

化學情境試題：香豆素知多少

提供者：[國科會高瞻計畫中學教學資源平台](#)

化學情境試題：香豆素知多少 (Something about the Coumarin) [I]

國立彰化女子高級中學化學科鄭茜如老師

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

一家知名連鎖紅茶店，被某週刊報導，其紅茶冰原料的茶葉包中被檢驗出含香豆素 (coumarin) 190 ppm；後來台中縣衛生局公布檢驗其紅茶湯（紅茶冰）發現含香豆素 3~5 ppm，超過標準值，被勒令回收銷毀，並開罰 4 萬元。圖一為含有香豆素的咖啡紅茶葉。



圖一 含有香豆素的咖啡紅茶葉

圖片來源：台中縣衛生局

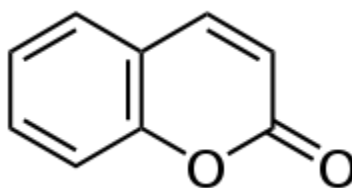
香豆素的分子最早在香豆 (tonka bean) 中被發現，是一種植物中常見的香味分子，包括薰衣草、草莓、櫻桃等，都含有香豆素。此淡淡的芳香味道，讓人想到剛剪下來的青草香、甘草香和香草香。圖二為香豆的照片，最早香豆素就是在這裡找到的。美國家常菜在烹飪食品中加入肉桂粉，肉桂粉中即含有香豆素的成分。



圖二 香豆

圖片來源：Tonka_bean, http://en.wikipedia.org/wiki/Tonka_bean

經過化學合成或自植物萃取，可以得到香豆素，在化妝品工業上，可作為香料，添加在化妝品或香水中；在醫學上，則作為抗凝血劑使用。圖三即為香豆素的結構式。



圖三 香豆素的結構式

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

根據德國聯邦風險評估研究所實驗數據顯示，香豆素之人體每日容許攝取量為 0.1 mg/公斤體重。目前經動物實驗，被證實具有致癌性，因此有些國家訂定攝取的安全劑量。我國衛生署規定食品不得人為添加香豆素。若使用天然香料（如肉桂），而導致食品中含有香豆素，則含量不得超過標準值 2 ppm。在美國於 1978 年香豆素被禁止作為食品添加劑。

情境試題

- 根據「情境描述」提供的結構式，以及已知原子量：C = 12.011 g/mol，H = 1.008 g/mol，Cl = 35.453 g/mol，
 - 寫出香豆素的分子式。
 - 計算香豆素的分子量。
- 根據「情境描述」提供的結構式，香豆素的分子間存在哪些作用力？（多選題）
(A)氫鍵 (B)偶極-偶極力 (C)偶極-誘導偶極力 (D)倫敦分散力 (E)凡得瓦力。

3. 關於香豆素結構的敘述，下列何者正確？（多選題）
- (A)香豆素分子無法證實會造成人類的癌症，故衛生署並無管制。
 - (B)香豆素分子難溶於水。
 - (C)香豆素分子是一種抗凝血劑。
 - (D)人工合成的香豆素與天然的香豆素的結構式不同。
 - (E)香豆素具有香味，是食品、化妝品、日用品中常見的香料分子。
4. 請根據下面的敘述，寫出完整的反應式，反應物和產物以結構式表示。
- (1) 香豆素在熱的稀鹼液（如氫氧化鈉溶液）中加熱時，其內酯環（lactone，即環狀的酯）可緩慢水解開裂，生成順式鄰羥基肉桂酸鹽（*cis-o*-hydrocinnamate）。
 - (2) 香豆素在酸性環境下，首先生成極不穩定的順式鄰羥基肉桂酸，然後環化重新生成香豆素。
 - (3) 香豆素在室溫下與溴的四氯化碳溶液作用，進行溴化反應。
 - (4) 香豆素在鈀碳（palladium on carbon, Pd/C）催化下，進行氫化反應。
5. 根據「情境描述」，回答下面問題：
- (1) 依照台中縣衛生局的檢驗結果，1 公升重量杯的此紅茶冰含有多少 mg 的香豆素？
 - (2) 承上題，依照德國聯邦風險評估研究所實驗數據每日容許攝取量，體重 60 kg 的成年人每日最多可以喝幾杯此紅茶冰？
 - (3) 依照某週刊的報導，每包 600.克的此紅茶包約含有多少 mg 的香豆素？

參考資料（擷取日期：2010 年 7 月）

- 1. 香豆素，維基百科，<http://zh.wikipedia.org/zh/香豆素>。
- 2. Coumarin, Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Coumarin>.
- 3. 認識香豆素，藥物食品安全週報，http://www.fda.gov.tw/files/publish_other/藥物食品第253期.pdf。
- 4. 驗出致癌物 Y好孀紅茶全面回收，http://tw.nextmedia.com/applenews/article/art_id/32627448/IssueID/20100701。
- 5. 紅茶冰香豆素超標 罰 4 萬銷毀，<http://news.sina.com.tw/article/20100710/3474586.html>。

化學情境試題：香豆素知多少 (Something about the Coumarin) [II]

國立彰化女子高級中學化學科鄭茜如老師

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. 根據「情境描述」提供的結構式，以及已知原子量： $C = 12.011 \text{ g/mol}$ ， $H = 1.008 \text{ g/mol}$ ， $Cl = 35.453 \text{ g/mol}$ ，
 - (3) 寫出香豆素的分子式。
 - (4) 計算香豆素的分子量。

Step 1：觀察香豆素的結構式，此結構式中省略了 C 及 H，補上後畫出完整的結構式。

Step 2：觀察結構式中有哪些原子，並計算各原子的數目後，然後寫出分子式。

Step 3：香豆素的分子量 = [碳原子量 × 分子中碳個數] + [氫原子量 × 分子中氫個數] + [氧原子量 × 分子中氧個數]

2. 根據「情境描述」提供的結構式，香豆素的分子間存在哪些作用力？（多選題）
(A) 氫鍵 (B) 偶極-偶極力 (C) 偶極-誘導偶極力 (D) 倫敦分散力 (E) 凡得瓦力。

Step 1：瞭解選項中之各種作用力的意義。

Step 2：判斷香豆素的極性有無。

Step 3：判斷香豆素中分子間的作用力。

Step 4：綜合上面，判斷各選項正確與否。

3. 關於香豆素結構的敘述，下列何者正確？（多選題）
(A) 香豆素分子無法證實會造成人類的癌症，故衛生署並無管制。
(B) 香豆素分子難溶於水。
(C) 香豆素分子是一種抗凝血劑。
(D) 人工合成的香豆素與天然的香豆素的結構式不同。
(E) 香豆素具有香味，是食品、化妝品、日用品中常見的香料分子。

Step 1：根據「情境描述」，得知衛生法規，判斷選項(A)的敘述是否正確。

Step 2：利用香豆素的結構式，得知香豆素的水溶性大小，判斷選項(B)的敘述是否正確。

Step 3：根據「情境描述」，得知香豆素的醫學用途，判斷(C)選項的敘述是否正確。

Step 4：根據化學的知識，判斷(D)選項的敘述是否正確。

Step 5：根據「情境描述」，得知香豆素的用途，判斷(E)選項的敘述是否正確。

Step 6：綜合上面，判斷各選項正確與否。

4. 請根據下面的敘述，寫出完整的反應式，反應物和產物以結構式表示。

- (1) 香豆素在熱的稀鹼液（如氫氧化鈉溶液）中加熱時，其內酯環（lactone，即環狀的酯）可緩慢水解開裂，生成順式鄰羥基肉桂酸鹽（*cis-o*-hydrocinnamate）。
- (2) 香豆素在酸性環境下，首先生成極不穩定的順式鄰羥基肉桂酸，然後環化重新生成香豆素。
- (3) 香豆素在室溫下與溴的四氯化碳溶液作用，進行溴化反應。
- (4) 香豆素在鈀碳（palladium on carbon, Pd/C）催化下，進行氫化反應。

Step 1：觀察香豆素分子的結構式中含有何種有機化合物的分類。

Step 2：知道酯類在鹼性條件下進行皂化反應，生成有機羧酸鹽和醇類。

Step 3：知道酯類在酸性環境下進水解反應，首先生成有機羧酸和醇類，然後重新生成酯類。

Step 4：知道在室溫下，Br₂ 與烯類和炔類進行加成反應。

Step 5：知道在 Pt 或 Ni 的催化下，H₂ 與烯類和炔類進行加成反應。

5. 根據「情境描述」，回答下面問題：

- (1) 依照台中縣衛生局的檢驗結果，1 公升重量杯的此紅茶冰含有多少 mg 的香豆素？
- (2) 承上題，依照德國聯邦風險評估研究所實驗數據每日容許攝取量，體重 60 kg 的成年人每日最多可以喝幾杯此紅茶冰？
- (3) 依照某週刊的報導，每包 600.克的此紅茶包約含有多少 mg 的香豆素？

(1) 1 公升重量杯的此紅茶冰含有多少 mg 的香豆素？

Step 1：根據「情境描述」，得知香豆素在紅茶冰中的濃度。

Step 2：1 公升重量杯的此紅茶冰之香豆素含量 (mg)

$$= \text{香豆素在紅茶冰中的濃度 (ppm)} \times \text{茶包重 (kg)}。$$

(2) 體重 60 kg 的成年人每日最多可以喝幾杯此紅茶冰？

Step 1：根據「情境描述」的德國聯邦風險評估，得知香豆素的每日容許攝取量。

Step 2：計算體重 60 kg 的每日容許攝取量 (mg)

$$= \text{體重 (kg)} \times \text{每日容許攝取量 (0.1 mg/kg 體重)}。$$

Step 3：一位體重 60 kg 的成年人每日最多可以喝此紅茶冰的杯數

$$= \text{每日容許攝取量 (mg)} / \text{1 公升重量杯的此紅茶冰之香豆素含量 (mg)}$$

(3) 每包 600 克的此紅茶包約含有多少 mg 的香豆素？

Step 1：根據「情境描述」，得知香豆素在此紅茶包中的濃度。

Step 2：600.克的此紅茶包之香豆素含量 (mg)

$$= \text{香豆素在茶包中的濃度 (ppm)} \times \text{茶包重(kg)}$$

化學情境試題：香豆素知多少 (Something about the Coumarin) [III]

國立彰化女子高級中學化學科鄭茜如老師

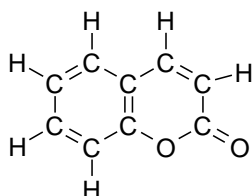
國立彰化師範大學化學系楊水平副教授責任編輯

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：香豆素的分子式為 $C_9H_6O_2$ ，其分子量為 185.053 g/mol。

Step 1：補上 C 及 H 後，畫出香豆素的完整結構式如下所示：



Step 2：香豆素的結構有 C、H、O 三種原子；其中，C 原子有 9 個、H 原子有 6 個、O 原子有 2 個。故得其分子式為 $C_9H_6O_2$ 。

Step 3：香豆素的分子量 = $[12.011 \text{ g/mol} \times 9] + [1.008 \text{ g/mol} \times 6] + [35.453 \text{ g/mol} \times 2] = 185.053 \text{ g/mol}$

2. 答：選項(B)和(E)為正確。

Step 1：各種作用力的定義如下：

氫鍵：一種永久偶極之間的作用力，通常氫鍵發生在氫原子兩邊的原子都是電負性較強的原子。

偶極-偶極力：極性分子與極性分子間的吸引力（因永久電偶極存在），藉由分子的部份正負電荷發生微弱的吸引力。

偶極-誘導偶極力：極性分子與非極性分子間之吸引力。其中非極性分子受極性分子的誘導而產生極性，二者可互相吸引。

倫敦分散力：又稱為誘導偶極-誘導偶極力，非極性分子與非極性分子間之吸引力，藉由非極性分子之瞬間極化而互相吸引。

凡得瓦力：為一種分子間作用力，包括偶極偶極力、偶極誘導偶極力及倫敦分散力三種。

Step 2：香豆素是一種極性分子，具有極性。

Step 3：由於香豆素是一種極性分子，故分子與分子之間應具有偶極-偶極力，且偶極-偶極力為凡得瓦力的一種，故亦具有凡得瓦力。

Step 4：故選項(B)和(E)為正確。

3. 答：選項(B)、(C)和(E)為正確。

Step 1：根據「情境描述」，衛生署規定不可人為添加香豆素，若加入含有香豆素之天然香料，則不可超過 2 ppm。故選項(A)錯誤。

Step 2：香豆素為一有機化合物而且無親水基，故水溶性差。故選項(B)正確。

Step 3：根據「情境描述」，香豆素分子為醫學上常見的抗凝血劑藥物。故選項(C)正確。

Step 4：人工合成的香豆素與天然的香豆素為同一分子，其結構式相同。故選項(D)錯誤。

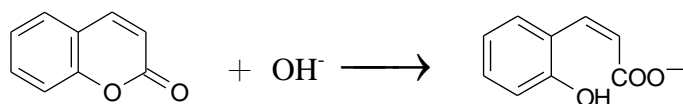
Step 5：根據「情境描述」，香豆素具有青草香，是常見的香料分子。故選項(E)正確。

Step 6：故選項(B)、(C)和(E)為正確。

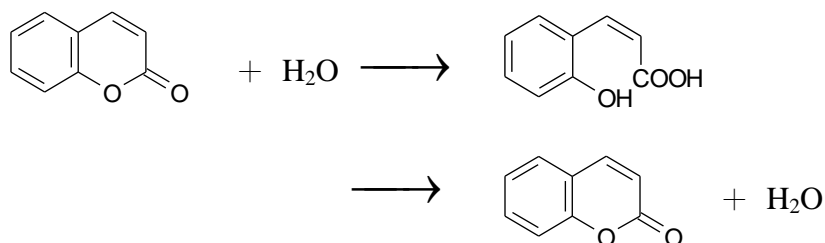
4. 答：(1) 如 step 2 所示，(2) 如 step 3 所示，(3) 如 step 4 所示，(4) 如 step 5 所示。

Step 1：由結構式和題意得知，香豆素分子含屬於酯類和烯類。

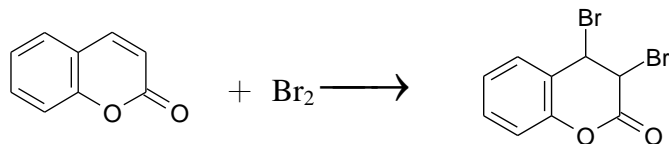
Step 2：香豆素（酯類）在鹼性條件下進行皂化反應，生成有機羧酸鹽和醇類。



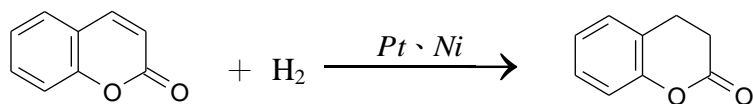
Step 3：香豆素（酯類）在酸性環境下進水解反應，首先生成有機羧酸和醇類，然後重新生成酯類。



Step 4：在室溫下，Br₂ 與香豆素（烯類和炔類）進行加成反應。



Step 5：在 Pt 或 Ni 的催化下，H₂ 與香豆素（烯類和炔類）進行加成反應。



5. 答：(1) 3~5 mg，(2) 2 杯，(3) 110 mg。

(1) 一公升重量杯的此紅茶冰含有多少 mg 的香豆素？

Step 1 : 1 公升重量杯的紅茶冰中的香豆素含量介於 3~5 ppm。

Step 2 : 1 公斤的此紅茶包之香豆素含量 (mg)
 $= 3\sim 5 \text{ ppm} \times 1 \text{ L} = 3\sim 5 \text{ mg/L} \times 1 \text{ L} = 3\sim 5 \text{ mg}$ 。

(2) 體重 60 kg 的成年人一天最多可以喝幾杯此紅茶冰？

Step 1 : 人體每日容許攝取量為 0.1 mg/公斤體重。

Step 2 : 60 kg 的成年人每日容許攝取量 $= 60 \text{ kg} \times 0.1 \text{ mg/kg} = 6 \text{ mg}$ 。

Step 3 : 一位體重 60 kg 的成年人每日最多喝此紅茶冰的杯數
 $= 6 \text{ mg} / (3\sim 5 \text{ mg}) = 1.2\sim 2$ 杯 (最多可以喝此紅茶冰 2 杯)

(3) 每包 600.克的此紅茶包約含有多少 mg 的香豆素？

Step 1 : 此紅茶包被檢驗出含香豆素 190 ppm。

Step 2 : 600.克的此紅茶包之香豆素含量
 $= 190 \text{ ppm} \times \frac{600 \text{ g}}{1000 \text{ g/kg}} = 190 \text{ mg/kg} \times \frac{600 \text{ g}}{1000 \text{ g/kg}} = 110 \text{ mg}$