

104 學年度全國科學班試辦聯合學科資格考生物科試題卷

◎說明：本卷共 13 大題，共 100 分，請將答案寫在答案卷對應的欄位。

◆【試題 1】

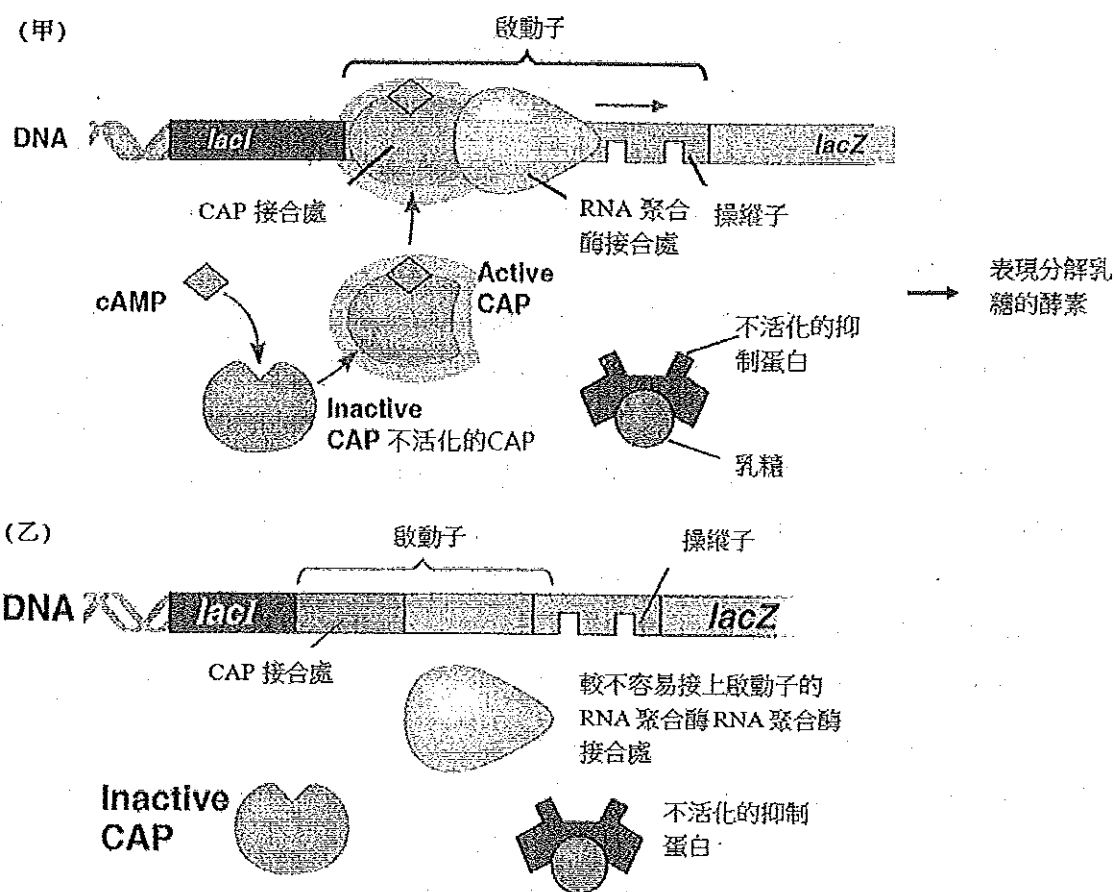
孟德爾利用豌豆的 7 對性狀表徵建構出遺傳定律，原以為這 7 對遺傳因子恰好分別位於 7 對染色體，但後來學者發現當年孟德爾所用的 7 對性狀表徵其實是位於其中的 4 對染色體（如右圖）。請依照右圖回答下列問題：（9 分）

染色體編號	基因位置
第一對	花色 種子顏色
第二對	
第三對	
第四對	花的位置 豆莢形狀 高矮莖
第五對	豆莢顏色
第六對	
第七對	種子形狀

- 孟德爾利用黃色圓形豌豆(顯性純品系)與綠色皺形豌豆(隱性純品系)證明出的第二遺傳定律內容為何？(4 分)
- 若孟德爾利用紫花黃種子(雙顯性)與白花綠種子(雙隱性)的純品系植株得到的第一子代全為紫花黃種子，然後再拿第一子代與白花綠種子雜交，得到的結果為紫花黃種子：紫花綠種子：白花黃種子：白花綠種子 = 1：1：1：1。試利用聯鎖與互換的概念，證明這個結果是正確的。(4 分)
- 已知高矮莖的性狀是因為某種植物激素的異常而導致，且若噴灑此激素，矮莖植物可生長至正常高度；請推論此基因應該是影響到何種植物激素？(1 分)

◆【試題 2】

當葡萄糖和乳糖同時存在於環境中時，大腸桿菌傾向優先使用葡萄糖，唯有當乳糖存在且葡萄糖短缺時，大腸桿菌才會使用乳糖來當能源，也才會合成適量的負責乳糖分解的那些酵素。大腸桿菌如何感知葡萄糖的濃度呢？這個機制依賴一種調節蛋白（CAP）與小分子（cAMP）之間的互動；當葡萄糖短缺時，cAMP 會在細胞內蓄積，而會與 CAP 結合，CAP 這種調節蛋白是一種活化蛋白，當 CAP 與 cAMP 結合後會具有活性，而附著到啟動子上並且增加 RNA 聚合酶對於啟動子的親和力(沒有 CAP 的協助，RNA 聚合酶很難自己接上啟動子)，進而開始表現分解乳糖相關的蛋白。而細胞內的葡萄糖很多時，cAMP 含量就降低，因此 CAP 無法活化並接上啟動子，使得 RNA 聚合酶附著至啟動子的效率便很差，因此乳糖操縱組的轉錄效率便很弱。請參考上文、下圖以及所學知識，回答下列問題：（6 分）



- 圖中的 *lacI* 基因的作用為何？(1 分)
- 圖(甲)代表環境中有葡萄糖、還是葡萄糖短缺？(2 分)
- 判斷大腸桿菌在下列各狀況是否會大量表現分解乳糖的酵素？(1)環境中不具有乳糖，且葡萄糖短缺。(2)環境中具有乳糖、也具有葡萄糖，但額外加入大量 cAMP。(3)環境中不具有乳糖、且葡萄糖短缺，但其操縱子序列突變，導致抑制蛋白無法接上操縱子。(3 分，各 1 分)

◆【試題 3】

讓猛瑪象和其他滅絕動物復活，也許是個好主意！復活研究的目的並不是要複製出完全相同的滅絕生物，而是可利用最好的遠古 DNA 及合成的 DNA，讓既有生態系能適應全球暖化等現代巨幅的環境變化，可能的話，還能逆轉這些改變。

那些依賴「關鍵物種」(keystone species)的生態系，因為其中一些生物不能再適應，已經失去了原有生物多樣性，而當環境發生變化時，就可能再次需要遠古的多樣化。舉例來說，4000 年前，俄國和加拿大的苔原是以草和冰為基礎，生態系較豐富，現在那裡正在融化，如

果這種情況繼續下去，釋出的溫室氣體將比燒光全世界的森林還要多。若能稍微改變現代大象的基因組，讓他們多一點皮下脂肪、長毛和皮脂腺，可能就足夠創造出類似猛瑪象的品系，再將這些「關鍵物種」放回苔原，可抵銷一些暖化的效應。

猛瑪象有三種方式讓苔原溫度較低：第一，牠們會吃死掉的草，讓陽光照射到春天的新草；第二，牠們會將吸收陽光的樹木撞倒，而增加光線反射；第三，牠們會踏破有隔熱效果的霜雪，讓冰冷的空氣滲入土壤。

復活研究除了可讓滅絕物種重現地球外，也能幫助現存生物重獲已失去的遺傳多樣性。有「塔司馬尼亞惡魔」之稱的袋獾因為進系交配嚴重，腫瘤細胞可在大多數個體間傳播而不會引起免疫排斥。這種罕見的傳染性癌症，可以透過臉部傷口在袋獾間散撥，導致牠們幾近滅亡。如果重現袋獾原始而多樣化的組織相容基因（MHC），將可挽救牠們的厄運。類似的論點也適用於獵豹、珊瑚或其他物種，古老基因可讓牠們更能承受化學物質、炎熱氣候、感染與乾旱。（文章摘自 2013 年 10 月份科學人雜誌）

請依照上文，回答下列問題：(8 分)

- 請利用本文「猛瑪象」的例子，說明其作為關鍵物種，如何影響當地生態系中的「生產者」、「初級消費者」、「高級消費者」。(4 分)
- 利用基因轉殖，能將古代生物基因或合成基因殖入現生瀕危生物中，增加基因多樣性；請繪圖描述基因轉殖的技術是如何進行的？(3 分)
- 請推論袋獾的上的 MHC 基因表現僵化，造成「何種細胞」辨識腫瘤細胞困難，而導致整個族群面臨滅絕的危機？(1 分)

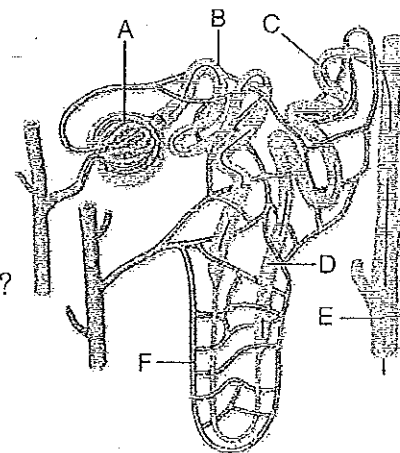
◆【試題 4】

具有鎌型血球貧血症 (S'S') 的人，因為其紅血球攜氧能力不足且容易阻塞血管，因此通常在幼年期便會死亡；若在某人類族群之中（此處定義為第一代），成人且帶有鎌型血球性狀 (SS') 的比例為 30%、正常血球性狀 (SS) 的比例為 70%，則請回答下列問題：(6 分)

- 若此族群之基因型頻率未改變，請問其下一代（第二代）之中，具有鎌型血球貧血症的比例為多少？(2 分)
- 第二代長大之後，具有鎌型血球貧血症的人也無法通過幼年期，請問成年時的第二代之 S' 等位基因頻率，較第一代之 S' 等位基因頻率較高或較低？(1 分)
- 基因頻率的改變便造成演化，但科學家定義「理想族群」不會發生演化，請列出 3 種符合理想族群的條件。(3 分)

◆【試題 5】

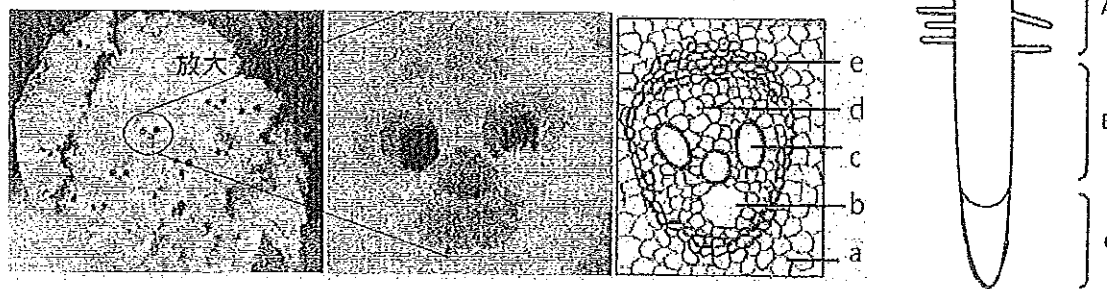
人體體液的恆定主要由腎臟調節，右圖為一個腎元的示意圖。箭頭代表腎元內液體流動方向。試回答下列各題：(9 分)



- 若正常人的血鈉濃度為 140mmol/L，尿鈉量為 80mmol/天，而平均每分鐘有 125mL 的血漿由絲球體過濾到腎小管，請計算出腎臟對鈉離子再吸收率為多少百分比？(寫出計算過程，數據四捨五入至小數點後第 1 位)(2 分)
- 醛固酮由何種內分泌腺分泌？(1 分)
- 承上題，醛固酮主要作用在右圖中哪些管段（填代號，全對才給分）？(2 分)
- 承上題，醛固酮主要作用為何？(1 分)
- 若某人因為過度換氣，而導致體內酸鹼值發生變化，腎臟此時會如何調節體內  $\text{HCO}_3^-$  及  $\text{H}^+$  濃度，以避免血液 pH 值變化過大？(2 分)
- 承上題，這些調節作用主要發生在上圖哪個管段（填代號）？(1 分)

◆【試題 6】

某人直接將某植物的某器官做橫切後，發現類似猴子臉的構造（如下圖），其功能主要是負責植物體內物質的運輸。試依圖回答下列各題：(4 分)



- 根部所吸收的養分係由「猴子臉」的哪一個部位輸送？(填代號)(1 分)
- 「猴子臉」的組成中，何部位 (b~e) 主要是由薄壁細胞所構成？(填代號)(1 分)
- 「猴子臉」構造的細胞係源自於哪種分生組織？(A) 莖頂分生組織 (B) 根尖分生組織 (C) 維管束形成層 (D) 木栓形成層。(1 分)
- 圖(甲)為某器官的縱切示意圖，哪一區域含有「運輸原理」與「猴子臉」相同的構造？(填代號)(1 分)

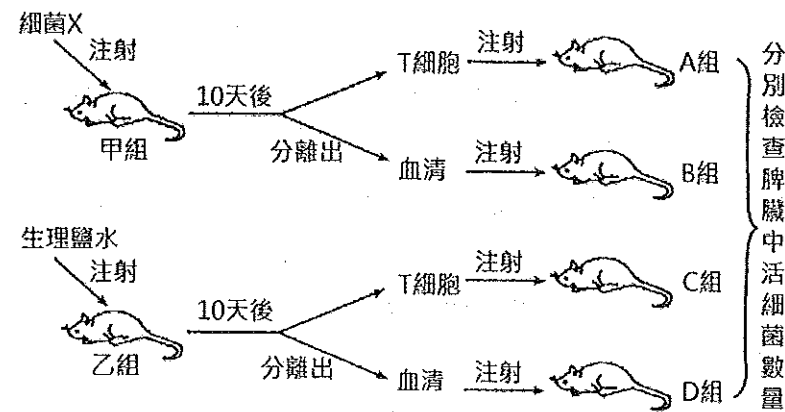
◆【試題 7】

爲了研究有關動物免疫調控的過程，某生做了以下的實驗：

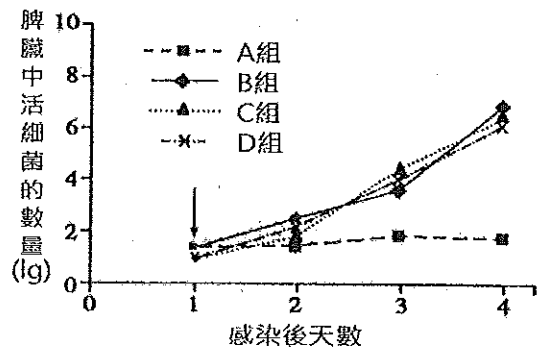
實驗一：以不帶有特殊病原體的小鼠進行專一性免疫實驗，過程如圖一，結果如圖二。

實驗二：體外 (*in vitro*) 觀察小鼠的 T 細胞和巨噬細胞對細菌 X 的殺傷力，結果如圖三。

試回答下列問題：(10 分)

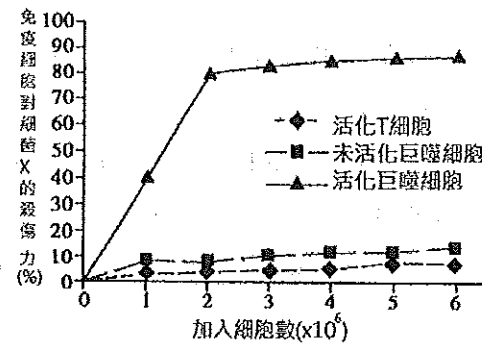


圖一 實驗一流程示意圖



圖二 實驗一結果圖

(圖中箭頭表示注射 T 細胞或血清的時間)



圖三 實驗二結果圖

- 實驗一，設計乙組的目的為何？與甲組有何不同？(全對才給分) (2 分)
- 實驗一過程中，A~D 組小鼠開始注射 T 細胞或血清，是在感染細菌的幾天後？(1 分)
- 由圖二的實驗一結果可推測，該細菌生活在小鼠的體液中或細胞內？爲什麼？(全對才給分) (3 分)
- 由圖三可知，能有效殺傷細菌 X 的是何種細胞？(1 分)
- 假設活化 T 細胞釋放某種物質活化了巨噬細胞，若設計體外實驗 (*in vitro*) 驗證該假設，則實驗組應選擇的實驗材料包括下列哪幾項：(a) 培養過活化 T 細胞的培養液；(b) 培養過未活化 T 細胞的培養液；(c) 培養過巨噬細胞的培養液；(d) 甲組小鼠的巨噬細胞；(e) 乙組小鼠的巨噬細胞；(f) 細菌 X。(填代號，全對才給分) (3 分)

◆【試題 8】

生物體的生命活動需能量作爲動力，生命活動中發生著能量形式的轉變。20 世紀 80 年代，生態學家對哺乳動物的個體總代謝率（每小時耗氧量）、單位體重代謝率（每小時每千克體重的耗氧量）與個體大小的關係進行研究，部分實驗資料如下表。試回答下列問題：(6 分)

動物	體重/kg	總耗氧量/ $O_2 \cdot h^{-1}$	單位體重耗氧率/ $O_2 \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$
巢鼠	0.009	0.0225	A
黃鼠	0.096	0.09	B
貓	2.5	1.70	C
馬	650	71.10	D

- A、B、C、D 數值的大小依序爲何(大→小)？(1 分)
- 試分析個體大小與單位體重耗氧率的相關性？(2 分)
- 承上題，試解釋爲何會有這樣的相關性？有何種生理意義？(3 分)

◆【試題 9】

下表是多種生物的染色體數目，試回答下列問題：(9 分)

種類	族類	火雞	鴨子	狗	馬	牛	馬鈴薯	黑猩猩		
染色體(對)	250~600	41	40	39	32	30	24	24		
聯鎖群(個)	250~600	41	40	39	32	30	24	24		
種類	人類	兔子	老鼠	貓	蟾蜍	蜜蜂	非洲董	青蛙	蝗蟲♀	蕃茄
染色體(對)	23	22	21	19	18	16	14	13	12	12
聯鎖群(個)	23	22	21	19	18	16	14	13	12	12
種類	西瓜	玉米	水稻	洋葱	醉漿草	豌豆	果蠅	青黴菌	細菌	
染色體(對)	11	10	10	8	7	7	4	4	1 條 DNA	
聯鎖群(個)	11	10	10	8	7	7	4	4	1	

- 請依據上表，說明染色體數目的多寡與演化程度有何相關？(1 分)
- 說明爲何基因聯鎖群的數目不是染色體數？(2 分)
- 說明聯鎖群的基因組成爲何有可能會改變？(2 分)
- 以馬鈴薯爲例，說明下列狀況單一體細胞內各含有幾條染色體：(1) 單倍體生物、(2) 三倍體生物、(3) 單體生物、(4) 三體生物。(4 分)

◆【試題 10】

臺灣的面積為 36,193 平方公里，夏威夷群島面積為 28,311 平方公里。下表為臺灣及夏威夷群島被子植物及鳥類特有種數量的比較，請依據下表回答下列各題：(8 分)

生物 地區	被子植物			鳥類		
	特有種數	原生種數	特有種比例 (%)	特有種數	原生種數	特有種比例 (%)
臺灣	1,000	4,000	25	16	551	3
夏威夷	1,015	1,140	89	109	135	81

35. 臺灣不論被子植物或鳥類的特有種比例都低於夏威夷，其可能原因為何？(2 分)
36. 夏威夷群島的面積約為臺灣的 78%，但被子植物與鳥類的原生種數均不及臺灣原生種數的 30%，其可能原因為何？(2 分)
37. 不論臺灣或夏威夷，其鳥類的特有種比例都低於被子植物，其可能原因為何？(2 分)
38. 若夏威夷的兩生類的原生種數少於鳥類原生種數，其可能原因為何？(2 分)

◆【試題 11】

菊科植物是對環境適應性相當高的生物，而且被我們認為所謂的「一朵花」，事實上由很多小花組成，嚴格講就是花序，可藉由圖 1 菊科植物花的構造示意圖了解。

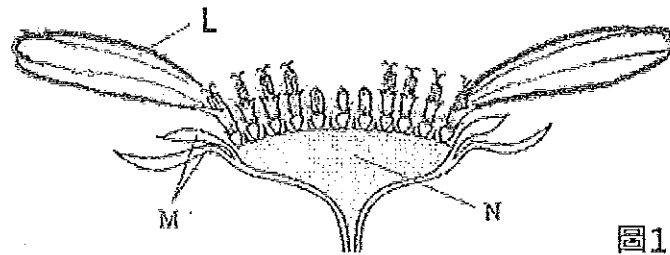


圖 1

蒲公英 (*Taraxacum formosanum* Kitamura) 是野地或庭園很常見的開黃花菊科植物，當花朵受精、發育成熟後，會形成一茸茸白色毛狀物 (圖 2)。試回答下列問題：(8 分)

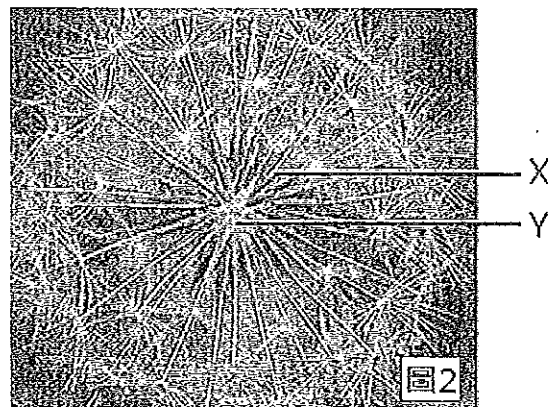


圖 2

39. 說明 M 不是托葉的理由。(2 分)
40. L、N 構造的名稱分別為何？(2 分)
41. 在答案卷的圖上圈選出單一花朵。(1 分)
42. 葵瓜子就是菊科植物向日葵受精、成熟的生殖構造，試在答案卷的圖上，以塗黑的方式表示葵瓜子當時的位置。(1 分)
43. 圖 2 中的 X 與 Y 各由何構造發育而來？(2 分)

◆【試題 12】

1998 年諾貝爾醫學獎頒給發現一氧化氮 (NO) 的三位藥理學教授：Furchgott, R.、Ingbar, L. J. 和 Murad, F.。1977 年，Murad 研究硝化甘油緩解心絞痛的作用機制，推測病人口服硝化甘油後，在體內會分解為 NO，促使冠狀動脈血管舒張，所以可以紓解心絞痛。1987 年發現，人類血管的內皮細胞能夠合成微量的 NO，不但可以鬆弛血管平滑肌，也可在胃腸道、肝、肺、腎和神經系統中發揮特殊生理功能。但是 NO 的自然半衰期很短，通常少於 5 秒，很快就氧化成無活性的亞硝酸鹽。

細胞合成 NO 時必須有  $Ca^{2+}$  的協助，由 NO 合成酶將精胺酸 (L-Arg，一種胺基酸) 轉變為 NO。NO 分子很小，通過細胞膜進入細胞後，活化特定酵素，將 GTP 轉變產生 cGMP (環狀 GMP)。cGMP 可以使  $Ca^{2+}$  由血管平滑肌細胞內移出。當肌肉細胞內  $Ca^{2+}$  濃度下降時，會導致平滑肌舒張。在一定時間後 cGMP 會被細胞中的 PDE (一種酵素) 分解成 GMP (直鏈 GMP)。PDE 的種類很多，在視網膜為 PDE<sub>6</sub>，在陰莖海綿體為 PDE<sub>5</sub>，藥物「威而鋼」可以阻斷 PDE<sub>5</sub> 的分解作用。

依據本文，試回答下列問題：(5 分，各 2.5 分，每個選項 0.5 分)

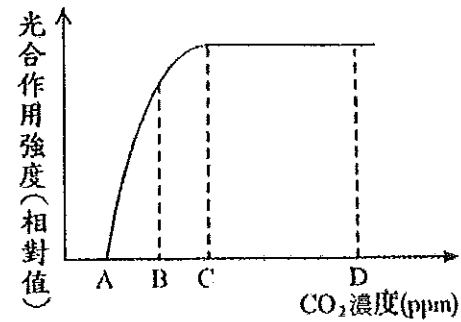
44. 下列關於  $Ca^{2+}$  及 cGMP 的敘述，哪些正確？(多選) (A)細胞合成 NO 時， $Ca^{2+}$  可能扮演輔酶的角色 (B) $Ca^{2+}$  在此所扮演的角色是第三信使 (C)cGMP 在此所扮演的角色是第二信使 (D)cGMP 使平滑肌細胞內  $Ca^{2+}$  增加 (E)硝化甘油可用於緩解心絞痛的原理，就是會刺激 cGMP 的生成。
45. 下列敘述哪些正確？(多選) (A)威而鋼會使血管平滑肌舒張，血液流入局部微血管網 (B)NO 扮演傳遞訊息的角色 (C) cGMP 分子由五碳醣、磷酸與腺嘌呤組成 (D)NO 的作用位置應在細胞內，不在細胞膜上 (E)服用威而鋼會使血壓升高，引起心臟病。

◆【試題 13】

西元 1642 年，比利時科學家范黑蒙曾進行一個著名的柳樹實驗。他在一個花盆裡栽種一棵重 2.3 kg 的柳樹，栽種前把花盆裡的泥土高溫烘烤乾燥，經稱重為 90.8 kgw。接著連續 5 年都只有給柳樹澆水，沒有添加任何物質，且每年秋天柳樹落葉也沒有加以稱重與計算。5 年後，他將柳樹與泥土分別稱重，發現柳樹重量變為 76.7 kgw，泥土烘乾後的重量為 90.7 kgw。於是他下了個結論：柳樹是吃水長大的。後來有科學家發現植物的生長與光有關，於是將一盆植物放在不同波長的光下照射，然後測量該植物對不同光質的吸光率，結果如下表。試回答下列問題：(12 分)

光質	紅光	橙光	黃光	綠光	藍光	靛光	紫光
波長 (nm)	700	650	600	550	500	450	400
吸光率 (%)	55	10	2	1	5	85	40

46. 根據學過的生物學知識，至少指出范黑蒙柳樹實驗的 2 個錯誤處。(2 分)
47. 花盆內的泥土減少 0.1 kgw 的原因為何？(1 分)
48. 根據表中數據繪出植物葉片對不同色光的吸光率變化曲線圖(3 分)，並做出結論(1 分)。  
(注意：要正確標示 X、Y 軸的變因)
49. 城市的公園常安置許多綠光投射燈，入夜後將樹木照得格外青翠，這種做法的用意是否在提昇光合作用效率？或者有其他用意？(1 分)
50. CO<sub>2</sub> 濃度對光合作用強度影響的規律如右圖，當外界 CO<sub>2</sub> 濃度處於 A 處時，植物葉片光合作用所固定的 CO<sub>2</sub> 量與\_\_\_\_\_相等。(2 分)
51. 承上題，為提高封閉人工棚架內的農作物產量，棚內人工釋放的 CO<sub>2</sub> 濃度應控制在右圖中的\_\_\_\_\_ (填英文字母) 濃度為宜。(2 分)



【全卷完】