

2021 年第十八屆國際國中科學奧林匹亞競賽 -- 實驗競賽試題(下)

國立臺灣師範大學 科學教育中心

Q2-4:

3. 計算氧化 10 mL 棗糖漿所耗費的碘的莫耳數 =moles

4. 計算氧化所提供棗糖漿總共需消耗的碘莫耳數

碘的莫耳數 =moles

2.4 計算

測定在所提供的棗糖漿樣品中葡萄糖的 a) 莫耳數 b) 質量 c) 百分比。 (1.5pt)

Q3-1:以廣用指示劑進行pH 滴定(6 分)

作答前，請閱讀一般說明。

酸鹼指示劑是一種能根據所加入的溶液的 pH 值而改變顏色的物質。這類物質以溶液或粉末形式用於測定溶液的 pH 值，或在酸鹼滴定過程中檢測 pH 值的變化。

廣用指示劑能夠在很寬的 pH 值範圍內改變顏色，因此用於測定溶液的酸性或鹼性。可用於指示溶液 pH 值的廣用指示劑。它是指示劑的混合物，在不同的 pH 值下顯示不同的顏色，可以以溶液形式或試紙使用。與指示劑溶液或試紙一起提供的顏色圖表可以判定 pH 值。

| pH 範圍 | 描述 | 顏色 |
|--------|-----|-------|
| < 3 | 強酸性 | 紅色 |
| 3 - 6 | 弱酸性 | 橙色，黃色 |
| 7 | 中性 | 綠色 |
| 8 - 11 | 弱鹼性 | 藍色的 |
| > 11 | 強鹼性 | 紫色 |

為了便於翻譯，使用以下顏色指數，將顏色表達為字母，以便於評分者識別。

| | |
|---|----|
| R | 紅色 |
| O | 橙色 |
| Y | 黃色 |
| G | 綠色 |
| B | 藍色 |
| V | 紫色 |

如果您只有廣用試紙，請使用以下步驟。每從滴定管中連續添加一次，充分攪拌溶液，然後用玻璃棒或滴管接觸溶液，取很少的溶液放在試紙上並記錄顏色。

重複以上步驟，直到滴定結束。

警告: 此步驟是為了使用pH 試紙的誤差最小化。然而，與使用指示劑溶液相比，會有重大的誤差。

在本實驗中，弱酸與強鹼的滴定過程中，將使用廣用指示劑來測定酸鹼滴定的當量點。

Q3-2:

提供給你的物品：

| | 儀器 | 標記為 | 供應數量 |
|---|------------|---------------|------|
| 1 | 10 mL 移液器 | P3,P4,P5 和P6。 | 4 |
| 2 | 25 mL 滴定管 | B2 | 1 |
| 3 | 100 mL 容量瓶 | V2,V3,V4 | 3 |
| 4 | 250 mL 燒杯 | | 1 |
| 5 | 150 mL 錐形瓶 | C4, C5 | 2 |
| 6 | 漏斗 | | 1 |
| 7 | 指示劑瓶 | | 2 |
| 8 | 滴管* | | 1 |

* 使用Q-2 的滴管

| 化學藥品 | 標記為 | 供應數量 |
|----------------------|----------------------|------------------|
| 0.1M 丁二酸 | 0.1M 丁二酸 | 100 mL 在燒杯中 |
| (約)0.1M <i>N aOH</i> | (約)0.1M <i>N aOH</i> | 100 mL 在燒杯中 |
| 弱酸性溶液 | 弱酸 | 在 100 mL 容量瓶中，V4 |
| 通用指示劑溶液 | 帶有顏色的通用性 | 在指示劑瓶中 |
| 酚酞指示劑 | 酚酞 | 指示劑瓶中 |
| 蒸餾水 | 蒸餾水 | 一瓶 1000 mL |

如有必要，請自由使用實驗室中現有的符合實驗要求的燒杯、錐形瓶和漏斗。

步驟：

1. 製備100 mL 的0.01 M 丁二酸溶液。

用移液管P3 取10 mL 提供的0.1 M 丁二酸溶液於容量瓶V2，用蒸餾水稀釋至標線。

2. 對稀釋後的*N aOH* 溶液進行標準化處理。

- 用移液管P4 取10 mL 提供的（約）0.1 M *N aOH* 溶液於容量瓶V3，並用蒸餾水稀釋至標線。
- 用3-5 mL 稀釋後的*N aOH* 沖洗滴定管。
- 用漏斗將稀釋的*N aOH* 注入滴定管。

在提供給你的答題紙上的觀察表1 中記下初始讀數。

- 用移液管P5 取10 mL 0.01M 丁二酸溶液放入錐形瓶C4 中，並加入2 滴酚酞指示劑。
- 用稀釋的*N aOH* 溶液進行滴定，直到持續出現淡淡的粉紅色。
- 重複滴定，直到你得到三個合理的讀數。

3.1 在觀察表1 中記錄你的滴定讀數。記下讀數。

(1.5pt)

Q3-3:

3.2 用於滴定溶液的 $N aOH$ 莫耳值=.....M。 (0.5pt)

3. 以強鹼滴定弱酸

- 用漏斗將稀釋的 $N aOH$ 填入滴定管 B2
- 用蒸餾水將容量瓶 V4 中的弱酸溶液稀釋到 100mL。
- 用移液管 P6 取 10mL 稀釋後的弱酸溶液置於錐形瓶 C5 中，加入 4 滴廣用指示劑。

在此滴定中，稀釋 $N aOH$ 的被分批加入到弱酸溶液中。在加入每一批稀釋的 $N aOH$ 後，記錄溶液的顏色和圖表中的 pH。

只有在看到完全匹配的顏色時，才記下 pH 值。如果顏色介於圖表中的顏色之間，請寫下 pH 值範圍。

4. 以滴定管分次加入溶液，每次 0.5mL，直到溶液的顏色變為紫色。此後再進行四次讀數，每次加入 0.5mL。

3.3 在提供給你的答題紙上，將你的觀察結果記錄在觀察表 2 中。 (2.5pt)

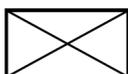
3.4 繪製稀釋後 $N aOH$ 的 pH 值與體積的關係圖，並判定當量點的 5mL 範圍。 (0.5pt)

3.5 找到每次連續變化的體積 (0.5mL) 的 ΔpH ，然後繪製 $\Delta pH / \Delta V$ 與稀釋 $N aOH$ 體積的關係圖，僅在上述 3.4 中所定的範圍內。 (0.5pt)

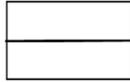
3.6 根據上述數據確定當量點。 (0.5pt)

Q4-1:**一般說明**

- 當要求你在答案格中打叉(X) 作答時，請依照下列範例的方式，在答案格中打叉(X)。



- 當要求你在答案格中劃破折號 (-) 作答時，請依照下列範例的方式，在答案格中劃破折號 (-)。



Q.4. 醫院中身分弄混新生嬰兒的調查

這是一個為要確認被醫院弄混身分的三個新生嬰兒而進行的實驗調查。其調查方式主要是藉血型 (blood groups) 分析來進行。一直到 1980 年代，血型分析都是常用的鑒識技術，近期則漸被其他更可靠的技術所取代。但在輸血操作之前，ABO 血型的分析仍是重要的。

一個人的血型取決於其紅血球細胞上是否存有 A 及 B 抗原：若一個人的紅血球上僅有 A 抗原，則該人屬 A 血型；若一個人的紅血球上僅有 B 抗原，則該人屬 B 血型；若一個人的紅血球上同時存有 A 抗原及 B 抗原，則該人屬 AB 血型；若一個人的紅血球上既沒有 A 抗原，也沒有 B 抗原，則該人屬 O 血型。一個人能生成何種血型抗原，主要由控制生成這些抗原的對偶基因 (allele) 來決定：控制生成 A 抗原的對偶基因為 *I^A*；控制生成 B 抗原的對偶基因為 *I^B*；若一個人既不會生成 A 抗原，也不會生成 B 抗原，則其體內攜帶的相關基因為 *i* 對偶基因。這些對偶基因在表現特徵上，*I^A*與*I^B*兩者為共顯性 (co-dominant)，*i* 對*I^A*或對*I^B*則均為隱性。

一個人的體內存有何種血型抗原，可利用特定抗體來進行鑑定。例如，將對應 A 抗原的抗體 (抗 A 抗體) 加入來自 A 血型個體的血液樣品中時，血液樣品中的紅血球會黏聚一團而發生所謂的凝集現象。在本實驗中，你不會使用真正的血液與抗體樣品，而是藉由特定化學溶液的沉澱反應來模擬血球與抗體的凝集反應。此一藉由化學溶液的沉澱反應來演示血球與抗體凝集反應的實驗，是由澳洲伊迪斯科文大學 (Edith Cowan University) 的 Magdalena Wajrak 所發展出來的。

本實驗題所提供的器材如下：

玻璃器皿與其他雜項物品

1. 模擬的血液樣品 (共 13 個)。分別裝填於已標記的 1.5 ml 塑膠管中 (放置於管架上)，各管的標示說明如下：

4 管分別標記為 W, X, Y 和 Z，將使用於活動 1 的試題。

9 管分別標記為 C, D, E, 1F, 1M, 2F, 2M, 3F 和 3M，將使用於活動 2 的試題。

2. 15 mL 塑膠管共 3 支，其外側管壁分別標記著 Ant-A, Anti-B 和 NA，以分別代表"抗 A 抗體"、"抗 B 抗體"和"不含抗體"的樣品。這 3 支 15 mL 的塑膠管被放置於 250 ml 的塑膠燒杯中。
3. 三孔的凹槽載玻片，共 4 片。
4. 塑膠滴管，共 7 支。
5. 裝有蒸餾水的 250 ml 燒杯，1 個
6. 油性簽字筆，1 支
7. 方形標籤紙，1 張 (有多個方形標籤)
8. A4 大小的黑色紙，1 張
9. 垃圾桶 (廢水桶、waste bin)，1 個
10. 裝有蒸餾水的塑膠洗瓶，1 個

注意：

若你需要額外的蒸餾水，請舉手告知監考人員。

監考人員也會提供面紙及垃圾桶

Q4-2:

活動1: 鑑定W, X, Y 和Z 等4 個血液樣品的血型

1. 請如圖1.1 的呈現方式，將4 片三孔凹槽載玻片排列放置於A4 黑色紙上。

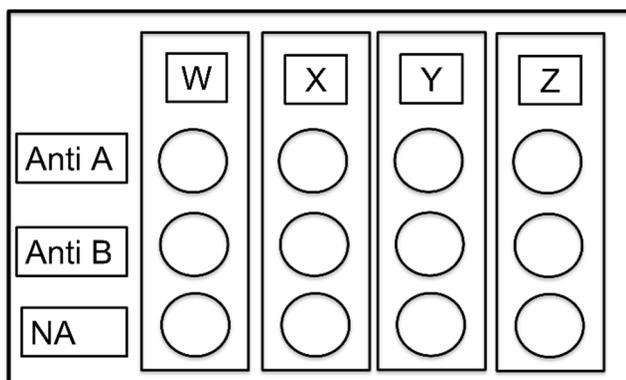


圖 1.1

2. 用油性簽字筆將方形標籤分別進行標記(W, X, Y, Z, Anti A, Anti B, NA)，再將標記好的方形標籤如圖1.1 呈現的方式，黏貼於載玻片(標籤：W, X, Y, Z) 及黑色紙(標籤：Anti A, Anti B, NA) 上。NA 是指不含有抗體的樣品。
- 3.1 取3 支塑膠滴管，用油性簽字筆分別標記Anti-A (只用於吸取標記有Ant-A 的15 ml 塑膠管內樣品)、Anti-B(只用於吸取標記有Ant-B 的15 ml 塑膠管內樣品) 和NA (只用於吸取標記有NA 的15 ml 塑膠管內樣品)。
- 3.2 其餘的塑膠滴管將用於吸取模擬的血液樣品。
- 3.3 在首次使用塑膠滴管吸取樣品前，或使用同一支塑膠滴管吸取不同種樣品之前，請務必先進行清洗(吸、放蒸餾水15-20 次)，以確保塑膠滴管是乾淨的。
- 3.4 請確保你使用的塑膠滴管是乾淨的，否則將會對你使用的血液及抗體樣品造成交叉汙染。在添加樣品時，也不可讓塑膠滴管碰觸到凹槽載玻片的任何地方。
4. 用1 支乾淨的塑膠滴管吸取血液樣品W，並分別加入1 滴該樣品於第一欄(縱行) 的3 個凹槽中。
5. 依照上述4. 的方式，取血液樣品X，各加入1 滴於第二欄的3 個凹槽中；取血液樣品Y，各加入1 滴於第三欄的3 個凹槽中；取血液樣品Z，各加入1 滴於第四欄的3 個凹槽中。
6. 用乾淨的塑膠滴管吸取標記有Anti A(抗A 抗體) 的樣品，分別加入1 滴於第一橫列的4 個凹槽中。
7. 用乾淨的塑膠滴管吸取標記有Anti B(抗B 抗體) 的樣品，分別加入1 滴於第二橫列的4 個凹槽中。
8. 用乾淨的塑膠滴管吸取標記有NA(不含抗體) 的樣品，分別加入1 滴於第三橫列的4 個凹槽中。

Q4-3:

A.1.1 加完上述各樣品後，請觀察各個凹槽內是否產生" 白色沉澱物(模擬血球的凝集反應)"。若有，請在表1.1 的對應空格內打叉(X)；若無，請在表1.1 的對應空格內劃破折號(-)。

| 表1.1 | | | | |
|--------|---|---|---|---|
| | W | X | Y | Z |
| Anti-A | | | | |
| Anti-B | | | | |
| NA | | | | |

A.1.2 請通知監考人員將你的實驗操作結果(載玻片凹槽內的反應結果) 進行拍照及上傳。(0.25pt)

根據你的結果觀察，請判斷血液樣品W, X, Y 和Z 的血型分別為何，並於表1.2 的適當空格內打叉(X) 標記。

A.1.3 (0.25pt)

| | 血型種類 | | | |
|------|------|--|--|--|
| 血液樣品 | | | | |
| W | | | | |
| X | | | | |
| Y | | | | |
| Z | | | | |

圖1.1 的三組橫列凹槽內，分別是添加Anti A，Anti B 及NA 等三種不同樣品，試問添加其中何種樣品的反應為本實驗的" 對照組"？若為對照組的樣品，請在A.1.4 的表中適當空格內打叉(X)；沒有打叉(X) 的空格，請劃破折號(-) 的標記。

Q4-4:

A.1.4 (0.25pt)

| Anti-A | Anti-B | Anti-C |
|--------|--------|--------|
| | | |

活動2: 鑑定雙親與嬰兒的血型，並試圖重建嬰兒與其父母親的身分。

在本調查中，3 個嬰兒身上註記雙親性名的標籤被醫院弄混了。為了要重新確認這3 個嬰兒的真正父母親，於是對這3 個嬰兒及其可能的父母親進行採血，並試圖根據血型分析的資料，來判別這3 個嬰兒的親生父母親。

為了鑑定用途，本活動提供給你9 個模擬的血液樣品，並分別標記如下：

注意：在下表中，F 代表父親(不是女性)，M 代表母親(不是男性)。

| 血液樣品號碼 | 標記方式 | 血液樣品的來源 |
|--------|------|-------------|
| 1 | 1F | 第 1 對雙親中的父親 |
| 2 | 1M | 第 1 對雙親中的母親 |
| 3 | 2F | 第 2 對雙親中的父親 |
| 4 | 2M | 第 2 對雙親中的母親 |
| 5 | 3F | 第 3 對雙親中的父親 |
| 6 | 3M | 第 3 對雙親中的母親 |
| 7 | C | 嬰兒 C |
| 8 | D | 嬰兒 D |
| 9 | E | 嬰兒 E |

2.1 請採用類似"活動 1"所進行的實驗方式，分別鑑定上述 9 個血液樣品的血型。

注意：在重複使用凹槽載玻片前，請先用蒸餾水將其清洗乾淨，並用面紙擦乾。在你吸取血液樣品前，請確認你重複使用的塑膠滴管是乾淨的，清潔方式先前已有說明。

在表 1.3 中，請對會產生沉澱反應的對應表格打叉 (X) 標記；不會產生沉澱反應的對應表格請劃破折號 (-) 標記。

Q4-5:

A.2.1.1 請通知監考人員將你的本題實驗操作結果進行拍照及上傳。

(4.5pt)

| | 1F | 1M | 2F | 2M | 3F | 3M | C | D | E |
|--------|----|----|----|----|----|----|---|---|---|
| Anti-A | | | | | | | | | |
| Anti-B | | | | | | | | | |
| NA | | | | | | | | | |

請根據你的實驗結果，判別上述9 個血液樣品的血型，並在表1.4 的適當表格中進行打叉(X) 標記。

A.2.1.2

(0.50pt)

| 表1.4 | | | | |
|-------|------|------|-------|------|
| 嬰兒的血型 | | | | |
| 嬰兒 | A 血型 | B 血型 | AB 血型 | O 血型 |
| C | | | | |
| D | | | | |
| E | | | | |
| 雙親的血型 | | | | |
| 1F | | | | |
| 1M | | | | |
| 2M | | | | |
| 3F | | | | |
| 3M | | | | |

根據你的血型分析結果，請將三個嬰兒與其可能的親生父母進行配對。配對成功者，請在表1.5 的適當空格中打叉(X) 標記。注意！該配對或許會有超過一種的可能性。沒有打叉(X) 的空格，請劃破折號(-) 標記。

Q4-6:

A.2.2

(1.0pt)

| 表1.5 | | | |
|------|-------|-------|-------|
| | 第1對雙親 | 第2對雙親 | 第3對雙親 |
| 嬰兒C | | | |
| 嬰兒D | | | |
| 嬰兒E | | | |

A.2.3

(0.25pt)

| | | | |
|----|---|-----|--|
| 嬰兒 | C | 雙親對 | |
| 嬰兒 | D | 雙親對 | |
| 嬰兒 | E | 雙親對 | |

根據你對問題A.2.3 的回答，請預測已確定配對成功的嬰兒與其雙親的基因型。

並將其可能的基因型填寫於A.2.4 的表格中。尚未確定配對成功的嬰兒與其雙親的空格欄中，則請劃破折號(-)標記。

A.2.4

(0.25pt)

| | | 嬰兒的基因型 | | 雙親的基因型 | |
|----|---|--------|-----|--------|----|
| | | | | 父親 | 母親 |
| 嬰兒 | C | | 雙親對 | | |
| 嬰兒 | D | | 雙親對 | | |
| 嬰兒 | E | | 雙親對 | | |

Q5-1:

Q.5. 人類染色體分析

物種的核型呈現了一個物種細胞的染色體，通常會根據其大小及配對進行系統性的排列。分析人類的核型時，會利用血液細胞分裂中期的染色體。

血液細胞首先在培養皿中被誘導分裂，然後利用秋水仙素讓細胞分裂停留在中期。接著，使用低張溶液讓細胞脹破，染色體會分布在載玻片中，對染色體進行染色，並利用顯微鏡觀察，拍攝一張中期的照片(如圖5-1)，進行核型分析。

核型可用以分析染色體異常與缺陷，在操作過程中，把照片上的染色體各別切下，依照其大小及著絲點的位置來配對，人類的染色體可按照著絲點(紡錘絲接合) 的位置分成三大類: (i) 端點著絲點染色體，著絲點十分靠近一端，其中一端的臂極短(有時甚至看不見)，(ii) 亞中央著絲點染色體，兩端的臂不等長，(iii) 中央著絲點染色體，兩端的臂幾乎或完全等長。取出圖5.1 中期的染色體，排列出的核型如圖5.2。有關製備過程(如圖5.3)，這些染色體屬於何種組別的描述如表5.1。



圖5.1. 人類中期散開的染色體

Q5-2:

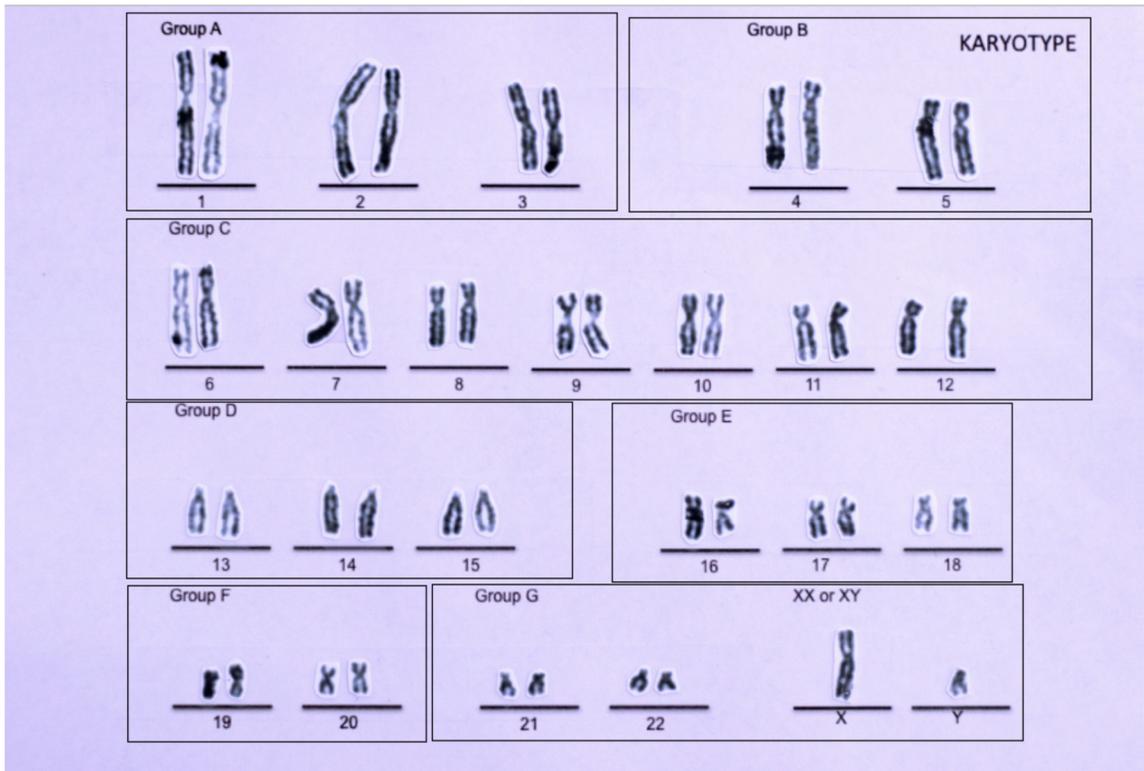


圖5.2. 根據圖5.1 中期散開的染色體製備的核型

| 組別 | 染色體對 | 描述 |
|----|-----------|---------------|
| A | 1-3 | 大型幾乎為中央著絲點染色體 |
| B | 4-5 | 大型的亞中央著絲點染色體 |
| C | 6-12 + X | 中型的亞中央著絲點染色體 |
| D | 13-15 | 大型的端點著絲點染色體 |
| E | 16-18 | 小型的亞中央著絲點染色體 |
| F | 19-20 | 小型的中央著絲點染色體 |
| G | 21-22 + Y | 小型的端點著絲點染色體 |
| XY | X | 中型的亞中央著絲點染色體 |
| | Y | 小型的端點著絲點染色體 |

在下列操作中，你要從所提供中期散開的染色體排列出核型。此染色體是取自一個具有非正常性染色體的個體。

Q5-3:

所提供製備核型的器材

1. 用以製備核型散開的中期圖片
2. 塑膠培養皿
3. 剪刀
4. 鑷子
5. 透明膠帶
6. 標有”核型”的紙張，用以黏貼剪下的染色體

步驟:

使用中期散開的圖片於下列操作中

操作1: 計算染色體數目

A.5.1 計算染色體數目並記錄在答案卷中

(0.25pt)

Q5-4:

操作2: 核型製備

1. 利用細剪刀把每一個染色體剪下來，放置於培養皿中。確認你沒有遺漏其中任何一個。
2. 參考圖5.3 及表5.1，根據染色體大小及其著絲點位置將染色體(剪下的) 排列在標有核型的紙張上。排列完成後，固定其位置，貼上透明膠帶。照相並附在答案卷上。
3. 標有核型的紙張附在答案卷的最後一頁。

在每一組別中，按染色體的大概長度進行排列。在同一組別中，如有特定染色體辨認錯誤，不會被扣分。

圖5.3 核型製備的示範照片

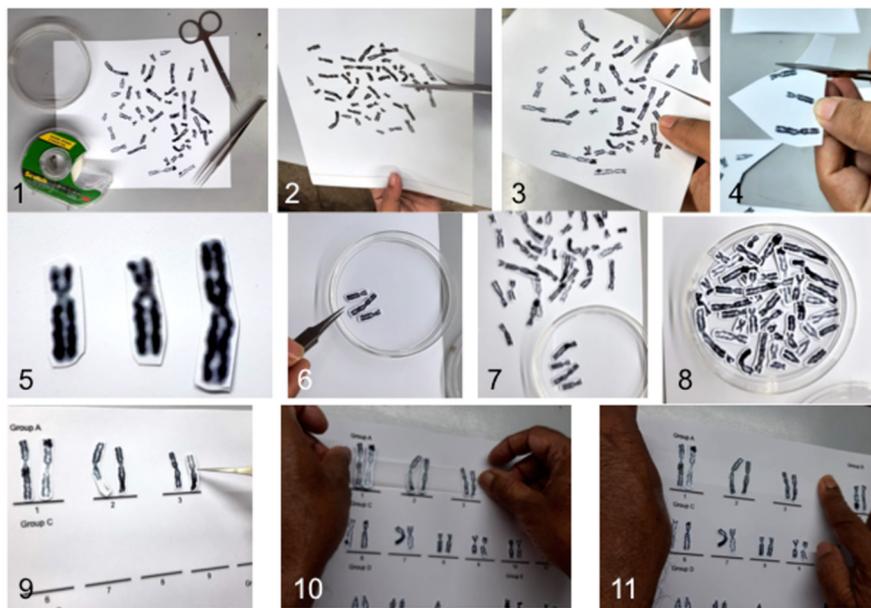


圖5.3 核型製備的示範照片

A.5.2 請通知監考老師針對答案卷上的核型進行掃描或照相，並上傳。 (3pt)

Q5-5:

操作3: 回答下列問題

下列人類血液細胞可否用於中期染色體的製備?

A.5.3.1 在適當欄位中打(X)(正確/錯誤) (0.25pt)

| 序號 | 細胞 | 正確 | 錯誤 |
|----|-----------|----|----|
| 1. | 紅血球 | | |
| 2. | 淋巴球 (白血球) | | |

A.5.3.2 在適當欄位中打(X)(正確/錯誤) (0.25pt)

| 序號 | 植物部位 | 正確 | 錯誤 |
|----|------|----|----|
| 1. | 葉片 | | |
| 2. | 花藥 | | |
| 3. | 根尖 | | |

圖中呈現一個進行分裂中的齧齒類動物細胞，此齧齒類所有染色體都是端點著絲點染色體。



Q5-6:

下列圖片是否代表了對應的細胞分裂時期。

A.5.3.3 在適當欄位中打(X)(正確/錯誤)

(0.25pt)

| 分裂時期 | 正確 | 錯誤 |
|----------|----|----|
| 有絲分裂中期 | | |
| 有絲分裂後期 | | |
| 第一減數分裂中期 | | |
| 第一減數分裂後期 | | |
| 第二減數分裂中期 | | |
| 第二減數分裂後期 | | |

【完】