

2009 年第六屆國際國中科學奧林匹亞競賽 --理論試題

國立臺灣師範大學 科學教育中心

問題 I：石油的開採

亞塞拜然（意為“火燄之國”）以它的石油蘊藏量而聞名。石油的探採是一個多階段的過程。在最初的階段，我們以地質探勘方法去確定油藏的結構。接下來，針對已勘定的油藏結構，我們決定所需油井的數目、位置和深度。鑽油井時，應儘可能使多量的石油可藉著油藏的自然壓力而湧出來。當油藏內的壓力下降後，就在它裡面灌水，以幫助後續從其他油井抽取石油。

對於在 Absheron 半島的油藏結構，每從油井抽出 1 m^3 的石油，所灌進油藏中的每 m^3 的水必須消耗 $E_{\text{water}}=100\text{J}$ 的能量。因為這過程中有額外的能量消耗，使採油的成本增加，而這油藏的探採利潤係數（operation profitableness coefficient, 簡稱 *OPC*）也會隨之降低。*OPC* 的定義是，所獲取的能量與從油藏中抽取石油或天然氣時所消耗的能量之比例。若記每單位質量的能量為 EE ，則對亞塞輕原油（“Azeri Light” oil），它的值是 $EE_O = 45 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ ，對天然氣則是 $EE_G = 48 \frac{\text{MJ}}{\text{kg}}$ 。

根據地質探勘所得的油藏結構如圖

I-2 所示。油藏內的石油和天然氣占了一個有固定半徑的球形空間。油藏內的氣體的初始壓力等於油藏表面的最上端跟地面之間的土壤壓力。每鑽一公尺所耗能量跟油井深度的相關性如圖 I-3 所示。為決定油井的位置和深度，回答以下各項問題。

【有用的資訊】

➤ 下列是關於鑽探油井所需知道的要點：

- 油井只能垂直地鑽下去。
- 若鑽時穿過天然氣，天然氣會跑掉。
- 油管不能伸入石油和天然氣中。

➤ 水的密度： $1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

➤ 亞塞輕原油（“Azeri Light” oil）的密度：

$800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ 。油是不可壓縮的。

➤ 球的體積： $\frac{4}{3}\pi r^3$ ；取 $\pi=3$

➤ 片段球體的體積（圖 I-1）：

$\frac{1}{3}\pi h^2(3r-h)$ ，這其中 h 是此片段的高度。

➤ 理想氣體方程是 $PV = \frac{m}{\mu}RT$ ，這其中 R 是氣體常數，取 $R = 8 \frac{1}{\text{mol} \times K}$ ； P 是氣體的壓力； V 是氣體的體積； m 是氣體的質量； μ 是氣體的莫耳質量（天然氣的莫耳質量是 $0.016 \frac{\text{kg}}{\text{mol}}$ ）；而 T 是氣體的

溫度；在一切狀況下，溫度均為 $300K$

➤ 土壤的密度： $3000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$

➤ 大氣壓力不須考慮，取 $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

➤ 油井的直徑 d 可忽略

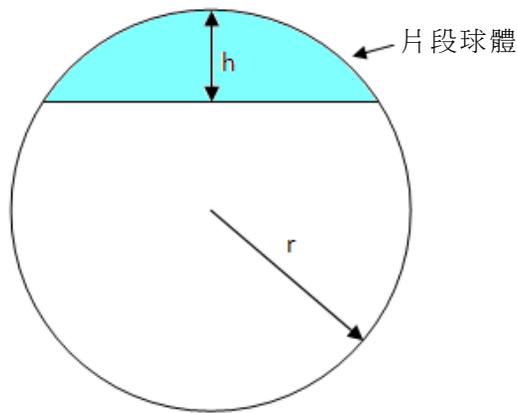


圖 I - 1

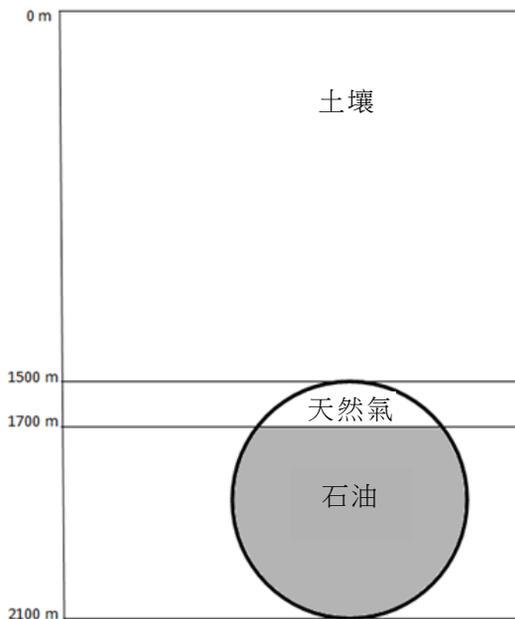


圖 I - 2

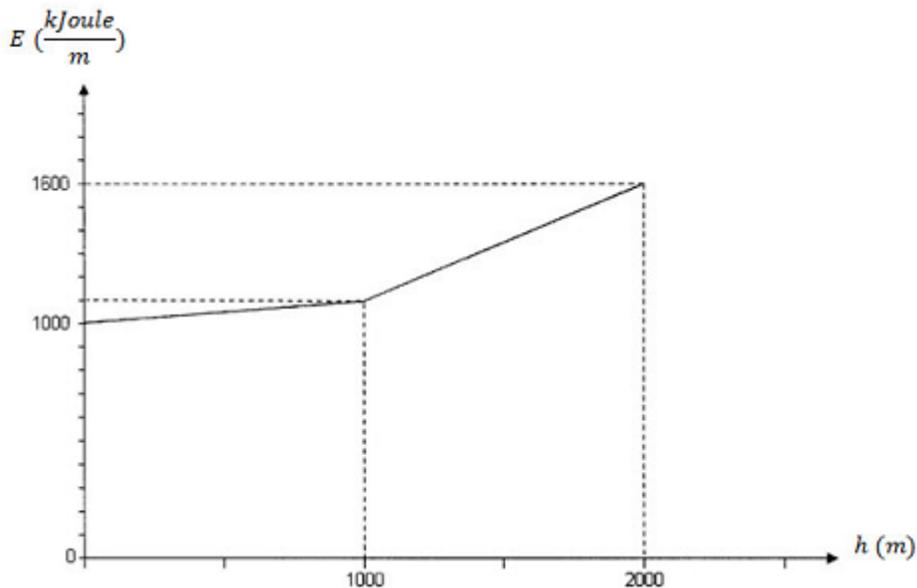


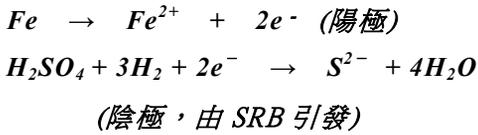
圖 I - 3

- I-1** 油藏內的天然氣的初始壓力是多少？(1.0 分)
- I-2** 計算在這油藏內的天然氣及石油的質量。(1.0 分)
- I-3** 油井該鑽在哪個地方，以使得最大數量的石油會因為氣體壓力的效應而自行湧出？在答案卷的圖上標出這位置，並以計算支持你的答案。(1.0 分)
- I-4** 這樣湧出的石油的最大數量（質量）是多少？(0.5 分)
- I-5** 對於自行湧出法，求這油藏的 *OPC*。(2.0 分)
- I-6** 在石油湧出過程停止後，要接續抽採剩餘的石油和天然氣，需要鑽探的新油井的深度是多少？在答案卷的圖上標出新油井的位置。舊油井可用來把水灌進去。(1.0 分)
- I-7** 要獲得油井內所有殘餘的石油和天然氣，估算把水灌進油井所必須耗費的能量。(1.5 分)
- I-8** 對於前述的採油策略，計算這油藏的總的 *OPC*。(2.0 分)

問題 II：金屬的腐蝕

在前面的問題裡，討論石油工業裡的鑽探和生產問題。為了增進這些操作的安全性，需要完善健全的管理所使用之設備。缺乏完善健全的管理會引起重大事故，傷害到人們和環境。金屬設備的腐蝕（金屬的氧化）---管線，油桶，船舶和幫浦等，是完善健全管理上的主要問題。細菌（硫酸鹽還原菌 sulfate reducing bacteria --- SRB)引起的腐蝕，在含水的系統中被廣泛地觀察，稱為微生物腐蝕(microbiological corrosion)。SRB 在缺氧的狀態下引起腐

蝕。鋼鐵的微生物腐蝕是因為鐵發生下面所述的反應：



在石油工業的設備中，抽取樣品作細菌和化學分析來控制微生物的腐蝕。為了監控位於裏海 (Caspian sea) 中 Azeri-Chirag-Guneshli 油田的微生物腐蝕，從兩個不同的海上鑽油平台抽取兩個水的樣品，第一個水樣品取自 Azeri 油田，第二個取自 Chirag 油田。Azeri 和 Chirag 樣品中所含 FeS 初始量的測定結果分別為 45 mg/L 和 55 mg/L 。

然後使用這些樣品做兩個實驗。在第 1 個實驗中，將 40 mL 的第一個水樣品

(Azeri) 和 60 mL 的第二個水樣品 (Chirag)，倒入一個裝有 2 g 鐵釘的燒瓶中混合。燒瓶中的混合物保持在適合於細菌生長的缺氧狀態。瓶中開始產生黑色沉澱物並且其量逐漸增加，30 天後瓶中沉澱物的量為 0.1936 g 。在第 2 個實驗中，將 60 mL 的第一個水樣品 和 40 mL 的第二個水樣品，在燒瓶中混合，連同在瓶中的一支鐵釘保持在缺氧的狀態(相同條件下)，此時，30 天後沉澱物的量為 0.1584 g 。

在實驗的過程中，測定沉澱物的累積數量並得到其動力學圖(見圖 II-1)。在實驗期間 SRB 細胞的濃度隨著黑色沉澱物的累積而增大。動力學圖 II-2 表示裝有樣品混合物的兩個燒瓶中之 SRB 細胞增加情形。(相對原子質量 $Fe = 56, S = 32$)

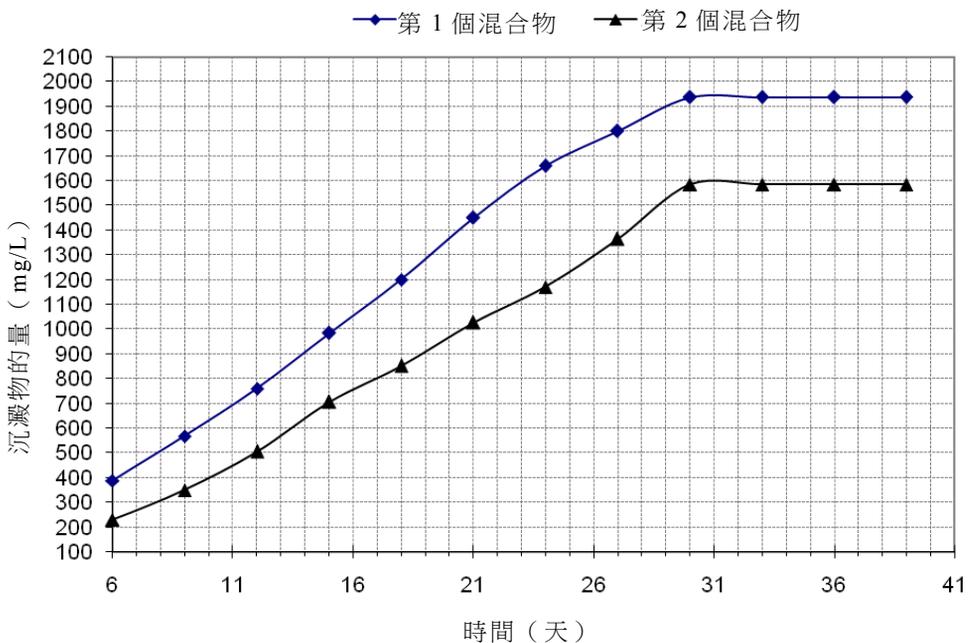


圖 II - 1

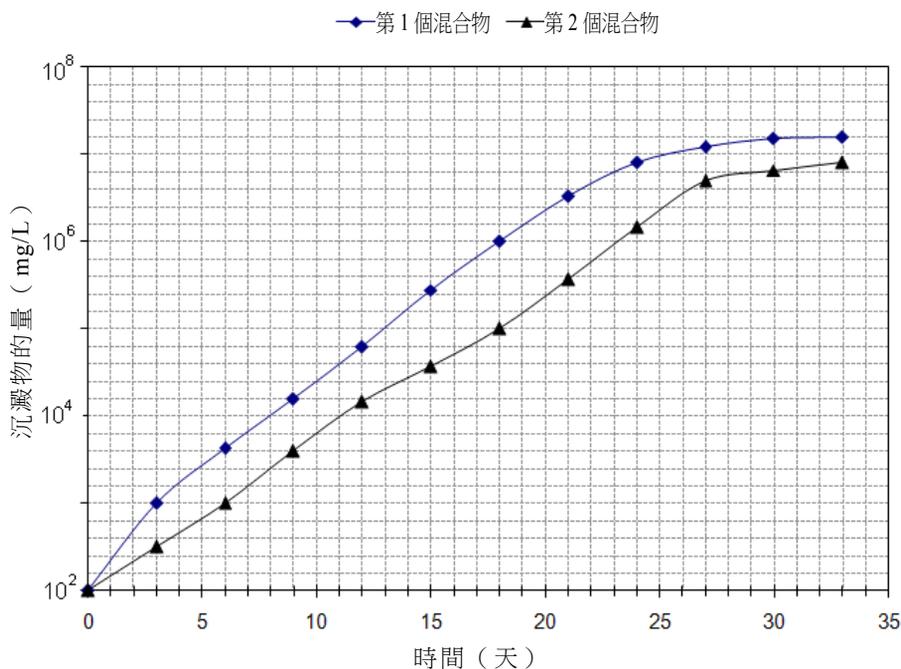


圖 II - 2

II -1 寫下由 SRB 細胞所引起的鐵之氧化－還原全反應。(0.4 分)

II -2 算出在初始時($t=0$ ，樣品混合之當時)，亦即在氧化－還原反應開始之前，第 1 個和第 2 個混合物中 FeS 的數量(mg/L)。(1.1 分)

II -3 寫下在實驗期間燒瓶中所產生的沉澱物之化學式。(0.3 分)

II -4 計算在初始時($t=0$ ，樣品混合之當時)，亦即在氧化－還原反應開始之前，第 1 個和第 2 個混合物中 H_2SO_4 的濃度(mol/L)。(1.2 分)

II -5 計算從 Azeri 和 Chirag 平台所取的樣品中 H_2SO_4 的濃度(mol/L)。假設在這 30 天內混合物中所有的 H_2SO_4 全被還原。(2.0 分)

II -6 計算在每一種混合物中的鐵釘由於腐蝕結果所損失的質量百分比。(1.0 分)

II -7 依據在 30 天之中的數據，計算每一種混合物中鐵釘的平均腐蝕速率($mg/year$)。(一年等於 365 天)。腐蝕速率 = 金屬損失的質量 / 時間(0.8 分)

II-8 在圖 II-1 中，為什麼在 30 天之後黑色沉澱物的濃度是穩定的？選出正確的理由並且寫在答案卷上。(0.5 分)

- (a) 鐵釘和 H_2SO_4 過量
- (b) FeS 會抑止腐蝕反應
- (c) H_2SO_4 消耗完了
- (d) 鐵釘全部作用完了

II-9 用兩個圖 (圖 II-1 和 II-2) 中所示的曲線，計算在兩種混合物中細菌細胞的濃度 (細菌細胞數 / mL)；以及當在第 1 個混合物中黑色沉澱物數量為 0.12 g 時，在第 2 個混合物中沉澱物的數量 ($\frac{mg}{L}$)。(2.2 分)

II-10 如果用一支 10 g 重的大鐵釘代替 2 g 的鐵釘，則在第 30 天結束時黑色沉澱物累積的數量會如何變化？從下面選出一個答案：(0.5 分)

- (a) 將增加 5 倍；
- (b) 將減少 5 倍
- (c) 沒有變化
- (d) 將增加 2 倍
- (e) 將減少 2 倍。

問題 III：人類的胚胎發育

受精作用在輸卵管中發生，形成受精卵並開始進行分裂。第 3 次分裂大約在受精之後 72 個小時完成，在這個階段有一個稱為緊束(*compaction*)的過程發生。大約在受精之後 7 天，胚胎有超過 100 個細胞，圍繞一個中央空腔(*central cavity*)(1)，此時期的胚胎稱為囊胚(*blastocyst*)。

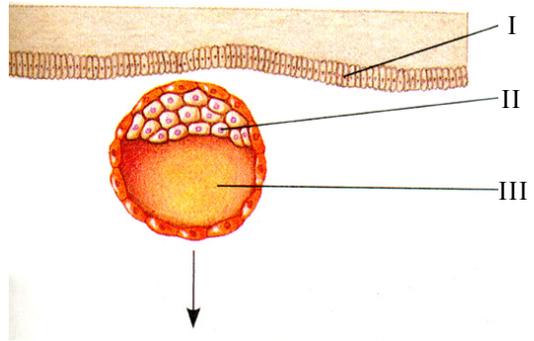


圖 III-1

在囊胚的內層細胞團 (*The inner cell mass*) (2) 形成一個平碟，上層的細胞為上胚層 (*epiblast*) (3)，下層的為下胚層 (*hypoblast*) (4)。圍繞囊胚空腔的外層上皮，是為滋養層 (*trophoblast*) (5)。

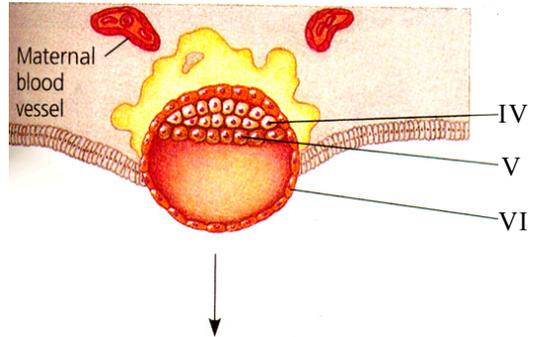


圖 III-2

滋養層帶著中胚層 (*mesoderm*) (6) 的組織形成部分身體內部的器官。胎兒將從外胚層細胞發展，而下胚層將形成卵黃囊 (*yolk sac*) (7)。

在囊胚期，胚胎開始在子宮內膜 (*endometrium*) (8) 著床。著床後，滋養層加厚並且把指狀凸出物延伸進周圍的母體

組織，形成絨毛膜 (*chorion*) (9) 並且繼續在子宮內膜裡擴大。外胚層形成羊膜 (*amnion*) (10)，圍繞成一個充滿流體的羊膜腔 (*amniotic cavity*) (11)。中胚層細胞也是起源於外胚層。

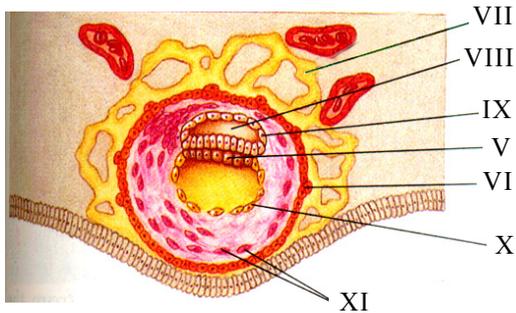


圖 III - 3

III-1 根據上述資訊，將在正文提到的構造，與在插圖(圖 III-1，圖 III-2，和圖 III-3)的標示做正確的連結。(2.2 分)

III-2 (0.8 分)

- 圖的標示中何者可形成胎盤？
- 要檢測遺傳的異常，可使用一個特別的技術，其中的檢測液體可以從圍繞胚胎的囊中獲得，從圖 III 3 中選出樣本取得部位的正确標示。

III-3 研究顯示滋養層分泌的某種化學物質，會降低人體的免疫功能。滋養層的這個功能防止下列何者？(1 分)

- 母親抗原對胎兒的血液的入侵
- 一種病毒對胎兒的感染
- 對胎兒的排斥

d. 子宮內膜對滋養層發展的阻礙

III-4 計算在緊束 (*compaction*) 的過程發生時，胚胎的細胞數是多少。(2.2 分)

III-5 胚胎發育的過程中，神經系統是首先形成的器官系統之一。神經管前端發展成腦，腦的不同部位控制不同的身體功能。(0.9 分)

寫出圖 III - 4 顯示的改變過程中，所發生的事件(A)，及其相對的細胞過程(B)以及相關的次細胞構造(C)。(例如：I-a-1)

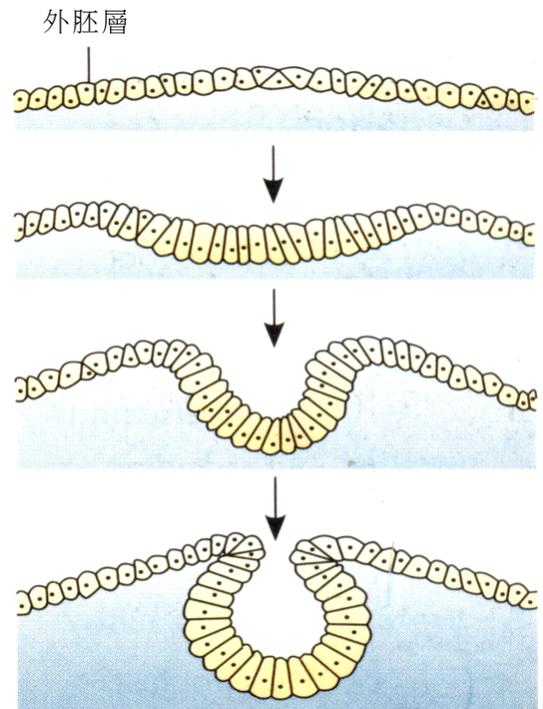


圖 III - 4

- A : I.** 胚胎在子宮內膜著床
II. 器官發生
III. 神經管的形成
IV. 羊膜囊的形成

- B :**
- a. 細胞的呼吸作用
 - b. 細胞形狀改變
 - c. 細胞崩解
- C :**
- 1. 伸縮泡
 - 2. 粒線體
 - 3. 細胞骨骼
 - 4. 細胞壁

人體丘腦下部 (hypothalamus) 的兩群神經元--稱為 suprachiasmatic 核(簡稱 SCN)--從視網膜直接收到神經信號並且和松果體有關係。SCN 和松果體可能交互作用而形成生物時鐘。SCN 告訴松果體什麼時候生產褪黑素 (melatonin)，一種睡眠促進激素。褪黑素是一種由色氨酸 (tryptophan) 製成的激素。由食物中獲得，色氨酸先轉變為血清素 (serotonin)，再轉變為褪黑素，特定的酵素控制了這些轉變過程。其中兩種酵素如圖 III-5 所示。

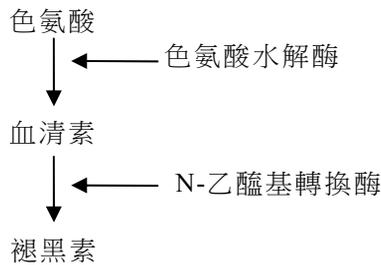


圖 III - 5

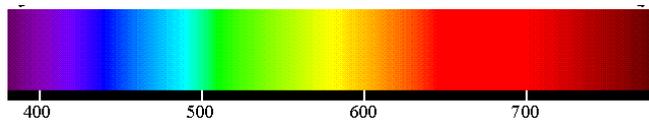


圖 III - 6. 可見光譜

控制使血清素轉換為褪黑素的酵素活性被光抑制，尤其是波長在 450-500nm 的光線(圖 III-6) 抑制褪黑素的生成。在白天，血清素累積在松果體中。

III -6 75 歲的 Huseynli 先生受失眠之苦。他和另一位 30 歲健康男人的血，被檢測出褪黑素的量，如圖 III - 7。圖中那條曲線是由 Huseynli 先生的血裡顯示出來的褪黑素？選擇出相對應的曲線。(0.3 分)

III -7 Huseynli 先生要調整使其睡眠時間提早，以解決失眠問題，你會建議他應帶不能透過哪一種光線的眼鏡？(1.0 分)

- a. 綠光
- b. 藍光
- c. 黃光
- d. 紅光
- e. 橘光

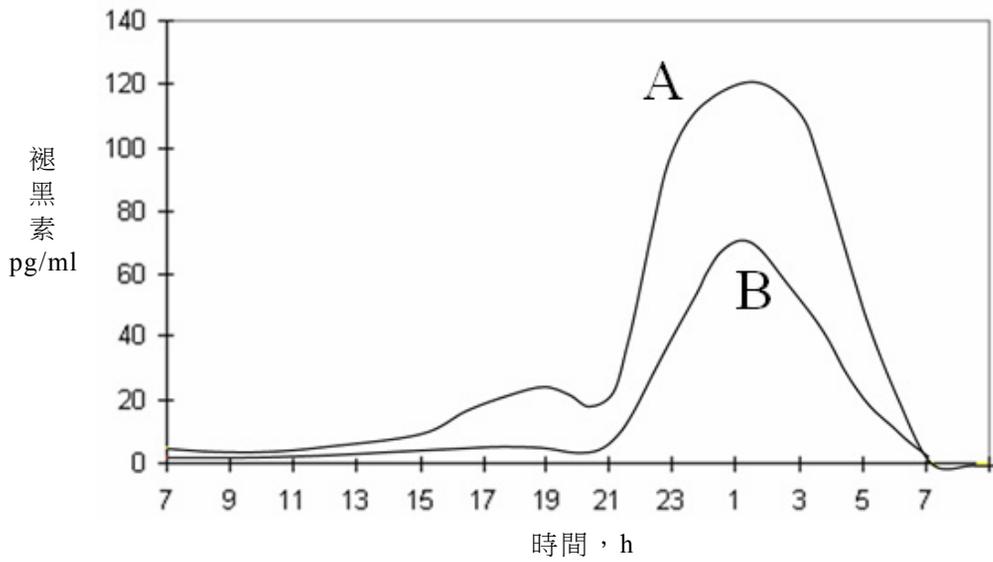


圖 III - 7

III-8 你預期於下述的條件下，接枝後的植物會否會開花？(0.6 分)

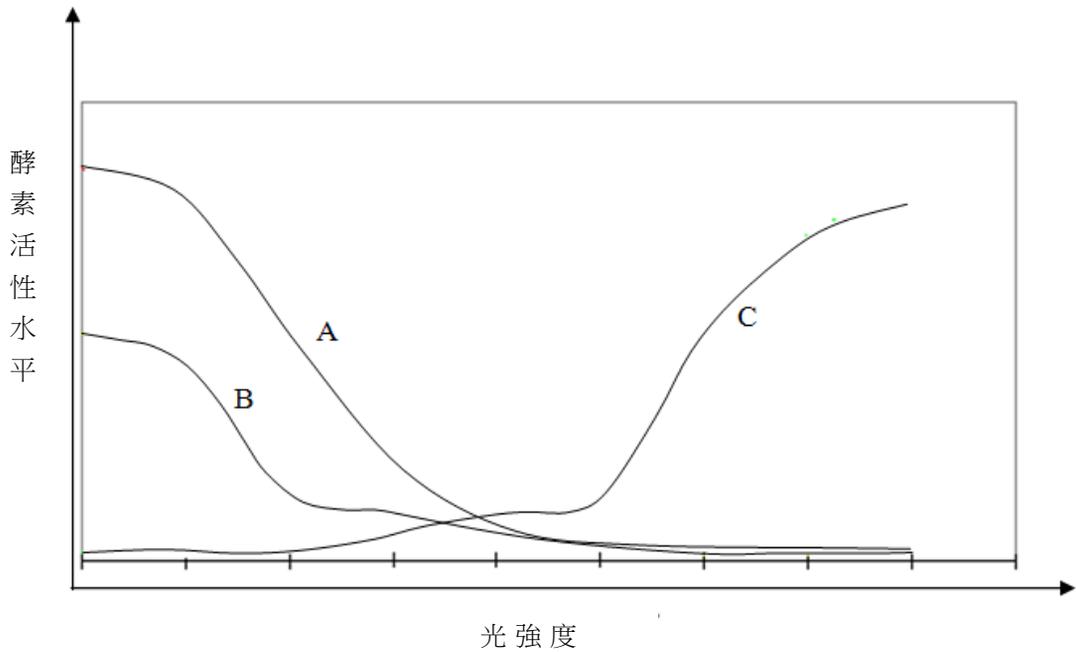


圖 III - 8

III-9 在下列時段，你認為 N-乙醯基轉換酶活性的變化是什麼？(1.5 分)

1. 從 19：00 到 23：00
2. 從 23：00 到 02：00
3. 從 02：00 到 07：00

在答案卷適當的空格處做「X」的記號

- a. 增加 b. 降低 c. 維持在對的相同狀態

III-10 在魚類、兩棲類、爬蟲類和鳥類，松果體被稱為「第 3 隻眼」，關於這最可能的解釋原因是什麼？選擇正確的答案。(1.5 分)

- a. 光能透過這些動物頭顱較薄的部位，使光能被松果體感應到
- b. 松果體非常大
- c. 松果體位於兩眼之間
- d. 從眼睛來的神經刺激直接到達松果體