

化學情境試題：視覺的分子—維生素 A

提供者：[國科會高瞻計畫中學教學資源平台](#)

化學情境試題：視覺的分子—維生素 A (Vitamin A That Promotes Good Vision) [I]

國立彰化女子高級中學化學科張文平老師

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

維生素 A 又稱維他命 A，它並非單一的一種化合物，而是有許多不同的型態。在動物中通常是以醇類方式存在，稱作視黃醇 (retinol)。維生素 A 是眼睛的視網膜所需要的維生素，視黃醛 (retinal) 是眼睛內的一種代謝產物，它是吸收光的分子，此分子對為暗覺和色覺是絕對必要的。維生素 A 也有不同的功能，視黃酸 (retinoic acid) 是對上皮細胞和其他細胞的一個重要的類激素生長因子。

含有維生素 A 的食物有魚肝油、肝臟類、胡蘿蔔、綠黃色蔬菜、牛乳、乳製品、奶油、黃色水果，其中以魚肝油的含量最為豐富。天然的維生素 A 由魚肝油提取，海洋魚類肝臟可提取視黃醇。為方便攝取維生素 A，通常魚肝油保存在明膠膠囊中，圖一為來自鱈魚肝臟的魚肝油膠囊。



圖一 魚肝油膠囊

照片來源：Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Cod_liver_oil

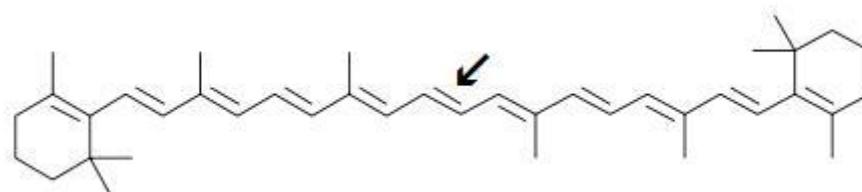
在中國傳統中醫裡，早在唐朝太宗年間，孫思邈就在《備急千金要方》中記載了用草藥配合羊肝來治療夜盲症的藥方。到了 17 世紀，西方醫生也鼓勵病人多食用肝臟來治療夜盲症。1831 年，科學家從植物的黃色葉中提取 β -胡蘿蔔素，它在肝臟中可以轉變成維生素 A。胡蘿蔔素（Carotene）使胡蘿蔔與許多蔬菜和水果具有紅色、橙色或黃色，如圖二所示。



圖二 含有豐富胡蘿蔔素的胡蘿蔔

照片來源：維基百科，<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/胡蘿蔔素>

胡蘿蔔素是一種橙色的光合色素，在光合作用中扮演傳遞能量的角色。胡蘿蔔素最主要的兩種結構是 α -胡蘿蔔素與 β -胡蘿蔔素， β -胡蘿蔔素是視黃醇的二聚物。 β -胡蘿蔔素在肝臟中可以轉變成視黃醇。圖三為 β -胡蘿蔔素的結構式，箭頭所指的鍵結為酵素斷鍵的位置，並且在斷鍵之處形成醇基。



圖三 β -胡蘿蔔素的結構式

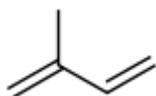
圖片來源：維基百科，<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/胡蘿蔔素>

情境試題

1. 經元素分析得知，視黃醇分子各原子的質量百分比分別為 83.86% 的碳、10.56% 的氫及 5.58% 的氧。已知視黃醇的分子量為 286.46 g/mol，試求視黃醇的分子式。
2. 14-18 歲男性每日維生素 A 建議攝取量（Recommended Dietary Allowances, RDA）為 900 μg ，女性為 700 μg 。此年齡的男性和女性的每日攝取維生素 A 的上限量（Adequate Intakes,

AI) 均為 2800 μg 。請問：這些攝取量和上限量各含有多少莫耳維生素 A？（以視黃醇當作維生素 A）

3. 維生素 A 存在於許多天然食品，雞肝的含量百分比高出雞蛋甚多。每 100 g 的雞肝含有維生素 A 6500 μg ，雞蛋則含有 140 μg 。已知一個雞肝和雞蛋平均重分別為 20 g 和 52 g。請問：14-18 歲女性每日分別攝取多少 g 的雞肝和雞蛋才足夠維生素 A 建議攝取量？分別攝取多少個雞肝和雞蛋才足夠維生素 A 建議攝取量？（以視黃醇當作維生素 A）
4. 視黃醇可以由 β -胡蘿蔔素在肝臟中轉變成。視黃醛是視黃醇的氧化物，視黃醛氧化得到視黃酸。根據相關情境描述，試畫出視黃醇、視黃醛和視黃酸的結構式，並求得視黃醛和視黃酸的分子式。
5. 異戊二烯（Isoprene），是一種共軛二烯烴，分子式為 C_5H_8 ，其結構式如圖四所示。萜類的天然物是以二個或以上的異戊二烯單體所構成的，視黃醇和 β -胡蘿蔔素均屬於萜類。請問：視黃醇和 β -胡蘿蔔素分別由多少個異戊二烯單體所構成？請在它們的結構式中以線段標示異戊二烯單體之間鍵結被切斷的位置。



圖四 異戊二烯的結構式

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

參考資料（以下網頁擷取日期：2010 年 3 月）

1. 維生素 A，維基百科，[http://zh.wikipedia.org/zh-tw/維生素 A](http://zh.wikipedia.org/zh-tw/維生素A)。
2. Vitamin A, Wikipedia, [http://en.wikipedia.org/wiki/Vitamin A](http://en.wikipedia.org/wiki/Vitamin_A).
3. Retinol, Wikipedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Retinol>.
4. 視黃醇，維基百科，<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/視黃醇>。
5. 胡蘿蔔素，維基百科，<http://zh.wikipedia.org/zh-tw/胡蘿蔔素>。
6. chicken liver, <http://www.answers.com/topic/chicken-liver>.
7. Egg (food), [http://en.wikipedia.org/wiki/Egg \(food\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Egg_(food)).

化學情境試題：視覺的分子—維生素 A (Vitamin A That Promotes Good Vision) [II]

國立彰化女子高級中學化學科張文平老師

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. 經元素分析得知，視黃醇分子各原子的質量百分比分別為 83.86% 的碳、10.56% 的氫及 5.58% 的氧。已知視黃醇的分子量為 286.46 g/mol，試求視黃醇的分子式。

Step 1: 利用各原子的質量百分比與原子量比值，求視黃醇的實驗式及實驗式量。

Step 2: 利用視黃醇分子量與實驗式量的比值，求其分子式。

2. 14-18 歲男性每日維生素 A 建議攝取量 (Recommended Dietary Allowances, RDA) 為 900 μg ，女性為 700 μg 。此年齡的男性和女性的每日攝取維生素 A 的上限量 (Adequate Intakes, AI) 均為 2800 μg 。請問：這些攝取量和上限量各含有多少莫耳維生素 A？(以視黃醇當作維生素 A)

Step 1: 先瞭解質量 μg 與 g 關係。

Step 2: 再由質量與分子量比值求莫耳數。

3. 維生素 A 存在於許多天然食品，雞肝的含量百分比高出雞蛋甚多。每 100 g 的雞肝含有維生素 A 6500 μg ，雞蛋則含有 140 μg 。已知一個雞肝和雞蛋平均重分別為 20 g 和 52 g。請問：14-18 歲女性每日分別攝取多少 g 的雞肝和雞蛋才足夠維生素 A 建議攝取量？分別攝取多少個雞肝和雞蛋才足夠維生素 A 建議攝取量？(以視黃醇當作維生素 A)

Step 1: 先知道 14-18 歲女性每日維生素 A 建議攝取量。

Step 2: 再由雞肝與雞蛋每 100 g 維生素 A 的含量，求各所需質量。

Step 3: 進而由雞肝與雞蛋每個平均重換算所需的數量。

4. 視黃醇可以由 β -胡蘿蔔素在肝臟中轉變成。視黃醛是視黃醇的氧化物，視黃醛氧化得到視黃酸。根據相關情境描述，試畫出視黃醇、視黃醛和視黃酸的結構式，並求得視黃醛和視黃酸的分子式。

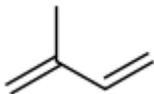
Step 1: 由相關情境描述，可以畫出視黃醇的結構式。

Step 2: 知道視黃醇的結構式而且一級醇氧化得到醛類，氧化得到酸類，因此可以畫出視

黃醛和視黃酸的結構式。

Step 3: 由視黃醛和視黃酸的結構式推知分子式，或由第 1 題的答案推知它們的分子式。

5. 異戊二烯 (Isoprene)，是一種共軛二烯烴，分子式為 C_5H_8 ，其結構式如圖四所示。萜類的天然物是以二個或以上的異戊二烯單體所構成的，視黃醇和 β -胡蘿蔔素均屬於萜類。請問：視黃醇和 β -胡蘿蔔素分別由多少個異戊二烯單體所構成？請在它們的結構式中以線段標示異戊二烯單體之間鍵結被切斷的位置。



圖四 異戊二烯的結構式

Step 1: 以每 5 個 C 視為一個異戊二烯單體加以區分。

Step 2: 由結構式得知，一個異戊二烯分子由 4 個 C 構成主鏈，而且第 2 個 C 上有甲基。

Step 3: 找出合乎上述二條件者。

化學情境試題：視覺的分子—維生素 A (Vitamin A That Promotes Good Vision) [III]

國立彰化女子高級中學化學科張文平老師

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：視黃醇的分子式為 $C_{20}H_{30}O$ 。

Step 1: 假設有 100. g 視黃醇，那麼 C : H : O 分別含有 3.86 g、10.56 g 及 5.58 g。

$$\begin{aligned} \text{C : H : O 原子數比} &= \frac{3.86 \text{ g}}{12.01 \text{ g/mol}} : \frac{10.56 \text{ g}}{1.008 \text{ g/mol}} : \frac{5.58 \text{ g}}{16.01 \text{ g/mol}} \\ &= 6.982 \text{ mol} : 10.48 \text{ mol} : 0.348 \text{ mol} \\ &= 20.06 \text{ mol} : 30.11 \text{ mol} : 1.00 \text{ mol} \\ &= 20 \text{ mol} : 30 \text{ mol} : 1 \text{ mol} \end{aligned}$$

故視黃醇實驗式為 $C_{20}H_{30}O$

$$\begin{aligned} \text{視黃醇實驗式量} &= 20 \times 12.01 \text{ g/mol} + 30 \times 1.008 \text{ g/mol} + 1 \times 16.0 \text{ g/mol} \\ &= 286.44 \text{ g/mol} \end{aligned}$$

Step 2: 已知視黃醇分子量 = 286.46 g/mol，而且其實驗式量與分子量約相等，因此，得視黃醇分子式 = 視黃醇實驗式 = $C_{20}H_{30}O$

2. 答案：14-18 歲男性每日維生素 A 建議攝取量 3×10^{-6} mol，女性則為 2×10^{-6} mol；男性和女性的上限量均為 10×10^{-6} mol。

Step 1: $1 \mu\text{g} = 10^{-6} \text{ g}$ 。

Step 2: (1) 14-18 歲男性每日維生素 A 建議攝取量為 900 μg ，

$$\text{視黃醇莫耳數 (維生素 A 莫耳數)} = \frac{900 \mu\text{g} \times 0.000001 \text{ g}/\mu\text{g}}{286.46 \text{ g/mol}} = 3 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

(2) 14-18 歲女性每日維生素 A 建議攝取量為 700 μg ，

$$\text{視黃醇莫耳數 (維生素 A 莫耳數)} = \frac{700 \mu\text{g} \times 0.000001 \text{ g}/\mu\text{g}}{286.46 \text{ g/mol}} = 2 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

(3) 14-18 歲每日維生素 A 上限量為 2800 μg ，

$$\text{視黃醇莫耳數 (維生素 A 莫耳數)} = \frac{2800 \mu\text{g} \times 0.000001 \text{ g}/\mu\text{g}}{286.46 \text{ g/mol}} = 10 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

3. 答案：14-18 歲女性每日分別攝取雞肝 10 g 和雞蛋 500 g 才足夠維生素 A 建議攝取量。每

日分別攝取雞肝 0.5 個和雞蛋 10 個才足夠維生素 A 建議攝取量。(註：飲食應該營養均衡，不應該只攝取雞肝或雞蛋當作維生素 A 的來源，應攝取多樣食物。)

Step 1: 14-18 歲女性每日攝取維生素 A 建議攝取量為 700 μg 。

Step 2: (1) 雞肝每 100 g 的維生素 A 含量為 6500 μg ，

$$\text{每日攝取維生素 A 建議攝取量所需雞肝的質量} = \frac{700 \mu\text{g} \times 100 \text{g}}{6500 \mu\text{g}} = 10 \text{g}$$

(2) 雞蛋每 100 g 維生素 A 的含量為 140 μg ，

$$\text{每日攝取維生素 A 建議攝取量所需雞蛋的質量} = \frac{700 \mu\text{g} \times 100 \text{g}}{140 \mu\text{g}} = 500 \text{g}$$

Step 3: (1) 雞肝每個平均重為 20 g，

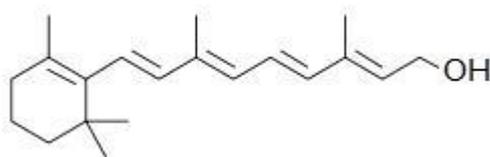
$$\text{所需雞肝數量} = \frac{10 \text{g}}{20 \text{g/個}} = 0.5 \text{個}$$

(2) 雞蛋每個平均重為 52 g，

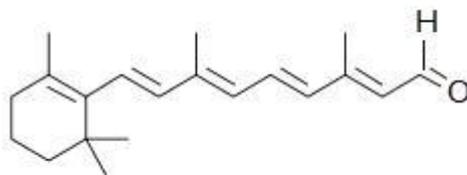
$$\text{所需雞蛋數量} = \frac{500 \text{g}}{52 \text{g/個}} = 10 \text{個}$$

4. 答案：視黃醇、視黃醛和視黃酸的結構式如下圖所示；視黃醛和視黃酸的的分子式分別為 $\text{C}_{20}\text{H}_{28}\text{O}$ 和 $\text{C}_{20}\text{H}_{28}\text{O}_2$ 。

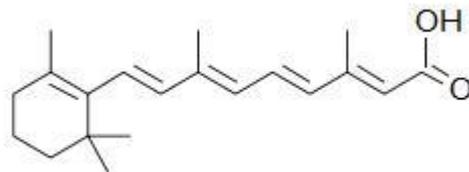
Step 1: 由相關情境描述得知，「在圖三的 β -胡蘿蔔素的結構式，箭頭所指的鍵結為酵素斷鍵的位置，並且在斷鍵之處形成醇基」，因此可以推知視黃醇的結構式為：



Step 2: 視黃醇為一級醇氧化得醛類，因此視黃醛的結構式為：



視黃醇（或視黃醛）氧化得酸類，因此視黃酸的結構式為：



Step 3: 由視黃醛和視黃酸的結構式推知分子式，或由第 1 題的答案推知它們的分子式。

《方式一：由結構式得知分子式》

由上面視黃醛的結構式得知，其分子是由 20 個 C、28 個 H 和 1 個 O 所組成的，因此視黃醛的分子式為 $C_{20}H_{28}O$ 。

由上面視黃酸的結構式得知，其分子是由 20 個 C、28 個 H 和 2 個 O 所組成的，因此視黃酸的分子式為 $C_{20}H_{28}O_2$ 。

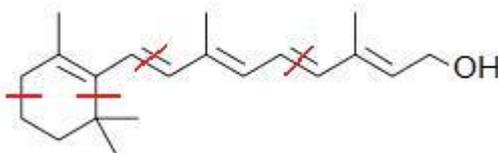
《方式二：由第 1 題的答案推知分子式》

由於視黃醇的分子式為 $C_{20}H_{30}O$ ，而且一級醇基變成醛基會少 2 個 H，因此視黃醛的分子式為 $C_{20}H_{28}O$ 。

由於視黃醛的分子式為 $C_{20}H_{28}O$ ，而且醇基變成醇基會多 1 個 O，因此視黃酸的分子式為 $C_{20}H_{28}O_2$ 。

5. 答案：視黃醇和 β -胡蘿蔔素分別由 4 個和 8 個異戊二烯單體所構成。

Steps 1-3: 在視黃醇分子中，以紅色線段方式切斷異戊二烯單體之間鍵結的位置：



Steps 1-3: 在 β -胡蘿蔔素分子中，以紅色線段方式切斷異戊二烯單體之間鍵結的位置：

