

101 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 程暉滢

101學年度指定科目考試物理考科非選擇題有兩大題，每大題各占10分，共計20分。以下將先說明評分基本原則，並列出各題的參考答案，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

第一大題

試題

一、圖 12(a)為「電流天平」的示意圖，將電流天平的 U 形導線放入螺線管中，在未接通電流前使電流天平歸零，即天平呈現水平的平衡狀態，之後將電流天平線路與螺線管線路分別接通直流電源，假設流經電流天平的電流為 I_1 、流經螺線管的電流為 I_2 ， w 為質量很小的小掛勾之總重量，而電流天平的 U 形導線的長與寬分別為 l_a 與 l_b （如圖 12(b)）。

1. 簡述通電流 I_1 與 I_2 後，維持電流天平平衡的原理為何？（2分）
2. 某生實驗時，先固定電流天平的電流 I_1 為 2.0 安培，增加質量均相等的小掛勾個數，逐次調整螺線管的電流 I_2 ，使電流天平恢復平衡；如此取得對應的 w （以小掛勾個數表示之）、 I_2 五組數據如下表：

小掛勾個數	1	2	3	4	5
I_2 (安培)	0.5	1.0	1.4	2.1	2.5

請在答案卷作圖區畫出上表中小掛勾個數與 I_2 關係的圖線，再依據圖線的結果，寫下你對螺線管內磁場量值與 I_2 關係的結論。（5分）

3. 利用此實驗方法，可以測量出螺線管內部磁場分布情形。簡述如何設計實驗以利用圖12(a)之U形導線與螺線管可分離的電流天平（注意：電流天平可以任意移動以改變與螺線管的距離），量測螺線管中沿軸方向磁場強度的分布。（3分）

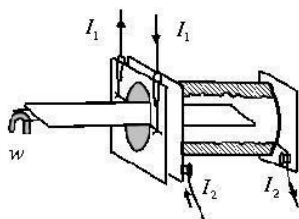


圖 12(a) 電流天平實驗示意圖

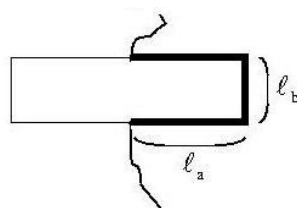


圖 12(b) 電流天平的 U 形導線

可能的作法、評分要點與作答錯誤類型

第一題測驗「電流天平」實驗，第1小題測驗實驗原理，第2小題測驗數據分析與解釋，第3小題則是測驗延伸性實驗的設計。以下分別列出各小題可能的作法與評分要點。

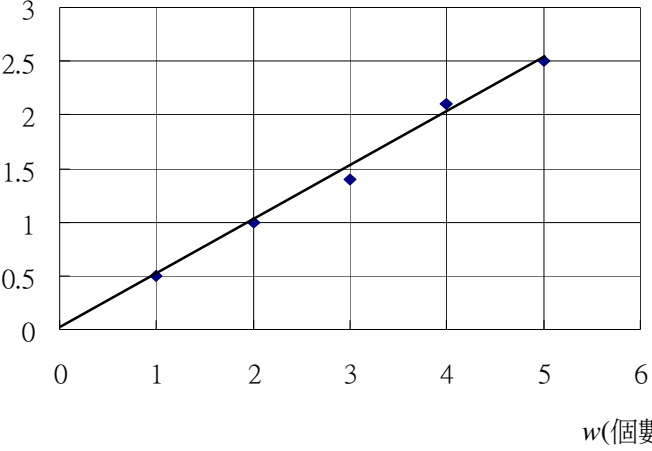
第1小題（2分）

參考答案	評分要點
通電流 I_1 與 I_2 後，電流天平的平衡原理係利用電流 I_1 流經導線 l_b 時，在螺線管內的均勻磁場 \vec{B} (由 I_2 產生) 作用下因而受向下的磁力，等於小掛勾的總重量，即 $w = I_1 l_b B$ 。由於天平兩端距支點等長，故磁力矩與重力矩相等，天平因而平衡。	概念正確 知道磁力矩等於重力矩。 (或知道因電流天平等臂，故磁力等於重力；或列出關係式 $w = I_1 l_b B$ 。)

第1小題的評分重點在於考生是否知道磁力矩等於重力矩；若是能說明電流天平等臂，故磁力等於重力，或是能列出關係式 $w = I_1 l_b B$ ，也等同於知道磁力矩等於重力矩的相關概念。

此小題常見的錯誤答案為「合力等於零」或「力平衡」，這樣的答案沒有說明清楚力的來源，也沒有提及力矩平衡的概念，故無法得分。

第2小題 (5分)

參考答案	評分要點
<p>(1) w(小掛勾個數)與 I_2 關係的圖線如下圖所示。在實驗誤差範圍內，w(小掛勾個數)與 I_2關係的圖線為通過原點的直線。</p> <p>(2) w 與螺線管的電流 I_2 成正比，而 w 又與螺線管內的均勻磁場 B 成正比，故螺線管內的均勻磁場 B 與螺線管的電流 I_2 成正比</p> <div style="text-align: center;"> <p>I_2 (A)</p>  <p>w(個數)</p> </div> <p>註: x-y 軸物理量可以相互對調。</p>	<p>作圖正確 標示座標軸正確的物理量與刻度。 正確標示五個點的座標。 依據五點，畫出可以通過原點的直線。</p> <p>推論正確 螺線管內的均勻磁場B與螺線管的電流I_2成正比 或 呈線性。</p>

第2小題的評分重點分為兩部分，一是依據數據所作的圖，另一則是依據數據圖推論螺線管內磁場 B 與螺線管電流 I_2 的關係。關於作圖的評分重點有三：1. 標示座標軸正確的物理量與刻度；2. 正確標示五個點的座標；3. 依據五點，畫出可以通過原點的直線。關於推論的評分重點則是指出螺線管內的均勻磁場 B 與螺線管的電流 I_2 成正比。

在作圖部分，常見的錯誤類型是考生不是畫出一條可以通過原點直線(看起來會通過原點即可)，而是將五個數據點連接起來，形成折線。這並不是在畫數據圖時的正確作法，因此僅能得部分分數。

在推論方面，常見的錯誤答案之一是「 I_2 愈大， B 愈大」，沒有指出兩者之間的正比關係；還有「掛勾數 w 與螺線管電流 I_2 成正比」，這樣的答案是答非所問，因為題目問的是螺線管內磁場 B 與螺線管電流 I_2 的關係。以上兩答案不完全正確，僅能得部分分數。

第3小題 (3分)

參考答案	評分要點
<p>法一：I_2固定，且移動後電流天平仍等臂</p> <p>(1) 歸零後，固定螺線管電流 I_2</p> <p>(a) 調整懸掛小掛勾的重量 w 或</p> <p>(b) 調整通過 l_b 的電流 I_1 或</p> <p>(c) 同時調整 w 與 I_1</p> <p>使電流天平呈平衡狀態。</p> <p>(2) 每次將螺線管抽離一小段距離，記錄 l_b 的沿軸位置 x (若將 l_a 視為螺線管管口至 l_b 的距離，則 l_a 即代表 x)，直到螺線管離開 l_b 為止。</p> <p>(3) 由於 $w = I_1 l_b B$，即 $B = \frac{w}{I_1 l_b}$，據以知道此位置的磁場強度。</p>	<p>所述量測方式正確</p> <p>知道 I_2 固定，並說明調整的物理量。提及改變電流天平與螺線管的相對位置。</p> <p>推論正確</p> <p>以正確文字敘述或關係式說明如何求出 x 處的螺線管磁場強度 B。</p>
<p>法二：I_2固定，且移動後電流天平不等臂(例如支點不固定)</p> <p>(1) 歸零後，固定螺線管電流 I_2</p> <p>(a) 調整懸掛小掛勾的重量 w 或</p> <p>(b) 調整通過 l_b 的電流 I_1 或</p> <p>(c) 同時調整 w 與 I_1</p> <p>使電流天平呈平衡狀態。</p> <p>(2) 每次將螺線管抽離一小段距離，即U型導線向左移動 d，紀錄 l_b 的沿軸位置 $x = l_a - d$</p> <p>(3) 則 $w(l_a + d) = I_1 l_b B(l_a - d)$</p> <p>$\therefore B = \frac{w(l_a + d)}{I_1 l_b (l_a - d)}$ 據以知道此位置的磁場強度。</p>	

第3小題的評分重點可分為兩部分，一是所述量測方式是否正確，包含控制變因(螺線管電流 I_2) 與操縱變因(懸掛小掛勾的重量 w 或 通過 l_b 的電流 I_1)，以及知道實驗操作的重點是改變電流天平與螺線管的相對位置，且要知道需量測的物理量(l_b 的沿軸位置 x)；另一則是依據實驗數據所做推論是否正確，即是說明如何求出 x 處的螺線管磁場強度 B 。

此題大部分考生回答得並不完整，主要是沒有指出控制變因與操縱變因，以及沒有說明如何求出 x 處的螺線管磁場強度 B 。

第二大題

試題

二、如圖 13 所示，於無摩擦的水平桌面上，有大小相同、質量分別為 M 、 m 的兩均勻木塊，以質量可忽略、力常數（彈力常數）為 k 、未受力時長度為 L 的彈簧，連接兩木塊的質心。

1. 求 M 、 m 的系統質心 C 到 M 的距離 d 。（3分）
2. 如將 m 固定在桌面，使 M 向左移動一小段距離 ΔL ，然後放開使 M 作簡諧運動，當 M 的動能等於彈簧的彈性位能時，彈簧的伸長量為何？（4分）
3. 現 M 、 m 位置皆不固定，並將 M 、 m 拉開，使彈簧伸長一小段距離 ΔL ，此過程中質心 C 的位置不變，然後同時放開處於靜止的兩木塊，則 M 、 m 皆會在此桌面上對固定不動的質心 C 作簡諧運動，求 M 之簡諧運動的振幅。（3分）

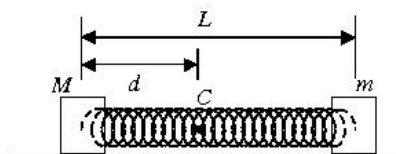


圖 13

參考答案與評分要點

第二題測驗質心與簡諧運動的相關概念，第1小題測驗題目中系統質心的位置；第2小題則是測驗物體動能與彈簧彈性位能之間的關係；第3小題則是測驗質心不動的簡諧運動振幅大小。以下分別列出各小題可能的作法與評分要點。

第1小題（3分）

參考答案	評分要點
以 M 為坐標原點，系統質心位置 $X_C = (Mx_1 + mx_2)/(M+m)$ ， $x_1=0$ ， $x_2=L$ ，故 $d = \frac{m}{M+m}L$	概念正確 知道質心位置公式 或說明與質心之距離和質量成反比 答案正確 求出 $d = \frac{m}{M+m}L$

第1小題的的評分重點在於考生是否知道物體與質心之距離和質量成反比，進而求

出 $d = \frac{m}{M+m}L$ 。

$$d = \frac{m}{M+m}L$$

此小題常見考生直接寫出 $d = \frac{m}{M+m}L$ ，但非選擇題的作答說明強調「必須寫出計算過程或理由，否則將酌予扣分」，沒有說明理由或過程而直接寫答案，僅能得到部分分數。

第2小題 (4分)

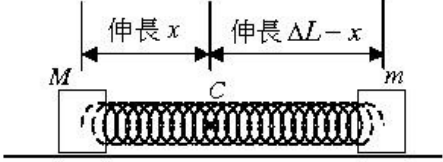
參考答案	評分要點
<p>設 M 的動能等於彈簧的彈性位能時，彈簧的伸長量為 ℓ，此時彈簧的彈性位能為原來全部能量的 $1/2$，即 $\frac{1}{2}k\ell^2 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}k(\Delta L)^2$，則 $\ell = \frac{\Delta L}{\sqrt{2}}$。</p>	<p>概念正確</p> <p>知道彈性位能為 $\frac{1}{2}k(\Delta L)^2$</p> <p>知道彈簧的彈性位能為原來全部能量的 $\frac{1}{2}$</p> <p>列式正確</p> <p>列出 $\frac{1}{2}k\ell^2 = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2}k(\Delta L)^2$</p> <p>答案正確</p> <p>求得 $\ell = \frac{\Delta L}{\sqrt{2}}$</p>

第2小題的評分要點為考生是否知道彈性位能的數學形式，並由題幹敘述推知物體動能等於彈簧的彈性位能時，彈簧的彈性位能為原來全部能量的 $1/2$ ，再進一步能列出正確的關係式，得到正確答案。

第2小題常見的錯誤是未能列出正確的關係式，應是不知道該時刻彈簧的彈性位能為原來全部能量的 $1/2$ 所致。

第3小題 (3分)

參考答案	評分要點
<p>法一：</p> <p>因質心不移動，M、m 分別對系統質心作簡諧運動，當 M 向左位移最大時，m 向右位移最大，此時兩者的距離為 $L + \Delta L$，M 距離質心為 $\frac{m}{M+m}(L + \Delta L)$，故 M 簡諧運動的振幅為 $\frac{m}{M+m}(L + \Delta L) - \frac{m}{M+m}L = \frac{m}{M+m}\Delta L$。</p>	<p>概念正確 知道兩木塊的振幅對 ΔL 分配比例與其對質心距離相同</p> <p>列式正確</p> <p>答案正確 求得 M 簡諧運動的振幅為 $\frac{m}{M+m}\Delta L$ 或 $\frac{d}{L}\Delta L$</p>
<p>法二：</p> <p>兩木塊動量相等 $P_M = P_m$， 動能 $E_k = \frac{P^2}{2m}$，$\therefore \frac{E_M}{E_m} = \frac{m}{M}$</p> <p>設質量為 M 的木塊之簡諧運動振幅為 x，圖 13 中質心左側彈簧最大位能為該木塊動能最大值。</p> $E_M = \frac{m}{M+m} \times \frac{1}{2} k(\Delta L)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{M+m}{m} k \cdot x^2$ $\therefore x = \frac{m}{M+m} \Delta L$	<p>概念正確 知道動量守恆，並由動能與動量的關係，得出木塊所獲得的能量與其質量成反比。</p> <p>列式正確 $E_M = \frac{m}{M+m} \times \frac{1}{2} k(\Delta L)^2 = \frac{1}{2} \cdot \frac{M+m}{m} k \cdot x^2$</p> <p>答案正確 求得 M 簡諧運動的振幅為 $\frac{m}{M+m}\Delta L$ 或 $\frac{d}{L}\Delta L$</p>

參考答案	評分要點
<p>法三： 將原彈簧從質心切成兩段，分別伸長 x 與 $\Delta L - x$，如下圖所示。</p>  <p>質心兩側的力平衡，</p> $\frac{M+m}{m} kx = \frac{M+m}{M} k(\Delta L - x)$ $\therefore x = \frac{m}{M+m} \Delta L$	<p>概念正確 知道質心兩側的力平衡，並知道原彈簧從質心切成兩段後各自的力常數。</p> <p>列式正確</p> $\frac{M+m}{m} kx = \frac{M+m}{M} k(\Delta L - x)$ <p>答案正確 求得 M 簡諧運動的振幅為 $\frac{m}{M+m} \Delta L$ 或 $\frac{d}{L} \Delta L$</p>

第 3 小題的可能解法有三種，每一種解法的評分要點都是從概念、列式與答案等三部分來給分。

第 3 小題的三種解法中，法一是最簡單的方法，也是最多考生採用的解法。但常見的錯誤與第 1 小題相同，即是直接寫答案而未說明理由或過程。另外兩種解法較為複雜，故時見考生概念雖正確，但列式錯誤或計算錯誤，而未能得到正確答案。

綜上所述，非選擇題的評分重點不只是最後的答案，還會針對考生如何得到答案的理由或解題的方法、過程逐步給分。因此，考生應盡量寫出自己的想法或所知道的概念寫出來，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，可以稍加強培養文字表達能力，考試時能有助於更清楚表達自己解題的想法。