

# 100 學年度指定科目考試物理考科非選擇題評分標準說明

第一處 程暉澄

100 學年度指定科目考試物理考科（簡稱 100 指考物理）非選擇題有兩大題，每大題各占 10 分，共計 20 分。以下將先說明評分基本原則，並列出各題可能的作法，再說明評分要點。

## 壹、評分基本原則

### 一、是否用適合且正確的概念來解題

解題的方式有很多種，但考生用以解題的觀點必須符合題目所設定的情境。考生表述的概念內容必須正確，解題所用的相關公式也要正確（若觀念正確，也用對相關公式，但計算錯誤，可獲得部分分數）。

### 二、是否求得正確答案

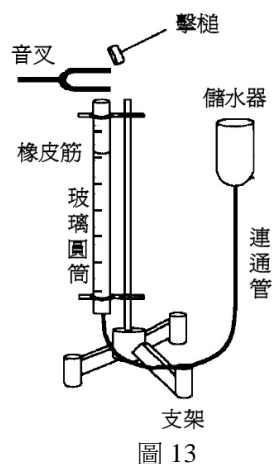
答案的形式可能不只一種，訂定評分標準時會將答案所有形式列出，本說明僅列出較多考生作法的答案與對應的評分要點。不論考生寫出的答案形式為何，要獲得滿分，該答案必須完全正確。

## 貳、評分要點說明

### 試題

一、某生在物理實驗室做「氣柱的共鳴」實驗，儀器裝置如圖 13 所示，包括鉛直豎立的細玻璃圓筒、儲水器、連通管、支架、音叉、擊槌、橡皮筋等。細玻璃圓筒的管長約 75cm，其上並附有刻度尺，且玻璃圓筒的管口位置刻度為零。將頻率為 620Hz 的振動音叉置於管口上方，再上下移動儲水器以調整玻璃圓筒中的水面高低，實驗上測得產生共鳴的水面刻度有三，分別為 13.0、41.0 與 69.0cm。

1. 依據題目所給定的產生共鳴時水面刻度的實驗數據，在答案卷作圖區畫出玻璃圓筒中空氣分子的位移出現波腹與波節的位置，並標示其刻度。(4分)
2. 依據題目所給定的產生共鳴時水面刻度的實驗數據，計算當時的聲速。(3分)
3. 若使用某一音叉卻始終無法找到任何共鳴的位置，應該是什麼原因造成的？(3分)



**可能的作法、評分要點與作答錯誤類型**

此題測驗「氣柱的共鳴」實驗，首先要考生依據題中所述實驗結果，在第 1 小題畫圖標示出波腹與波節的位置與刻度；由正確的波腹與波節可得知聲波波長；第 2 小題進一步要求考生求出聲波波長；第 3 小題則是假設使用另一音叉，但始終無法找到任何的共鳴位置，要求考生分析其原因。以下分別列出各小題可能的作法與評分要點。

**第1小題 (4分)**

可能的作法	評分要點
<p>畫出開管的玻璃管與波腹、波節；</p> <p>(i)水面高度在 69.0cm，標示出波節在 13.0cm、41.0cm 與 69.0 cm；波腹在 27.0cm 與 55.0 cm。</p>	<p><b>概念正確</b> (知道波腹位於接近管口處，水面則為波節所在位置，依題意管口到水面最多可形成約<math>(1 + \frac{1}{4})</math>個波。)</p> <p><b>圖示正確</b> (畫出開管的玻璃管，並標示出波腹與波節正確的位置與刻度。)</p>
<p>(ii)水面高度在 41.0cm，標示出波節在 13.0cm、41.0cm；波腹在 27.0cm。</p>	<p><b>備註：</b> 若僅圖示出水面高度在 69.0 cm 的正確情況，可得該小題全部分數。</p>
<p>(iii)水面高度在 13.0cm，標示出波節 13.0cm。</p>	

當水面分別在刻度為 13.0 cm、41.0 cm 與 69.0 cm 時，會得到不同的駐波波形，因此波腹與波節的數目也不盡相同，嚴格說來，應畫出上表中的三個圖才算是完全正確。由於水面高度在 69.0 cm 時，可包含題中所述三個產生共鳴位置之波腹與波節的位置與刻度，因此若僅圖示出高度在 69.0 cm 的正確情況，可得該小題全部分數。

第 1 小題是否畫出正確的駐波波形並不是評分重點，而是要能對波腹與波節有正確的圖示與標示，評分要點是考生要能圖示出波腹位於接近管口處，水面則為波節所在位置，依題意管口到水面最多可形成約 $(1+\frac{1}{4})$ 個波，並進一步標示出管口到水面之間波腹與波節正確的位置與刻度。

第 1 小題最常見作答錯誤類型是對於刻度的標示，題幹要求玻璃圓筒的管口位置刻度為零，但考生常將玻璃圓筒的底部當成刻度為零，如此一來，水面在 13.0cm、41.0cm 與 69.0cm 時無法聽到共鳴的產生，便與題意互相矛盾。

**第2小題 (3分)**

可能的作法	評分要點
<p>法一：</p> $\frac{\lambda}{2} = \text{兩相鄰共鳴位置間的距離} = 0.280 \text{ m}$ $\lambda = 0.560 \text{ m}, v = f\lambda = 620 \times 0.560 = 347 \text{ m/s}$	<p><b>概念正確</b> (由兩相鄰共鳴位置的距離，或由正確的空氣柱長度，求得聲波波長。)</p>
<p>法二：</p> $f = \frac{v(2n-1)}{4\ell}, n \text{ 為節點數}, \ell \text{ 為空氣柱長度}$ <p>由於管口並非波腹的正確位置，正確空氣柱長度為</p> $13.0+1.0=14.0\text{cm} \quad (n=1)$ $41.0+1.0=42.0\text{cm} \quad (n=2)$ $69.0+1.0=70.0\text{cm} \quad (n=3)$ $\therefore v = f \times \frac{4\ell}{(2n-1)} = 620 \times 0.560 = 347 \text{ m/s}$	<p><b>列式正確</b> (列出波速、頻率與波長的關係式；列出空氣柱長度、節點數、頻率與波速之間的關係。)</p> <p><b>答案正確</b> (求出正確的聲速量值 <math>v = 347 \text{ m/s}</math> )</p>

考生要先能由題中得到正確的聲波波長，才能求得當時聲速。有兩種方法，法一是由兩相鄰共鳴位置間的距離可以推知聲波波長，代入波速、頻率與波長的關係式求解；法二則是要知道管口並非波腹真正的位置，並由兩相鄰共鳴位置間距推知產生共鳴時的正確空氣柱長度，再由空氣柱長度、節點數、頻率與波速之間的關係求解。

第 2 小題最常見的作答錯誤類型是將管口當成波腹的位置，如此便會將聲波波長誤解成

0.520 m，便無法求得正確的聲速量值。

**第3小題 (3分)**

可能的作法	評分要點
<p>若音叉頻率太低，就不會出現共鳴。            細玻璃圓筒長約 75 公分，若第一個產生共鳴的水面刻度(<math>\approx \frac{\lambda}{4}</math>)大於 75 公分(意即 <math>\frac{\lambda}{4} &gt; 75 \text{ cm}</math> 或 音叉頻率 <math>f</math> 約小於 <math>\frac{347}{3.0} = 116 \text{ Hz}</math>)，就不會出現共鳴。</p>	<p><b>概念正確</b>            (知道是音叉頻率太低，致使管長不夠長。)</p> <p><b>所述理由正確</b>            (量化出聲波波長與管長之關係，即 <math>\frac{\lambda}{4} &gt; 75 \text{ cm}</math>。)</p>

當使用某一音叉無法找到任何共鳴位置，首先要從音叉頻率與玻璃管管長之間的關係來探討。最重要的原因應是音叉頻率太低，使得第一個產生共鳴的水面刻度( $\approx \frac{\lambda}{4}$ )大於 75 公分，由於管長只有 75 公分，因此不會出現共鳴。還有另一種情形，若音叉頻率太高，即音叉產生聲波波長  $\lambda \approx$  玻璃管半徑，則會有平行水面的駐波，且會使節點分不出來。無論採用哪一種想法，都要能量化音叉波長或頻率與管長之間的關係，才是此小題的完整答案。

**試題**

二、有一個斜角為  $\theta$ 、長度為  $L$  的固定斜面，其底端設有一與斜面垂直的牆面，如圖 14 所示。一個質量為  $m$  的小木塊從斜面上端滑下，其初速度為零。小木塊滑至斜面底端與牆面發生彈性碰撞，設小木塊與斜面間的動摩擦係數為  $\mu$ ，重力加速度為  $g$ 。

1. 求小木塊從斜面上端滑到斜面底端時，碰撞前瞬間的動能。(4分)
2. 計算第一次碰撞牆面後，小木塊沿斜面向上滑行的加速度。(3分)
3. 計算第一次碰撞牆面後，小木塊沿斜面向上滑行的最大距離。(3分)

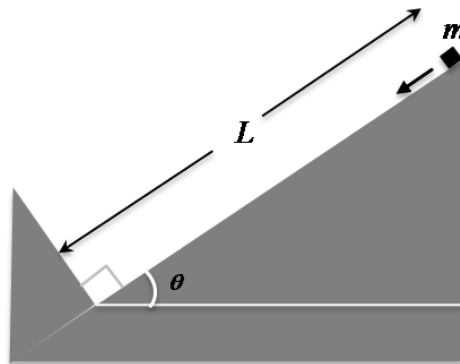


圖 14

**可能的作法、評分要點與作答錯誤類型**

本題力學相關的計算題，可以由能量守恆的觀點解題，也可以由等加速度運動的方式求解。以下主要由所運用的不同公式，分別列出各小題可能的作法與評分要點。

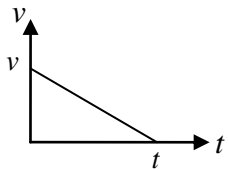
**第1小題（4分）**

可能的作法	評分要點
<p>法一：</p> $F_f = \mu mg \cos \theta$ <p>應用能量守恆：</p> $E_k = E_p - W_f = mgL \sin \theta - \mu mgL \cos \theta = mgL(\sin \theta - \mu \cos \theta)$	<p><b>概念正確</b>                      （能量守恆、功能原理、等加速度運動）</p> <p><b>列式正確</b>                      （能寫出摩擦力、位能或沿斜面向下加速度的正確形式，並列出能量守恆、功能原理與等加速度運動正確關係式。）</p> <p><b>答案正確</b>                      （求出動能為 <math>mgL(\sin \theta - \mu \cos \theta)</math>）</p>
<p>法二：</p> $F_f = \mu mg \cos \theta$ $a = \frac{mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta}{m} = g(\sin \theta - \mu \cos \theta)$ <p>應用功能原理</p> $\frac{1}{2}mv^2 = maL = mgL(\sin \theta - \mu \cos \theta)$	
<p>法三：</p> $F_f = \mu mg \cos \theta$ $a = \frac{mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta}{m} = g(\sin \theta - \mu \cos \theta)$ <p>應用等加速度運動公式 <math>v^2 = v_o^2 + 2aS</math></p> $v^2 = 2aL = 2gL(\sin \theta - \mu \cos \theta)$ $\frac{1}{2}mv^2 = mgL(\sin \theta - \mu \cos \theta)$	

**第2小題（3分）**

可能的作法	評分要點
<p>法一：</p> <p>小木塊的受力</p> $F = mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta$ $a = \frac{F}{m} = g(\sin \theta + \mu \cos \theta)$	<p><b>概念正確</b>                      （知道有兩力作用）</p> <p><b>列式正確</b>                      （正確寫出木塊受力 <math>F = mg \sin \theta + \mu mg \cos \theta</math>）</p> <p><b>答案正確</b>                      （求得 <math>a = \frac{F}{m} = g(\sin \theta + \mu \cos \theta)</math>）</p>

**第3小題 (3分)**

可能的作法	評分要點
<p>法一：</p> $E_k = W_f + E_p$ <p>設 <math>L'</math> 為最大上升位移</p> $mgL(\sin \theta - \mu \cos \theta) = mgL'(\sin \theta + \mu \cos \theta)$ $L' = L \frac{\sin \theta - \mu \cos \theta}{\sin \theta + \mu \cos \theta}$	<p><b>概念正確</b> (能量守恆、等加速度運動)</p> <p><b>列式正確</b> (列出正確的能量守恆關係式或等加速度運動公式。)</p>
<p>法二：</p> <p>位能的減少 = 摩擦力做功，<math>\Delta E_p = W_f</math></p> <p>設 <math>L'</math> 為最大上升位移</p> $mg \sin \theta (L - L') = \mu mg \cos \theta (L + L')$ $\therefore L' = L \frac{\sin \theta - \mu \cos \theta}{\sin \theta + \mu \cos \theta}$	<p><b>答案正確</b> (求出最大上升高度為 <math>L \frac{(\sin \theta - \mu \cos \theta)}{(\sin \theta + \mu \cos \theta)}</math>)</p>
<p>法三：</p> <p>設 <math>L'</math> 為最大上升位移</p> <p>由第1小題知 <math>E_k = \frac{1}{2}mv^2 = mgL(\sin \theta - \mu \cos \theta)</math></p> $\therefore v^2 = 2gL(\sin \theta - \mu \cos \theta)$ <p>應用運動公式：<math>v_1^2 = v_0^2 + 2aL'</math></p> <p>其中 <math>v_0 = v, v_1 = 0, a = -g(\sin \theta + \mu \cos \theta)</math></p> $\therefore L' = L \frac{\sin \theta - \mu \cos \theta}{\sin \theta + \mu \cos \theta}$	
<p>法四：</p> <p>設 <math>L'</math> 為最大上升位移，木塊在斜面底端的速率為 <math>v</math>，到達 <math>L'</math> 的速度為 0，時間為 <math>t</math></p> <p>應用等加速度運動公式：</p> $v = at, t = \frac{v}{a}$ $L' = \frac{1}{2}vt = \frac{1}{2}v \cdot \frac{v}{a} = \frac{1}{2} \frac{v^2}{a}$ <p>由第1小題知 <math>E_k = \frac{1}{2}mv^2 = mgL(\sin \theta - \mu \cos \theta)</math></p> $\therefore v^2 = 2gL(\sin \theta - \mu \cos \theta)$ <p>由第2小題知 <math>a = g(\sin \theta + \mu \cos \theta)</math></p> $\therefore L' = L \frac{\sin \theta - \mu \cos \theta}{\sin \theta + \mu \cos \theta}$	 <p>The graph shows a velocity-time relationship. The vertical axis is labeled 'v' and the horizontal axis is labeled 't'. A straight line starts at a point on the vertical axis labeled 'v' and ends at a point on the horizontal axis labeled 't'. The line slopes downwards, representing a constant negative acceleration.</p>

無論使用能量守恆或等加速度運動的概念作答，本題最常見是摩擦力或重力沿斜面向下分量的形式錯誤，例如摩擦力誤寫成  $\mu mg \sin \theta$  或  $\mu mg \sin \theta \cos \theta$  等；或是雖知有兩力作用，但

將兩力的相對方向弄錯，例如第 2 小題將小木塊的受力寫成  $F = mg \sin \theta - \mu mg \cos \theta$ 。如此一來，便無法求出各小題要求之動能、加速度與距離的正確形式。

然而，非選擇題的評分會針對考生所寫的計算過程與答案逐步給分，只要考生概念正確，寫出所應用的公式正確，即使沒有求得正確數值，也會獲得部分分數。因此，考生應盡量寫出自己所知道的概念，但需注意表達上要有條理，並盡可能書寫工整。建議考生平常解題之餘，可以加強培養文字表達能力，考試時將更有助於清楚表達自己解題的想法。