

## 102 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

102學年度指定科目考試物理考科（簡稱102年指考物理）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採用的答案形式與對應的評分要點。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

#### 第一題

#### 試題

一、以一顆電池、一台安培計和一個可變電阻 P 串聯所組成的簡易電阻測量器，可用來測量電阻，即相當於使用三用電表的歐姆檔位。如圖 13 所示，電池的電動勢為 1.5 V 且其內電阻可忽略；安培計的讀數範圍從 0 至 1 mA，每隔 0.1 mA 有一個刻度，其內電阻為 20  $\Omega$ ；可變電阻 P 的範圍為 100  $\Omega$  至 2500  $\Omega$ 。

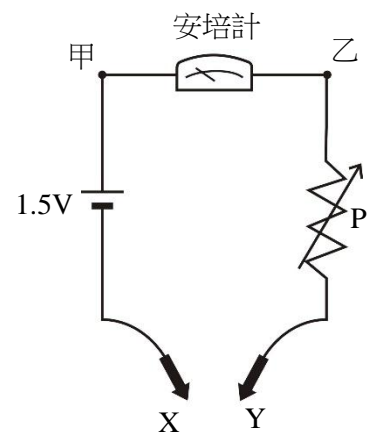


圖 13

1. 為了配合安培計的最大讀數，此電阻測量器在測量電阻之前必須先調整可變電阻，此步驟稱為歸零。試說明如何將此簡易電阻測量器歸零。(2分)
2. 承第 1 小題歸零後，將一待測物體的兩端分別連至 X 及 Y，若安培計的讀數為 0.5 mA，則該物體的電阻為幾歐姆？(2分)
3. 承第 1 小題歸零後，將安培計讀數範圍限制在 0.1 mA 到 0.9 mA 之間，試求該電阻器可量測的電阻範圍。(2分)
4. 如果在甲、乙兩點間與安培計並聯一個小的電阻  $r = 20 \Omega$ ，並重新歸零，若與第 3 小題的結果比較，可量測的電阻範圍將如何變化？試說明原因。(4分)

### 可能的作法、評分要點與作答錯誤類型

第一題測驗電阻測量器的原理，第1小題測驗歸零的做法，第2小題測驗如何由安培計的讀值計算待測物體之電阻；第3小題是在安培計有限的讀數之下，要考生計算該電阻測量器的測量範圍；第4小題則是進一步測驗該電阻測量器並聯另一個小電阻且重新歸零後，其測量範圍的變化情況。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（解法一與解法二皆相同）
<b>【解法一】以文字說明</b> 將 X 和 Y 兩端相接後，調整可變電阻 P，使安培計的讀數為最大值 1mA，即可將此簡易電阻測量器歸零。	<b>所述內容正確</b> 知道將 X, Y 兩端相接； 知道要調整可變電阻 P，使安培計達最大讀數 1mA。
<b>【解法二】以計算方式表達</b> 因為安培計的讀值最大為1.0mA $\therefore \frac{1.5V}{1.0 \times 10^{-3}A} = 1500\Omega$ ， 又因為安培計內電阻為 20Ω， 故需將可變電阻調至 $1500\Omega - 20\Omega = 1480\Omega$ 。	

第1小題歸零的做法與學生所熟知的「使儀器指針指在刻度零處」有所不同，故題幹敘述首先提示歸零的目的，考生可以文字說明，或以計算方式表達，兩種解法的評分要點皆是要將X, Y兩端相接，且要調整可變電阻P，使安培計達最大讀數1mA。

第1小題常見的錯誤是考生誤以為要將可變電阻調至最大值 2500 Ω，或將可變電阻調至最小值 100 Ω，甚至寫出將可變電阻調至零，也有考生寫出使安培計的讀數為零。寫出這些錯誤答案的考生應是沒有理解題幹敘述中對於歸零做法的提示。

**第2小題 (2分)**

參考答案	評分要點 (解法一與解法二皆相同)
<p><b>【解法一】計算電路中的總電阻，再利用歐姆定律求解</b>            先求歸零時的可變電阻值 <math>R_p</math> ，  <math display="block">\frac{1.5V}{R_p + 20\Omega} = 1mA \Rightarrow R_p = 1480\Omega</math>            再求待測物之電阻值 <math>R_{待測}</math> ，  <math display="block">\frac{1.5V}{R_{待測} + R_p + 20\Omega} = 0.5mA \Rightarrow R_{待測} = 1500\Omega</math></p>	<p><b>概念正確</b>            知道元件兩端的電壓、電阻與流經元件的電流應滿足歐姆定律。</p> <p><b>列式正確</b>            能考慮線路中所有元件的電阻，列出此線路中正確的關係式。</p>
<p><b>【解法二】由各元件兩端的電位差之總和等於總電壓求解</b>            先求歸零時的可變電阻值 <math>R_p</math> ，  <math display="block">1.5V = R_p \times 1.0mA + 20\Omega \times 1.0mA \Rightarrow R_p = 1480\Omega</math>            再求待測物之電阻值 <math>R_{待測}</math> ，  <math display="block">1.5V = R_0 \times 0.5mA + R_{待測} \times 0.5mA</math>  <math display="block">= (1480 + 20) \times 0.5mA + R_{待測} \times 0.5mA</math>            其中 <math>R_0</math> 為歸零時的總電阻值，<math>R_{待測}</math> 為待測物之電阻值。            故 <math display="block">R_{待測} = \frac{0.75V}{0.5mA} = 1500\Omega</math></p>	<p><b>答案正確</b>            求出待測物體電阻值為 <math>1500\Omega</math> 。</p>

**第3小題 (2分)**

參考答案	評分要點 (解法一與解法二皆相同)
<p><b>【解法一】計算電路中的總電阻，再利用歐姆定律求解</b>            當通過安培計電流為 <math>0.1mA</math> ：  <math display="block">\frac{1.5V}{R_{待測} + 1480\Omega + 20\Omega} = 0.1mA \Rightarrow R_{待測} = 13500\Omega</math>            當通過安培計電流為 <math>0.9mA</math> ：  <math display="block">\frac{1.5V}{R_{待測} + 1480\Omega + 20\Omega} = 0.9mA \Rightarrow R_{待測} = \frac{500}{3}\Omega \approx 167\Omega</math>  <math>\therefore</math> 可測量電阻的範圍： <math>167\Omega</math> 到 <math>13500\Omega</math></p>	<p><b>概念正確</b>            知道元件兩端的電壓、電阻與流經元件的電流應滿足歐姆定律。</p> <p><b>列式正確</b>            能考慮線路中所有元件的電阻，依據安培計讀數範圍限制在 <math>0.1 mA</math> 到 <math>0.9 mA</math> 之間，列出此線路中正確的關係式。</p>

參考答案	評分要點 (解法一與解法二皆相同)
<p><b>【解法二】</b>由各元件兩端的電位差之總和等於總電壓求解 當通過安培計電流為 0.1mA :</p> $1.5V = R_0 \times 0.1mA + R_{\text{待測}} \times 0.1mA \Rightarrow R_{\text{待測}} = \frac{1.35V}{0.1mA} = 13500\Omega$ <p>當通過安培計電流為 0.9mA :</p> $1.5V = R_0 \times 0.9mA + R_{\text{待測}} \times 0.9mA \Rightarrow R_{\text{待測}} = \frac{0.15V}{0.9mA} = \frac{500}{3}\Omega \approx 167\Omega$ <p>∴ 可測量電阻的範圍：167Ω 到 13500Ω</p>	<p><b>答案正確</b>          求出測量範圍是 167Ω 到 13500Ω。</p> <p><b>備註：</b>因計算或有效數字而使求出的數值在可容許的範圍之內，仍為可給全部分數之答案。例如取兩位有效數字，則可測量電阻的範圍為 170Ω 到 14000Ω。</p>

第2小題與第3小題所用到的概念相同，但第3小題需要的計算量比第2小題多一些。此二小題常見的錯誤答案是考生沒有正確計入所有元件的電阻，有些考生代入錯誤的可變電阻值(100 Ω 或 2500 Ω)，有些考生忽略安培計的內電阻，甚至有考生將安培計的內電阻與可變電阻一起忽略。

**第4小題 (4分)**

參考答案	評分要點 (解法一與解法二皆相同)
<p><b>【解法一】</b>以文字說明          可測量的電阻範圍會變小，因為在安培計兩端並聯一個與安培計內電阻值相同的小電阻，電路中的總電流（即通過待測物的電流）變為原來的 2 倍，由於電池的電動勢仍為 1.5V，可測量的電阻範圍因而變小。</p> <p><b>【解法二】</b>以計算方式表達          或是可以計算方式表達：  <math>20\Omega // 20\Omega = 10\Omega</math>          歸零時通過安培計的電流=1.0mA，則通過 <math>R_p</math> 的電流  <math>= 2 \times 1.0mA = 2.0mA</math>  <math>\therefore \frac{1.5V}{R_p + 10\Omega} = 2.0mA \Rightarrow R_p = 740\Omega</math>          並聯 r 的電路，安培計電流=0.1mA，則通過 <math>R_{\text{待測}}</math> 的電流  <math>= 0.2mA : \frac{1.5V}{R_{\text{待測}} + 740\Omega + 10\Omega} = 0.2mA \Rightarrow R_{\text{待測}} = 6750\Omega</math>          並聯 r 的電路，安培計電流=0.9mA，則通過 <math>R_{\text{待測}}</math> 的電流  <math>= 1.8mA : \frac{1.5V}{R_{\text{待測}} + 740\Omega + 10\Omega} = 1.8mA \Rightarrow R_{\text{待測}} = 83\Omega</math>          並聯小電阻 r 的電路可測量電阻的範圍：83Ω 到 6750Ω。          與第 3 題結果相比，可測量電阻的範圍變小。</p>	<p><b>所述原因或理由正確</b>          提及電路中的總電流（即通過待測物的電流）變為原來的2倍。</p> <p><b>推論正確</b>          寫出可測量的電阻範圍變小。</p>

考生應可知並聯小電阻後，電路中總電阻變小，總電流變大，再加上電池的電動勢不變，故與第3題結果相比，可測量電阻的範圍變小。雖然呈現完整的計算過程與內容仍可得此小題的全部分數，但此小題評分的重點不在計算，而是推論的過程。

## 第二大題

### 試題

二、如圖 14 所示，水平地面上有一斜角為  $\theta$  的光滑斜面，在其頂端以質輕之細線平行於斜面懸掛一質量為  $m$  的小體積物體，開始時斜面靜止且物體底部離地面之垂直高度為  $h$ ，設重力加速度為  $g$ 。

1. 當斜面靜止時，細繩上張力與物體所受斜面的正向力之比值為何？（3分）
2. 當整個系統以等加速度  $a$  向左運動時，則加速度  $a$  最低為何值時物體會脫離斜面？若物體脫離斜面時，細繩也恰好斷裂，則細繩所能承受之最大張力為何？（4分）
3. 承上題，細繩斷裂後，斜面繼續以加速度  $a$  向左運動，已知物體離開後不會再撞到斜面，簡述物體會如何運動(包含形式與方向)，以及何時會撞擊地面？（3分）

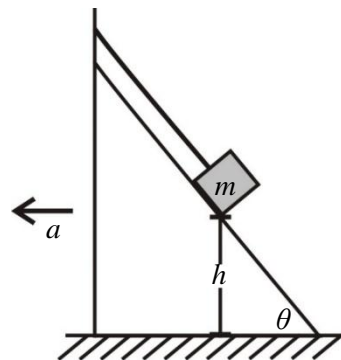
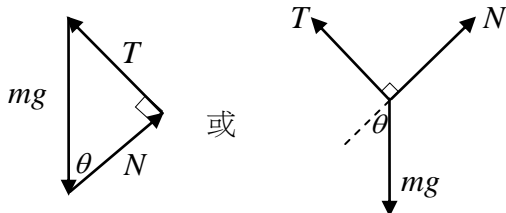
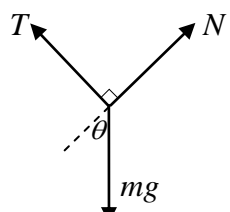


圖 14

### 參考答案與評分要點

第二題結合靜力平衡與牛頓運動定律的相關概念，第1小題測驗靜力平衡時物體的受力情形；第2小題測驗整個系統以加速度  $a$  向左運動時， $a$  的量值對物體運動情況的影響；第3小題則是測驗在細繩斷裂、斜面與物體分離後物體的運動情況。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 (解法一與解法二相同，解法三與解法四相同)
<p><b>【解法一】將物體受力分解為水平與鉛直方向的分量</b>            水平方向：<math>T \cos \theta - N \sin \theta = 0</math> (1)            鉛直方向：<math>T \sin \theta + N \cos \theta = mg</math> (2)            解(1), (2)式得  <math>N = mg \cos \theta</math>      <math>T = mg \sin \theta</math>  <math>T/N = \tan \theta</math></p> <p><b>【解法二】將物體受力分解為平行斜面與垂直斜面方向的分量</b>            平行斜面方向：<math>T - mg \sin \theta = 0</math>            垂直斜面方向：<math>N - mg \cos \theta = 0</math>            移項後，兩式相除，求得 <math>T/N = \tan \theta</math></p>	<p><b>概念正確</b>            知道細繩張力<math>T</math>與物體所受斜面的正向力<math>N</math>、重力<math>mg</math>等三力平衡。</p> <p><b>列式正確</b>            能將各力分解成兩個相互垂直的分量，並列出正確的靜力平衡關係式。</p> <p><b>答案正確</b>            求出 <math>T/N = \tan \theta</math>。</p>
<p><b>【解法三】畫出力圖表達力的平衡</b></p>  <p><math>N \tan \theta = T</math>  <math>T/N = \tan \theta</math></p> <p><b>【解法四】畫出力圖，並利用拉密定理求解</b></p>  <p>拉密定理：<math>\frac{T}{\sin(180^\circ - \theta)} = \frac{N}{\sin(90^\circ + \theta)} = \frac{mg}{\sin 90^\circ}</math>  <math>\therefore \frac{T}{N} = \tan \theta</math></p>	<p><b>所畫力圖正確</b>            畫出細繩張力<math>T</math>與物體所受斜面的正向力<math>N</math>、重力<math>mg</math>等三力平衡(例如<math>T</math>、<math>N</math>與<math>mg</math>形成封閉三角形)，並標示出<math>\theta</math>。</p> <p><b>列式正確</b>            利用各力與所對應的角度關係，列出正確的關係式。</p> <p><b>答案正確</b>            求出 <math>T/N = \tan \theta</math>。</p>

第1小題可以用數學式(解法一與解法二)或畫力圖(解法三與解法四)的方式來表達力的平衡，由計算內容的細節可以歸類成四種解法。每一種解法可分成從概念、列式與答案等三部分來給分。

第1小題常見考生所畫力圖不夠完整，例如沒有標示出各力的方向、力的方向標示錯誤或沒有標示出 $\theta$ 等等。

**第2小題 (4分)**

參考答案	評分要點 (解法一與解法二皆相同)
<p><b>【解法一】將物體受力分解為水平與鉛直方向的分量</b>            水平方向：<math>T \cos \theta - N \sin \theta = ma</math> (3)            鉛直方向：<math>T \sin \theta + N \cos \theta = mg</math> (4)            有加速度 <math>a</math> 時，當 <math>N=0</math> 物體則脫離            解(3), (4)式得  <math display="block">N = mg \cos \theta - ma \sin \theta = 0</math>  <math display="block">\Rightarrow a \geq g \cot \theta</math>  <math display="block">\Rightarrow T = ma \cos \theta + mg \sin \theta</math>            而 <math>a = g \cot \theta \Rightarrow T = \frac{mg}{\sin \theta} (= mg \csc \theta)</math></p>	<p><b>概念正確</b>            知道物體所受斜面的正向力 <math>N=0</math> 時，物體恰可脫離斜面。</p> <p><b>列式正確</b>            能將各力分解成兩個相互垂直的分量，並列出正確的關係式。</p> <p><b>答案正確</b></p>
<p><b>【解法二】將物體受力分解為平行斜面與垂直斜面方向的分量</b>            垂直斜面方向：<math>N = ma \sin \theta - mg \cos \theta</math> (5)            平行斜面方向：<math>T = ma \cos \theta + mg \sin \theta</math> (6)            當 <math>N=0</math> 時，物體恰可脫離斜面，故式(5)為  <math>ma \sin \theta = mg \cos \theta \Rightarrow a</math> 最小值為 <math>g \cot \theta</math>            則式(6)為 <math>T = \frac{mg}{\sin \theta}</math></p>	<p>求得 <math>a</math> 至少必須大於 <math>g \cot \theta</math>，物體才會脫離斜面。            求得細繩所能承受之最大張力 <math>T = \frac{mg}{\sin \theta}</math>。</p>

第2小題的評分要點為考生是否知道當物體所受斜面的正向力  $N=0$  時，物體恰可脫離斜面，並由能將各力分解成兩個相互垂直的分量，列出正確的關係式，進而解得正確答案。

第2小題常見的錯誤是未能列出正確的關係式，應是對物體受力的分析不完全正確。

**第3小題 (3分)**

參考答案	評分要點 (解法一與解法二皆相同)
<p><b>【解法一】物體的水平初速度為零</b> 若在瞬間加速，斜面一獲得加速度<math>a</math>時，繩子便斷裂，而物體未獲得水平方向的初速度，因此物體會作自由落體運動。</p> <p>由 <math>h = gt^2/2</math>，可知落地時間 <math>t = \sqrt{\frac{2h}{g}}</math>。</p>	<p>假設加速情況不同，物體可能有水平初速度為零或不為零兩種情況。</p> <p><b>推論正確</b> 若物體的水平初速度為零，則物體作自由落體運動。 若物體的水平初速度不為零，則物體作向左之水平拋體運動。</p>
<p><b>【解法二】物體的水平初速度不為零</b> 若是逐漸加速，在細繩斷裂之後，斜面會繼續以等加速度<math>a</math>向左運動，且物體會獲得一向左的水平初速度。此時物體已脫離斜面，故物體在水平方向作等速運動，而在鉛直方向作加速度為<math>g</math>的等加速運動，即物體作向左之水平拋體運動。</p> <p>由 <math>h = gt^2/2</math>，可知落地時間 <math>t = \sqrt{\frac{2h}{g}}</math>。</p>	<p><b>答案正確</b> 求得落地時間 <math>t = \sqrt{\frac{2h}{g}}</math>。</p>

第3小題考量考生可能認為系統是在瞬間加速，也可能是逐漸加速，因此物體的水平初速度為零或不為零，故物體可能作自由落體運動或向左之水平拋體運動。

考生在第2小題分析物體受力時，假設物體受了一向右的假想力，雖然在第2小題能求得該小題的正確答案，但在第3小題常見使用假想力觀點的考生回答物體作「向右」之水平拋體運動。

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，但需注意表達上要有條理，並盡可能書寫工整。