DSE 物理練習卷：波動、光學與聲波

中四至中六（S4 – S6）　物理　｜　時限：75 分鐘　｜　總分：100 分　｜　共 12 題

甲部（第 1 至 4 題，共 32 分）

細閱下列各題，寫出公式、代入數字，並註明單位。

1. 一列橫波在繩上傳播，頻率為 50 Hz，波長為 0.68 m。(a) 求波速。(b) 求週期。(c) 求波在 0.1 s 內傳播的距離，並以波長數目表示。(d) 若頻率加倍而波速不變，求新的波長。

答案：(a) $v = f\lambda = 50 \times 0.68 = 34$ m/s。〔2 分〕(b) $T = 1/f = 1/50 = 0.02$ s。〔2 分〕(c) 距離 $= v\,t = 34 \times 0.1 = 3.4$ m；相當於 $0.1 \div 0.02 = 5$ 個波長。〔2 分〕(d) 波速不變，$\lambda = v/f = 34/100 = 0.34$ m，即頻率加倍、波長減半。〔2 分〕評分要點：v、f、λ 三者的關係要寫出公式再代入；週期與頻率互為倒數。

2. 水波由深水區進入淺水區。深水區波速 1.2 m/s，淺水區波速 0.8 m/s，波源頻率為 5 Hz。(a) 求深水區波長。(b) 求淺水區波長。(c) 說明頻率、波速、波長三者在跨越邊界時如何變化。(d) 若入射角為 30°，求折射角。

答案：(a) $\lambda_{深} = 1.2 \div 5 = 0.24$ m。〔2 分〕(b) $\lambda_{淺} = 0.8 \div 5 = 0.16$ m。〔2 分〕(c) 頻率由波源決定，跨越邊界不變（仍為 5 Hz）；波速由介質決定，淺水較慢；波長隨波速減小而縮短，深淺波長比為 3 : 2。〔2 分〕(d) $\sin\theta_2 = (v_2/v_1)\sin\theta_1 = (0.8/1.2)\sin 30^\circ = 0.333$，$\theta_2 \approx 19.5^\circ$，光線向法線偏折。〔2 分〕評分要點：(c) 必須指出「頻率不變」的原因；折射用波速比而非波長比。

3. 一束光由空氣射入玻璃，玻璃折射率為 1.5，入射角為 45°。(a) 求折射角。(b) 求光在玻璃中的速度（空氣中光速取 3.0×10^8 m/s）。(c) 求光由玻璃射向空氣時的臨界角。

答案：(a) $n = \sin i / \sin r$，故 $\sin r = \sin 45^\circ / 1.5 = 0.7071/1.5 = 0.4714$，$r \approx 28.1^\circ$。〔3 分〕(b) $v = c/n = 3.0 \times 10^8 \div 1.5 = 2.0 \times 10^8$ m/s。〔2 分〕(c) $\sin C = 1/n = 1/1.5 = 0.667$，$C \approx 41.8^\circ$，入射角大於此值便發生全內反射。〔3 分〕評分要點：折射率是「真空光速 ÷ 介質光速」；臨界角只在光由密介質射向疏介質時存在。

4. 一凸透鏡焦距為 10 cm。(a) 物體放在鏡前 30 cm，求像距、放大率和像的性質。(b) 物體改放在鏡前 5 cm，求像距、放大率和像的性質。

答案：(a) $1/f = 1/u + 1/v$，$1/v = 1/10 - 1/30 = 2/30$，$v = 15$ cm；放大率 $m = v/u = 15/30 = 0.5$；物距大於 $2f$，故像是實像、倒立、縮小。〔4 分〕(b) $1/v = 1/10 - 1/5 = -1/10$，$v = -10$ cm，即像在物同側 10 cm；$m = 10/5 = 2$；物距小於 f，物在焦距內，故像是虛像、正立、放大（放大鏡用法）。〔4 分〕評分要點：像距負號代表虛像；物距小於 f 時不能用「實像」描述。

乙部（第 5 至 8 題，共 36 分）

回答下列各題，須展示完整步驟及所用公式。

5. 某人在空曠地方拍手，0.6 s 後聽到回聲。當時聲速為 340 m/s。(a) 求他與反射牆的距離。(b) 若氣溫上升令聲速增至 350 m/s，求回聲所需時間。(c) 解釋為何聲納測距多用超聲波而不用可聽聲。

答案：(a) 聲音往返，距離 = $v\,t\,/\,2 = 340 \times 0.6 \div 2 = 102$ m。〔3 分〕(b) $t = 2d\,/\,v = 2 \times 102 \div 350 \approx 0.58$ s。〔3 分〕(c) 超聲波波長短、方向性強，能量集中，可形成窄束減少散射；可聽聲易散開且受環境噪音干擾，回聲難以分辨。〔3 分〕評分要點：(a) 必須除以 2；聲速隨溫度上升而增加。

6. 光纖由折射率 1.50 的纖芯和折射率 1.45 的包層組成。(a) 求纖芯與包層界面的臨界角。(b) 解釋為何纖芯折射率必須大於包層。(c) 求光在纖芯中的速度（真空光速取 3.0×10^{8} m/s）。

答案：(a) $\sin C = n_{\text{包層}} / n_{\text{纖芯}} = 1.45/1.50 = 0.9667$，$C \approx 75.2^\circ$。〔3 分〕(b) 只有光由光密介質射向光疏介質才會發生全內反射；纖芯折射率較大，光在界面入射角大於臨界角時便被完全反射，沿纖芯前進而無能量漏失。〔3 分〕(c) $v = c/n = 3.0 \times 10^{8} \div 1.50 = 2.0 \times 10^{8}$ m/s。〔3 分〕評分要點：臨界角公式的分子是較疏介質的折射率。

7. 一條長 1.2 m 的弦兩端固定，線密度為 5.0 g/m，基頻為 60 Hz。(a) 求基頻對應的波長。(b) 求弦上的波速。(c) 求弦的張力。

答案：(a) 兩端固定，基頻時弦長等於半個波長：$\lambda = 2L = 2 \times 1.2 = 2.4$ m。〔3 分〕(b) $v = f\lambda = 60 \times 2.4 = 144$ m/s。〔3 分〕(c) $v = \sqrt{(T/\mu)}$，故 $T = \mu v^{2} = 0.005 \times 144^{2} = 103.68 \approx 104$ N。〔3 分〕評分要點：線密度要用 kg/m（5.0 g/m = 0.005 kg/m）；先平方波速再乘線密度。

8. 某點的聲音強度為 1.0×10^{-6} W/m²（參考強度取 1.0×10^{-12} W/m²）。(a) 求該點的聲強級。(b) 若與聲源的距離加倍，求新的聲強級。(c) 解釋為何量度聲音通常用分貝這種對數標度。

答案：(a) 聲強級 $= 10 \log(I/I_{0}) = 10 \log(1.0 \times 10^{-6} / 1.0 \times 10^{-12}) = 10 \log 10^{6} = 60$ dB。〔3 分〕(b) 距離加倍，聲強按平方反比減為四分之一，即 2.5×10^{-7} W/m²；聲強級 $= 10 \log(2.5 \times 10^{5}) \approx 54$ dB，即下降 6 dB。〔3 分〕(c) 人耳可接受的聲強由 10^{-12} 至 10^{0} W/m²，相差十二個數量級，用線性標度不便；對數標度把巨大範圍壓縮為 0 至 120 dB，且較接近人耳對響度的感覺。〔3 分〕評分要點：聲強減半約減 3 dB，距離加倍約減 6 dB。

丙部（第 9 至 12 題，共 32 分）

就下列各題作較詳細的計算與解釋，答案須註明單位。

9. 一光柵每毫米有 500 條刻線，以波長 600 nm 的單色光垂直照射。(a) 求相鄰刻線間距。(b) 求第一級亮紋的繞射角。(c) 求第二級亮紋的繞射角。

答案：(a) $d = 1\text{ mm} / 500 = 2.0 \times 10^{-6}$ m。〔2 分〕(b) $d \sin\theta = \lambda$，$\sin\theta = 600 \times 10^{-9} / 2.0 \times 10^{-6} = 0.30$，$\theta \approx 17.5^\circ$。〔3 分〕(c) 第二級 $\sin\theta = 2 \times 0.30 = 0.60$，$\theta \approx 36.9^\circ$。〔3 分〕評分要點：公式中的 d 是相鄰刻線間距，不是整條光柵寬度；級數 n 直接乘在 λ 上。

10. 雙縫實驗中，兩縫間距 0.50 mm，屏幕距雙縫 2.0 m，相鄰亮紋間距為 2.4 mm。(a) 求光波波長。(b) 若屏幕移至 3.0 m，求新的條紋間距。(c) 若改用白光，說明條紋外觀有何不同。

答案：(a) 條紋間距 $\Delta y = \lambda D / a$，故 $\lambda = a\,\Delta y / D = (0.50 \times 10^{-3} \times 2.4 \times 10^{-3}) / 2.0 = 6.0 \times 10^{-7}$ m = 600 nm。〔4 分〕(b) Δy 與 D 成正比，D 由 2.0 m 增至 3.0 m，$\Delta y = 2.4 \times 3.0/2.0 = 3.6$ mm。〔2 分〕(c) 白光含各色光，波長不同則條紋間距不同，中央仍為白光，兩側形成由紫至紅的彩色條紋，高級次互相重疊而成白光。〔2 分〕評分要點：所有長度須用米代入；先寫公式再代數，避免單位混亂。

11. 波長 400 nm 的光照射某金屬，金屬的逸出功為 2.0 eV（普朗克常數 6.63×10^{-34} J s，光速 3.0×10^{8} m/s，1 eV = 1.6×10^{-19} J）。(a) 求光的頻率。(b) 求每個光子的能量，並以 eV 表示。(c) 求放出光電子的最大動能，並以 eV 表示。

答案：(a) $f = c/\lambda = 3.0 \times 10^{8} \div 400 \times 10^{-9} = 7.5 \times 10^{14}$ Hz。〔2 分〕(b) $E = h f = 6.63 \times 10^{-34} \times 7.5 \times 10^{14} \approx 4.97 \times 10^{-19}$ J；以 eV 表示為 $4.97 \times 10^{-19} \div 1.6 \times 10^{-19} \approx 3.1$ eV。〔3 分〕(c) 逸出功 = 2.0 eV = 3.2×10^{-19} J；最大動能 = $4.97 \times 10^{-19} - 3.2 \times 10^{-19} = 1.77 \times 10^{-19}$ J ≈ 1.1 eV。〔3 分〕評分要點：必須先統一能量單位；光子能量小於逸出功時不會有光電子。

12. 用共振管量度聲速：頻率 500 Hz 的音叉在管口發聲，第一次共振時空氣柱長 17 cm，第二次共振時長 53 cm。(a) 求波長。(b) 求聲速。(c) 求管口的末端修正。

答案：(a) 相鄰兩次共振的空氣柱長度相差半個波長：$\lambda = 2 \times (0.53 - 0.17) = 0.72$ m。〔2 分〕(b) $v = f\lambda = 500 \times 0.72 = 360$ m/s。〔3 分〕(c) 第一次共振時空氣柱長 $= \lambda/4 + e$，故 $e = 0.72/4 - 0.17 = 0.18 - 0.17 = 0.01$ m，即 1 cm。〔3 分〕評分要點：用兩次共振相減可消去末端修正；單用一次共振必須計入 e。

TutorZone 中四至中六（S4 – S6）物理練習卷｜題目與文章為原創，並非任何學校或出版社的教材。