

化學情境試題：蚊子殺手 DDT 的功過是非

提供者：[國科會高瞻計畫中學教學資源平台](#)

化學情境試題：蚊子殺手 DDT 的功過是非 (The Mosquito Killer, DDT) [I]

雲林縣立斗南高級中學化學科王怡惠老師
國立彰化師範大學化學系楊水平副教授責任編輯

在回答問題之前，首先請你閱讀與本試題有關的情境描述，以增加你對本試題背景知識的瞭解；然後思考問題解決的策略，並且寫下你的答案；最後用我們提供的參考答案檢查你的答案是否正確。

情境描述

DDT 是在 1874 年時，由奧地利一位大學化學系學生蔡德勒 (Othmar Zeidler) 合成，1939 年由瑞士化學家保羅·米勒 (Paul Hermann Müller) 發現 DDT 可以能迅速殺死蚊子、蝨子和農作物害蟲，而且因為具有殘留性，所以效用長久，是一種有效的接觸殺蟲劑。

第二次世界大戰即將結束時，斑疹傷寒突然出現，斑疹傷寒是由蝨子傳染。米勒後來發現 DDT 對各種昆蟲有驚人的持續作用。由於生產容易、便宜又安定，於 1942 年傳入美國並大量製造，並成功阻止一場場的斑疹傷寒。圖一為 1951 年美國第九軍團，在朝鮮戰爭期間使用滴滴涕噴霧器。



圖一 在朝鮮戰爭期間使用滴滴涕噴霧器。

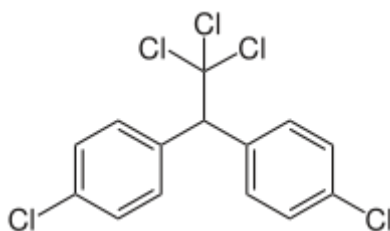
照片來源：otisarchives2, <http://www.flickr.com/photos/7438870@N04/2124122193/sizes/m/>

1948 年至 1970 年，DDT 遍及全球，拯救了約 5000 萬人的生命，但沒想到數十年後竟是生態浩劫的兇手。雖然 DDT 最初能有效抑制害蟲，但僅抑制而非滅絕，存活下來的蟲類產生抗藥性。由於 DDT 在很多不同生態系統中有持續性的負面效果，在 1973 年美國開始禁用。DDT 的分解反應為一級反應，半生期為 56 天。

當 DDT 連續施用時，會持續進入動物體內，且動物組織對 DDT 難以分解，會慢慢累積到極高濃度。食物鏈高階層的鳥類一鷹、梟、蒼鷺、白鷺及海鳥等，DDT 會引起蛋殼變薄，使鳥類孵育不易，最終瀕臨滅絕。食用漁產品也遭受嚴重污染。另外，DDT 會造成海中浮游植物光合作用急劇下降，而其正為海洋食物鏈的基礎，由此可知危害非常廣泛。

雖有部分國家迫於無奈仍在使用 DDT，但有許多危害是無法挽回或得經過一段時間才能復原。人類往往破壞大自然後，才開始懊悔，卻不知道預防勝於補救的道理，在我們享受如此方便的物質生活時，也應該尊重大自然與其他生命。下列連結的影片為白頭鷹的復甦（Recovery of the Bald Eagle），<http://www.youtube.com/watch?v=j1VEzKyF3W4>。

DDT，學名雙對氯苯基三氯乙烷，*p,p*-DDT，化學式： $(\text{ClC}_6\text{H}_4)_2\text{CH}(\text{CCl}_3)$ ，圖二為 *p,p*-DDT 的結構式。中文名稱「滴滴涕」是從英文縮寫（Dichlorodiphenyltrichloroethane，DDT）而來，此化合物為白色晶體，是一種有效的殺蟲劑。

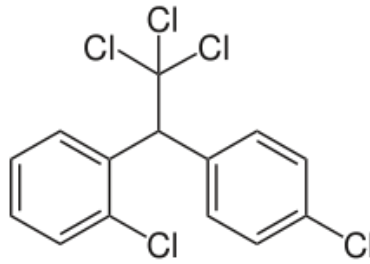


圖二 對,對-滴滴涕 (*p,p*-DDT) 的結構式

圖片來源：Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/DDT>

情境試題

1. DDT 的莫耳質量（分子量）為多少？在此分子中 C、H、Cl 原子的質量百分比為多少？（原子量：C = 12.011 g/mol，H = 1.008 g/mol，Cl = 35.453 g/mol）
2. 鄰,對-滴滴涕 (*o,p*-DDT)，為商業 DDT 的次要組成，其結構式如圖三所示：



圖三 鄰,對-滴滴涕 (*o,p*-DDT)

圖片來源：Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/DDT>

有關 DDT 的異構物，下列敘述何者正確？（多選題）

- (A) 對,對-滴滴涕與鄰,對-滴滴涕為同分異構物。
- (B) 對,對-滴滴涕與鄰,對-滴滴涕為順反異構物。
- (C) 對,對-滴滴涕與鄰,對-滴滴涕為結構異構物。
- (D) 對,對-滴滴涕與鄰,對-滴滴涕為立體異構物。
- (E) 對,對-滴滴涕與鄰,對-滴滴涕為幾何異構物。

3. 現有 DDT 被灑入湖水中，造成 DDT 濃度達 $1.13 \times 10^{-6} \text{ M}$ ，欲使其濃度降至 DDT 安全限度，即 $1.41 \times 10^{-7} \text{ M}$ （此濃度對哺乳動物為安全限度），請問：(1) DDT 衰退的反應速率常數為多少？(2) 欲達此安全限度需要多少天？

參考資料

1. 滴滴涕，維基百科，<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/DDT>。
2. DDT, Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/DDT>.
3. Bad Blood, *On Earth* (Winter 2008), <http://www.onearth.org/article/bad-blood?>.
4. Recovery of the Bald Eagle. <http://www.youtube.com/watch?v=j1VEzKyF3W4>.

化學情境試題：蚊子殺手 DDT 的功過是非 (The Mosquito Killer, DDT) [II]

雲林縣立斗南高級中學化學科王怡惠老師

國立彰化師範大學化學系楊水平副教授責任編輯

在回答問題之前，首先請你閱讀與本試題有關的情境描述，以增加你對本試題背景知識的瞭解；然後思考問題解決的策略，並且寫下你的答案；最後用我們提供的參考答案檢查你的答案是否正確。

解題策略

1. DDT 的莫耳質量（分子量）為多少？在此分子中 C、H、Cl 原子的質量百分比為多少？（原子量：C = 12.011 g/mol，H = 1.008 g/mol，Cl = 35.453 g/mol）

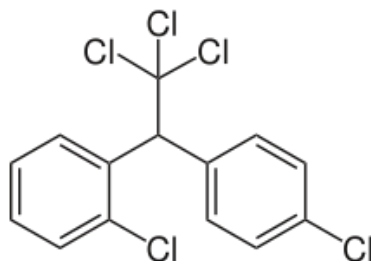
Step 1：根據「情境描述」，得知 DDT 的分子式。

Step 2：由分子式，計算分子中各原子的數量。

Step 3：知道莫耳質量為組成一分子的所有原子的原子量的總和，並計算之。

Step 4：利用各原子的質量百分比 = $\frac{1 \text{ 分子中含該原子數} \times \text{該原子量}}{\text{DDT 的分子量}} \times 100\%$ ，並計算之。

2. 鄰,對-滴滴涕 (o,p-DDT)，為商業 DDT 的次要組成，其結構式如圖三所示：



圖三 鄰,對-滴滴涕 (o,p-DDT)

有關 DDT 的異構物，下列敘述何者正確？（多選題）

- (A) 對,對-滴滴涕與鄰,對-滴滴涕為同分異構物。
- (B) 對,對-滴滴涕與鄰,對-滴滴涕為順反異構物。
- (C) 對,對-滴滴涕與鄰,對-滴滴涕為結構異構物。
- (D) 對,對-滴滴涕與鄰,對-滴滴涕為立體異構物。
- (E) 對,對-滴滴涕與鄰,對-滴滴涕為幾何異構物。

Step 1：瞭解各種異構物的定義。

Step 1：區分對,對-滴滴涕與鄰,對-滴滴涕屬於何種異構物。

3. 現有 DDT 被灑入湖水中，造成 DDT 濃度達 $1.13 \times 10^{-6} \text{ M}$ ，欲使其濃度降至安全限度，

即 $1.41 \times 10^{-7} \text{ M}$ (此濃度對哺乳動物為安全限度)，請問：(1) DDT 衰退的反應速率常數為多少？(2) 欲達此安全限度需要多少天？

Step 1：知道一級反應速率定律式。

Step 2：知道半衰期 ($t_{1/2}$) 的定義。

Step 3：利用一級反應速率定律式和半衰期，推導反應速率常數與半衰期。

Step 4：利用半衰期，計算反應速率常數。

Step 5：利用衰退濃度與時間的關係式 $\frac{[A]}{[A_0]} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{t_{1/2}}}$ ，並根據「情境描述」，得知半衰期。

Step 6：代入 DDT 的起始濃度和安全限度濃度於關係式中，計算安全限度需要的天數。

化學情境試題：蚊子殺手 DDT 的功過是非 (The Mosquito Killer, DDT) [III]

雲林縣立斗南高級中學化學科王怡惠老師

國立彰化師範大學化學系楊水平副教授責任編輯

在回答問題之前，首先請你閱讀與本試題有關的情境描述，以增加你對本試題背景知識的瞭解；然後思考問題解決的策略，並且寫下你的答案；最後用我們提供的參考答案檢查你的答案是否正確。

參考答案

1. 答案：DDT 分子量為 354.491 g/mol；DDT 中各原子的質量百分比為 C 佔 47.435%、H 佔 2.559% 和 Cl 佔 50.006%。

Step 1：根據「情境描述」，得知 DDT 的分子式為 $(\text{ClC}_6\text{H}_4)_2\text{CH}(\text{CCl}_3)$ 。

Step 2：1 分子 DDT 中含有 14 個碳原子、9 個氫原子及 5 個氯原子。

Step 3：DDT 分子量 = $14 \times 12.011 \text{ g/mol} + 9 \times 1.008 \text{ g/mol} + 5 \times 35.453 \text{ g/mol}$
= 354.491 g/mol

Step 4：DDT 中 C 原子之質量百分比 = $\frac{14 \times 12.011 \text{ g/mol}}{354.491 \text{ g/mol}} \times 100\% = 47.435\%$

H 原子的質量百分比 = $\frac{9 \times 1.008 \text{ g/mol}}{354.491 \text{ g/mol}} \times 100\% = 2.559\%$

Cl 原子的質量百分比 = $\frac{5 \times 35.453 \text{ g/mol}}{354.491 \text{ g/mol}} \times 100\% = 50.006\%$

2. 答案：選項(A)和(C)。

Step 1：各種異構物的定義如下所述：

- 同分異構物：分子式相同，結構式不同者，又可分為結構異構物與立體異構物。
- 順反異構物為分子式相同，但在雙鍵上的幾何排列不同，這些分子是幾何異構物的其中之一種。
- 結構異構物是有相同的分子式，但有原子鍵結以不同的順序在一起，但不是立體異構物。
- 立體異構物是同分異構體分子具有相同的分子式和相同的鍵結原子的順序，但不同僅僅在三維方向的原子在空間，又稱幾何異構物。

Step 2：根據上面的定義，對,對-滴滴涕與鄰,對-滴滴涕屬於同分異構物和結構異構物；不屬於順反異構物、立體異構物和幾何異構物。
故選項(A)和(C)為正確。

3. 答案： $k = 0.0124 \text{ 天}^{-1}$ ； $t = 168 \text{ 天}$ 。

Step 1：一級反應速率定律式： $\ln[A] = -kt + \ln[A]_0$ 。

Step 2：半衰期 ($t_{1/2}$)：反應物變成原來初濃度的一半所需要的時間。

Step 3：利用一級反應速率定律式和半衰期，推導反應速率常數與半衰期的關係。

$$\ln(0.5[A]_0) = -kt_{1/2} + \ln[A]_0$$

$$t_{1/2} = \{\ln[A]_0 - \ln(0.5[A]_0)\}/k$$

$$t_{1/2} = \ln 2/k = 0.693/k$$

$$k = \ln 2/t_{1/2} = 0.693/t_{1/2}$$

Step 4：根據情境描述，得知 DDT 衰退的半衰期為 56 天，因此

$$t_{1/2} = \ln 2/k = 0.693/k$$

$$56 \text{ 天} = 0.693/k$$

$$k = 0.0124 \text{ (天}^{-1}\text{)}$$

Step 5：每經過 56 天，DDT 濃度會減半。

$$\frac{[A]}{[A]_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{56}}$$

$$\text{Step 6: } \frac{1.13 \times 10^{-6} \text{ M}}{1.41 \times 10^{-7} \text{ M}} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{56}}$$

$$8 = 2^3 = 2^{t/56}$$

$$t/56 = 3$$

$$t = 168 \text{ (天)}$$