

翰林

107指考

精彩 解析

物理考科

師大附中 / 陸怡中 老師
名 師 / 鍾 怡 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 / 陳彥良

總編輯 / 蔣海燕

主 編 / 簡玉蘭

校 對 / 莊峻傑 · 鄭新樺

美 編 / 林琬晴 · 杜政賢

◎ 本書內容同步刊載於翰林官網

出 版 / 民國一〇七年七月

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>

翰
林
出
版



00843-24

一 前言

107 年指定科目考試已經是 99 課綱施行後的第六次考試，102 ~ 105 年的試題大致都朝逐漸偏易的方向邁進，然自 106 年起，開始有所轉折。相較於歷年題目，今年的考題可謂是 99 課綱施行後最難的一年，雖仍重基礎觀念，但整體而言，不論閱讀量及敘述過程均較往年增加，多數試題偏難；計算量雖較 106 年減少，但考生需要極大耐心理解題意；物理概念與閱讀能力需要非常熟練，且出現舊課綱及大學普通物理學的觀念以閱讀理解之方式呈現；並對既有實驗延伸探究，種種跡象顯示試題方向逐步朝 108 課綱精神邁進。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，配分方面也符合授課時數比例。總歸來說，今年的題目難易度較往年難度增加，閱讀理解能力及解題速度，應該是這次物理考科的勝負關鍵。

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，相較於去年，今年仍符合授課時數比例原則。而由表二可以得知，今年與近年一樣，較偏重高三課程，然比例較 106 年而言，雖然高二部分比例略微下降，但高一部分略微提升，因此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 107 指考物理考科試題分布及配分

主 題	授課 時數	節數 百分比 (%)	107 指考 題號	107 指考 配分百分 比 (%)	106 指考 配分百分 比 (%)	105 指考 配分百分 比 (%)
1. 基礎物理 (一)	15	6	2、7	6	1	3
2. 力學 (基礎物理 (二) B 上)	34	15	8、16、19、 20、21	17	12	12
3. 力學 (基礎物理 (二) B 下)	34	15	1、17、18、22	14	23	17
4. 熱學	12	5	3、4	6	8	8
5. 波動	20	8	11	3	6	3

主 題	授課 時數	節數 百分比 (%)	107 指考 題號	107 指考 配分百分 比 (%)	106 指考 配分百分 比 (%)	105 指考 配分百分 比 (%)
6. 光學	23	9	10、23	8	3	3
7. 電磁學	45	19	12、13、14、 15、非選二	22	24	22
8. 近代物理	24	11	5、6、9、24	14	13	16
9. 實驗	25	12	非選一	10	10	16

表二 近四年指考物理考科的年級配分

年 級	107 指考配分	106 指考配分	105 指考配分	104 指考配分
高一、高二	37	36	42	30
高 三	63	64	58	70

今年「基礎物理（一）內容」的試題有兩題，其一是考對於哈伯定律的理解與認知及星體觀測；另一題考掃描式電子顯微鏡感測與操縱原子之尺度大小的問題，著重在數量的換算。只要學測的記憶還在，利用基礎物理（一）之觀念即可處理。

高二力學的部分，第 8 題考力矩平衡；第 16 題考簡諧運動之基本運算。第 17 題考雲霄飛車繞行時的加速度問題，乃是結合生活化的應用，然所給之圖形顯示車廂並非在軌道內側（請仔細觀察），且一般正常型態之雲霄飛車應考慮軌道支撐力（否則大概沒有人敢坐！），此外，軌道似乎也並非圓軌道，略有圖文不符之嫌。第 19、20 題題組考錐動擺的受力分析，算是稍微複雜一點的題目，但運算量並不大。第 22 題考功能定理的變因分析，只要掌握觀念，並不困難。

熱、光、波動學的部分，今年比例與去年相同，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 4 題考氣體動力論之熱平衡時的變因相關性，但對象交代不清，引發小小的爭議。第 11 題以管風琴為例，考八度音頻率倍數變化與共鳴空氣柱管長之變因關係，是結合生活情境的命題。

電磁學的部分，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均出現在此部分，第 15 題藉由磁鐵棒掉落找尋影響應電流之變因分析，與傳統題目講求明確解出正確答案的命題方式不同。

最後，近代物理的部分，內容亦與往年相當，是指考戰士們必須認真把握的範圍。第 5 題考拉塞福模型與波耳模型的原始主張；第 6 題考 β 衰變之質量數守恆與原子序守恆關係；第 9 題以電子雙狹縫干涉實驗探討影響物質波波長的變因；而第 24 題以耳溫槍為題探討黑體輻射中，波長與絕對溫度之關係，亦緊扣生活化命題的方向。

此外，跨章節命題模式亦為指考的特色之一，今年亦不例外，今年重頭戲是非選擇題第一大題，以電子荷質比實驗為主體，除了探討亥姆霍茲線圈建立磁場方向，並延伸光電效應之關係，結合電磁學與近代物理，並探討電子迴旋半徑平方與入射光頻率之關係作圖，堪稱本份考題最難的部分。此外，繼去年是結合物理、化學跨科的考題後，今年再以第 12 題藉由電磁流量計——血液流速的計算，探討與感應電動勢的參數變因關係。第 14 題更以電鰻掠食時身體放電組織為題，設計一迴路之電阻串、並聯計算以求取電流。上述兩題堪稱結合生物之跨領域命題，此意在為未來命題走向鋪路之態勢昭然若揭。

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、困難五個等級，可整理出 107 年指考物理科試題難易度如表三。由表三可知，今年的題目與去年相比，中等及中等偏難的題目約占六成，困難題目的比重提升至三成，很多題目都要花時間理解後方能計算作答，考驗學生的耐心及細心程度，預測今年的各標分數應該會較去年下降。

表三 107 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)	107 年 總計	106 年 總計
容 易	7		1			6 分	6 分
中等偏易	2				5、6、 非選一 1	11 分	9 分
中 等		8、16、 19	17、18、 22	3、4、 11、23	9、24	42 分	48 分
中等偏難		21		10、13		11 分	22 分
困 難		20		非選二 1、2	12、14、 15、 非選一 2、3 非選二 3	30 分	15 分

四 試題特色

107 指考物理考科試題的特色分析說明如下：

① 重閱讀理解，分析計算量略微下降

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作判斷，故對於題意理解有障礙的考生而言是一大災難，例如：第 10 題照相機照片曝光問題，原本為舊課綱的教材，但卻透過文字敘述的方式，找尋影響曝光時間的變因。

此外，今年考題難度較去年顯著提升，題目普遍具有思考性且具有鑑別度，考生需要多思考判斷才能作答。試題雖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，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 3、8、16、18、21、22 題等，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。然今年命題最大特色，不外乎是將大學普通物理學中電偶極矩的概念，藉由閱讀理解的方式呈現，考生必須要在短時間內理解其定義並加以計算，可說是今年整體題目變難的因素之一。

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 1、10、11、12、14、17、24 題、非選擇題第二大題，共計 8 題，考出生活與學術探究之情境結合，包含管風琴、電磁流量計等，可見與情境結合的素養導向已成為近年命題趨勢。誠如大考中心所言，逐步朝科普之開放式命題前進，非選擇題第二大題的第 3 題考微波爐之加熱原理即為此例，考生未來恐得多方探究周遭生活所應用之物理原理。

④ 實驗考題之延伸探究

實驗考題從近年考實驗步驟及原理、目的之後，今年的特色在於就實驗變因作延伸探究，並作圖畫出實驗參數之線性關係圖，逐步朝未來 108 課綱之探究與實作邁進，這些都是老師與學生未來的新挑戰。

五 總 結

總體而言，今年考題偏難，主要是由於近三年五標分數逐年提升，且非應屆考生之比例亦逐年提高，大考中心早已注意到此一現象，在各項數據分析及多方意見的角力下，誠如筆者於 107 指考趨勢分析所言，早已推測今年指考試題恐將較近年困難並獲驗證。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，除了重基本觀念及計算外，更強調閱讀素養與探究，但對於程度中等以下的在校學生著實為難，如何讓正常化教學回歸學校，不再只是在解題技巧或過度練習上下功夫，而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. 假設地球可視為密度均勻的孤立球體，比較以下甲、乙、丙三處的重力場強度，由大至小排列順序為下列何者？

甲：臺灣東岸海平面一處。

乙：大氣層對流層頂。

丙：福衛五號人造衛星軌道（地面上空高度 720 公里）。

(A) 丙乙甲 (B) 甲乙丙 (C) 乙丙甲 (D) 甲丙乙 (E) 乙甲丙

【答案】 (B)

【命題出處】 基礎物理（二）B 下：第 7 章 萬有引力

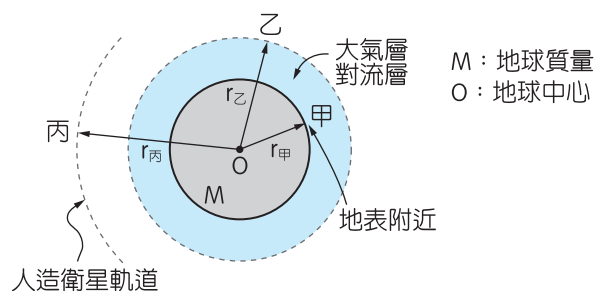
【測驗目標】 評量學生對於重力場強度與場源距離的認知

【詳解】 (1) 由於假設地球為密度均勻的球體，故地球建立之重力場

$$\text{強度 } g = \frac{GM}{r^2} \propto \frac{1}{r^2}$$

(2) 由於甲、乙、丙三處與地球中心距離 $r_{\text{丙}} > r_{\text{乙}} > r_{\text{甲}}$

\therefore 重力場強度 $g_{\text{甲}} > g_{\text{乙}} > g_{\text{丙}}$



【難易度】 易

2. 下列關於哈伯定律和宇宙膨脹的敘述，何者正確？

(A) 顏色越偏紅的星系離我們越遙遠

(B) 哈伯定律最早是由愛因斯坦所提出

(C) 地球到太陽的距離正以宇宙膨脹的速率隨時間而增加

(D) 根據哈伯定律，遙遠星系的遠離速率正比於它跟我們的距離

(E) 宇宙目前正在膨脹是由於觀察到我們的銀河系內各星座之間的距離隨時間而增加

答案 (D)

命題出處 基礎物理（一）：第 9 章 宇宙學簡介

測驗目標 評量學生對於哈伯定律與星體觀測的認知

詳解 (A) 顏色偏紅的星系與溫度有關，並非與地球距離有關，更不是星系的紅移現象。

(B)(C)(D) 哈伯定律為哈伯觀察遙遠星系光譜時，發現絕大部分有紅移現象，且說明星系遠離速率 (v) 正比於它跟我們的距離 (r)，即 $v = H_0 r$ (H_0 為哈伯常數)，與時間無關。

(E) 提出宇宙膨脹的說明，主要依據哈伯定律，並非觀察銀河系內各星座的距離與時間之關係。

難易度 中

3. 已知水的比熱約為 $4.19 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ，冰的熔化熱約為 $335 \text{ kJ}/\text{kg}$ 。有一組學生欲測量金屬的比熱，經討論後決定先將冰與水放入一絕熱容器中混合。已知在 0°C 達成熱平衡時，水有 0.39 kg ，而冰有 0.01 kg 。此時將溫度為 82.0°C 、質量為 0.20 kg 的金屬球放入，若整個系統再度達到熱平衡時的溫度為 2.0°C ，且過程中的熱量散失可不計，則金屬球的比熱最接近多少 $\text{kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})$ ？

(A) 0.17 (B) 0.25 (C) 0.31 (D) 0.42 (E) 0.61

答案 (D)

命題出處 選修物理（上）：第 1 章 熱學

測驗目標 評量學生對於熱平衡計算的應用

詳解 由熱平衡時放熱 = 吸熱可得

$$\begin{aligned} & \text{放熱 (金屬球)} && \text{吸熱 (冰+水)} \\ 0.2 \times s \times (82.0 - 2.0) &= 0.01 \times 335 + (0.39 + 0.01) \times 4.19 \times (2.0 - 0) \\ \therefore s &\doteq 0.42 \text{ (kJ}/(\text{kg} \cdot \text{K})) \end{aligned}$$

難易度 中

4. 將相同種類的理想氣體分別灌入兩個不同的密閉容器中，當氣體達到熱平衡後，下列關於兩容器內氣體性質的敘述，何者正確？

- (A) 溫度較高者，壓力必定較大
(B) 體積較大者，壓力必定較小
(C) 壓力較大者，氣體分子的平均動能必定較大
(D) 莫耳數較大者，氣體分子的總動能必定較大
(E) 溫度較高者，氣體分子的方均根速率必定較大

答案 (E)

命題出處 選修物理（上）：第 1 章 熱學

測驗目標 評量學生對於氣體動力論中各物理參數之相關性分析

- 詳解**
- (A) $PV = nRT$ ，由於莫耳數 n 、氣體體積 V 條件未知，故無法判定壓力是否較大。
- (B) $PV = nRT$ ，由於莫耳數 n 、氣體溫度 T 條件未知，故無法判定壓力是否較大。
- (C) $P = \frac{2N}{3V} \bar{E}_k$ ，由於單位體積之分子個數未知，故無法判定分子平均動能是否較大。
- (D) $\bar{E}_{kT} = \frac{3}{2} nRT$ ，由於兩容器之溫度高低條件未知，故無法判定分子總動能是否較大。
- (E) $v_{rms} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$ ，由於氣體種類相同，故分子量 M 相同，因此溫度愈高者，方均根速率愈大。

難易度 中

5. 下列關於原子的敘述，何者最符合拉塞福模型或波耳模型的原始主張？

- (A) 原子中有正電荷和負電荷
 (B) 原子中的正電荷集中於原子核
 (C) 原子質量的 10% 集中於原子核
 (D) 原子核主要是由質子和中子構成
 (E) 氫原子的光譜為不連續，是因為光具有粒子的特性

答案 (B)

命題出處 選修物理（下）：第 11 章 原子結構與原子核

測驗目標 評量學生對於拉塞福模型與波耳模型的認知推理

詳解 拉塞福模型或波耳模型主要強調電子像行星模型般，繞行原子核運轉，其向心力來自電子（負電荷）與原子核（正電荷）間的庫侖吸引力。

難易度 中

6. 在已知的 37 種碘的同位素中，只有碘-127 是穩定的，其他都具有放射性，例如碘-138 原子核可衰變成為氙原子核，並放出一未知粒子 X 及反微中子 $\bar{\nu}$ ，其核反應式為： ${}^{138}_{53}\text{I} \rightarrow {}^m_{54}\text{Xe} + {}^p_q\text{X} + \bar{\nu}$ 。已知 ${}^{138}_{53}\text{I}$ 的質量數為 138，所帶基本電荷數為 53，則 $m + p + q$ 等於下列何數？

- (A) 136 (B) 137 (C) 138 (D) 139 (E) 140

答案 (B)

命題出處 選修物理(下)：第 11 章 原子結構與原子核

測驗目標 評量學生對於原子核衰變與弱力及質量數、原子序守恆的觀念

詳解 核衰變反應前後質量數與原子序相等，由於釋放出反微中子 $\bar{\nu}$ ，故可判定為 β 衰變，即 X 為電子。



可得 $m = 138$ ， $p = 0$ ， $q = -1$

$$\therefore m + p + q = 137$$

難易度 中

7. 掃描顯微鏡可以用探針觀察微小尺度的現象與操控微小尺度的物體。若探針可感測及操控的最小尺度約為針尖粗細的 1.0%，則能感測單一原子的探針，其針尖粗細最大的尺度約為下列何者？

- (A) 10 mm (B) 10 μm
 (C) 10 nm (D) 10 pm
 (E) 10 fm

答案 (C)

命題出處 基礎物理(一)：第 2 章 物質的組成

測驗目標 評量學生對於原子與物質尺度大小的判定能力

詳解 原子大小的尺度約為 10^{-10} m，若為針尖粗細的 1.0%
 則探針針尖最大尺度 = 10^{-10} m \div 1.0%

$$= \frac{10^{-10} \text{ m}}{\frac{1}{100}} = 10^{-8} \text{ m} = 10 \text{ nm} \quad (1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m})$$

難易度 易

8. 一支均勻直尺的長度為 30 cm，若在直尺上距離直尺左端 25 cm 處放置一質量為 50 g 的小物體，則須於直尺上距離直尺左端 20 cm 處支撐直尺，方可使其維持水平狀態。該直尺的質量為多少 g？

- (A) 20 (B) 30
 (C) 50 (D) 60
 (E) 70

答案 (C)

命題出處 基礎物理(二) B 上：第 3 章 靜力學

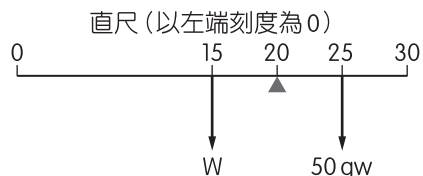
測驗目標 評量學生對於力矩平衡的概念與計算

詳解 依據力矩平衡，以直尺重心為支點，依題意畫圖如右所示

$$W \times (20 - 15) = 50 \times (25 - 20)$$

$$\therefore W = 50 \text{ (gw)}$$

故質量為 50 g



難易度 中

9. 以每個電子的動能均為 K 的低能量電子束，射向間距為 d 的雙狹縫，然後在距離狹縫為 L 之屏幕平面上，以探測器測出屏幕平面各位置電子數目的密度，在 $L \gg d$ 時，發現兩相鄰電子數目密度最小處の間隔為 Δy ；若將電子的動能改為 $4K$ ，則兩相鄰密度最小處の間隔約為下列何者？

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

答案 (D)

命題出處 選修物理（下）：第 11 章 原子結構與原子核

測驗目標 評量學生對於電子雙狹縫干涉實驗之參數變因關係

詳解 電子物質波波長 $\lambda_e = \frac{h}{\sqrt{2mK}} \propto \frac{1}{\sqrt{K}}$

$$\text{電子雙狹縫干涉實驗 } \Delta y = \frac{\lambda_e L}{d} \propto \frac{1}{\sqrt{K}}$$

依據變因關係： $K \rightarrow 4K$ ， $\Delta y \rightarrow \frac{1}{2}\Delta y$

難易度 中

10. 照相機鏡頭透鏡的焦距和光圈直徑大小的比值稱為 f 數（也稱為光圈數或焦比）。已知單位時間通過鏡頭的光能和光圈的面積成正比。某一數位照相機鏡頭透鏡的焦距固定為 50 mm，當 f 數設定為 2，可得最佳照片的正確曝光時間為 $\frac{1}{450}$ 秒，若將 f 數設定改為 6，則其最佳的曝光時間應為多少秒？

- (A) $\frac{1}{6}$ (B) $\frac{1}{12}$ (C) $\frac{1}{50}$ (D) $\frac{1}{150}$ (E) $\frac{1}{900}$

答案 (C)

命題出處 選修物理（上）：第 4 章 幾何光學

測驗目標 評量學生對於照相機鏡頭各物理參數與曝光程度之變因分析

詳解 由題意可知，

$$f \text{ 數} = \frac{F \text{ (焦距)}}{D \text{ (光圈直徑)}}$$

$$\frac{E \text{ (光能)}}{\Delta t \text{ (曝光時間)}} \propto A \text{ (光圈面積)}$$

$$\text{且 } A = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \propto D^2 \propto \left(\frac{F}{f}\right)^2$$

對照片而言，適度曝光其接收之光能為一定值，且焦距 F 固定，即

$$E \propto A \Delta t \propto \left(\frac{1}{f}\right)^2 \Delta t = \text{定值}$$

$$\therefore \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times \frac{1}{450} = \left(\frac{1}{6}\right)^2 \times \Delta t$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{1}{50} \text{ (秒)}$$

難易度 難

11. 已知音階上中央 C 的頻率為 262 Hz，每升高 n 個八度音，聲音頻率就變為原來的 2^n 倍。當聲速為 340 m/s 時，若欲用兩端開口的管子做成管風琴，在僅考慮基音頻率的情況下，其能彈奏的最高音為中央 C 升高兩個八度音，則最短管子的長度最接近多少 cm？

(A) 28

(B) 24

(C) 20

(D) 16

(E) 12

答案 (D)

命題出處 選修物理（上）：第 3 章 聲波

測驗目標 評量學生對於開管空氣柱產生共鳴之變因分析

詳解 開管空氣柱共鳴基頻 $f_1 = \frac{1 \cdot v}{2L}$

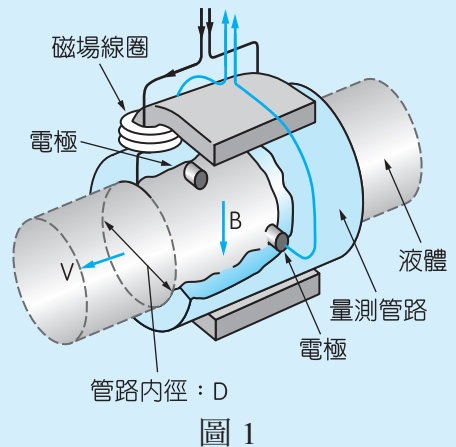
由於升高兩個八度音，頻率變為原來的 2^2 倍

$$\therefore \text{中央 C 基頻最高音 } f_1 = 262 \times 2^2 = \frac{1 \cdot 340}{2 \cdot L_{\min}}$$

$$\Rightarrow L_{\min} \doteq 0.16 \text{ (m)} = 16 \text{ (cm)}$$

難易度 中

12. 電磁流量計可以量測導電流體的流量（單位時間流過的流體體積），常用來量測血液在血管中的流速。如圖 1 所示，它是由一個產生磁場的線圈，及用以量測電動勢的兩個電極所構成，可架設於管路外來量測液體流量。以 V 代表流速， B 代表電磁線圈產生的磁場， D 代表管路內徑，若磁場 B 的方向、流速 V 的方向與量測感應電動勢兩極連線的方向三者相互垂直，則量測到的感應電動勢會和下列何式成正比？



- (A) $\frac{BD}{V}$ (B) $\frac{1}{VBD}$
 (C) $\frac{V}{BD}$ (D) $\frac{VB}{D}$
 (E) VBD

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之物理參數變因分析

詳解 由題意可知，液體流速 V 、電磁線圈磁場 B 與管徑 D 正負極連線方向三者互相垂直。

依據法拉第電磁感應定律可得

$$\text{感應電動勢 } \varepsilon \propto \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = \frac{BDV\Delta t}{\Delta t} = VBD$$

難易度 難

13. 一金屬厚球殼的內、外半徑分別為 R_1 與 R_2 ，中空球心處靜置一電量為 q 的點電荷，如圖 2 所示。設庫侖常數為 k ，則在金屬球殼內距球心為 r 處 ($R_1 < r < R_2$) 的電場量值為下列何者？

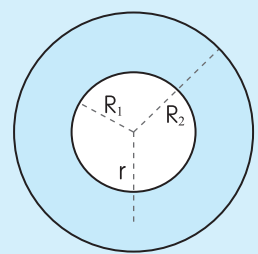


圖 2

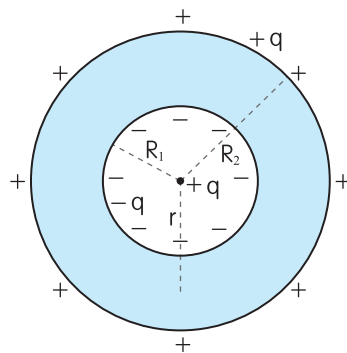
- (A) 0 (B) $\frac{kq}{r^2}$
 (C) $\frac{kq}{r}$ (D) $\frac{4kq}{(R_1 + R_2)^2}$
 (E) $\frac{2kq}{(R_1 + R_2)}$

答案 (A)

命題出處 選修物理(上)：第6章 靜電學

測驗目標 評量學生對於點電荷在球殼導體內建立之電場分析

詳解 以點電荷 $+q$ 帶正電為例。由於點電荷 $+q$ 在厚球殼內壁感應等量異性電 $-q$ ，則厚球殼外壁會感應與點電荷帶同性電的 $+q$ ，如右圖所示，此時導體內部的電場必為零，而達靜電平衡。



難易度 中

14. 電鰻可利用體內組織構成的放電單元產生高電壓以驅動電流。圖 3 的電路是電鰻在水中掠食時放電組織產生高電壓的示意圖，其中每一放電單元產生的電動勢為 ε ，其內電阻為 r ，每一列串聯線路各含有 N_1 個放電單元，全部共有 N_2 列線路並聯在一起。電鰻放電組織與周遭的水與獵物串聯形成迴路，若周遭的水與獵物合計的電阻為 R ，則此電鰻可對 R 產生的最大電流為下列何者？

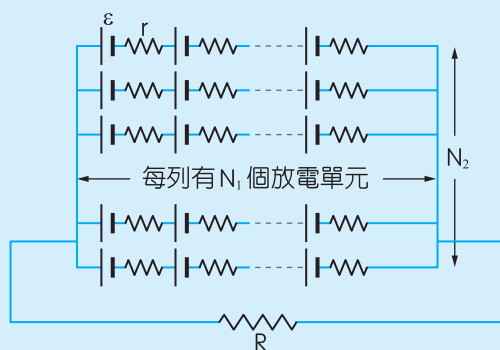


圖 3

- (A) $\frac{N_1 N_2 \varepsilon}{N_1 r + N_2 R}$ (B) $\frac{N_1 N_2 \varepsilon}{N_1 R + N_2 r}$ (C) $\frac{N_2 \varepsilon}{N_1 R + N_2 r}$ (D) $\frac{N_1 \varepsilon}{N_1 r + N_2 R}$ (E) $\frac{N_2 \varepsilon}{N_1 (r + R)}$

答案 (A)

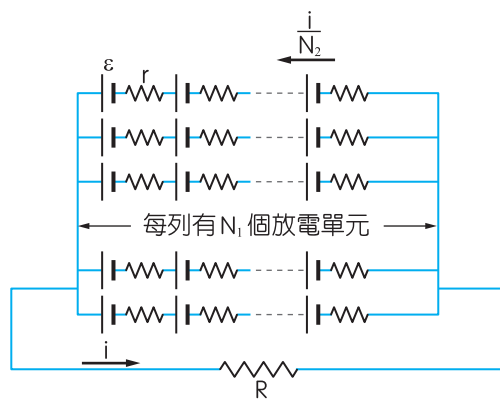
命題出處 選修物理(下)：第7章 電流、電阻與電路

測驗目標 評量學生對於電路串、並聯之迴路分析及計算能力

詳解 令流經電阻 R 之最大電流為 i ，依據並聯原則，流經每列放電單元之電流為 $\frac{i}{N_2}$ 。由迴路定則，流經任一封閉迴路之總電壓為 0

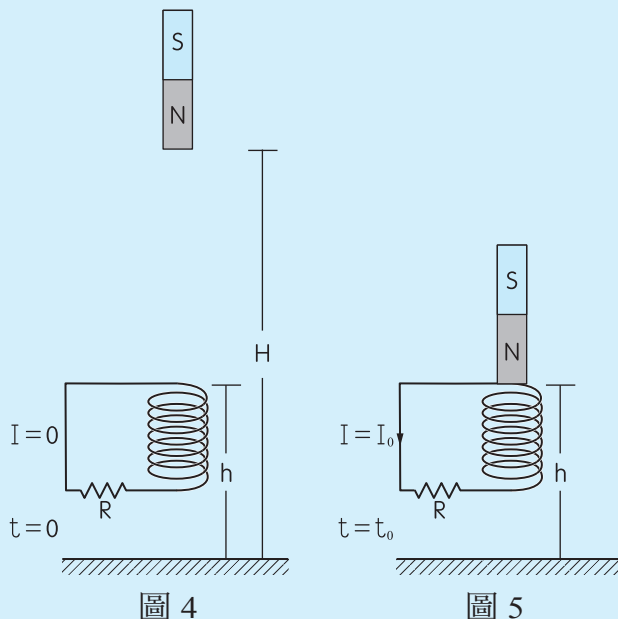
$$\text{可得 } N_1 \varepsilon - \frac{i}{N_2} (N_1 r) - iR = 0$$

$$\Rightarrow N_1 \varepsilon = i \left(\frac{N_1}{N_2} r + R \right) \quad \therefore i = \frac{N_1 \varepsilon}{\frac{N_1}{N_2} r + R} = \frac{N_1 N_2 \varepsilon}{N_1 r + N_2 R}$$



難易度 難

15. 一上端為 S 極的圓柱型磁鐵棒在時間 $t=0$ 時，自高處由靜止開始自由下落，此時磁鐵 N 極的高度為 H ，如圖 4 所示。在時間 $t=t_0$ 時，磁鐵的 N 極恰好到達一個線圈中心軸上緣，此處的高度為 h ，此時通過線圈流經電阻為 R 的外接電線之應電流值為 I_0 ，如圖 5 所示。若線圈每單位長度的圈數為 n ，且可忽略線圈的電阻，則下列有關應電流的敘述，何者正確？



- (A) I_0 的大小與 H 成反比
 (B) I_0 的大小與 n 成正比
 (C) I_0 的大小與 h 成正比
 (D) I_0 的大小與磁鐵在時間 t_0 時的速率無關
 (E) 若掉落時磁鐵的上端為 N 極，則 I_0 的大小與方向都不受影響

答案 (B)

命題出處 選修物理（下）：第 9 章 電磁感應

測驗目標 評量學生對於應電流大小受線圈匝數與磁通量時變率影響之變因分析

詳解 對於線圈而言，當 $t=t_0$ 時

$$\text{瞬時感應電動勢 } \varepsilon = \left| -N \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \right| = nL \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} = I_0 R \quad (L: \text{線圈總長度})$$

如右圖所示，對於自由落下之磁鐵棒而言，在考慮重力及受線圈感應磁場產生之斥力的作用下

$$mg - F_m = ma \Rightarrow a < g$$

$$\therefore v^2 = 2a(H-h) < 2g(H-h) \Rightarrow v < \sqrt{2g(H-h)}$$

(A) H 愈大，落下高度 $(H-h)$ 愈大， I_0 愈大，故不成反比。

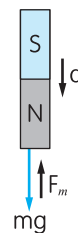
$$(B) I_0 = \left(\frac{nL}{R} \right) \frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t} \propto n$$

(C) h 愈大，落下高度愈小， I_0 愈小，故不成正比。

(D) 由於磁通量的時變率 $\frac{\Delta \Phi_B}{\Delta t}$ 與磁鐵掉落的速率 v 有關，故 I_0 的大小與磁鐵在 t_0 時的速率有關。

(E) I_0 的方向會隨磁鐵 N、S 極上下置放位置不同而相反，但大小不變。

難易度 難



16. 一物體在光滑水平面上作簡諧運動，當其位移為振幅一半時，速率為 v ，則此物體通過位移為零之平衡點時的速率為下列何者？

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

答案 (B)

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 評量學生對於簡諧運動的認知與計算

詳解 (1) 如右圖所示

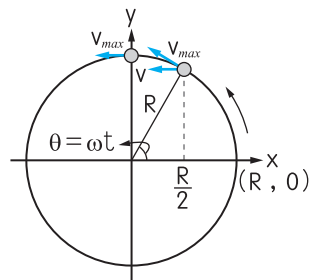
由物體作圓周運動在 x 軸上的投影可得

$$x = \frac{R}{2} = R \cos \omega t \Rightarrow \cos \omega t = \frac{1}{2}$$

$$v = | -v_{\max} \sin \omega t | = v_{\max} \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

(2) 由於質點通過平衡點時速率最大

$$\therefore v_{\max} = \frac{2}{\sqrt{3}}v = \frac{2\sqrt{3}}{3}v$$



難易度 中

17. 雲霄飛車是一種常見於主題樂園中的遊樂設施，其軌道通常有如圖 6 所示的迴圈。若考慮正圓的迴圈軌道，且軌道可視為在一鉛直面上，雲霄飛車的車廂在沒有動力驅動之下，沿著軌道內側繞行，且軌道只能提供向心力，摩擦阻力可忽略，重力加速度為 g ，則當車廂可沿整個圓圈軌道繞行時，車廂在軌道最低點的加速度量值至少為何？



圖 6

- (A) $2g$
 (B) $3g$
 (C) $4g$
 (D) $5g$
 (E) $6g$

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

測驗目標 評量學生對於鉛直圓周運動之力學能守恆與受力分析的能力

詳解 (1) 由於題目探求車廂在最低點加速度量值至少為何，故最高點為臨界脫離的狀態，此時僅重力當作向心力，如右下圖所示。

$$mg = \frac{mv_H^2}{R}$$

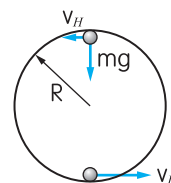
$$\Rightarrow v_H = \sqrt{gR} \dots \dots \dots \textcircled{1}$$

(2) 依據力學能守恆（以最低點為零位面）

$$\frac{1}{2}mv_H^2 + mg2R = \frac{1}{2}mv_L^2 \dots \dots \textcircled{2}$$

由①式代入②式可得 $v_L = \sqrt{5gR}$

$$(3) \text{ 最低點：} a_c = \frac{v_L^2}{R} = \frac{(\sqrt{5gR})^2}{R} = 5g$$



難易度 中

18. 一個質量為 8.0 公斤的物體在距地面高度 30 公尺處由靜止發生爆炸，爆炸瞬間分裂為兩碎片，且同時沿鉛直方向飛離。在爆炸後 2.0 秒時，其中一碎片恰落地，而另一碎片尚離地面 16 公尺高。若空氣阻力與物體因爆炸而損失的質量均可不計，則爆炸後先落地的碎片之質量為多少公斤？（取重力加速度為 10 公尺 / 秒²）

- (A) 7.0 (B) 6.0 (C) 5.0 (D) 4.0 (E) 3.0

答案 (E)

命題出處 基礎物理（二）B 下：第 6 章 動量與動量守恆律

測驗目標 評量學生對於自由落體在空中爆炸時，質心與動量守恆觀念之應用

詳解 (1) 爆炸後，在兩碎片均未著地前，質心仍作自由落體。

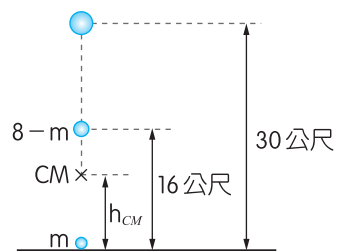
(2) 如右圖所示，2 秒末質心高度

$$h_{CM} = 30 - \frac{1}{2} \times 10 \times 2^2 = 10 \text{ (公尺)}$$

(3) 利用質心到兩質點距離與質量成反比之關係

$$\text{可得 } m \times 10 = (8 - m) \times (16 - 10)$$

$$\therefore m = 3 \text{ (公斤)}$$



難易度 中

第 19、20 題為題組

如圖 7 所示，兩條長度固定為 l_1 、 l_2 且質量可忽略不計的細繩，分別繫著質量為 $5m$ 和 m 的質點，兩質點以相同的角頻率繞同一鉛直線水平等速圓周運動。已知重力加速度為 g ，兩繩的張力分別為 T_1 及 T_2 ，兩繩與鉛直線夾角的正弦值分別是

$\frac{1}{\sqrt{5}}$ 及 $\frac{2}{\sqrt{5}}$ ，回答下列第 19、20 題：

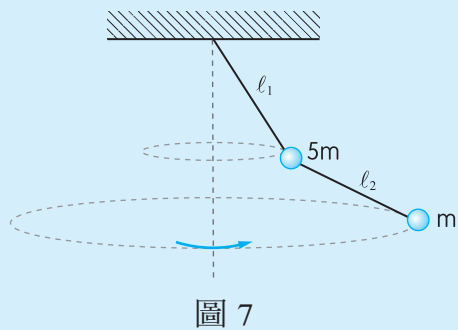


圖 7

19. 張力 T_2 為 mg 的多少倍？

- (A) $\sqrt{3}$
- (B) 2
- (C) $\sqrt{5}$
- (D) $\sqrt{7}$
- (E) $3\sqrt{5}$

答案 (C)

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 評量學生對於錐動擺之受力分析的能力

詳解 如右圖所示，對於 m 而言，其作水平等速圓周運動，故鉛直方向合力為零。

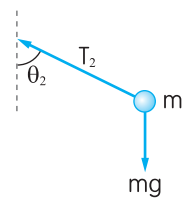
$$T_2 \cos\theta_2 = mg \cdots \cdots \textcircled{1}$$

$$\sin\theta_2 = \frac{2}{\sqrt{5}} \quad \therefore \cos\theta_2 = \frac{1}{\sqrt{5}} \cdots \cdots \textcircled{2}$$

將②式代入①式可得 $T_2 \times \frac{1}{\sqrt{5}} = mg$

$$\Rightarrow \frac{T_2}{mg} = \sqrt{5}$$

難易度 中



20. 兩細繩張力的比值 $\frac{T_1}{T_2}$ 為何？

- (A) 3
- (B) 2
- (C) $\frac{6}{5}$
- (D) $\frac{5}{6}$
- (E) $\frac{1}{3}$

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 評量學生對於錐動擺之受力分析的能力

詳解 如右圖所示，對於 $5m$ 而言，其亦作水平等速圓周運動，故鉛直方向合力亦為零。

$$T_1 \cos\theta_1 = T_2 \cos\theta_2 + 5mg \cdots \cdots \textcircled{1}$$

$$\sin\theta_1 = \frac{1}{\sqrt{5}} \quad \therefore \cos\theta_1 = \frac{2}{\sqrt{5}} \cdots \cdots \textcircled{2}$$

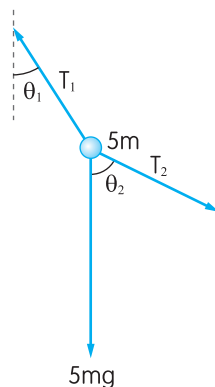
$$\text{並由第 19 題條件：} T_2 = \sqrt{5}mg \Rightarrow mg = \frac{1}{\sqrt{5}}T_2 \cdots \cdots \textcircled{3}$$

將②、③式代入①式可得

$$T_1 \times \frac{2}{\sqrt{5}} = T_2 \times \frac{1}{\sqrt{5}} + 5 \times \frac{1}{\sqrt{5}}T_2$$

$$\Rightarrow T_1 \times \frac{2}{\sqrt{5}} = T_2 \times \frac{6}{\sqrt{5}}$$

$$\therefore T_1 = 3T_2 \Rightarrow \frac{T_1}{T_2} = 3$$



難易度 難

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. 有一固定靜止於水平桌面上的直角三角形木塊，其底角 $\beta > \alpha$ ，如圖 8 所示。質量同為 m 之甲、乙小木塊，均可視為質點，分別置於該木塊互相垂直之兩邊相同高度處。若甲、乙與斜面間無摩擦力，且兩小木塊同時由靜止下滑，則下列有關木塊運動的敘述，哪些正確？

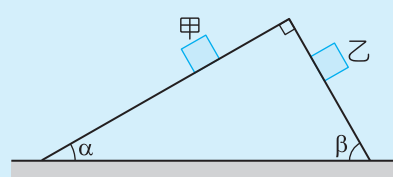


圖 8

- (A) 滑落過程中，甲的加速度量值小於乙的加速度量值
- (B) 滑落過程中，二小木塊的加速度量值相同
- (C) 滑落過程中，兩小木塊施加於三角形木塊之合力為零
- (D) 二小木塊將同時抵達桌面
- (E) 二小木塊抵達桌面時的速率相同

【答案】 (A)(E)

【命題出處】 基礎物理（二）B 上：第 4 章 牛頓運動定律

【測驗目標】 評量學生對於物體沿斜面運動受力與能量轉換之分析能力

【詳解】 (A)(B) 如圖(一)所示，質點沿斜面的加速度量值

$$a_{\text{甲}} = \frac{mg \sin \alpha}{m} = g \sin \alpha$$

$$a_{\text{乙}} = \frac{mg \sin \beta}{m} = g \sin \beta$$

$$\because \beta > \alpha \quad \therefore \sin \beta > \sin \alpha \quad \Rightarrow a_{\text{乙}} > a_{\text{甲}}$$

(C) 如圖(二)所示，兩小木塊施加於斜面的合力，即 $mg \cos \alpha$ 與 $mg \cos \beta$ 之向量和。由於兩力鉛直方向之分量均向下，無法抵消，故合力必不為零。

(D) 令斜面長為 S 、高度為 H 、底角為 θ

$$S = \frac{H}{\sin \theta} = \frac{1}{2} g \sin \theta \cdot t^2$$

$$\Rightarrow t = \frac{1}{\sin \theta} \sqrt{\frac{2H}{g}} \propto \frac{1}{\sin \theta}$$

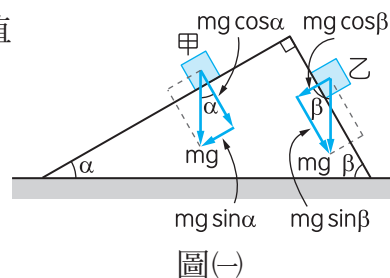
$$\therefore \text{滑落時間 } \frac{t_{\text{甲}}}{t_{\text{乙}}} = \frac{\sin \beta}{\sin \alpha} \Rightarrow t_{\text{甲}} > t_{\text{乙}}$$

(E) 下滑過程僅受重力作功，故力學能守恆

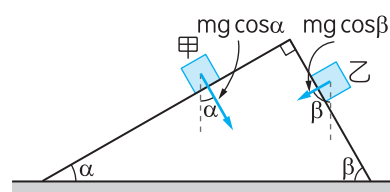
$$mgH = \frac{1}{2} mv^2 \quad \therefore v = \sqrt{2gH}$$

$$\Rightarrow v_{\text{甲}} = v_{\text{乙}}$$

【難易度】 中



圖(一)



圖(二)

22. 一木塊在水平桌面上平移滑動，因為摩擦力的作用，最後會停下來。此木塊的質量為 m ，初速為 v ，木塊與桌面的靜摩擦係數為 μ_s 、動摩擦係數為 μ_k 、重力加速度為 g ，假設以上參數皆可變化，則改變哪些參數，會使木塊由開始平移運動到完全停下前所行經的距離產生變化？

- (A) m (B) v (C) μ_s (D) μ_k (E) g

【答案】 (B)(D)(E)

【命題出處】 基礎物理（二）B 下：第 8 章 功與動能

【測驗目標】 評量學生對於功能定理的應用與參數變因之關係

詳解 木塊由平移運動至停下，利用功能定理可得
動摩擦力作負功 = 動能的減少

$$-\mu_k mg \cdot S = 0 - \frac{1}{2}mv^2 \quad (S: \text{滑動距離}) \Rightarrow S = \frac{v^2}{2\mu_k g}$$

只要是 v 、 μ_k 、 g 產生變化，即可改變滑動距離。

難易度 中

23. 如圖 9 所示，甲、乙、丙、丁、戊等 5 道平行光線垂直入射一透明半球型玻璃體的底平面，其中甲光線恰好沿球半徑（虛線）的方向入射，此 5 道平行光線共平面，且將半球底平面的圓半徑均分為 5 等分。已知半球型玻璃體靜置於空氣中，且其折射率為 1.8，則哪幾道光線在折射進入玻璃體後，第一次在球面與空氣界面處，會發生全反射？

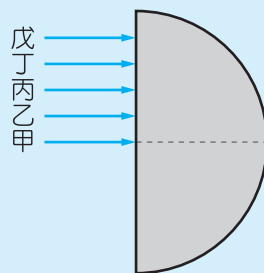


圖 9

- (A) 甲
- (B) 乙
- (C) 丙
- (D) 丁
- (E) 戊

答案 (D)(E)

命題出處 選修物理（上）：第 4 章 幾何光學

測驗目標 評量學生對於全反射原理之應用分析

詳解 (1) 光線自玻璃半球部分以臨界角入射，如右圖所示，可利用司乃耳定律：

$$1.8 \times \sin\theta_c = 1 \times \sin 90^\circ$$

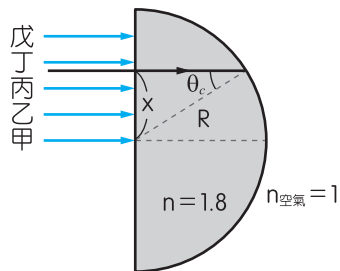
$$\therefore \sin\theta_c = \frac{1}{1.8} = \frac{5}{9} \quad \left(= \frac{x}{R} = \frac{2.8}{5} \right)$$

故 $\sin\theta > \sin\theta_c$ 即發生全反射。

(2) 由題圖中甲至戊 5 道光線入射半球時的夾角之正弦值：

$$\sin\theta_{\text{甲}} = 0; \sin\theta_{\text{乙}} = \frac{1}{5}; \sin\theta_{\text{丙}} = \frac{2}{5}; \sin\theta_{\text{丁}} = \frac{3}{5}; \sin\theta_{\text{戊}} = \frac{4}{5}$$

可得僅 $\sin\theta_{\text{丁}}$ 及 $\sin\theta_{\text{戊}}$ 大於 $\sin\theta_c$ ，故丁、戊光線會發生全反射。



難易度 中

24. 耳膜因熱輻射會發出電磁波，耳溫槍可偵測其中強度最高、波長為 λ_m 的波，並利用波長 λ_m 與耳溫間的關聯來判定體溫。已知耳溫 308.1 K 時，測得的波長 λ_m 為 9404.5 奈米，而耳溫 310.1 K 時測得的波長為 9343.9 奈米，則下列敘述哪些正確？
- (A) 耳溫槍所測得來自耳膜之電磁波主要在紅外光範圍
 (B) 耳溫槍是利用波長 λ_m 與絕對溫度成正比的關係來判定溫度
 (C) 若溫度越高，則對應於 λ_m 的電磁波頻率將越低
 (D) 若耳溫槍測得的波長 λ_m 為 9300 奈米，則對應的耳溫為 300 K
 (E) 若耳溫槍測得的波長 λ_m 為 9353 奈米，則被測者未達 38°C 的發燒溫度

答案 (A)(E)

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與維恩位移定律之變因關係

- 詳解**
- (A) 紅外光的波長範圍為 $760 \text{ 奈米} \leq \lambda \leq 10^6 \text{ 奈米}$
 故耳溫槍所測得來自耳膜之電磁波主要在此範圍。
- (B) 由維恩位移定律， $\lambda_m \cdot T = \text{定值}$
 可知波長 λ_m 與絕對溫度 T 成反比。
- (C) $T \uparrow$ ， $\lambda_m \downarrow$ ， $f \uparrow$
 故對應 λ_m 的電磁波頻率將愈高。
- (D) 由 $\lambda_m \cdot T = \text{定值}$ 即可判定
 $\lambda_m = 9300 \text{ 奈米} < 9343.9 \text{ 奈米}$
 則 $T > 310.1 \text{ K}$
 故 T 不可能為 300 K
- (E) 承(D)
 當 $9343.9 \text{ 奈米} < \lambda_m = 9353 \text{ 奈米} < 9404.5 \text{ 奈米}$
 則 $310.1 \text{ K} > T > 308.1 \text{ K}$
 $\therefore 37.1^\circ\text{C} > t > 35.1^\circ\text{C}$ ，故未達 38°C 的發燒溫度

難易度 中

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、一組學生在做完電子荷質比實驗後，想到可使用其中的「亥姆霍茲線圈」測量光電效應實驗中光電子的動能。經討論後，將實驗裝置安排如圖 10 所示，其中兩線圈的中心軸沿著 x 軸方向，而光電效應實驗的兩個金屬電極與可調變的直流電源相接，在負極中央開洞，使得光電子以垂直 x 軸的方向入射兩線圈中央的磁場區，回答下列問題：

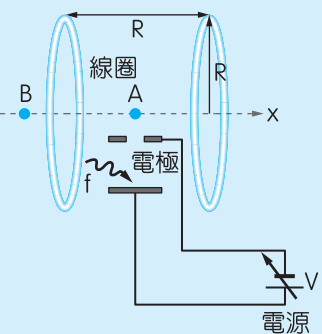


圖 10

1. 使用亥姆霍茲線圈時，若欲在兩線圈間的中心 A 點處產生指向 x 方向的近似均勻磁場時，從 B 點位置朝 x 方向觀察兩線圈，試分別回答左右線圈上的電流為順時針或逆時針方向？（2 分）
2. 欲得知金屬電極在入射光頻率 f 的照射下的截止電壓 V ，學生將電源電壓設定為零，調整亥姆霍茲線圈中的電流使得兩線圈中間的磁場量值為 B 後，再測量進入兩線圈間中心磁場區的光電子的運動半徑最大值為 R_m 。說明如何由此決定截止電壓 V （以電子質量 m 、電荷 e 、磁場 B 與半徑最大值 R_m 表示答案）。（5 分）
3. 學生欲測量金屬電極的功函數，但只有兩個入射光頻率 f_1 、 f_2 可使用，且 $f_1 < f_2$ ，因此將亥姆霍茲線圈中的電流分別調整為 i_1 、 i_2 ，且 $i_1 < i_2$ 。試在答案卷上的作圖區以 f 為橫軸， R_m^2 為縱軸作圖，並說明如何利用 f_1 、 f_2 與 i_1 、 i_2 ，以決定功函數。（3 分）

答案 1. 順時針方向

2.
$$\frac{eB^2R_m^2}{2m}$$

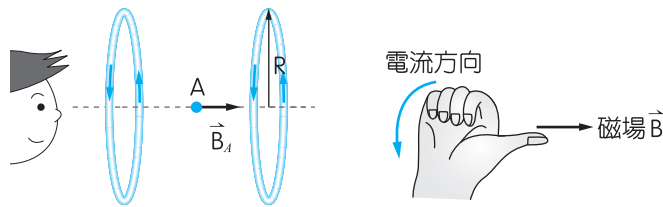
3. 見詳解

命題出處 選修物理（下）：第 8 章 電流的磁效應

第 10 章 近代物理的重大發現

測驗目標 評量學生對於光電效應原理與亥姆霍茲線圈產生的磁場等之推理應用

- 詳解 1. 利用右手定則可判定，若 A 處磁場為 x 軸方向，則於 B 處觀察左、右兩線圈之電流均為順時針方向。



2. (1) 調整電源電壓為零，使產生之光電子入射磁場迴旋，其向心力由磁力提供

$$evB = \frac{mv^2}{R_m} \dots\dots\dots ①$$

$$\Rightarrow v = \frac{eBR_m}{m}$$

- (2) 打開電源電壓調整至截止電壓 V ，此時電子動能損失，獲得電位能 eV

$$\frac{1}{2}mv^2 = eV \dots\dots\dots ②$$

- (3) 將①式光電子速率 v 代入②式可得 $V = \frac{eB^2R_m^2}{2m}$

3. (1) 由載流圓線圈在中心軸建立的磁場可得

$$B = 2 \cdot \frac{\mu_0 i R^2}{2[R^2 + (\frac{R}{2})^2]^{\frac{3}{2}}} = \frac{8\sqrt{5}\mu_0 i}{25R} \dots\dots ③$$

$$(\text{令 } B = ki, k = \frac{8\sqrt{5}\mu_0}{25R} = \text{定值})$$

- (2) 由光電方程式可得

$$\begin{aligned} hf - W &= eV = e \cdot \frac{eB^2R_m^2}{2m} \\ &= \frac{e^2B^2R_m^2}{2m} \dots\dots\dots ④ \end{aligned}$$

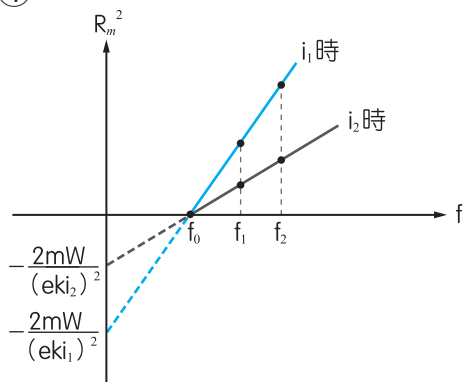
並由③式結論 $B = ki$ ，

代入④式可得

$$hf - W = \frac{e^2}{2m} (ki)^2 R_m^2$$

$$R_m^2 = \frac{2mh}{(eki)^2} f - \frac{2mW}{(eki)^2}$$

作圖如右所示。



- (3) 固定 i_1 及 i_2 ，以 f_1 、 f_2 兩入射光頻率求取 R_m^2 後，以線性方式作圖反向交於 f 軸即為底限頻率 f_0 。
- (4) 功函數 $W = hf_0$ 即為所求。此外，亦可以縱軸截距量值求出功函數 W 。
- (5) 若兩斜直線並非相交於橫軸上同一點，則以平均值處理。

難易度 難

二、某些電中性分子的正、負電荷分布並非均勻，而具有特殊的排列。例如圖 11 所示，水分子 H_2O 的負電荷 ($-q$, $q > 0$) 靠近氧原子，而等量的正電荷 ($+q$) 靠近兩個氫原子連線的中點，正負電荷分離固定距離 r ，稱為電偶極。以乘積 qr 代表電偶極矩 p ，並將電偶極矩向量定義為 $\vec{p} = q\vec{r}$ ，其中相對位置向量 \vec{r} 的方向係從負電荷指向正電荷。已知一水分子的電偶極矩的量值為 $6.3 \times 10^{-30} \text{ C} \cdot \text{m}$ 。

1. 如圖 12 所示，一電偶極的電偶極矩為 qr ，在正負兩電荷連線的延長線上距正電荷為 R 處有一點 N ，設 k 為庫侖常數，無窮遠處的電位為零，求 N 點處之電位。(3 分)
2. 如圖 13 所示，將一水分子置於外加均勻電場 \vec{E} 中，水分子的電偶極矩向量 \vec{p} 與電場 \vec{E} 的夾角為 θ 。(a) 試證明此水分子所受的力矩量值為 $pE \sin\theta$ 。(b) 當 $E = 5.0 \times 10^4 \text{ N/C}$ ， $\theta = 30^\circ$ 時，此水分子所受的力矩量值為何？(4 分)
3. 微波爐產生的微波可用來加熱食物，而一般市售微波爐的微波頻率約為數個 GHz，試以文字說明微波爐能迅速加熱食物的最主要原因，不必計算。(3 分)

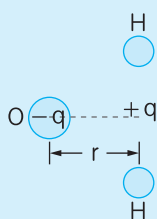


圖 11

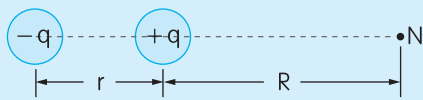


圖 12

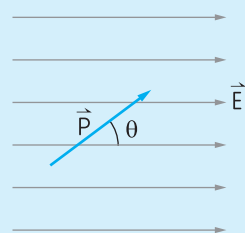


圖 13

- 答案
1. $\frac{kqr}{R(R+r)}$ 或 $\frac{kp}{R(R+r)}$
 2. (a) 見詳解 (b) $1.6 \times 10^{-25} \text{ N} \cdot \text{m}$
 3. 見詳解

命題出處 基礎物理 (二) B 上：第 3 章 靜力學
 選修物理 (上)：第 6 章 靜電學
 選修物理 (下)：第 9 章 電磁感應

測驗目標 評量學生對於電場中電荷所受力矩計算及微波爐加熱原理

詳解 1. $V_N = \frac{kq}{R} + \frac{k(-q)}{R+r} = \frac{kqr}{R(R+r)} = \frac{kp}{R(R+r)}$

2. (a) 以 $-q$ 為轉軸

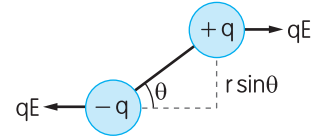
水分子所受之力矩 $\tau = qEr \sin\theta = pE \sin\theta$

(b) $\tau = pE \sin 30^\circ$

$$= (6.3 \times 10^{-30}) \times (5.0 \times 10^4) \times \frac{1}{2}$$

$$\doteq 1.6 \times 10^{-25} \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

3. 微波的電場振盪讓極性的水分子不斷反覆轉動，而跟其他水分子相互擦撞以產生熱能。



難易度 難

