

校本評核 (SBA) 實驗評估教師指引

本指引旨在促進教師於香港中學文憑試物理科課程中為學生安排實驗課。課程設計已專為「探究研習」預留 16 小時的課時，供教師進行 SBA 實驗課。實驗課與課堂的學習相輔相成，並有助學生達到物理科課程¹和評估指引（中四至中六）中的學習目標。與實驗課緊密相關的學習目標為：

- (a) 設計和計劃實驗。
- (b) 為實驗選擇合適的儀器和材料。
- (c) 按照步驟進行實驗。
- (d) 安全地正確操作儀器。
- (e) 以儀器允許的精確度作測量。
- (f) 認識所用儀器的局限性。
- (g) 解釋所作觀察和實驗數據。
- (h) 評估實驗方法並提出可能的改進建議。

為加強物理的學與教，教師可參考這些學習目標來規劃實驗課。教師亦應參閱校本評核教師手冊²中的評核準則，藉以在實驗課評估學習成果。這些準則包括：

- (a) 有靈巧操作儀器的技能，並詳細考慮各項安全措施。
- (b) 明白實驗目的及掌握實驗步驟。
- (c) 分析實驗結果並充分展示物理知識。
- (d) 準確記錄實驗結果，並在儀器精確度範圍內進行量度。
- (e) 清晰及準確地進行計算。
- (f) 以適當的形式記錄並展示實驗結果。

因此，教師應根據這些準則評估學生在 SBA 實驗課中的表現。一般而言，評估（特別是「探究研習」或「具有詳細報告的實驗」）可畫分為以下四個範疇：

- A. 測量和觀察
- B. 展示結果
- C. 線圖處理
- D. 分析和討論

本指引亦為教師提供學生表現的一些概述，包括常見於學生報告中的錯誤。物理教師可參考本指引（即「應做和不應做」的事項）回饋學生，以助其學習實驗課中的「過程」和「報告撰寫」技能。以下所強調「應做和不應做」的事項³，可方便教師以此為基準來評估學生在 SBA 中的表現。

¹ https://334.edb.hkedcity.net/new/doc/chi/curriculum2015/Phy_CAGuide_e_2015.pdf

² <http://www.hkeaa.edu.hk/DocLibrary/SBA/HKDSE/SBAhandbook-2024-PHY-E.pdf>

³ 「應做」為所期望的結果，而「不應做」則不期望在 SBA 報告中出現的結果。

1. 測量和觀察

1.1 數據量

學生往往耗費太多時間讀取數據，而沒有用足夠時間進行線圖處理和分析，而有些卻欠缺足夠的數據點來推斷趨勢。為免如此，教師可在實驗工作紙中建議進行測量的次數。根據經驗，**如測量次數未有給出，則需要六個讀數來確認線性趨勢**。讀取超過此數據量的學生不應被扣分。若果他們這樣做，應在方格紙上標繪全部觀察。

1.2 數據範圍

讀數範圍並不總是在實驗工作紙中指定。如果所測量參數之間為線性關係，學生於所選合理範圍內的讀數間隔應為**均勻**。該範圍如是由教師在工作紙中給出，則此範圍應讓學生可容易確定需選擇什麼值。例如要測量物理量「 d 」，工作紙可指示學生「.....對於在 20 cm 和 70 cm 之間的六個 d 值，測量 d 和.....」。合理的間隔於此為 10 厘米。合適的數據集為{20.0, 30.0, 40.0, 50.0, 60.0, 70.0 (d/cm)}，而數據集{20.0, 22.0, 26.0, 44.0, 68.0, 70.0 (d/cm)} 則否。第一個數據集具有統一的間隔，但第二個則不是，前三個讀數和後兩個讀數太靠近。此外，這些讀數應覆蓋整個範圍的指定值。如果學生未能做到，則應予以**提醒**⁴。

1.3 重複讀數

一個好的做法是建議學生重複讀數，並計算平均值以減少測量中的隨機誤差。所有原始讀數應作記錄。當學生僅把最終平均值記下，而欠缺該值所源於的原始值則應予**提醒**。慣常的做法是按升序和降序重複以獲得兩組數據便可。如此亦可避免耗費太多時間讀取數據。

1.4 數據質量

分數⁵可給予作仔細測量的學生。這通常可從線圖上最佳擬合線的圖點散布來判斷。當仔細進行測量且誤差很小，數據將沿著最佳擬合線緊密對齊。反之具有較大隨機誤差的數據則會沿著最佳擬合線離散分布。讀數應以適當的**準確度**顯示並配以合適的**小數位**。一個好的做法是要求學生把儀器的精確度⁶記錄於報告中⁷。

1.5 描述觀察

當實驗報告中包含繪畫良好的標記圖，學生可得分數。這尤其可彌補欠佳的文字解釋。為給機會學生練習語言技能，教師可要求學生以段落扼要地**描述**一下

- 在實驗過程中的所見。
- 進行實驗時所採取的特別預防措施。
- 進行測量時的特定方法。

1.6 改善特定測量的建議

教師可要求學生選擇最合適的儀器進行某項測量。當他們未能做到則可予以**提醒**。另一方面，學生只要有合理因由用替代儀器以更好的技巧作測量，則可得分數。

⁴ 學生如未能完成相關的學習事項，可酌量扣分並予以提醒。

⁵ 若能妥為完成相關的學習事項，學生可得分數。

⁶ 準確度 描述了測量值與所測量者實際值之間的差異，而 精確度 則是以同一儀器重複測量該量時所呈現的變化。精確度 與 準確度 無關。更多的資料可參考以下連結：<https://meettechnik.info/measurement/accuracy.html>

⁷ 學生應理解 SBA 評估準則 (d) 所述有關儀器的精確度和局限。

2. 展示結果

學生應盡可能以表格的形式展示數據⁸。未有以表格列出者則可予以 **提醒**。參照以下三個主要範疇，學生如在報告中正確地展示數據，則可給予分數⁹：

- 列標題和單位
- 關於原始讀數跟儀器精確度的一致性
- 所測量數據和計算量的有效數字

2.1 列標題和單位

學生應在表格中適當的列標題¹⁰，其中包含物理量和 SI 單位¹¹。物理量可以用符號或文字表示。物理量和單位之間須有某種區分符號。例如，長度¹²「 L 」以厘米為單位測量可表示為 $\frac{\text{長度}}{\text{cm}}$ 、長度 / cm、長度 cm^{-1} 、長度 (cm) 和長度 單位厘米 都適合作為列標題。如果沒有列標題或標題僅列出單位如「cm」，則應予以 **提醒**。

2.2 關於原始讀數跟儀器精確度的一致性

根據儀器的精確度，所測量的每一物理量其原始讀數應以相同的小數位記錄。較佳的做法是要求學生找出儀器的精確度並記錄於報告中。學生如能做到，則可給予分數。所用小數位應與用作測量的儀器一致。例如，使用毫米標度的尺來測量長度，所有讀數應以最接近的毫米表示，即使該值是整數厘米。學生如嘗試以添加額外的零至讀數來「提高實驗的準確度」，則應予 **提醒**。這會使讀數與用於測量該量的儀器不一致。例如對於精確至約半度的溫度計而言，給出精確至百分之一度的溫度是不合理的。相反地，學生有時會「作準確度不足的記錄」（例如，長度值只記錄到最接近的厘米而所用為毫米標度的尺）。出現這情況亦應 **提醒** 學生。

長度 / 厘米	長度 / 厘米	溫度 / °C
2.0	2	22.00
3.8	3.8	35.50
5.6	5.65	47.00
7.3	7.3	57.50
9.9	9.95	69.95
11.4	11.4	88.40
應做 - 所有讀數以最接近的毫米表示。	不應做 - 第一個讀數表為最接近的厘米；第三和第五個則為最接近的半毫米。	不應做 - 讀數的準確度高於所用儀器的精確度。

⁸ 慣常的做法是將自變量記於第一行/列，而因變量則記在第二行/列中。

⁹ 教師於此可給予學生分數。

¹⁰ 完整書寫的標題優於以符號表示的標題。

¹¹ http://cd1.edb.hkedcity.net/cd/science/physics/notes_on_units.pdf

¹² 物理量的符號是拉丁文和希臘字的字母並以斜體書寫，以區別以羅馬（直立）字體書寫的單位符號。例如，質量符號「 m 」通常為斜體，而長度單位的符號「 m 」則是直立的。

2.3 所測量數據和計算量的有效數字

對於以所測量的物理量計算出的量，其有效數字應按所測量物理量之中取最低精確度者。例如，表格中第三列計算所得的電阻為最恰當的，因為其值是以電壓和電流讀數中的最小有效數字表達。但是，學生如未能做到則應予以 **提醒**（第四欄）。

電壓 /V	電流 /A	電阻 / Ω	電阻 / Ω
3.0	1.43	2.1	2.09
4.0	1.57	2.5	2.55
5.0	1.99	2.5	2.51
6.0	2.45	2.4	2.45
7.0	3.02	2.3	2.32
8.0	3.49	2.3	2.29
應做 - 所有讀數以最接近的十分之一伏特表示。	應做 - 所有讀數都以最接近的百分之一安培表示。	應做 - 適當數量的有效數字	不應做 - 有效數字太多

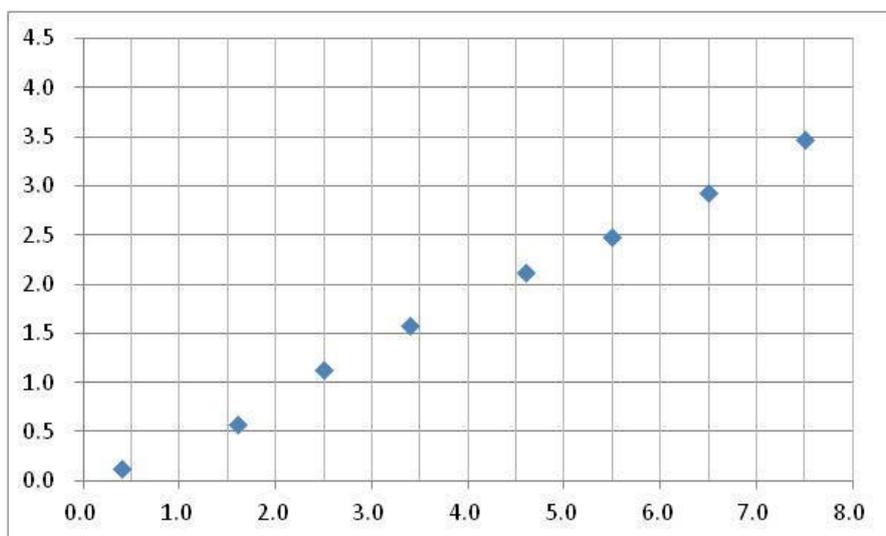
3. 線圖處理¹³

學生應懂得將數據在完整的方格紙上¹⁴標繪。未能做到者應予以 **提醒**。一般而言，線圖處理的學習成果涉及以下技能領域：

- 標度的選擇
- 標繪圖點
- 最佳擬合線
- 梯度計算
- 確定截距

3.1 標度的選擇¹⁵

- A. 學生所選標度應使標繪的點在 x 和 y 方向上皆至少佔據方格紙的一半。因此，數據點應適當地分布在方格紙上，而非全部聚於一角。在某些情況下，這或意味著軸上 **不包括** 零。學生如未能為線圖選取適當的標度，則應予以 **提醒**。

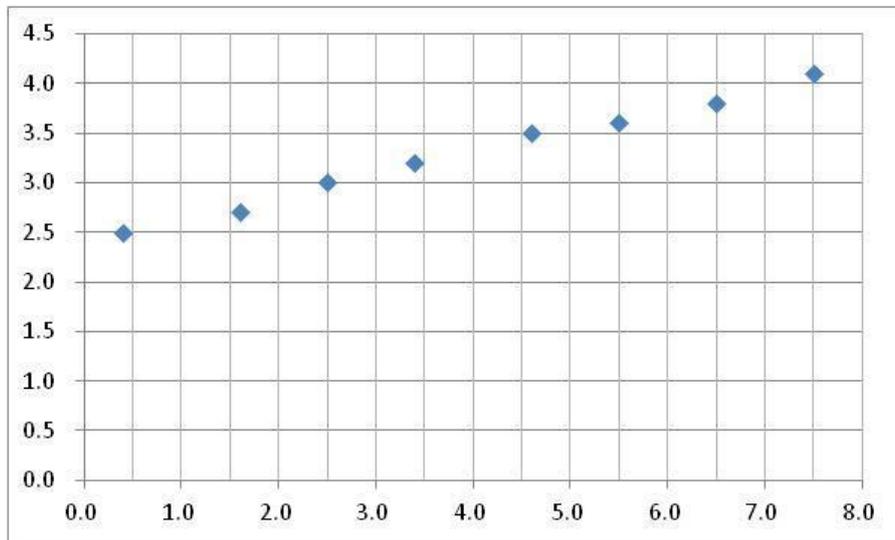


應做 - 圖點在兩個方向上佔據方格紙的一半以上。

¹³ 教師可建議學生利用軟件（例如 Excel 繪圖）將數據標繪。但是，在要求他們以數碼方式繪圖之前，最好教導學生基本的繪圖技能。這是因為學生需掌握基本的繪圖技能來理解數碼繪圖中的微調功能。

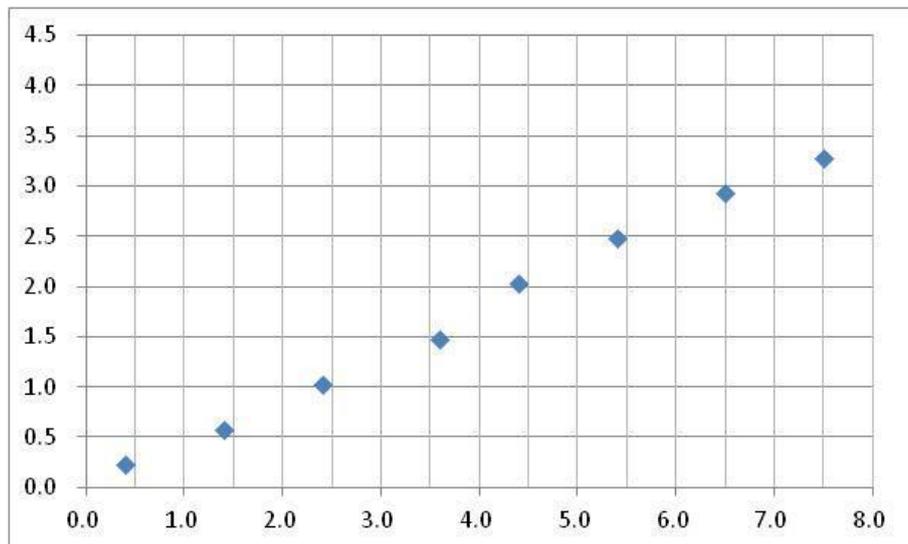
¹⁴ <https://incompetech.com/graphpaper/>

¹⁵ 為簡化於圖上對錯誤所作的說明，軸上的標示和單位皆已略去，並以一大點 \blacklozenge 來突顯討論重點。然而，圖點應大多以「交叉 \times 」或「用圓圈圈著的點 \odot 」標繪於方格紙上。

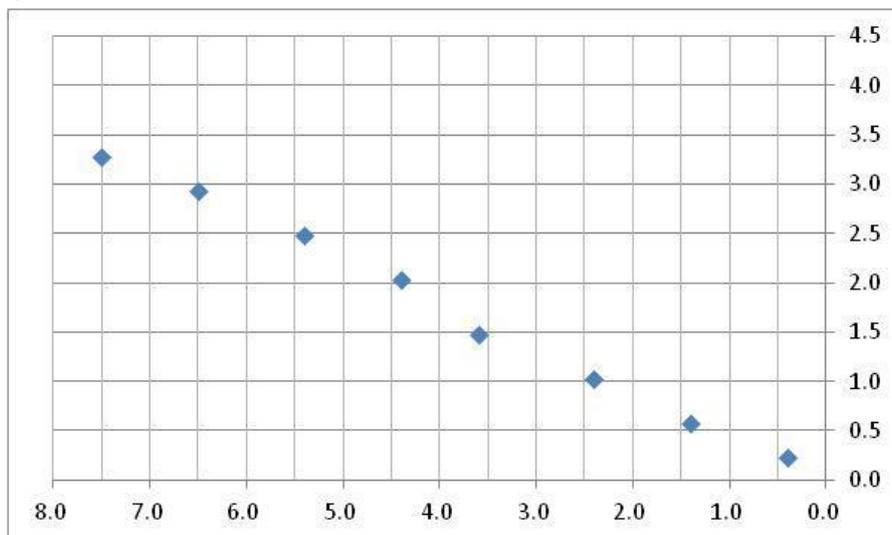


不應做 - 圖點在 y 方向上佔據方格紙不到一半。

- B. 學生應在每條軸上標記用以繪製的物理量（即標題）和 SI 單位。所用符號/文字應跟表中
所列標題一致。標度方向須依傳統（即 **從左向右增加，向上增加**）處理。

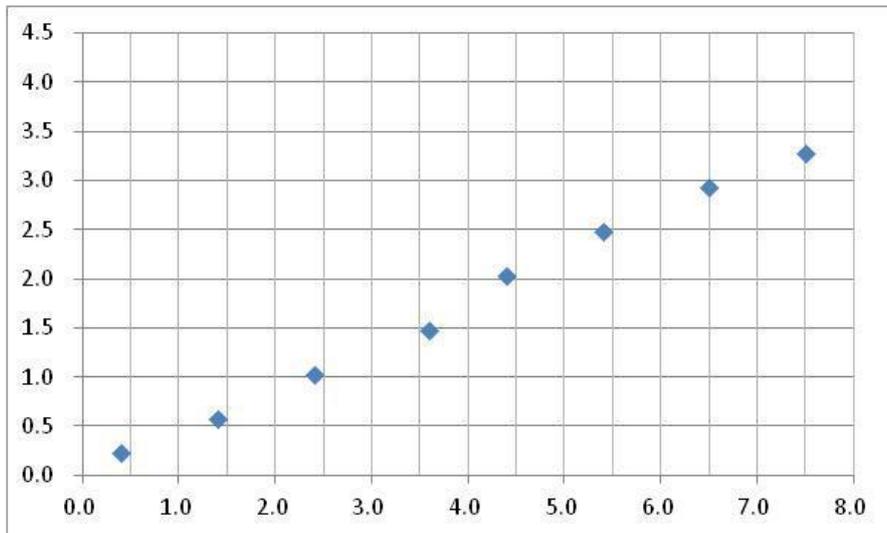


應做 - 傳統的標度方向。

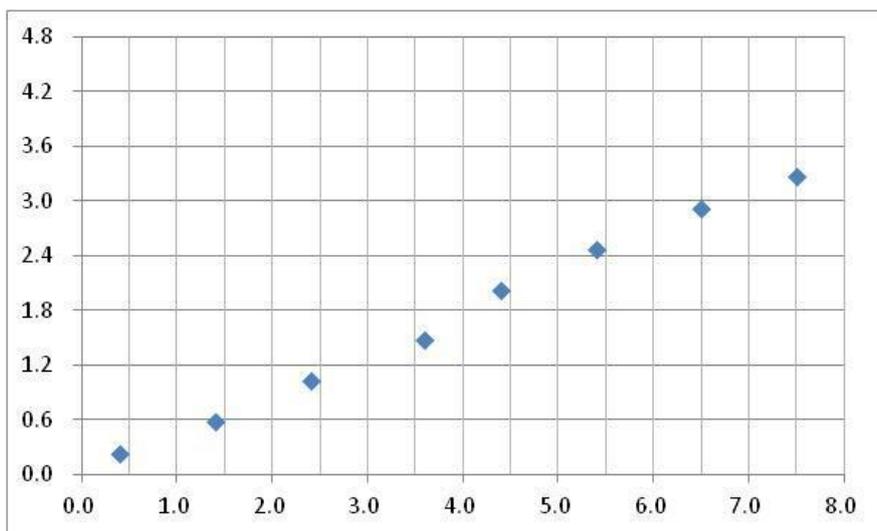


不應做 - 反向的標度方向。

- C. 學生應選擇均勻且易於讀取的標度。一般來說，即讓方格紙上的 10 個小方格等於 1, 2, 5 或這些數字乘以 10 的一些倍數。學生以一些突兀的選擇如 10 個小方格等於 3 或 7 作標度，則應予以 **提醒**。這些學生或因未能正確讀取標度而失去標繪線圖的分數，計算梯度時亦隨之而出錯。值得一提的是，較佳的標度劃分為 {1 : 1, 1 : 2, 1 : 5, 1 : 10}，而 {1 : 3, 2 : 3, 3 : 5} 則並不可取。

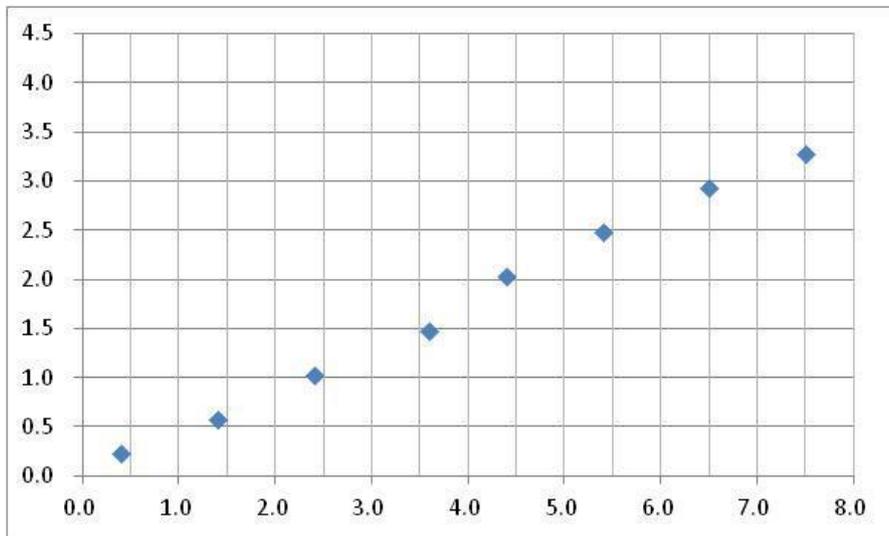


應做 - 易於讀取的標度。

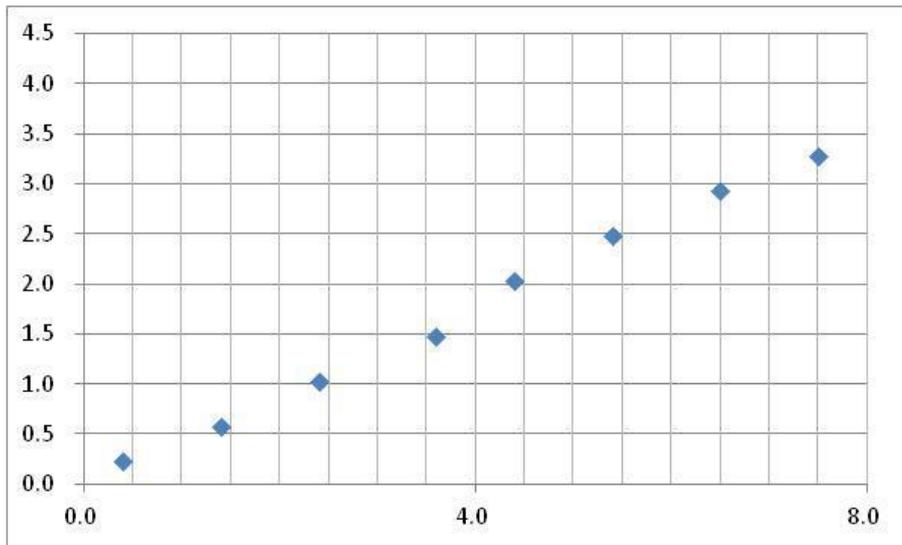


不應做 - 在 y 軸上的標度難以讀取。

- D. 標度上的刻度標記疏密應要合理。
 在任何一條軸上，每個刻度標記之間不應有超過三個大的方格。

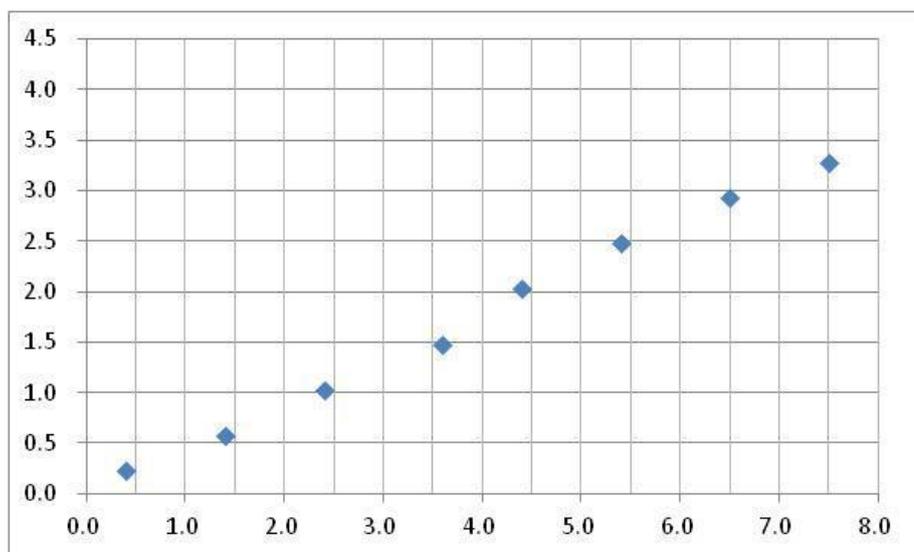


應做 - 合理疏密的刻度標記。



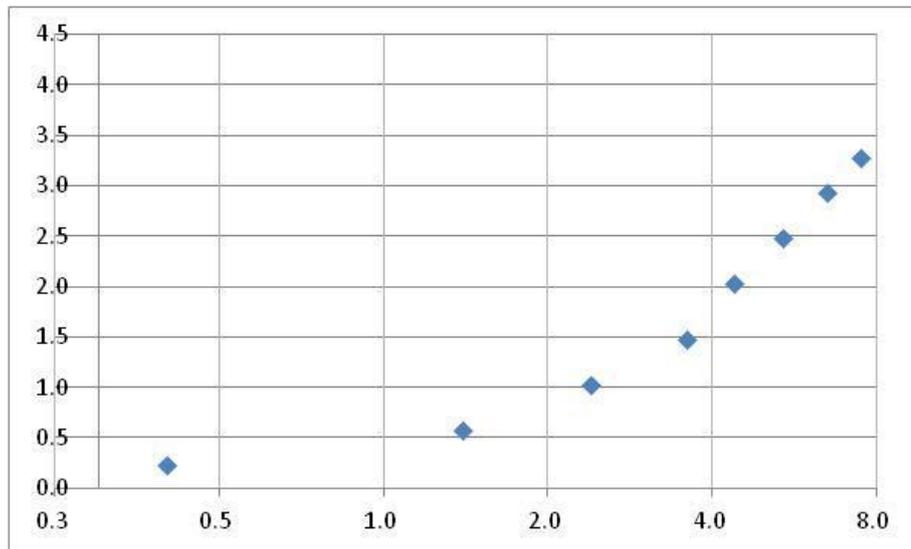
不應做 - 在 x 軸上的刻度標記之間有太多大的方格。

E. 標度應為均勻且線性¹⁶



應做 - 刻度標記均勻分隔。

¹⁶在香港中學文憑程度不預期處理例如對數標度的非線性標度。



不應做 - x 軸上的刻度標記不均勻。

3.2 標繪圖點

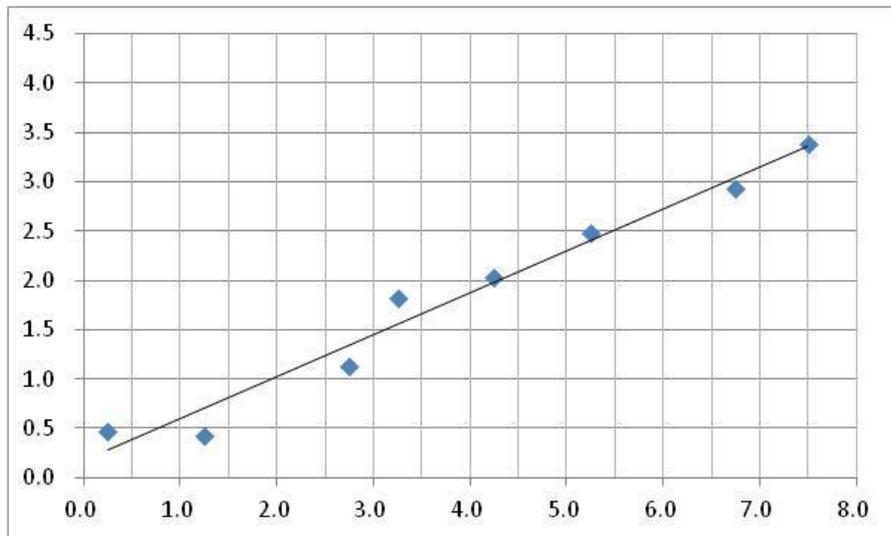
不建議在方格紙邊緣區域（即格線以外）繪圖。在邊緣區域的繪圖應被忽略，並應 **提醒** 學生。有些學生（意識到所選的標度欠佳）試圖在邊緣區域自行繪製一些格線，以擴展方格紙。此為一種不好的做法。教師作實驗評估時值得注意以下一些項目。學生如未能做妥則應予 **提醒**。

- 所有測量值應繪製在**完整的方格紙**上¹⁷。
- 沿水平軸標繪**自變量**，沿垂直軸標繪**應變量**。
- 繪製的點須精確至方格紙最小網格的一半。
- 標繪必須清晰，不應被最佳擬合線或其他的作答遮擋。
- 圖點應以「交叉 x」或「用圓圈圈著的點 ⊙」標繪。微小的點可能與方格紙上的污垢混淆，大點則有損精確度。
- 隨著實驗的進行繪製線圖。這樣學生便可即時審視圖點是否出現嚴重偏差，以至需要重複測量或檢查圖點的分布是否均勻合理。

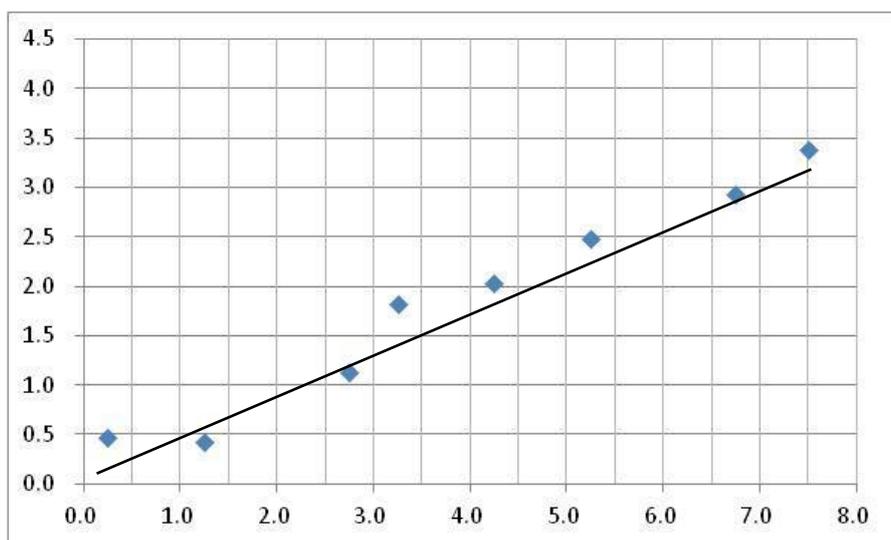
3.3 最佳擬合線

- A. 教導學生如何在圖上繪製最佳擬合線。即圖點須合理而平衡地分布於線圖上下。學生或會發現以透明膠尺繪製直線較方便，這樣可察看得到圖點的分布。線圖大多代表一個變量與另一變量的**平滑變化**，因此 **平滑曲線** 優於呈尖銳轉折的曲線。學生如未能做到則應予以 **提醒**。

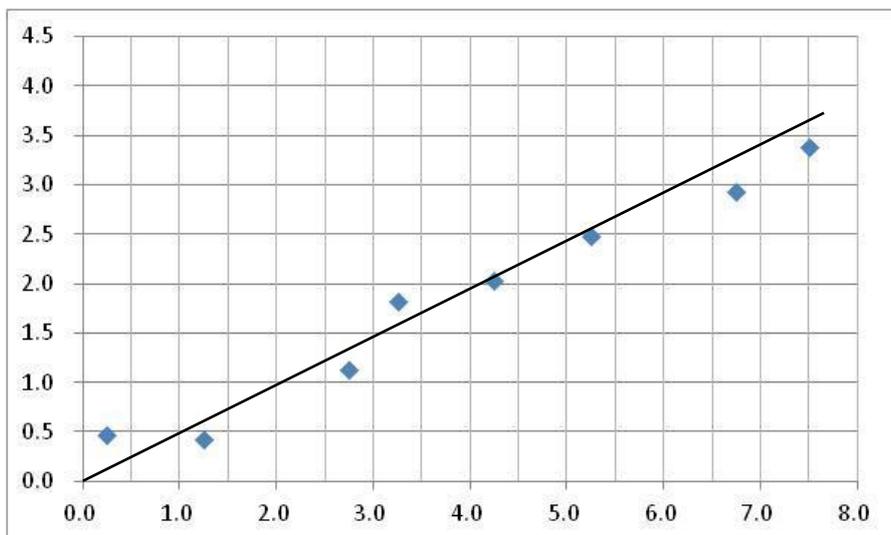
¹⁷ 將數據標繪在完整的方格紙上時，所得的 y 軸截距和斜率比用半張方格紙更準確（誤差更小）。



應做 - 圖點均勻分布於線的上下。

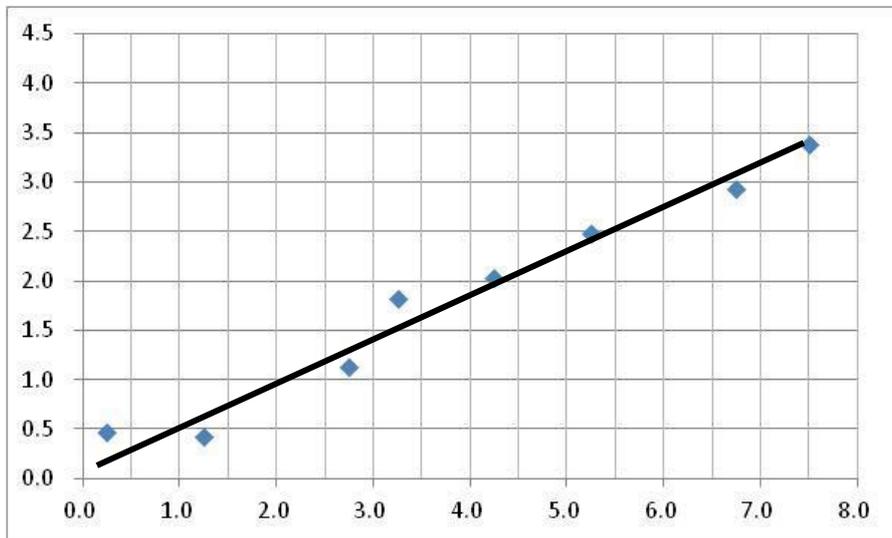


不應做 - 線的上方點太多。

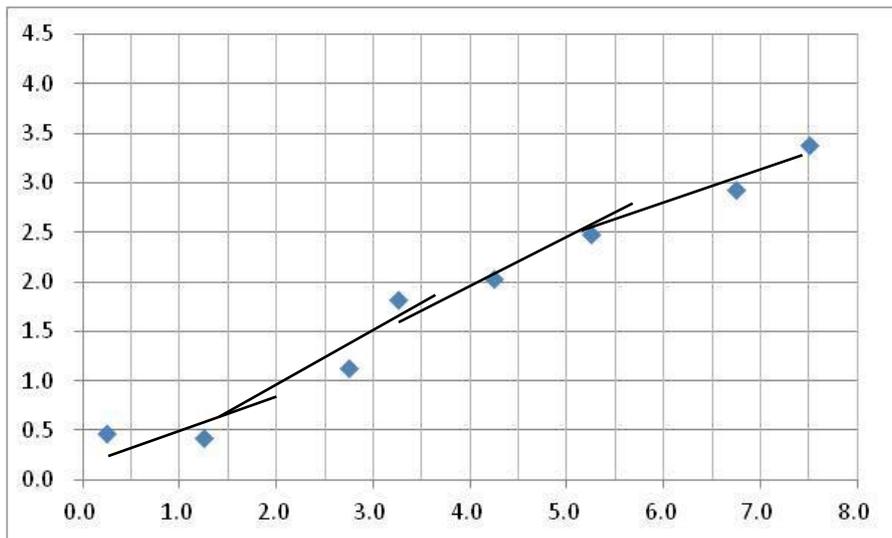


不應做 - 強行畫線穿過原點。

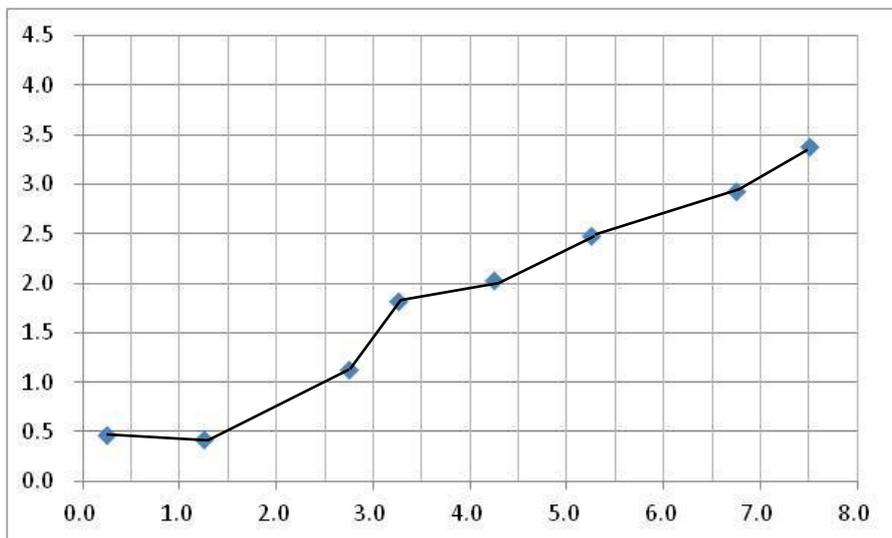
B. 線圖必須幼細、清晰且為連續。如果線太粗、斷續或是點至點相連，則應 **提醒** 學生。



不應做 - 線太粗了。



不應做 - 斷續的線段。

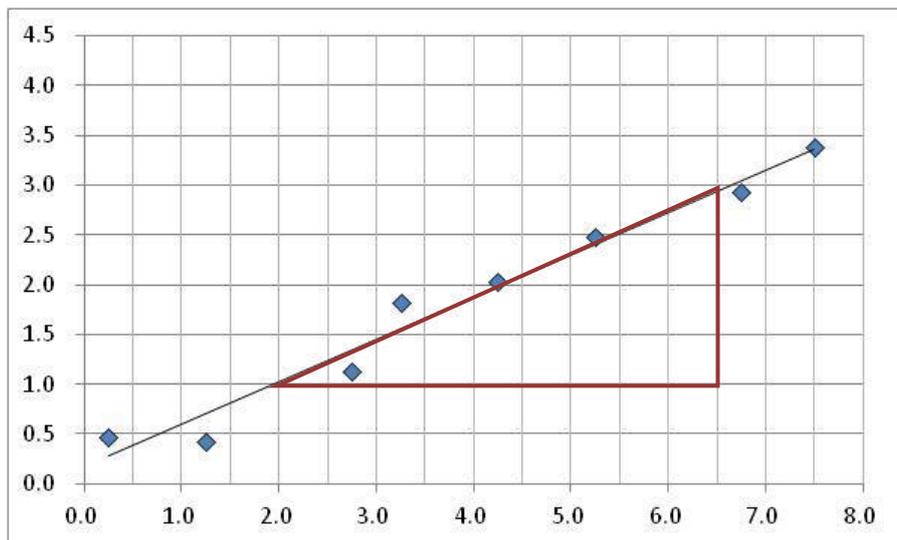


不應做 - 點至點相連。

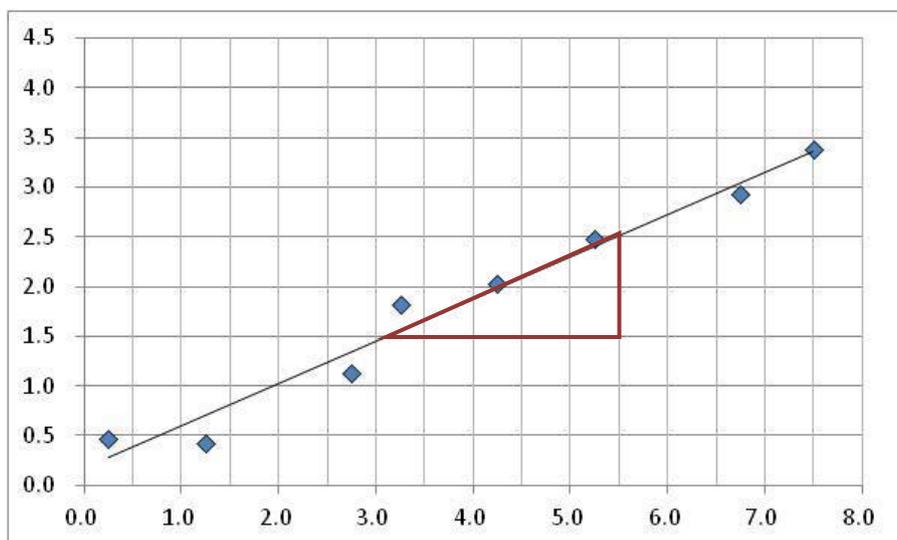
3.4 梯度計算

線圖的斜率理論上為常數，並且可用線上任何兩點來計算。但是，讀取圖點的坐標時受有限的精確度所局限，因此實際上以不同的一對點得出的斜率值會略微不同。學生最好應選取盡可能分開的兩點，這樣比選相近的兩點而言可令讀取坐標的誤差只佔坐標之間所相差的較小部分。學生如選取過於接近的兩點則應予以 **提醒**。

- A. 學生應展示求得斜率值的所有步驟。最好的做法是在最佳擬合線上繪製三角形，然後估計其斜率。學生如沒有在圖上繪製三角形或清楚標記其頂點的坐標，則應予以 **提醒**。對於單單給出斜率值而沒有交代任何運算細節或解釋，則不應給予滿分。此外，如果斜率欠缺適當的單位，教師應予以 **提醒**。

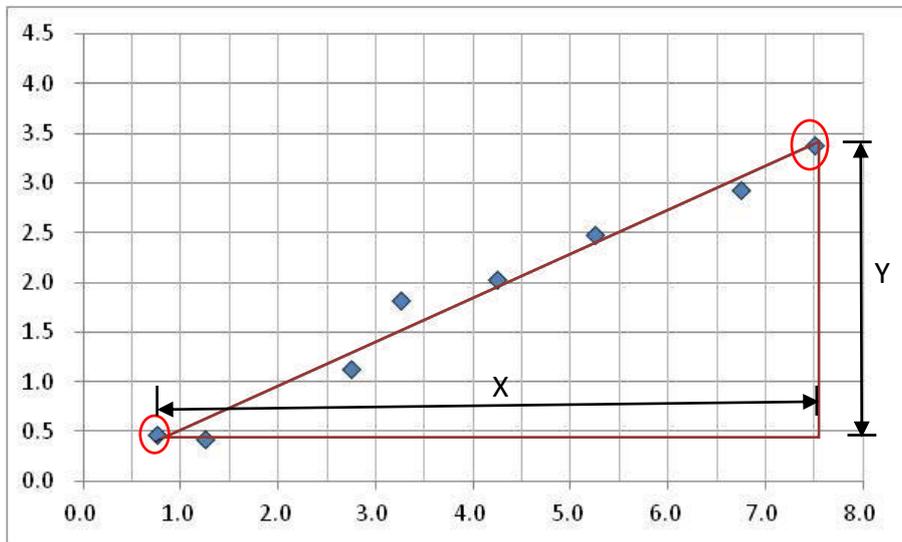


應做 - 斜邊長於線圖沿 x 軸或 y 軸的一半。

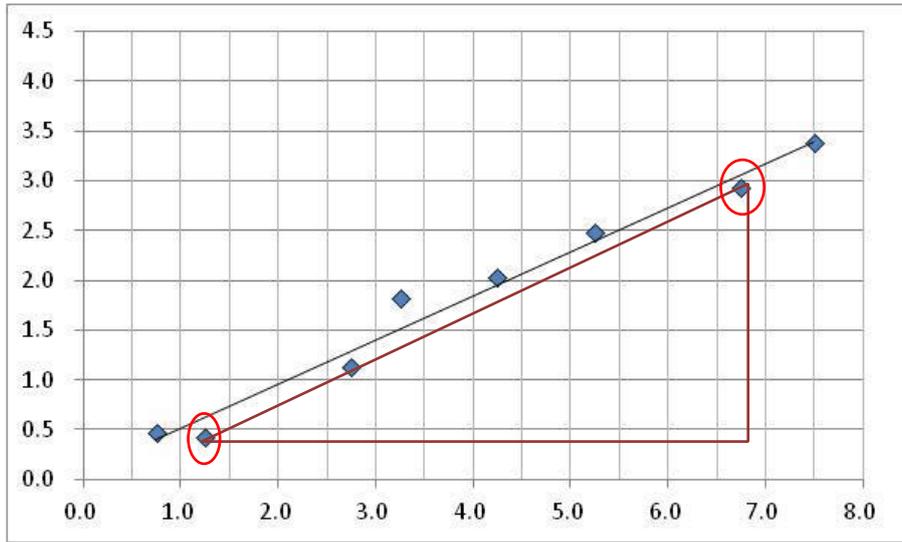


不應做 - 斜邊未及線圖沿 x 軸或 y 軸的一半。

- B. 最佳擬合線的斜率由 $\Delta y/\Delta x$ 給出，數值 Δx 和 Δy 須精確至方格紙最小網格的一半。斜率的有效數字應與原始數據的準確度一致。如果是從實驗結果表中取數值作計算，該些數值須位於最佳擬合線上（並在方格紙最小網格的一半內）。如果學生所計算斜率、所用單位或有效數字不正確，教師應予以 **提醒**。



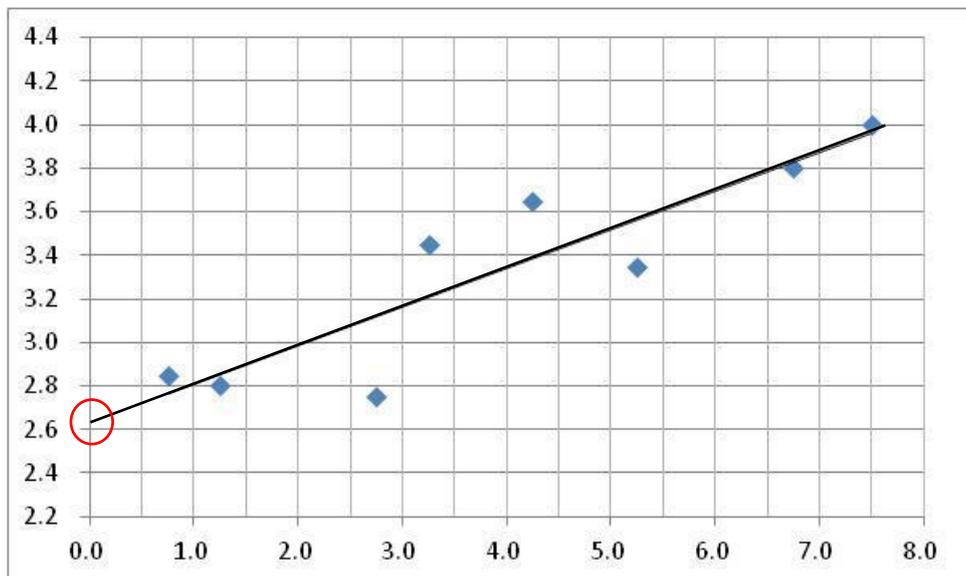
應做 - 所用數據點位於最佳擬合線上。



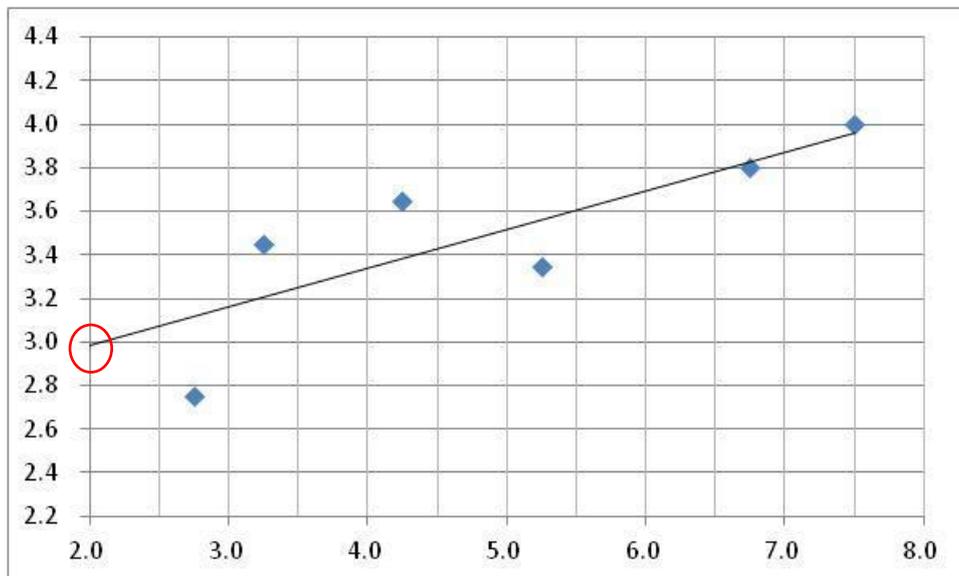
不應做 - 所用數據點不在最佳擬合線上。

3.5 確定截距

學生應在 $x = 0$ 時從 y 軸讀取 y 軸截距。儘管一般而言軸上應包含原點，但為了令所繪圖點充分覆蓋網格，學生可選不包原點的標度。此時，有些學生仍依舊從並非 $x = 0$ 的垂直線讀取 y 軸截距。學生如未能估計在 $x = 0$ 處的 y 軸截距，則應予以 **提醒**。



應做 - 在 $x = 0$ 處讀取 y 軸截距。



不應做 - y 值是在 $x = 2.0$ 處讀取。

4. 分析和討論

在大多數情況下，學生會進行推斷、驗證和計算

- 變量之間的關係 (例如 正或負的關係)，
- 有關線圖的物理量 (例如 斜率 或 y 軸截距)，
- 以實驗工作紙所給出的公式計算的物理量 (例如 重力加速度、單擺的週期 或 電池組的內阻)。

如果學生所用計數機有八位數顯示，他們往往會誤以八位數表示任何計算結果。當學生沒有以適當的有效數字表示計算值，教師應盡量予以 **提醒**。