上式帶入可得

$$\begin{aligned} d &= \frac{10.0 - 3.00}{2} t' \\ &= \frac{(10.0 - 3.00)^2}{2a} < 24.5 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{故 } a > \frac{(10.0 - 3.00)^2}{2 \times 24.5} = 1.86 \text{ m/s}^2$$



4. 進行焦耳實驗時，使兩個質量各為 0.42 kg 的重錘落下 1.0 m ，以帶動葉片旋轉，攪動容器內 2.0 L 的水。已知水的比熱為 $4.2 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ，水所散失的熱量可忽略，重力加速度 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ，則攪動後水溫上升約為何？

- (A) 0.0010 K
 (B) 0.010 K
 (C) 0.10 K
 (D) 1.0 K
 (E) 10 K

答 案。 (A)

命題出處。 物理 (全) 第 5 章 能 量

測驗目標。 套用單一物理定義、公式、定律或原理解題

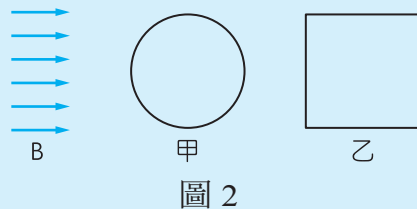
難 易 度。 中偏易

詳 解。 焦耳實驗顯示重力對兩重錘所作的功可以轉換成內能，使水溫升高：

$$2m_{\text{錘}}gh = M_{\text{水}} \cdot s \cdot \Delta T \Rightarrow 2 \times 0.42 \times 10 \times 1.0 = 2 \times 4.2 \times 10^3 \times \Delta T$$

$$\text{故 } \Delta T = 0.0010 \text{ K}$$

5. 如圖 2，以相同的均勻銅線製成直徑為 d 的圓形線圈甲與邊長為 d 的正方形線圈乙，靜置於穩定隨時間變化的均勻磁場 B 中，磁場方向與兩線圈的平面平行，則下列物理量量值的大小關係何者正確？



- (A) 線圈的總電阻：甲 $>$ 乙
 (B) 磁場 B 於線圈內產生的應電流：甲 = 乙
 (C) 通過線圈、由磁場 B 產生的磁通量：乙 $>$ 甲
 (D) 磁場 B 對線圈的磁作用力：甲 $>$ 乙
 (E) 磁場 B 於線圈內產生的感應電動勢：甲 $>$ 乙

答案 (B)

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
 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

難易度 中

詳解 (A) 均勻粗細銅線之電阻與其長度成正比，故線圈的總電阻

$$R_{\text{甲}} = \pi d < R_{\text{乙}} = 4d, \text{ (A) 錯誤。}$$

- (B) 由於磁場方向與兩線圈的平面平行，即便置於穩定隨時間變化的均勻磁場，亦無應電流生成。

$$I_{\text{甲}} = I_{\text{乙}} = 0, \text{ (B) 正確。}$$

- (C) 通過線圈、由磁場 B 產生的磁通量 $\phi = BA \cos \theta$ ，由於磁場方向與兩線圈的平面平行，磁場方向與線圈面的面積向量 \vec{A} 夾角 $\theta = 90^\circ$ ，故 $\phi_{\text{甲}} = \phi_{\text{乙}} = 0$ ，(C) 錯誤。

- (D) 導線所受磁力 $\vec{F} = I\vec{c} \times \vec{B}$ ，載流導線在均勻磁場所受磁力可以用兩端點連線之長直導線的受力表示。因甲、乙均為封閉線圈，故磁場 B 對線圈的磁作用力 $\vec{F}_{\text{甲}} = \vec{F}_{\text{乙}} = 0$ ，(D) 錯誤。

- (E) 磁場 B 於線圈內產生的感應電動勢 $\varepsilon = - \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$

$$\text{由於 } \theta = 90^\circ, \Delta \phi_{\text{甲}} = \Delta \phi_{\text{乙}} = 0$$

$$\text{故 } \varepsilon_{\text{甲}} = \varepsilon_{\text{乙}} = 0, \text{ (E) 錯誤。}$$

6. 一樂器上張緊的弦兩端固定，其基音頻率 $f_0 = 252 \text{ Hz}$ 。若在張力不變下，按住此弦的中點，則彈奏此弦時發出基音 f_0' 為 f_0 的多少倍？

(A) 0.25 (B) 0.5 (C) 1 (D) 2 (E) 4

答 案 (D)

命題出處 選修物理 III 第 1 章 波 動

測驗目標 套用單一物理定義、公式、定律或原理解題

難 易 度 易

詳 解 張緊的弦兩端固定，其基音頻率 $f_0 = \frac{1v}{2L}$ 。

若在張力不變下，按住此弦的中點，則弦長 L 減半，彈奏此弦時發出

$$\text{基音頻率 } f_0' = \frac{1v}{2\left(\frac{L}{2}\right)} = 2f_0。$$

7. 一容器內的理想氣體，莫耳數為 n ，內能為 U ，密度為 ρ ，壓力為 P ，絕對溫度為 T ，氣體分子的方均根速率為 v ，理想氣體常數為 R 。依據氣體動力論，在熱平衡狀態下，下列關係何者正確？

(A) $U = nRT$ (B) $U = \frac{3Pv}{2}$ (C) $P = \frac{\rho v^2}{3}$
 (D) $P = \frac{\rho v^2}{2}$ (E) $Pv = nRT$

答 案 (C)

命題出處 選修物理 II 第 5 章 熱 學

測驗目標 融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題

難 易 度 中

詳 解 由氣體運動論並滿足理想氣體微觀特性推導可得：

$$\text{理想氣體 } PV = \frac{1}{3} Nmv^2 = \frac{2}{3} U = nRT$$

$$\text{(A)(B) } U = \frac{3}{2} nRT = \frac{3}{2} PV \neq \frac{3}{2} Pv, \text{ 故(A)(B)均錯誤。}$$

$$\text{(C)(D) } P = \frac{1}{3} \left(\frac{Nm}{V} \right) v^2 = \frac{1}{3} \rho v^2, \text{ 故(C)正確、(D)錯誤。}$$

$$\text{(E) } PV = nRT \neq Pv, \text{ 故(E)錯誤。}$$

8. 有一項理論認為所有比鐵重的元素都是超新星爆炸時形成的。已知 ^{235}U 和 ^{238}U 的半衰期分別為 0.704×10^9 年和 4.47×10^9 年，若地球上的鈾來自 5.94×10^9 年前的恆星爆炸，且爆炸時產生相同數量的 ^{235}U 和 ^{238}U ，則目前地球上兩者的數量比 $^{235}\text{U} / ^{238}\text{U}$ 約為下列何者？
- (A) 2^{-9} (B) 2^{-7} (C) 2^{-5} (D) 2^{-3} (E) 2^{-1}

答案 (B)

命題出處 選修物理 V 第 3 章 原子結構與原子核

測驗目標 根據資料進行歸納、假說或演繹

難易度 中

詳解 由衰變比率 $\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$ ，且爆炸時產生的 ^{235}U 與 ^{238}U 數量 N_0 相同可知，目前地球上兩者的數量比

$$\frac{N_{235}}{N_{238}} = \frac{\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{5.94 \times 10^9}{0.704 \times 10^9}}}{\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{5.94 \times 10^9}{4.47 \times 10^9}}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{8.84 - 1.33} = 2^{-7.51} \div 2^{-7}$$

9. 下列哪一現象，不能將光視為只是粒子或只是波，而必須根據光具有二象性才能解釋？
- (A) 一個氫原子躍遷發出的光向四周傳播時，另一氫原子可吸收此光的全部能量
 (B) 光在大氣中會折射而沿彎曲的路線前進，產生海市蜃樓的現象
 (C) 光通過狹縫後在遠處屏幕上可形成明暗相間的干涉條紋
 (D) 光沿著直線前進可穿過真空由太陽傳至地球
 (E) 光由空氣中入射到金屬表面後會被反射

答案 (A)

命題出處 選修物理 V 第 3 章 原子結構與原子核

測驗目標 應用物理概念或模型解釋物理現象

難易度 中

詳解 (A) 一個氫原子躍遷發出的光向四周傳播——光具有波動性。
 另一氫原子可吸收此光的全部能量——光具有粒子性。
 故可根據光具有二象性解釋。
 (B) 光在大氣中會折射而沿彎曲的路線前進，產生海市蜃樓的現象——光具有波動性。
 (C) 光通過狹縫後在遠處屏幕上可形成明暗相間的干涉條紋——光具有波動性。

- (D) 光沿著直線前進可穿過真空由太陽傳至地球——光具有波動性。
 (E) 光由空氣中入射到金屬表面後會被反射——光具有波動性或具有粒子性。

註：光向四周傳播時，粒子性也說得通，故「必須」根據光具有二象性才能解釋的說法以及另一氫原子可吸收此光的「全部」能量似乎有待商榷。

10. 如圖 3a 所示，在失重的太空站上，水滴（折射率 $n' = \frac{4}{3}$ ）與空氣泡（折射率 $n = 1$ ）可形成同心的圓球透鏡。當平行於光軸 OA 的近軸光線，由空氣入射通過半徑為 R 的實心水球後，會通過焦點 F ， $\overline{OF} = 2R$ ，如圖 3b 所示；反之，平行的近軸光線由水中入射通過半徑為 R 的空氣泡後，會發散而使光線在向後延伸後通過 F' ， $\overline{OF'} = \frac{3R}{2}$ ，如圖 3c。因此有空氣泡的水球，就類似於豎立於 O ，外圈為會聚、內圈為發散的薄透鏡。若如圖 3a，一物體在有氣泡的水球左側遠處，發出近軸的光，則人眼在圖 3a 右側遠處沿著光軸望向此有氣泡的水球時，所看到該物體的像為下列何者？注意：即使氣泡球換為不透明的圓球，外圈的水球還是能夠完整成像的。

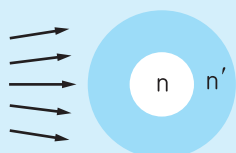


圖 3a

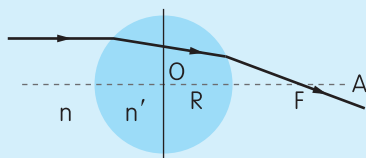


圖 3b

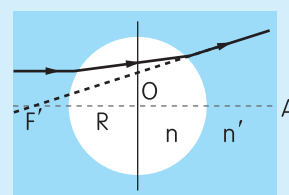


圖 3c

- (A) 只有正立虛像 (B) 只有倒立虛像 (C) 只有正立實像
 (D) 只有倒立實像 (E) 既有正立虛像，也有倒立實像

答 案。 (E)

命題出處。 選修物理 III 第 3 章 光的折射及其應用

測驗目標。 分析文本、數據或圖表等資料以解決問題

難 易 度。 難

詳 解。 近軸光線入射水滴與空氣泡形成同心的圓球透鏡。射向水滴時向法線偏折之偏向角 $\delta_{\text{實}}$ 若小於入射空氣泡偏離法線之偏向角 $\delta_{\text{空}}$ ，總體而言會發散而使光線向後延伸形成正立虛像。

近軸光線入射水滴與空氣泡形成同心的圓球透鏡。射向水滴向法線偏折之偏向角 $\delta_{\text{實}}$ 若大於入射空氣泡離法線偏折之偏向角 $\delta_{\text{空}}$ ，總體而言會會聚而使光線向前延伸形成倒立實像。

由於會與水滴與氣泡的幾何比例有關，故兩者皆有可能。

11. 在研究浮體時，同學推測圓柱浮體能否穩定維持直立，與密度有關。故決定先測量圓柱體的體積，而以同一根米尺對圓柱體的直徑與高度各測量 4 次，結果記錄於下表，最右 3 欄為計算機運算程式所給 4 次測量值的平均值、標準差平方與 $\frac{1}{12}$ 。

	第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	平均值	標準差平方	$\frac{1}{12}$
直徑 (mm)	121.2	121.5	121.0	121.9	121.400	0.1533333	0.083333
高度 (mm)	100.0	100.8	100.4	101.2	100.600	0.2666667	0.083333

若以下各測量值括弧內 \pm 號後的數字代表組合不確定度，則下列敘述何者正確？

- (A) 直徑的測量值為 (121.4 ± 0.2) mm
 (B) 直徑的測量值為 (121.4 ± 0.5) mm
 (C) 高度的測量值為 (100.60 ± 0.39) mm
 (D) 高度的測量值為 (100.60 ± 0.26) mm
 (E) 圓柱體體積的組合不確定度等於高度與直徑兩者之組合不確定度的和

答案 (C)

命題出處 選修物理 I 第 1 章 測量與不確定度

測驗目標 套用單一物理定義、公式、定律或原理解題

難易度 中偏難

詳解 由題表中數據，測量次數 4 次，直徑標準不確定度之 A 類評估

$$u_{A(\text{直徑})} = \sqrt{\frac{s^2}{N}} = \sqrt{\frac{0.1533333}{4}} \doteq 0.195 \doteq 0.20 \text{ (mm)}$$

$$u_{A(\text{高度})} = \sqrt{\frac{s^2}{N}} = \sqrt{\frac{0.2666667}{4}} \doteq 0.258 \doteq 0.26 \text{ (mm)}$$

$$u_{B(\text{高度})} = \sqrt{\frac{1}{12}} \text{ mm} \doteq 0.29 \text{ mm}，\text{故 A 類與 B 類不確定度的組合}$$

$$u_{(\text{高度})} = \sqrt{(0.26)^2 + (0.29)^2} \text{ mm} \doteq 0.389 \text{ mm} \doteq 0.39 \text{ mm}$$

(A)(B) 直徑的不確定度，應包含 2 位有效位數，故(A)(B)均錯誤。

(C)(D) 高度的測量值為 (100.60 ± 0.39) mm，故(C)正確、(D)錯誤。

(E) 圓柱體體積的組合不確定度雖與高度及直徑兩者乘積之因次有關，但組合不確定度並非兩者的和。

二 多選題 (占 35 分)

說明：第 12 題至第 18 題，每題 5 分。

12. 在水平地面上，以不可伸長的細繩繞過定滑輪，將質量分別為 m_1 、 m_2 的上、下兩個均質箱子連接如圖 4。已知重力加速度為 g ，細繩與滑輪之間無摩擦力，且其質量均可忽略，下箱之上、下表面的動摩擦係數皆為 μ ，若下箱受到水平拉力 F 時，兩箱不轉動，均以等速度水平移動，則下列敘述哪些正確？

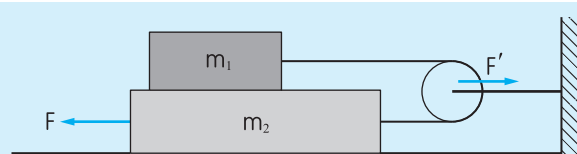


圖 4

(A) 地面施於下箱的正向力為 $(m_1 + m_2)g$

(B) 施於下箱的水平拉力 $F = \mu(3m_1 + m_2)g$

(C) 所有作用於上箱的水平力所產生的力矩為零

(D) 所有作用於上箱的垂直力所產生的力矩為零

(E) 右邊支架施予滑輪的水平力量值 F' ，一定小於 F

答案。 (A)(B)(E)

命題出處。 選修物理 I 第 4 章 牛頓運動定律

測驗目標。 融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題

難易度。 中偏難

詳解。 兩箱不轉動，均以等速度水平移動，故兩箱所受合力均為 0。

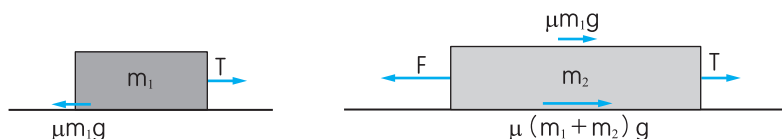
(A) 地面施於下箱的正向力 $N =$ 兩個箱子的總重量 $(m_1 + m_2)g$ ，故(A)正確。

(B) 兩箱均以等速度水平移動，如下圖所示。

對 m_1 而言，水平方向合力為零 $\Rightarrow \mu m_1 g = T$

對 m_2 而言，水平方向合力為零

$\Rightarrow F = \mu m_1 g + T + \mu(m_1 + m_2)g = \mu(3m_1 + m_2)g$ ，故(B)正確。



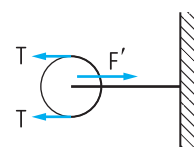
(C) 作用於上箱的水平力 $\mu m_1 g$ 與 T ，形成一對力偶，故所產生的力矩不為零，(C)錯誤。

(D) 作用於上箱的垂直力 N 與 $(m_1 + m_2)g$ ，形成一對力偶，故所產生的力矩不為零，(D)錯誤。

(E) 滑輪質量可忽略，對滑輪而言水平方向合力為零，如右圖所示。

$F' = 2T = 2\mu m_1 g < F$

(E) 正確。



13. 如圖 5 所示，兩片完全相同、可視為無限大的平行金屬薄板 U 與 D，間距固定為 $5d$ ，以銅線連接到電位恆為 0 的接地體 G，最初 U 與 D 均不帶電。今將與 U、D 完全相同、帶電量 $+Q$ 且不接地的金屬薄板 T 平行移入，並固定於上板下方 $2d$ 處。已知連接兩板的電力線數目，既與兩板間的電場成正比，也與起點或終點處的電量成正比，且 D、T 間的電位差與 U、T 間的電位差相等，則在靜電平衡時，下列敘述哪些正確？

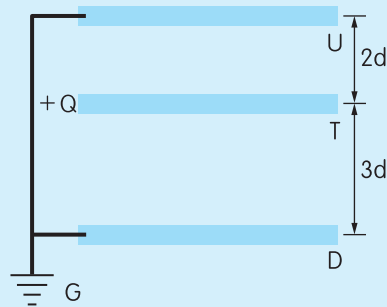


圖 5

- (A) D、T 間的電場量值為 U、T 間電場量值的 1.5 倍
 (B) 以 U 板與 D 板為終點的電力線數目相等
 (C) T 板受到向上的靜電力
 (D) T 板受到的靜電力為零
 (E) U 板上的電量為 D 板上電量的 1.5 倍

答案 (C)(E)

命題出處 選修物理 IV 第 1 章 靜電學

測驗目標 融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題

難易度 中偏難

詳解 (A) D、T 間的電位差 V_{DT} 與 U、T 間的電位差 V_{UT} 相等，

$$\frac{E_{DT}}{E_{UT}} = \frac{V_{DT} / 3d}{V_{UT} / 2d} = \frac{2}{3}$$

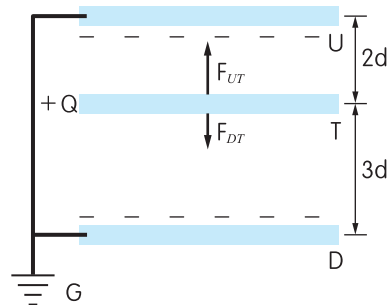
故(A)錯誤。

- (B) 連接兩板的電力線數目與兩板間的電場成正比，故以 U 板為終點的電力線數目大於以 D 板為終點的電力線數目，(B)錯誤。
 (E) 兩板間的電場與起點或終點處的電量成正比，

$$\frac{Q_{UT}}{Q_{DT}} = \frac{E_{UT}}{E_{DT}} = \frac{3}{2} = 1.5$$

故(E)正確。

- (C)(D) 對於 T 板而言，所受靜電力與 U、D 兩板的電量成正比，且依據靜電感應原理，兩板均帶負電。如右圖所示。U 板對 T 板的吸引力 F_{UT} 向上，D 板對 T 板的吸引力 F_{DT} 向下 $\Rightarrow F_{UT} > F_{DT}$ 故 T 板受到向上的靜電力，(C)正確、(D)錯誤。



14. 如圖 6 所示，磁場垂直指入紙面，使通過正方形迴路 ABCD 的磁通量，穩定地以 $1.0 \text{ T} \cdot \text{m}^2 / \text{s}$ 的時間變化率增加，AB 段與 CD 段的電阻分別為 $0.6 \text{ k}\Omega$ 與 $0.4 \text{ k}\Omega$ 。將伏特計 V_1 與 V_2 的正極 (+) 分別接到 A、D 點，負極 (-) 分別接到 B、C 點，測得的電壓值分別為 V_1 與 V_2 。假設迴路上應電流 I 產生的磁場與通過伏特計的電流均可忽略，則下列選項中哪些關係式可能是正確的？

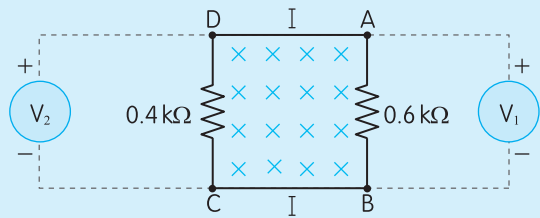


圖 6

- (A) $I = 1 \text{ mA}$ (B) $I = 1 \text{ }\mu\text{A}$ (C) $V_1 = V_2 = 0.6 \text{ V}$
 (D) $V_1 = -0.6 \text{ V}$, $V_2 = 0.4 \text{ V}$ (E) $V_1 = 0.6 \text{ V}$, $V_2 = 0.4 \text{ V}$

答案 (A)(D)

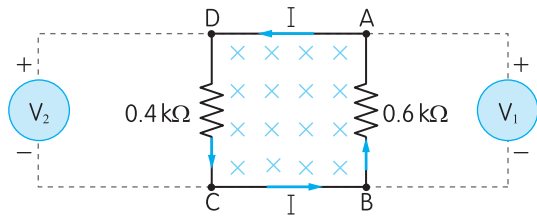
命題出處 選修物理 IV 第 3 章 電磁感應

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

難易度 中偏難

詳解 (1) 通過正方形迴路 ABCD 的磁通量，穩定地以 $1.0 \text{ T} \cdot \text{m}^2 / \text{s}$ 的時間變化率增加，依據冷次定律，導體上應電流或應電動勢應為逆時針方向，如右圖所示。



(2) 依據法拉第電磁感應定律，平均應電動勢量值

$$|\varepsilon| = \left| -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \right| = 1 \text{ V} \Rightarrow I = \frac{1}{R_{AB} + R_{CD}} = \frac{1}{0.6 + 0.4} = 1 \text{ (mA)}$$

故(A)正確。

$$V_1 = V_A - V_B = -IR_{AB} = -1 \times 0.6 = -0.6 \text{ V}$$

$$V_2 = V_D - V_C = IR_{CD} = 1 \times 0.4 = 0.4 \text{ V}$$

故(D)正確。

15. 中空圓筒形導體中的電流所產生的磁場，會對其載流粒子施加磁力，故被用於設計能提供安全核能且燃料不虞匱乏的核融合反應器。圖 7 所示為筒壁很薄、半徑為 R 的鋁製長直圓筒，電流 I 平行於筒軸穩定流動，均勻通過筒壁各截面，而可當作為 n 條完全相同且平行的長直載流導線，每條導線的電流都為 $i = I/n$ 。若 n 比 1 大得多，並以 \vec{P} 代表每單位面積垂直作用於筒壁的磁力，則下列敘述哪些正確？

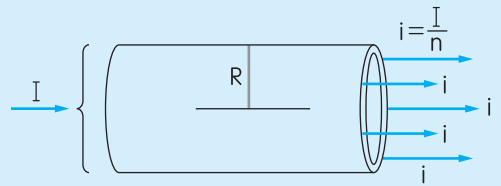


圖 7

- (A) \vec{P} 沿半徑向筒外
 (B) \vec{P} 沿半徑向筒內
 (C) $|\vec{P}|$ 與 R^2 成正比
 (D) $|\vec{P}|$ 與 I 成正比
 (E) $|\vec{P}|$ 與 I^2 成正比

答案 (B)(E)

命題出處 選修物理 IV 第 2 章 電流的磁效應

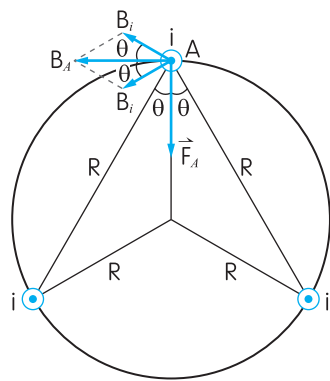
測驗目標 融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題

難易度 難

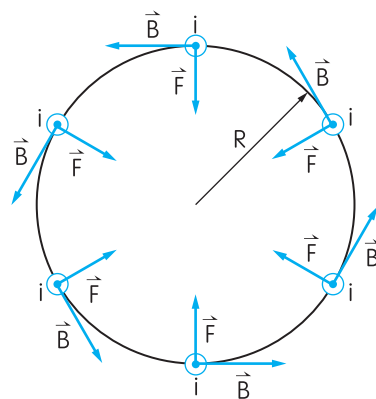
- 詳解 (1) 如圖(一)所示，以電流流出方向觀察筒壁兩對稱之載流導線電流在 A 點建立之磁場方向向右，故可判定筒壁上各點之磁場方向均向右。
 (2) 如圖(一)所示，A 點導線所受的磁力 $\vec{F} = i\vec{e} \times \vec{B}$ 之方向指向筒內，故可判定筒壁上每條導線所受的磁力均指向筒內，(B) 正確。
 (3) 每條導線的電流均為 $i = \frac{I}{n}$ ，如圖(二)所示，

$$B_A = \sum_n \frac{\mu_0 i}{2\pi(2R \cos\theta)} \cos\theta = \frac{\mu_0 I}{4\pi R} \propto \frac{I}{R}$$

故每單位面積垂直作用於筒壁的磁力 $\vec{P} \propto IB \propto \frac{I^2}{R}$ ，(C) 錯誤、(E) 正確。



圖(一)



圖(二)

16. 因為新冠肺炎的流行，餐廳經常在桌面上豎立壓克力板，以防止用餐時飛沫的傳播。若將厚度 h 的透明平板豎立於有方格紙圖案的餐桌上，使板面平行於水平格線，如圖 8 示意圖。當垂直於板面正視時，發現板後水平格線的位置都往平板移動。若空氣折射率為 1，平板的折射率為 n ，則下列敘述哪些正確？注意：圖 8 為手機拍攝到的畫面，其格線距離與真實距離不同。

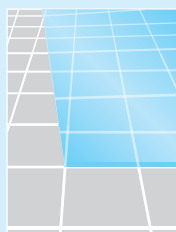


圖 8

- (A) 板後水平格線的位移量值，隨其距離板面的遠近而有不同
 (B) 板後水平格線的位移量值，不隨平板厚度而變
 (C) 板後各水平格線的位移量值都為 $\frac{h}{n}$
 (D) 板後各水平格線的位移量值都為 $h(1 - \frac{1}{n})$
 (E) 測得水平格線位移量值與平板厚度的比值，即可決定折射率 n

答 案 (D)(E)

命題出處 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

難 易 度 難

詳 解 (C)(D) 板後水平格線的位移量值 = 實深 - 視深

$$\Rightarrow \Delta h = h - \frac{h}{n} \times 1 = h(1 - \frac{1}{n})$$

故(C)錯誤、(D)正確。

(A) 板後水平格線的位移量值與板後水平格線距離板面的遠近無關，故(A)錯誤。

(B) 板後水平格線的位移量值，不與平板厚度成正比。

(E) 水平格線位移量值與平板厚度的比值 $\frac{\Delta h}{h} = 1 - \frac{1}{n}$ ，可決定折射率 n ，

故(E)正確。

17. 依據波耳的氫原子模型，若兩個處於量子數 $n=1$ 的基態氫原子，在發生正向碰撞後停止不動，接著都只發出同一種單頻光，其光子的能量均為 10.204 eV ，則下列敘述哪些正確？（氫原子的質量為 $1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ ，氫原子的能量為 $E_n = -13.606 \text{ eV} / n^2$ ， $1 \text{ eV} = 1.602 \times 10^{-19} \text{ J}$ ）
- (A) 碰撞後兩個氫原子都被激發到 $n=2$ 的能階
 (B) 在碰撞前每個氫原子的動能都為 3.4 eV
 (C) 在碰撞前兩個氫原子的總動量大於零
 (D) 在碰撞前每個氫原子的速率大於 30 km/s
 (E) 兩個氫原子發出的都是可見光

答案 (A)(D)

命題出處 選修物理 II 第 4 章 位能與力學能守恆定律
 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

難易度 中偏難

詳解 (A) 由於單頻光之光子的能量為氫原子被激發到 $n=2$ 之能階旋即躍遷回

$$n=1 \text{ (基態) 所釋放，光子能量 } 10.204 \text{ eV} \div -13.6 \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{1^2} \right) \Rightarrow n=2$$

故(A)正確。

(B) 若兩個處於基態的氫原子，在發生正向碰撞後停止，其將動能完全轉換為光子能量，則碰撞前每個氫原子的動能都為 10.204 eV ，故(B)錯誤。

(C) 兩個氫原子在碰撞前後動量守恆，兩個氫原子發生正向碰撞後停止總動量為零，故在碰撞前兩個氫原子的總動量亦等於零，(C)錯誤。

(D) 碰撞前每個氫原子的動能

$$K = \frac{1}{2} mv^2 \Rightarrow \frac{1}{2} \times (1.67 \times 10^{-27}) v^2 = 10.204 \times 1.6 \times 10^{-19}$$

$$v \div 4.4 \times 10^4 \text{ m} > 30 \text{ km}$$

故(D)正確。

(E) $n=2 \rightarrow 1$ 為來曼系列，為紫外線，故(E)錯誤。

18. 圖 9a 與 9b 所示的兩個圓筒 A 與 B 完全相同，A 筒左端封閉，並配置無摩擦的活塞 C；B 筒兩端封閉，以裝有活門 D 的固定隔板分成兩室，兩筒與氣體接觸的各部分均為絕熱體。最初時，A 筒內部與 B 筒左室都裝有壓力 P_0 、溫度 T_0 、體積 V_0 的相同理想氣體，活塞 C 在向左外力 F 作用下保持靜止，而 B 筒的活門 D 為關閉，右室為真空。當減小外力 F 使活塞 C 緩慢移動到 A 筒右端後停下時，A 筒內的氣體因膨脹作功溫度變為 T_A ；而打開活門 D 後，氣體在不作功下自由膨脹至充滿 B 筒，溫度變為 T_B 。若打開活門 D 的功可忽略，則下列關係哪些正確？

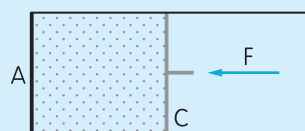


圖 9a

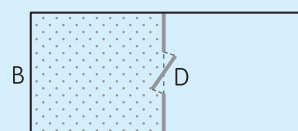


圖 9b

- (A) $T_0 > T_B$
 (B) $T_0 = T_B$
 (C) $T_0 > T_A$
 (D) $T_A > T_B$
 (E) $T_A = T_B$

答案 (B)(C)

命題出處 物理（全）第 5 章 能 量
 選修物理 II 第 5 章 熱 學

測驗目標 融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題

難易度 難

詳 解 A 筒內的氣體因膨脹作功，內能減小、溫度下降為 T_A ， $T_0 > T_A$ 。

故(C)正確。

氣體在不作功下自由膨脹至充滿 B 筒，滿足波以耳定律，溫度不變， $T_0 = T_B$ 。故(B)正確。

綜合上述，可得： $T_0 = T_B > T_A$

第貳部分：混合題或非選擇題（占 32 分）

說明：本部分共有 3 題組，選擇題每題 3 分，非選擇題配分標於題末。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，應以橡皮擦擦拭，切勿使用修正液（帶）。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.~21 題為題組

2021 年 12 月發射的 James Webb 太空望遠鏡 (JWST) 主要用於紅外線天文學的研究，是目前太空中最強大的望遠鏡，它的溫度必須保持低於 50 K，才可在不受其他熱輻射源的干擾下觀察微弱的紅外線信號。JWST 的位置靠近日—地系統的

拉格朗日點 L_2 ，此為日—地連心線上的定點，位於地球公轉軌道外側，如圖 10 所示，其中實線的圓弧與圓分別代表地球與月球的公轉軌道。已知在 L_2 點的小物體，受到日—地系統的重力，可與地球同步繞日—地系統的質心公轉。

假設只考慮來自日、地的重力，日—地的距離近似為定值 R ，日、地的質量分別為 M 、 m ，地心到 L_2 的距離為 r ，重力常數為 G ，日—地系統繞其質心 C 轉動的角速率為 ω 。注意：只有日—地系統的質心 C 可視為靜止，日、地與 L_2 處的小物體均繞 C 以角速率 ω 作圓周運動。

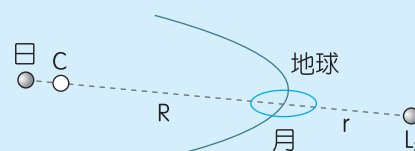


圖 10

19. 已知地心到 C 的距離為 $\frac{MR}{M+m}$ ，則角速率的平方 ω^2 為下列何者？（單選）

(A) $\omega^2 = G \frac{M+m}{r^3}$

(B) $\omega^2 = G \frac{M+m}{R^3}$

(C) $\omega^2 = G \frac{m}{r^3}$

(D) $\omega^2 = G \frac{m}{R^3}$

(E) $\omega^2 = G \frac{M}{r^3}$

答案 (B)

命題出處 選修物理 I 第 5 章 萬有引力定律

測驗目標 融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題

難易度 難

詳解 假設只考慮來自日、地的重力，且將地球所受之重力當作向心力，則

$$\frac{GMm}{R^2} = m \left(\frac{M}{M+m} \right) R \omega^2 \Rightarrow \omega^2 = G \frac{M+m}{R^3}$$

20. 承第 19. 題，地心到 L_2 的距離 r 滿足下列何者？（單選）

(A) $G\left\{\frac{M}{(R+r)^2} + \frac{m}{r^2}\right\} = \left(\frac{MR}{M+m} + r\right)\omega^2$

(B) $G\left\{\frac{M}{(R+r)^2} + \frac{m}{r^2}\right\} = R\omega^2$

(C) $G\left\{\frac{M}{(R+r)^2} + \frac{m}{r^2}\right\} = (R+r)\omega^2$

(D) $G\left\{\frac{M}{(R+r)^2} + \frac{m}{r^2}\right\} = r\omega^2$

(E) $G\left\{\frac{M}{(R+r)^2} + \frac{m}{r^2}\right\} = \left(\frac{mR}{M+m} + r\right)\omega^2$

答 案 (A)

命題出處 選修物理 I 第 5 章 萬有引力定律

測驗目標 融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題

難 易 度 難

詳 解 L_2 處的小物體繞 C 亦以角速率 ω 作圓周運動，設小物體質量為 m' ，所受日、地的重力當作向心力，則

$$\frac{GMm'}{(R+r)^2} + \frac{Gmm'}{r^2} = m'\left(\frac{MR}{M+m} + r\right)\omega^2$$

兩邊消去 m' 可得 $\frac{GM}{(R+r)^2} + \frac{Gm}{r^2} = \left(\frac{MR}{M+m} + r\right)\omega^2$ ，故(A)正確。

21. 將上題結果中的 r 改為 $-r$ ，可看出在日—地連心線上，位於地球公轉軌道內側、距離地心為 r 處，尚有一個可與地球同步繞日公轉的定點，稱為拉格朗日點 L_1 。依題幹所述，為了避免其他熱輻射源的干擾，以觀察廣闊範圍內來自宇宙各處的微弱紅外線信號，JWST 的位置選擇 L_2 ，比起 L_1 有何優點？試舉出兩項優點。（4 分）

答 案 見詳解

命題出處 選修物理 I 第 5 章 萬有引力定律

測驗目標 融會貫通多個概念、公式、定律或原理以解決問題

難 易 度 難

詳 解 優點 1： L_2 比起 L_1 ，與太陽距離更遠，所受太陽之熱輻射更少。

優點 2： L_2 比起 L_1 ，其運行受到太陽電磁波的干擾較小，也不會受到地球與月球的遮蔽，更能觀察廣闊範圍內來自宇宙各處的微弱紅外線信號。

22~24 題為題組

二十世紀初期對於光電效應有許多不同的解釋，密立根經由實驗證實愛因斯坦的光量子論，從而奠定了現代光電科技的基礎，現代生活中常見的太陽能板，能將太陽能轉換為電能，即是應用此一效應。令 h 代表普朗克常數， e 代表基本電荷。

22. 假設 f 為光頻率， λ 為光波長， c 為光速， E 為光量子能量，則下列關係何者正確？（單選）

- (A) $E = hc^2 / \lambda$ (B) $E = h\lambda$ (C) $E = h\lambda^2$ (D) $E = hf$ (E) $E = hf^2$

答案 (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 分析文本、數據或圖表等資料以解決問題

難易度 難

詳解 光子的能量 $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$

23. (1) 於作答區將下表的元件圖例，繪製於如圖 11 所示的虛線方格中，並加以正確連接（注意接點的極性），使其成為光電效應實驗的電路圖。（2 分）

(2) 承(1)，若對同一金屬，選擇多種波長不同、但都能產生光電效應的入射光進行測量，則對於其中每種波長的入射光，必須改變何種物理量，使電路的電流發生何種情況，並取得哪個物理量的實驗數據，才能估測普朗克常數對基本電荷的比值 $\frac{h}{e}$ ？（2 分）

光電管	可調直流電壓源	直流安培計	直流伏特計

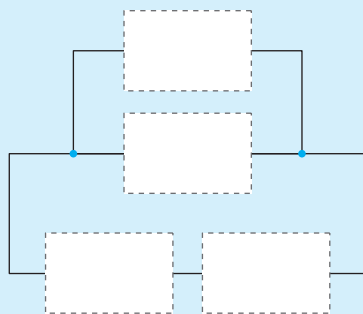


圖 11

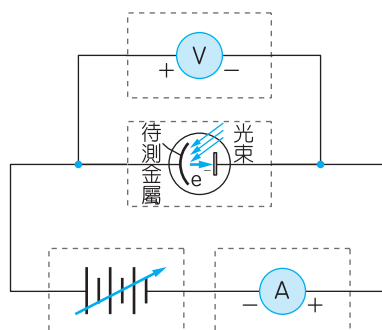
答案。見詳解

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。分析文本、數據或圖表等資料以解決問題

難易度。難

詳 解。



必須改變何種物理量	可調直流電壓源的電壓
使電路的電流發生何種情況	使直流安培計的電流發生降至零的現象
取得哪個物理量的實驗數據	安培計的讀數為零，讀取直流伏特計的數值

24. 圖 12 為密立根測得的光電效應數據。他使用光槓桿裝置來記錄光電流的大小，即是以光點偏移量 (mm) 代表光電流值。

- (1) 試依據圖 12 中入射光波長 $\lambda = 546.1 \text{ nm}$ 、 433.9 nm 、 365.0 nm (頻率 $f = 5.49 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 、 $6.91 \times 10^{14} \text{ Hz}$ 、 $8.22 \times 10^{14} \text{ Hz}$) 的三組數據與其趨勢線，估測截止電壓 (即遏止電位) V_0 ，將其值填入作答區的表格第 3 列。(2 分)
- (2) 於方格紙中作 $V_0 - f$ 圖。(2 分)
- (3) 求出普朗克常數與基本電荷的比值 $\frac{h}{e}$ 。(2 分)

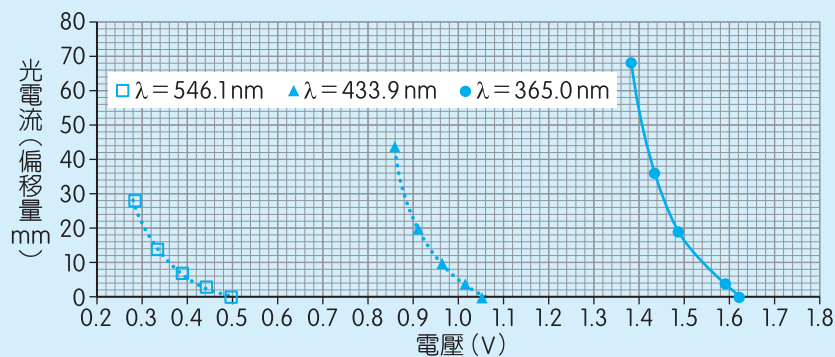


圖 12



【答案】(1) 見詳解 (2) 見詳解 (3) 4.15×10^{-15}

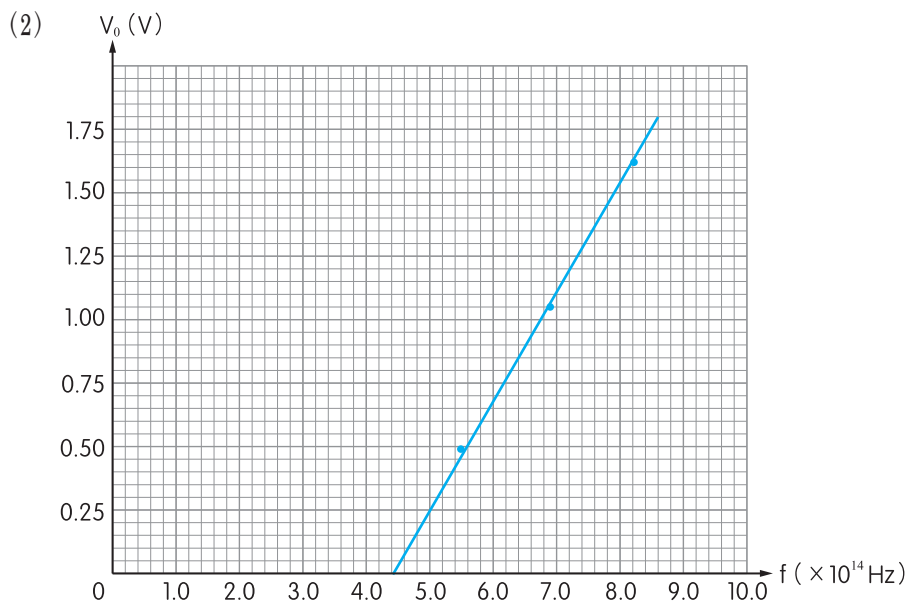
【命題出處】選修物理 V 第 2 章 近代物理的重大發現

【測驗目標】分析文本、數據或圖表等資料以解決問題

【難易度】難

【詳解】(1)

波長 λ (nm)	546.1	433.9	365.0
頻率 f (Hz)	5.49×10^{14}	6.91×10^{14}	8.22×10^{14}
截止電壓 V_0 (V)	0.49	1.05	1.62



(3) 普朗克常數與基本電荷的比值為 $\frac{h}{e}$ 。

$$\begin{aligned}
 V_0\text{-}f \text{ 圖斜率} &= \frac{h}{e} \\
 \frac{h}{e} &= \frac{(1.05 - 0.49)}{(6.91 - 5.49) \times 10^{14}} + \frac{(1.62 - 1.05)}{(8.22 - 6.91) \times 10^{14}} \\
 &= \frac{3.94 \times 10^{-15} + 4.35 \times 10^{-15}}{2} = 4.15 \times 10^{-15}
 \end{aligned}$$

25、26 題為題組

聲波和光波一樣，在通過狹隘的開口往前傳播時都會出現繞射現象，而適用相同的繞射公式。圖 13 的矩形喇叭筒擴音器，是瑞立發明的，目的是在起大霧時，使喊話或警報能傳播到海岸邊一個大角度扇形水平區域內的船隻，避免將聲波能量浪費於向上或向下的傳播， w 與 h 分別代表矩形開口的寬度與高度。當波發生繞射時，波強度出現極小值的角度 θ ，與波長 λ 和狹縫寬度 a 的關係為

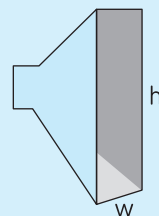


圖 13

$$a \cdot \sin\theta = n\lambda \quad (0 \leq \theta \leq 90^\circ, n=1, 2, 3, \dots) \quad (1) \text{式}$$

比起光波，聲波的波長 λ 與狹縫寬度 a 的比值通常較接近於 1，因此上式不易出現 $n > 1$ 的情況，以致聲波由開口向外傳播時主要會分布在張角為 $2\theta_1$ 的角度內，此處 $\sin\theta_1 = \frac{\lambda}{a}$ ，而張角是指以開口為頂點所張的角度。當 $\frac{\lambda}{a} > 1$ 時，(1)式無解，表示開口就近似於一個點，其向外傳播之聲波在開口前方的分布範圍（即張角），可達到 180° 。

25. 已知人大力喊話時，主要不是透過基頻而是透過頻率約 3 kHz 的泛音與噪音傳送資訊。而近似為矩形擴音器時，人的嘴巴相當於寬度約 6 cm 的開口。若聲速為 340 m/s，則人張口大力喊話時，在其前方可涵蓋的水平扇形區域，其張角最接近下列何者？（單選）

- (A) 20° (B) 30° (C) 50° (D) 90° (E) 180°

答 案。 (E)

命題出處。 物理（全）第 4 章 電與磁的統一

選修物理 III 第 1 章 波 動

選修物理 III 第 2 章 聲 波

測驗目標。 分析實驗變因、比較實驗結果或解釋實驗數據

難 易 度。 難

詳 解。 3 kHz 之泛音的波長 $\lambda = \frac{v}{f}$

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{a} = \frac{v}{fa} = \frac{340}{3 \times 10^3 \times 6 \times 10^{-2}} = \frac{19}{7} > 1, \text{無解。}$$

依題意，張角可達到 180° 。

26. (1) 依據瑞立矩形開口擴音器的目的與聲波傳播的特性，建構一個關於瑞立矩形開口擴音器如何工作的理論模型，亦即說明該擴音器的寬度 w 與高度 h ，各與聲波波長 λ 具有什麼關係（需列出關係式），並預測要使聲波在水平方向的分散角度大於垂直方向的分散角度， w 與 h 的大小關係應為何。（3分）
- (2) 承(1)，若要驗證該擴音器可達到聲音在水平與垂直方向的分散效果，在固定擴音器寬度 w 與高度 h 的情況下，需要測量何種數據？答題時若用到數學式或圖形，須說明所用各符號的定義。（3分）

答案。 (1) 見詳解 (2) 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1章 波 動

選修物理Ⅲ第2章 聲 波

測驗目標。 分析實驗變因、比較實驗結果或解釋實驗數據

難易度。 難

詳 解。 (1) ① 使喊話或警報能傳播到海岸邊一個大角度扇形水平區域

水平方向，則 $\frac{\lambda}{w} > 1 \Leftrightarrow w < \lambda$

② 避免將聲波能量浪費於向上或向下的傳播，

垂直方向： $\sin\theta = \frac{\lambda}{h} < 1 \Leftrightarrow h > \lambda$

由上述兩式可得 $h > w$ 。

(2) 由(1)可知，欲達到聲音在水平與垂直方向的分散效果，則

$h > \lambda > w$ ，需計算聲波的波長 λ 。

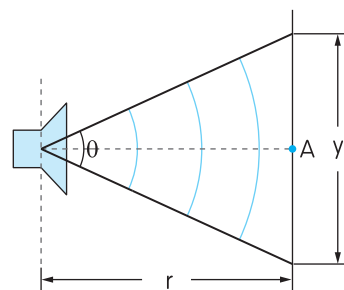
故需要測量聲波的頻率 f 及氣溫 $t^\circ\text{C}$ ，並利用 $v = 331 + 0.6t \cdot \text{m/s}$ 求出聲速 v 。

可得 $h > \frac{v}{f} > w$

此外，如右圖所示， r 為擴音器到強度偵測器的水平距離， y 為中央 A 點兩側強度極小的距離， θ 為散開的角度。

需測量 y 、 r ， $\tan \frac{\theta}{2} = \frac{y}{2r}$ 。

若 θ 愈大，則分散效果愈好。



徬徨學子照過來

前進大學不迷路

超前指路

一本搞定數 A + 數 B

- ⊗ 綜合進階題型，靈活運用概念
- ⊗ 素養題型，增進核心素養閱讀能力
- ⊗ 混合題型，強化大腦思辨能力
- ⊗ 創新試題，符合大考新趨勢

隨書附 試題本·解答本·A 跨 B 補充教材



Awesome!

精準指路

挑戰滿級分

- ⊗ 概念好釐清：重點統整，建立完整的知識架構
- ⊗ 觀念好理解：知識註解、圖像解構難懂的概念
- ⊗ 大考新試力：素養導向、混合題融入時事議題
- ⊗ 試題更多元：收錄最新學測與獨家模擬考試題

科目 數學 A、數學 B、物理(上)、化學(上)、
生物、地球科學、歷史、地理、公民與社會

隨書附 解答本 (社會科另附「跨科題本」)



快速指路

聚焦高考點

- ⊗ 重點整理與趨勢分析
- ⊗ 精選範例與類題演練
- ⊗ 多元素養混合趨勢題

科目 數學 1-2、數學 3A-4A、數學 3B-4B、物理、
化學、生物、歷史、地理、公民與社會

隨書附 解答本 (數學另附「試題本」)



※ 產品封面以實際成書為準



翰林出版
HAN LIN PUBLISHING CO., LTD.

升學領導品牌



輕鬆學習得高分

精彩 解析

翰 林 111分科測驗



誠信·專業·效率·關懷
翰林出版 事業股份
有限公司