

## 物理

### 高級補充程度

#### 宗旨

按本課程綱要所編訂的課程該達成以下的宗旨：

1. 為考生將來的進修提供一個均衡的課程，同時使考生有機會鑑賞物理學的本質和它在日常生活上的重要性；
2. 幫助考生培養學習物理學的興趣、引起學習物理的動機和產生成就感；
3. 培養考生鑑賞物理學的發展，認識物理學與日常生活的關係，以及物理學在工程和科技應用方面所擔任的角色；
4. 為物理學建立一個概念架構，並使考生了解學習物理學的方法；
5. 鼓勵考生在研習物理學時必須理論和實驗並重；
6. 發展與物理學應用方面有關的技巧，例如設計實驗、進行實驗、解決問題、數學分析、批判評鑑和傳意等的技巧；及
7. 幫助考生建立道德及社會的價值觀，並培養他們在不斷蛻變的世界中成為一個負責任的公民。

#### 目標

考生應能：

1. 記憶及了解一些事實要點、名詞、定義、法則、實驗方法、定律及理論模型；
2. 演示實驗技巧，例如設計和進行實驗，分析和展示實驗結果，以及利用簡單方法處理誤差；
3. 展示應用物理學知識去解決問題和作實驗性探討的技巧，包括了定性和定量、理論和實驗方面的技巧；
4. 將實驗和理論編纂成清楚和準確的報告以達傳意功效，包括闡釋和轉換數據，以及應用理論模型去解釋有關的現象；及
5. 將情況或資料加以分析、評估並據此作出決定，從而展示他們的評估和判斷能力。

#### 試卷形式

1. 本科考試包括兩卷筆試及教師評審制 (TAS)。試卷的形式和積分分配如下：

試卷一	一小時十分，解答題	33%
試卷二	一小時五十分，選擇題 (30%) 及論述題 (22%)	52%
試卷三	教師評審制 (學校考生必須參加)	15%
試卷四	一小時三十分，實驗操作 (只限自修生)	15%

2. 試卷一是結構性解答題，必須全部作答。試卷二分甲、乙兩部，甲部是選擇題；乙部是論述題，考生必須在本部分四題中選答兩題。
3. 試卷三是以教師評審制來評分，所有學校考生必須參加。他們的實習能力由本科教師於校內評估，能力包括下列各項：
  - (i) 進行實驗時的操作技巧
  - (ii) 準確地觀察現象，作出量度
  - (iii) 適當地記錄和展示數據
  - (iv) 解釋結果及作出結論
 有關教師評審制的規則、指引和方法，請參閱由香港考試及評核局發給各參與學校的高級及高級補充程度物理科教師評審制手冊。
4. 自修生可選擇參加實驗考試 (試卷四) 或使用往屆教師評審制之成績替代實驗考試。試卷四包括一個實驗以測驗考生的實驗操作技巧和撰寫實驗報告的能力。
5. 考生應具備課程內所規定實驗的知識，部分試題會就有關這些實驗的知識和理解而擬定。
6. 中學會考物理課程亦在擬題範圍以內，考生應對該課程有充分的認識。
7. 在本課程的附錄中，已列出考生應掌握的實驗技巧和數學知識。
8. 試題以國際單位制單位為主，所使用的單位、文字符號、數學符號和簡寫均以 Association for Science Education 出版之 SI Units, Signs, Symbols & Abbreviations 所規定為準。
9. 考試的目的著重評估考生對知識的理解，而非對事實的記憶。題目將盡可能避免要求純粹覆述課本的內容。

考試範圍

## 注意事項：

1. 教師必須注意，大多數的實驗是十分簡短的，可作為示範實驗，用來引入課題或開始講授一堂新課是非常有效的。對於一些需時較長的實驗，應盡可能由考生親自進行。
2. 本大綱的內容和實驗，均可見於最近出版的各種高級程度物理教科書。
3. 毋須按照大綱所列的次序授課。

第一章：力學

內容	說明	建議實驗
1.1 靜力學		
3 摩擦	只作定性討論。 判別靜摩擦(包括極限的情況)和動摩擦。	E1. 利用方塊探究法向力、所涉材料和表面面積對摩擦力的影響。
力矩	力矩定義為力跟它與支點的垂直距離的乘積。認識轉矩和力偶及其應用、力矩原理以及在簡單平衡情況下的應用。	
靜態平衡	只作二維討論。質點和剛體的受力平衡條件。 重心，透過實驗測定物體的重心。穩定性(極簡要說明)。	E2. 測定任意形狀物體的重心。
1.2 運動學 在一維空間的勻加速運動	在一維空間的位移、速度和加速度。運動的圖表法。認識勻加速運動的公式及其應用。	
1.3 動力學 牛頓運動定律	認識牛頓運動定律及其應用。	
線動量守恆原理在一維和二維空間的應用	衝量 - 動量等式 $Ft = mv - mu$ 的應用。 牛頓第三定律跟線動量守恆的一致性。判別彈性碰撞和非彈性碰撞。不須討論恢復系數。 量度慣性質量的原理，例如應用 $m_x/m_y = \Delta v_y/\Delta v_x$ 研究兩個原來靜止物體因爆發而彈開的情況。線動量守恆的實例包括來福槍的反衝運動， $\alpha$ 粒子跟氮原子的碰撞(分析雲室照片)。	
4 作功、能量和功率	明瞭作功跟不同形式的能量的關係。作功定義為能量的轉移 $W = Fs \cos\theta$ 。認識引力勢能的改變 $mg\Delta h$ 及其應用。由所轉移的能量推導出動能 $= \frac{1}{2}mv^2$ 。功率為能量的轉移率。認識 $P = Fv \cos\theta$ 及其應用。效率。	
能量守恆定律	認識勢能和動能的相互變換及其應用。	

- 1.4. 拋體運動 速度的分解。水平運動和垂直運動的獨立性。簡單計算。 E3. 用「獵人射擊猴子」套件演示水平運動和垂直運動的獨立性。
- 1.5. 圓周運動 角速度  $\omega$  ( $\text{rad s}^{-1}$ )。線速度  $v = \omega r$ 。向心加速度  $a = v^2/r$  和向心力。實例包括車輛拐彎（路面傾斜和不傾斜的情況）、飛機飛行轉向、迴環運動、離心機（定性說明）。 E4. 以迴轉橡膠塞驗證  $F = \frac{mv^2}{r}$ 。
- 1.6 簡諧運動 等時振盪。加速度  $a = -\omega^2 x$ 。位移  $x = A \sin \omega t$  (或  $A \cos \omega t$ )。週期  $T = 1/f = 2\pi/\omega$ 。由分析勻速圓周運動（轉動矢量模型）研究簡諧運動。應用的例子包括單擺和負重彈簧。虎克定律。認識  $T = 2\pi\sqrt{l/g}$  和  $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ 。勢能和動能的計算。利用轉動矢量模型研究相位的超前和滯後。 E5. 探究負重彈簧的伸長和振動。  
E6. 研究簡諧振盪體的運動。

## 第二章：波動

- 2.1 波的傳播。縱波和橫波的本質。 $v$ 、 $\lambda$  和  $f$  的關係。 有關方程式  $y = a \sin(\omega t - kx)$  的問題，將不會包括在考試範圍之內，但要求理解前進波中位移隨著時間( $x$  為常量)和距離( $t$  為常量)而改變。
- 2.2 波動現象  
惠更斯原理 用以解釋波的反射和折射定律。
- 反射 簡單討論的實例包括雷達、聲納。波動在反射時相位發生的改變，以軟彈簧為例加以說明。
- 折射 波速改變引起波的折射。用波速表示折射率。
- 疊加 不須數學解析。 E7. 軟彈簧上橫波的疊加。
- 干涉 定量分析雙振源干涉的最大振幅和最小振幅。可觀察干涉的條件。干涉的應用包括透鏡的敷霜以及表面平坦度的測試(簡單說明)。 定量分析光線正入射於平行面和楔形薄膜的干涉效應。常見實例包括薄油層和肥皂泡的顏色。 平面透射光柵作為干涉系統。公式  $d \sin \theta = n\lambda$  的應用。 E8. 用下列器材估計光波的波長：  
(a) 雙窄縫；及  
(b) 平面衍射光柵。  
E9. 觀察肥皂薄膜的干涉條紋。
- 2.3 駐波 只須圖形分析。 E10. 用橡膠繩和彈簧演示駐波。

## 第三章：場、電學和電磁學

3.1 電場			
電場強度 $E$	點電荷之間的力。庫侖定律。點電荷所產生的電場。勻強電場。電場強度 $E$ 可作為每單位電荷所受到的力。	E11. 用「穿梭球實驗研究靜電現象」	E12. 用帶電箔片探討平行金屬板間的電場。
電勢 $V$	勻強電場的電勢 $V=Ed$ 。點電荷的電勢 $V=Q/4\pi\epsilon_0 r^2$ (不須導出)	E13. 觀察由不同形狀的電極產生的電場圖樣。	E14. 用火焰探測器探討平行金屬板間及帶電球體周圍的電勢。
3.2 電容器的儲電作用	透過一系列有關電容器的實驗加以說明。	E15. 透過下列實驗認識電容器	(a) 通過電阻器充電及放電； (b) 電容器極板上相等的正負電荷； (c) 各類電容器儲存的電荷； (d) 電容器的電荷與電勢差；及 (e) 電容器的串聯和並聯。
電容	$Q=CV$ 。法拉 F (及次單位 $\mu\text{F}$ 和 $\text{pF}$ )。平行板電容器的電容 $C = \epsilon_0 A/d$ 。電容器的串聯和並聯。	E16. 研究導體間的電荷傳遞 — 由超高壓電源「舀取」電荷至靜電計。	E17. 用穩恆電流將電容器充電，以探討其電荷與電勢差的關係。
帶電電容器的能量	$E = \frac{1}{2} CV^2$ (不須導出)。	E18. 透過向小電動機放電研究帶電電容器儲存的能量。	

3.3 電流	流動的電荷造成電流。 單位：安培 (A)。		
電動勢	電源的電動勢為每單位電荷通過電源時所獲得的能量。兩點間的電勢差為每單位電荷在電源外經過該兩點時，將電勢能轉換為其他形式的能量。不同電源的內電阻。	E19. 在輸出電流時，電源兩端電勢差減少的演示。	E20. 用不同伏特計量度高內阻電源兩端的電勢差。
電阻、歐姆定律 電阻率。電阻隨溫度的變化。	在不同的導體和電路元件中 (金屬、電解質、熱敏電阻和二極管)，電流隨著所供給的電勢差而改變。歐姆定律為電阻在一種特殊情況下的表現。電阻率定義為 $\rho = RA/l$ 。定性說明溫度對金屬和半導體的電阻的影響。		
3.4 電磁學			
磁場對載電流導體的作用力	力、磁場和電流三者方向的關係。		
磁場 $B$	應用簡單電流天平引出 $B=FI/l$ 。忒斯拉 (T) 為 $1 \text{ NA}^{-1} \text{ m}^{-1}$ 。 通用公式 $F=BIl \sin\theta$ 。	E21. 用電流天平量度	(a) 兩瑪格納多爾磁鐵間的磁場； (b) 接近載流線圈末端的磁場；及 (c) 載流扁螺線管內的磁場。
磁場對運動電荷的作用力	$F=BQv \sin\theta$ 。		

磁場的量度	電流天平、探察線圈和示波器。 陰極射線示波器可用作 (i) 交流和直流伏特計；(ii) 測定時間和頻率；及 (iii) 顯示波形的儀器。	E22. 陰極射線示波器的使用。
載電流的長直導線周圍和長螺線管內的磁場	瞭解 $B = \mu_0 I / 2\pi r$ 和 $B = \mu_0 NI / \ell$ 。可用實驗研究這些物理量之間的關係，但不須推導。	E23. 用霍耳探測器或探察線圈探討下列載流導體所產生的磁場： (a) 在長直導線周圍； (b) 在線圈中心； (c) 在軟螺線管內和周圍；及 (d) 在螺線管內。
載電流的矩形線圈在勻強磁場中的轉矩	定量研究在長直平行導線中電流之間的作用力。 $\tau = BAN I \sin\phi$ 。	
動圈式電流計	設計和工作的原理。靈敏度。無須討論衝擊電流計。	
3.5 電磁感應 電磁感應定律	(i) 運動導體在恆定磁場中產生的感生電動勢；及 (ii) 靜止導體在變化的磁場中產生的感生電動勢。 磁通量 $\Phi$ 。 $\mathcal{E} = -d\Phi/dt$ 。法拉第定律和楞次定律。 $B$ 可理解為磁通量密度。	E24. 探討影響線圈的感生電動勢的因素。

簡單交流和直流發電機。	導出矩形線圈在勻強磁場中轉動時所產生的感生交流電動勢。
直流電動機和反電動勢渦電流	簡要討論渦電流的產生和實際應用。

## 第四章：物性學

4.1 氣體  
理想氣體

壓強  $p = F/A$ 。氣體的壓強-溫度和體積-溫度關係。以這些關係外推而得絕對零度。

理想氣體的宏觀定義是遵守波義耳定律 ( $pV = \text{常數}$ ) 的氣體。物態方程  $pV = nRT$ ，式中  $n$  為摩爾數量。

E25. 探究氣體壓強、體積和溫度的關係。

氣體模型：分子運動論  
利用氣體模型對宏觀現象作微觀解釋

理想氣體的微觀定義。分子運動模型及其假設， $pV = Nm \overline{c^2} / 3$  的推導， $\sqrt{\overline{c^2}}$  的數量級。分子速率的分布 (定性討論)。阿佛加德羅定律和阿佛加德羅常數。

應用  $m \overline{c^2} / 2 = 3RT / 2N_A$  解釋理想氣體的溫度。

4.2 放射現象  
 $\alpha$ 、 $\beta$ 和 $\gamma$ 輻射的性質

溫習及加深了解低年級所學的知識。

E26. 射線在磁場的偏轉。  
E27. 探討不同厚度的各類物料對  $\alpha$ 、 $\beta$  和  $\gamma$  輻射的吸收。

探測器

探測器的使用(電離室、雲室和蓋革 - 彌勒計數器)。

衰變的無規本質

從骰子衰變模擬實驗導出  $dN/dt = -kN$ 。衰變常數  $k$  可解釋為每單位時間內原子進行衰變的機率

E28. 用擲骰子模擬放射衰變。  
E29. 用蓋革 - 彌勒計數器和放射源演示計數率的無規變化。

天然的核轉變

放射衰變中， $N$  和  $Z$  的改變 (不須詳細討論放射系)。

衰變的指數定律。半衰期。貝克勒耳。

$N = N_0 e^{-kt}$ ， $k$  和  $t_{1/2}$  的關係。長半衰期與放射性廢料處理和放射塵的關係。碳-14 年代測定法。

輻射的危害

本底輻射的來源和日常輻射劑量。開放式放射源和密封式放射源的危害。處理放射源的安全措施。

放射性同位素

放射性同位素的應用(簡單討論)。

## 4.3 核能

統一原子質量單位 (碳標度)。核反應方程的闡釋。

在裂變和聚變中釋放的能量。電子伏 (eV)

結合能。裂變反應堆的原理。定性討論裂變和連鎖反應。反應過程中，燃料、減速劑、冷卻劑和控制棒的功用。核能：好處和壞處。

## 4.4 能量守恆

能量由一種形式轉換為另一種形式。  
可從本課程的其他章節提出例證。煤和石油資源。其他可供發展的能源（例如：核能、太陽能、潮汐能和風能）。簡略說明各種能源取用方法的原理和相對轉換效率。  
各種形式的能量退降為熱能。

實驗操作考試

1. 實驗操作考試擬題是假設考生已具備整個課程中的理論部份知識。
2. 實驗操作題目會包括課程內所提及的實驗方法，但其所需的儀器是學校常備的。
3. 實驗操作題目並不限於課程所包括的課題和方法；如在課程以外，將會有詳盡說明指導考生正確進行實驗，並會列明所需的公式和資料。
4. 實驗技巧
  - i. 依據某線性或角標度的最大精確程度讀出量度數據；使用游標尺；利用秒錶或秒鐘計時。
  - ii. 準確地聚焦和找出成像的位置（利用針、光線箱等）。
  - iii. 根據電路圖連接和測試電路；根據已經連接好的簡單電路繪畫電路圖。
5. 作圖及其他
  - i. 用列表及/或圖線的方法表示實驗結果。
  - ii. 選用適當的比例準確地描繪圖線。
  - iii. 將公式轉換而得出直線圖形：例如將函數  $y = bx^a$  繪成  $\log y$  對  $\log x$  的圖線。
6. 實驗程序
  - i. 在某些情況下宜作初步和簡略的量度和計算，用以評估實驗時能取得準確數據的範圍。
  - ii. 小心記錄全部量度得來的真實數據（包括測試和修改的），而毋須事後抄正。（應整齊地刪去而不是擦去不用的數據，並在適當地方作簡要說明）。
7. 準確度
  - i. 應用適當的有效數字和小數位。
  - ii. 絕對誤差和相對誤差（或百分誤差）的意義。
  - iii. 估計在簡單情況下的最大誤差。
  - iv. 具有估計一般測量的準確度（不僅是標度讀數）的常識，以及根據估計的準確度，用合理的有效數字將實驗結果列出。
8. 誤差的估計（不須應用統計學方法）  
在簡單情況下（包括  $x \pm y$ ,  $xy$ ,  $x/y$ ,  $x^n$ ）的最大誤差的組合法則。

### 考生應具備的數學知識

具備足夠的數學知識對於學習及正確運用物理學概念和模型是非常重要的，因此數學知識成爲高級程度物理重要的一環，可是教師必須將重點放在物理解方面，而不在複雜的數學運算和技巧。

除中學程度普通數學知識外，考生應具備以下知識：

- |    |   |  |
|----|---|--|
| 1. | 指數：整數、負數和分數。<br>以 10 爲底和以 $e$ 爲底的對數。  | $\log_{10}x$ 和 $\ln x$ 的關係。<br>$y = bx^a$ 的轉換得出直線圖形。   |
| 2. | 當 $x$ 非常小時，<br>$(1+x)^a \approx 1+ax$<br>在近似值方面的應用。   |  |
| 3. | 指數函數。   | 主要用圖解法： $e^x$ ， $e^{-x}$ ， $1-e^{-x}$ 等函數的圖形。  |
| 4. | 正角、負角和大於 $2\pi$ 角的正弦、餘弦、<br>正切、餘切函數。當 $\theta \rightarrow 0$ 時， $\sin\theta \rightarrow \theta$ ，<br>$\tan\theta \rightarrow \theta$ ， $\cos\theta \rightarrow 1$ 。<br>應用一般三角公式作簡單運算。<br>$\sin^{-1}x$ 的意義等。 | 認識 $\theta = 0, \pi/6, \pi/4, \pi/3, \pi/2$ 的函數值，並導<br>出上述角度在 $2\pi$ 內所有對應角的函數值。描繪<br>三角函數的略圖（無須使用對數表和計數機）。<br>熟悉 $\sin(\alpha \pm \beta)$ ， $\sin 2\alpha$ 和 $\cos 2\alpha$ 的公式。<br>其他公式則在需要時，會在試卷內列出。<br>不須描繪反函數圖。 |
| 5. | 導數作爲極限的概念。<br>可解釋爲曲線的切線斜率；非勻速運動的瞬時速度；<br>以及對時間或空間的變化率。二次導數。   | $\lim_{\delta x \rightarrow 0} \frac{\delta y}{\delta x} = \frac{dy}{dx}$<br>物理學上一些應用例子：勢梯度 $dV/dx$ ，電流<br>$dQ/dt$ 等。  |
| 6. | 當 $n$ 和 $k$ 爲常數時， $kx^n$ ， $\sin kx$ 和 $\cos kx$ ， $e^{kx}$ 和<br>$\ln kx$ 的微分。  | 函數的圖解法，包括 $dy/dx$ 和 $d^2y/dx^2$ 對 $x$ 的圖<br>線。（只須依簡單法則作略圖，而不一定使用對<br>數表或計算機得出數據作圖）。  |
| 7. | 計算涉及以上各函數在簡單情況下的極大和極小坐<br>標。  | 不須應用 $d^2y/dx^2$ 來檢試極大或極小。   |
| 8. | 積分作爲微分的逆運算。定積分作爲和的極限。   | 可以曲線下的面積表示。  |