

當代化學問題詳解

contemporary chemistry

JOHN E. HEARST

University of California, Berkeley

JAMES B. HFT

University of Redlands



曉園出版社

前 言

研習理工的同學，都有一種認識，那就是：一本書的習題往往是該書的精華所在，藉着習題的印證，才能對書中的原理原則澈底的吸收與瞭解。

有鑒於此，曉園出版社特地聘請了許多在本科上具有相當研究與成就的人士，精心出版了一系列的題解叢書，為各該科目的研習，作一番介紹與鋪路的工作。

一個問題的解答方法，常因思惟的角度而異。曉園題解叢書，毫無疑問的都是經過一番精微的思考與分析而得。其目的在提供對各該科目研讀時的參考與比較；而對於一般的自修者，則有啓發與提示的作用。希望讀者能藉着這一系列題解叢書的幫助，而在本身的學問進程上有更上層樓的成就。

當代化學習題詳解

目 錄

第二章	物質的基本性質	1
第三章	元素的週期性質	19
第四章	化學鍵	26
第五章	分子性質	41
第六章	物質三態	52
第七章	化學熱力學	64
第八章	化學動力論	79
第九章	化學平衡	94
第十章	氧化還原反應	131
第十一章	生物化學	148

第二章

物质的基本性质

1. 放射性同位素常用在醫藥上，例如： ^{131}I 治療甲狀腺腫和甲狀腺癌， ^{32}P 治療骨癌和 ^{60}Co 治療癌症。對每一個同位素寫出質量數，質子數，中子數和電子數（參考 CRC Handbook of Chemistry and Physics）

解： $^{131}\text{I} \rightarrow$ 質量數 131，質子數 53，中子數 78，電子數 53

$^{32}\text{P} \rightarrow$ 質量數 32，質子數 15，中子數 17，電子數 15

$^{60}\text{Co} \rightarrow$ 質量數 60，質子數 27，中子數 33，電子數 27

2. 鋰的同位素在自然界以 ^6Li 和 ^7Li 存在，各別的质量為 6.015 和 7.016。自然鋰的原子量為 6.939。試求 ^6Li 和 ^7Li 的相對含量。

解：設 ^6Li 含量 x ，則 ^7Li 含量為 $(1-x)$

$$6.015x + 7.016(1-x) = 6.939$$

$$x = 0.0769$$

$$1-x = 0.9231$$

$$\frac{^6\text{Li}}{^7\text{Li}} = \frac{0.0769}{0.9231} = 0.0833$$

(1.2)

3. 当高压放电通过一个装有氙气的玻璃管, 放出显著橘红色的光, 一般广告可见; 假如一个大灯内含有不 20g 的氙, 问此大灯内含有多少氙原子?

解:
$$\frac{20.20}{20.18} \times 6.02 \times 10^{23} = 2.15 \times 10^{22} \text{ 个原子}$$

4. 锌的原子量 65.37 , 每个锌原子的平均质量是多少?

解:
$$\frac{65.37}{6.02 \times 10^{23}} = 1.08 \times 10^{-22} \text{ g/原子}$$

5. 下列样品中, 何者含最多的原子

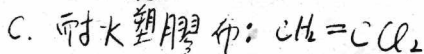
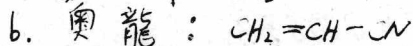
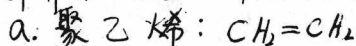
- 6.70g 的铜
- 0.15莫耳 的铜
- 7.80×10^{22} 原子的铜

解:
$$\frac{6.70}{63.54} \times 6.02 \times 10^{23} = 6.348 \times 10^{22}$$

$$0.15 \times 6.02 \times 10^{23} = 9.03 \times 10^{22}$$

故 b 含有最多原子

6. 单元体是简单的化合物, 结合在一起形成聚合物, 计算下列每一单元分子量.



(2)

d. 鈦弗龍: $\text{CF}_2 = \text{CF}$

解: a. $M.W. = 12 \times 2 + 1 \times 4 = 28$
b. $M.W. = 12 \times 3 + 1 \times 3 + 14 = 53$
c. $M.W. = 12 \times 2 + 1 \times 2 + 35.5 \times 2 = 77$
d. $M.W. = 12 \times 2 + 1 \times 4 = 100$

7. 酸性飲料含充滿二氧化碳的芳香水, 計算一莫耳 CO_2 有几克。一克二氧化碳含有几个分子? 一分子二氧化碳的质量?

解: $\left\{ \begin{array}{l} \text{CO}_2 \text{ 之 } M.W. = 12 + 16 \times 2 = 44 \text{ g} \\ \frac{1}{44} \times 6.02 \times 10^{23} = 1.368 \times 10^{22} \\ \frac{1}{6.02 \times 10^{23}} \times 44 = 7.31 \times 10^{-23} \text{ g} \end{array} \right.$

8. 氟氯烷 12, CCl_2F_2 , 是容易液化的氣體, 用在商業用冰箱或空氣調節器, 9.20 g 的氟氯烷 12 含有多少分子?

解: $M.W. = 12 + 35.5 \times 2 + 1 \times 2 = 121 \text{ g}$
 $\frac{9.20}{121} \times 6.02 \times 10^{23} = 4.58 \times 10^{22} \dots (\text{答})$

9. 1970 年美國政府規定每輛汽車放出一氧化碳的標準是每哩 23g。假設有一標準城市, 人口 600,000 擁有汽車 75,000 輛, 平均每天走 15 哩, 每天有多少克 CO 被排出在這城市的大氣層, 假設不超過標準?

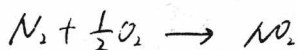
(3)

解: $23 \times 15 \times 75000 = 2.5875 \times 10^8 g.$

10. Nitrous Oxide, N_2O , 是一般共知的笑氣具有相當甜和香味的無色氣體, 牙醫師用作麻醉劑, 問 0.15 莫耳 N_2O 含有多少個氮原子? 含有多少克氮? 4.00 g 氮 (N_2) 和 2.00 g 氧 (O_2) 可產生多少莫耳 N_2O ?

解: $0.15 \times 2 \times 6.02 \times 10^{23} = 1.86 \times 10^{23} \dots (答)$

$0.15 \times \frac{1}{2} \times 32 = 2.4 g \dots (答)$



$\frac{4.00}{28} = 1.4285 \times 10^{-1}$ 莫耳.

$\frac{2}{32} = 6.25 \times 10^{-2}$ 莫耳.

故氮過量以氧為標準.

故產生 0.125 莫耳 N_2O

11. 對 Cambridge, Mass., 的空氣分析鈦 [Analytical Chemistry 4], 527 (1970), 此元素在氧化 SO_2 到 SO_3 時為重要的催化劑. 蘇維埃聯邦規定最高允許濃度為 $2 mg V_2O_5/m^3$, 假如過慮 $100 m^3$ 的空氣, 儀器內含 40 mg 鈦, Cambridge, Mass., 是否超過此標準? 假如超過, 超過多少?

解: $2 mg V_2O_5/m^3 = 1.12 mg V/m^3$
(4)

$$\frac{40}{100} = 0.4 \text{ mg V/m}^3, \text{ 故尚未超過標準.}$$

12. 兩個原子相距 10^{-8} cm , 計算力, 此力為吸力或斥力?

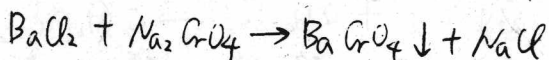
解: $F = \frac{q_1 q_2}{D r^2}$ 取 $D=1$

$$F = \frac{(4.8 \times 10^{-10})(4.8 \times 10^{-10})}{(10^{-8})^2}$$

$$= 2.3 \times 10^{-3} \text{ 達因}$$

因電子皆帶相同電荷, 故為斥力

13. 鉍酸鉍非常不溶水, 然而鉍酸鉍, 氯化鉍和氯化鈉非常易溶於水, 因此 BaCl_2 和 Na_2CrO_4 在水溶液中混合可生成 BaCrO_4 , 我們寫此方程式 (未平衡)



a. 平衡上述方程式

b. 多少分子的 BaCl_2 和一分子的 Na_2CrO_4 反應?

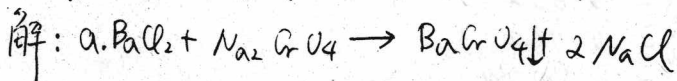
c. 假如用一莫耳 Na_2CrO_4 反應, 可產生多少克的 BaCrO_4 ?

d. 10.0 g 的 Na_2CrO_4 完全反應, 須多少克的 BaCl_2 ?

e. 生成 40.0 g 的 BaCrO_4 , 須多少克的 BaCl_2 ?

f. 須加入多少克的 BaCl_2 , 才有 130 g 的 NaCl 留在溶液內?

g. 產生 253.3 kg 的 BaCrO_4 須多少 kg 的 Na_2CrO_4 ?



(5)

b. 1分子 BaCrO_4 与 1分子 Na_2CrO_4 反应.

c. $\text{M.W.} = 137 + 52 + 16 \times 4 = 253$

产生 253 g BaCrO_4

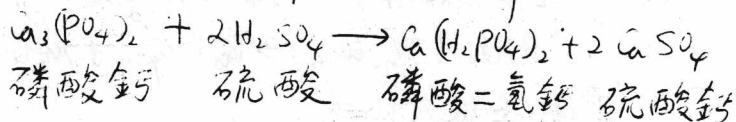
d. $\frac{X}{208} = \frac{10.0}{162}$, $X = 12.84 \text{ g}$.

e. $\frac{X}{208} = \frac{40}{253}$, $X = 32.89 \text{ g}$.

f. $\frac{X}{208} = \frac{13}{2 \times 58.5}$, $X = 23.11 \text{ g}$.

g. $\frac{X}{162} = \frac{253.3}{253}$, $X = 162 \text{ kg}$.

14. 下列反应在製造超磷酸盐肥料:



超磷酸钙是以生成物的1:2的摩尔混合(1分子的 $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 和 2分子 CaSO_4) 1吨磷酸钙可产生多少吨的肥料? 一吨磷酸钙须多少吨硫酸才能反应完全.

解: $\frac{1}{310} = \frac{x}{2 \times 98} = \frac{y}{234} = \frac{z}{2 \times 136}$

$$x = 0.63225$$

$$y = 0.75483$$

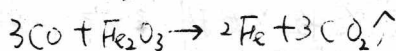
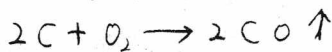
$$z = 0.87741$$

(6)

可產三肥料 1.6322 噸

須硫酸 0.6322 噸

15. 氧氣存在下，氧化鐵 (Fe_2O_3) 和木炭在鼓風爐內燃燒，可製造鐵，爐內的二個反應為：



- a. 用 1R 噸的 Fe_2O_3 ，爐內須加入多少克的碳，才能使 Fe_2O_3 完全還原為 Fe (1R 噸 = $10^3 \text{ kg} = 10^6 \text{ g}$)
b. 可獲得多少克的鐵。

解：全反應為 $6\text{C} + 3\text{O}_2 + 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow 4\text{Fe} + 6\text{CO}_2$

a.
$$\frac{10^6}{2 \times 160} = \frac{x}{6 \times 12}$$
$$x = 2.25 \times 10^5 \text{ g}$$

b.
$$\frac{10^6}{2 \times 160} = \frac{y}{4 \times 56}$$
$$y = 1 \times 10^5 \text{ g}$$

16. 純二氧化錳加熱時祇有氧氣放出，重 5.23g 的 MnO_2 加熱直到沒有 O_2 放出，剩下 4.59g 的固体

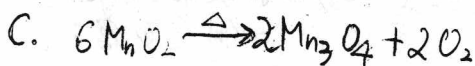
- a. 多少莫耳的 O_2 被放出？
b. 剩下純錳氧化物的分子式？
c. 寫出化學反應。

(17)

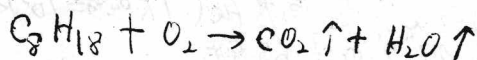
$$a. \frac{5.23 - 4.59}{32} = 2 \times 10^{-2} \text{ 莫耳} \dots (\text{答})$$

$$b. \frac{5.23}{86.9} = 6 \times 10^{-2} \text{ 莫耳}$$

故判下錳固体分子式为 Mn_3O_4



17. 汽車使用試驗性燃料, 辛烷, 化学式为 C_8H_{18} , 辛烷在引擎内燃烧(有氧化反应)产生二氧化碳和水蒸气, 此反应未平衡方程式:

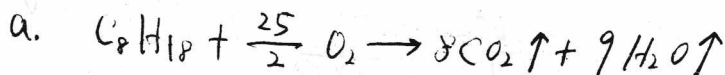


a. 平衡方程式

b. 假设 1 加侖燃料重 2660 g, 消耗一加侖時產生多少莫耳 CO_2 ?

c. 燃烧 一加侖燃料, 引擎須吸入几克 O_2 ?

解:



$$b. \frac{2660}{114} \times 8 = 186.7 \text{ 莫耳}$$

$$c. \frac{2660}{114} = \frac{x}{32 \times \frac{25}{2}}$$

$$x = 5333.3g$$

(8)

18. 大部分國家公路的照明，從鈉蒸氣燈換為汞蒸氣燈，此燈放出藍白輻射，最大強度約在 $4300\text{\AA}$ ，此燈每光子的能量用 erg 和 kcal/mole 表示

解: $E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6.626 \times 10^{-27} \times \frac{3 \times 10^{10}}{4300 \times 10^8}$
 $= 4.62 \times 10^{-12} \text{ erg} \dots (\text{答})$
 $4.62 \times 10^{-12} \times 6.02 \times 10^{23} = 27.829 \times 10^{11} \text{ erg/mole}$
 $= 66.79 \text{ kcal/mole} \dots (\text{答})$

19. 鎢絲燈放出連續輻射，區域或在 350nm 到 2500nm 間此二極限的相對波數、頻率和能量 (erg)?
 鎢絲燈常用做科學儀器的輻射源，問此燈在何種光譜內有效光源

解: $350\text{nm} = 3500\text{\AA} = 3500 \times 10^{-8} \text{ cm}$
 $2500\text{nm} = 25000\text{\AA} = 25000 \times 10^{-8} \text{ cm}$

$$\begin{cases} \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{3500 \times 10^{-8}} = 2.857 \times 10^4 \text{ cm}^{-1} \\ \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{25000 \times 10^{-8}} = 4 \times 10^3 \text{ cm}^{-1} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^{10}}{3500 \times 10^{-8}} = 8.57 \times 10^{14} \text{ 次/秒} \\ \nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{3 \times 10^{10}}{25000 \times 10^{-8}} = 1.2 \times 10^{14} \text{ 次/秒} \end{cases}$$

$$\begin{cases} E = h \cdot \nu = 6.626 \times 10^{-27} \times 8.57 \times 10^{14} = 5.678 \times 10^{-12} \text{ erg} \\ E = h \cdot \nu = 6.626 \times 10^{-27} \times 1.2 \times 10^{14} = 7.95 \times 10^{-13} \text{ erg} \end{cases}$$

 (9)

波長大部分在可見光區,故適用在 IR. 和 UV.

20. 計算波長 $5.00 \text{ \AA}$ 光子的能量 (kcal/mole), 我們如何稱呼此輻射? 假如碳-氧單鍵, 鍵能為 85 kcal/mole 此輻射是否能產生化學反應?

解:
$$E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6.626 \times 10^{-27} \times \frac{3 \times 10^{10}}{5 \times 10^{-8}} \times 6.02 \times 10^{23}$$
$$= 23.933 \times 10^{14} \text{ erg/mole}$$
$$= 5.745 \times 10^4 \text{ kcal/mole.}$$

此輻射約在 X-射線區域。

$$5.745 \times 10^4 \text{ kcal/mole} > 85 \text{ kcal/mole}$$

故能產生化學反應。

21. 鋁的工作函數為 4.2 eV , 計算鋁的界限頻率 ν_0 , 和使此金屬射出電子的最長波長之電磁輻射。

解: $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-12} \text{ erg}$

$$4.2 \times (1.6 \times 10^{-12}) = 6.626 \times 10^{-27} \times \nu_0$$

$$\nu_0 = 1.014 \times 10^{15} \text{ 1/sec}$$

$$\lambda = \frac{c}{\nu_0} = \frac{3 \times 10^{10}}{1.014 \times 10^{15}} = 2.958 \times 10^{-5} \text{ cm}$$
$$= 2958 \text{ \AA}$$

22. 鋁工作函數 4.2 eV , 當波長 $2000 \text{ \AA}$ 的紫外光照射在鋁表面, 問從鋁表面射出電子的速度 (m/s)

解:

$$h\nu = h\nu_0 + \frac{1}{2}mv^2$$

$$E = h\nu = h \cdot \frac{c}{\lambda} = 6.626 \times 10^{-27} \times \frac{3 \times 10^{10}}{2000 \times 10^{-8}} \\ = 9.939 \times 10^{-12} \text{ erg.}$$

$$9.939 \times 10^{-12} = (4.2 \times 1.6 \times 10^{-12}) + \frac{1}{2}(9.11 \times 10^{-28})v^2$$

$$v = 8.4 \times 10^8 \text{ m/s} \quad \dots (15\%)$$

23. The winning car (M16B McLaren) of the 1972-Indiana 500, 每小時平均速度 163.465 mph , 車和駕駛者的大約質量為 770 kg , 在此車的平均速度內, 計算車和駕駛者的布洛格里波長.

解:

$$1 \text{ mile} = 1.609 \text{ km.}$$

$$163.465 \times 1.609 = 263 \text{ km/h} \\ = 7.3 \times 10^3 \text{ m/s.}$$

$$p = \frac{h}{\lambda}, \quad \lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.626 \times 10^{-27}}{770 \times 10 \times 7.3 \times 10^3} \\ = 1.1781 \times 10^{-36} \text{ cm.}$$

24. 球台上黑球重約 300 g , 以 300 cm/s 的速度向球 (11.5)

袋前進，假如我們決定球位置的誤差，與光波長的量相等， $5000 \text{ \AA}$ ，計算黑球動量的不確定度和本身動量的比。

解: $\Delta p = \frac{h}{\Delta x} = \frac{6.626 \times 10^{-27}}{5000 \times 10^{-8}} = 1.325 \times 10^{-22} \text{ 克} \cdot \text{cm/sec}$

$p = m \cdot v = 300 \times 300 = 90000 \text{ 克} \cdot \text{cm/sec}$

$1.325 \times 10^{-22} / 90000 = 1.47 \times 10^{-27} \dots (\text{答})$

25. 第一，第二，第三主量子數能階，每個能階軌域各佔有多少電子？獲得答案，做一個 n, l, m, s 所允許的圖，須多少電子才能填滿第三能階的 s, p, d 軌域

解:

第一能階 $\rightarrow 1s^2$, 2個 e^-

第二能階 $\rightarrow 2s^2, 2p^6$, 8個 e^-

第三能階 $\rightarrow 3s^2, 3p^6, 3d^{10}$, 18個 e^-

	n	l	m	s	
$n=1$	1	0	0	$+\frac{1}{2}$	) $1s$
	1	0	0	$-\frac{1}{2}$	
$n=2$	2	0	0	$+\frac{1}{2}$	) $2s$
	2	0	0	$-\frac{1}{2}$	
	2	0	0	$+\frac{1}{2}$	) $2p$
	2	0	0	$-\frac{1}{2}$	
	2	+1	+1	$+\frac{1}{2}$	
	2	+1	+1	$-\frac{1}{2}$	
	2	+1	-1	$+\frac{1}{2}$	
	2	+1	-1	$-\frac{1}{2}$	

(12)

$$\begin{array}{cccc}
 n=3 & \begin{array}{c} 3 \\ 3 \end{array} & \begin{array}{c} 0 \\ 0 \end{array} & \begin{array}{c} 0 \\ 0 \end{array} & \begin{array}{c} +\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} \end{array} \bigg) 3s \\
 & \begin{array}{c} 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \end{array} & \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{array} & \begin{array}{c} 0 \\ 0 \\ +1 \\ +1 \\ -1 \\ -1 \end{array} & \begin{array}{c} +\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} \\ +\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} \\ +\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} \end{array} \bigg) 3p \\
 & \begin{array}{c} 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \\ 3 \end{array} & \begin{array}{c} 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \\ 2 \end{array} & \begin{array}{c} +2 \\ +2 \\ +1 \\ +1 \\ 0 \\ 0 \\ -1 \\ -1 \\ -2 \\ -2 \end{array} & \begin{array}{c} +\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} \\ +\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} \\ +\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} \\ +\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} \\ +\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} \end{array} \bigg) 3d
 \end{array}$$

填滿 $3s \rightarrow 2$ 個 e^- , $3p \rightarrow 6$ 個 e^- , $3d \rightarrow 10$ 個 e^-

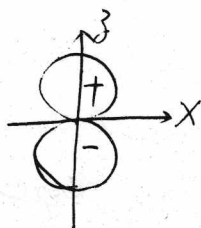
26. 畫下列軌域在 xyz 坐標上, 角量部分的图形:

- a. p_x c. p_z e. dx_y
 b. dy_z d. s f. dx_z^2

對每一個軌域, 証明是否有節面存在。同時証明軌域內每一葉波函数的符号。

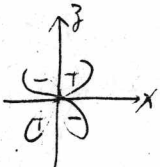
解:

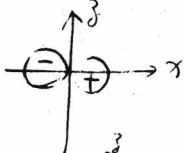
c.



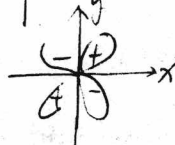
nodal plane 為 xy 面

(13)

b.  nodal plane 為 xy 面和 yz 面

a.  nodal plane 為 yz 面

d.  沒有 nodal plane

c.  nodal plane 為 xz 和 yz 面

d.  nodal plane 有 2 個

27. 氫原子，從 $n=5$ 到 $n=4$ ，及 $n=2$ 到 $n=1$ 的相對波數為多少？這二個光譜線的名稱呢？

解：

$$\tilde{\nu} = 109678 \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$= 109678 \left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{5^2} \right) = 2468 \text{ cm}^{-1}$$

$$\tilde{\nu} = 109678 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right) = 82257 \text{ cm}^{-1}$$

2468 cm^{-1} 屬於 Brackett series

82257 cm^{-1} 屬於 Lyman series.

(14)