

材料科學與工程

問 題 詳 解

上 冊

D. R. 阿斯基兰德 原著
李广齐 译著

曉 園 出 版 社
世 界 圖 書 出 版 公 司

材料科学与工程问题详解 上册

D.R. 阿斯基兰德 著

李广齐 译著

*

晓园出版社出版

世界图书出版公司北京公司重印

北京朝阳门内大街 137 号

北京中西印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1995 年 5 月第 一 版 开本: 850×1168 1/32

1995 年 5 月第一次印刷 印张: 6.25

印数: 0001—700 字数: 1.5 万字

ISBN: 7-5062-1782-1/TF·3

定价: 9.90 元 (W_{9312/17})

世界图书出版公司北京公司向晓园出版社购得重印权

限国内发行

材料科学问题详解 下册

D.R. 阿斯基兰德 著

李广齐 译著

*

晓园出版社出版

世界图书出版公司北京公司重印

北京朝阳门内大街 137 号

北京中西印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1995 年 5 月第 一 版 开本: 850×1168 1/32

1995 年 5 月第一次印刷 印张: 5

印数: 0001-700 字数: 1.2 万字

ISBN: 7-5062-1783-x/TF · 4

定价: 7.50 元 (W_{9312/18})

世界图书出版公司北京公司向晓园出版社购得重印权

限国内发行

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。

材料科學問題詳解

(上册目錄)

第一章	材料概論.....	1
第二章	原子結構.....	3
第三章	原子排列.....	13
第四章	原子排列中的缺陷.....	45
第五章	材料內的原子運動.....	63
第六章	機械試驗與機械性質.....	81
第七章	固化與晶粒尺寸強化.....	101
第八章	固化與固溶強化.....	119
第九章	變形、應變硬化及退火.....	137
第十章	固化與散佈強化.....	155
第十一章	利用相變態與熱處理產生散佈強化.....	179

材料科學問題詳解

(下 冊 目 錄)

十 二 章	非鐵類合金.....	195
第 十 三 章	鐵類合金.....	209
第 十 四 章	陶屬材料.....	229
第 十 五 章	聚合物.....	243
第 十 六 章	複合材料.....	261
第 十 七 章	導電性.....	273
第 十 八 章	介電性質與磁性質.....	291
第 十 九 章	光學、熱學與彈性性質.....	305
第 二 十 章	腐蝕與磨耗.....	325
第 二 十 一 章	破壞——起因、偵測及防治.....	337

第一章 材料概論

1. Al_2O_3 固體强度高、堅硬且耐磨，為何不用 Al_2O_3 作為製造鐵鏈的材料？

解 因為 Al_2O_3 的耐震性不佳，且脆性較高故不適合做鐵鏈的材料。

2. 聚乙烯是一種價廉的材料，也容易成型。為何不用聚乙烯作紙夾？

解 因為聚乙烯的強度較低，不適合做紙夾。

3. 將下列材料依金屬、陶屬、聚合物或複合材料作區分。

黃銅 氯化鈉 環氧樹脂 混凝土 鋼筋混凝土 鉛-錫鋅料 鎂合金 玻璃纖維 橡膠 瀝青 碳化矽 石墨

解 金屬有黃銅、鉛-錫鋅料、鎂合金。

陶屬有氯化鈉、碳化矽、石墨。

聚合物有環氧樹脂、橡膠、瀝青。

複合材料有混凝土、鋼筋混凝土及玻璃纖維。

4. 作為下列的應用，在選材時，何種機械性質或物理性質最為重要？

汽車的曲柄軸 精煉廠傳輸熱氣體與流體的管路 可處理的飲料用罐
在精煉中容納液態鋼的爐襯 汽車的車軸 燈泡內的燈絲

汽車的擋風玻璃 剪刀 電視機的螢幕

解 汽車的曲柄軸的疲勞壽命最為重要。

精煉廠傳輸熱氣體的流體管路耐高溫（潛變）的性質最為重要。

可處理的飲料用罐及在精煉中容納液態鋼的爐襯的導熱性要極低。

汽車的車軸的抗拉強度要高以承受車的載重。

燈泡內的燈絲的熔點需高，其發光力要強。

汽車的擋風玻璃的光的穿透性要強。

剪刀的刀刃的硬度要強。

電視機的螢幕光學的顏色及其他穿透性各種光學特性極重要。

5. 略述可用來生產下列產品的材料製造技術之種類。

汽車引擎之外殼 磚 紙夾 扳手 合板 塑膠玩具
塑膠水管 鋼質傳送齒輪

解 汽車引擎的外殼用鑄造法製造。

磚是利用燒結法製造的。

紙夾是利用彎曲成型製造的。

扳手用鑄造法成型再由熱處理得高強度。

合板是利用膠黏鍵結接合製造而成。

塑膠玩具是利用塑模製造而成的。

塑膠水管是利用旋彎成型及擠製、真空成型等製造而成。

鋼質傳送齒輪是利用切削、熱處理之機械加工製造而成。

6. 鑄造是否為生產下列材料與產品之良好方式？若鑄造並非良好的選擇，請解釋其原因。

鋁 鉍 鎢 鈦 氧化鋁 碳化矽 玻璃 鋁箔

解 鋁、鉍、鈦可用鑄造生產。

鎢、氧化鋁及碳化矽的熔點太高，不適合鑄造

玻璃不希望其中產生氣泡，故鑄造亦不佳。

鋁箔希望很薄，故軋製是更好的方法。

第二章 原子結構

1. 鎂的原子序爲 12，它共有三種同位素：78.7% 的 Mg 原子含有 12 個中子，10.13% 含有 13 個中子，11.17% 含有 14 個中子。試求鎂的原子量。

$$\begin{aligned}\text{解 } M &= 0.787 \times (12 + 12) + 0.1013 \times (12 + 13) + 0.1117 \\ &\quad \times (12 + 14) \\ &= 24.3247 \text{ g/g} \cdot \text{mole}\end{aligned}$$

2. 鉻的原子序爲 24，它共有四種同位素：4.31% 的 Cr 原子含有 26 個中子，83.76% 含有 28 個中子，9.55% 含有 29 個中子，且 2.38% 含有 30 個中子。試求鉻的原子量。

$$\begin{aligned}\text{解 } M &= 0.0431 \times (24 + 26) + 0.8376 \times (24 + 28) + 0.0955 \\ &\quad \times (24 + 29) + 0.0238 \times (24 + 30) \\ &= 52.0569 \text{ g/g} \cdot \text{mole}\end{aligned}$$

3. 鎵的原子序爲 31，原子量爲 69.72 g/g·mole，它共有二種同位素 Ga^{69} 與 Ga^{71} ，試求各種鎵的同位素之含量百分比。

$$\begin{aligned}\text{解 } M &= 69.72 = 69 \times x + 71 \times (1 - x) \\ \Rightarrow x &= \frac{71 - 69.72}{2} = 0.64 = 64\% \\ 1 - x &= 0.36 = 36\% \\ \text{故 } \text{Ga}^{69} &\text{ 佔 } 64\%, \text{Ga}^{71} \text{ 佔 } 36\%.\end{aligned}$$

4. 銅的原子序爲 29，原子量爲 63.54 g/g·mole，它共有二種同位素 Cu^{63} 與 Cu^{65} ，試求各種銅的同位素之含量百分比。

$$\begin{aligned}\text{解 } M &= 63.54 = 63 \times x + 65 \times (1 - x) \\ \Rightarrow x &= \frac{65 - 63.54}{2} = 0.73 = 73\%\end{aligned}$$

$$1 - x = 0.27 = 27\%$$

故 Cu^{63} 佔 73%， Cu^{65} 佔 27%。

5. 一原子的 N 殼中最多能容納多少個電子？如果一元素的 K 、 L 、 M 及 N 殼中的所有能階都正好填滿，則該元素的原子序為何？

解 N 殼中電子最多有 $2 + 6 + 10 + 14 = 32$ 個

K 、 L 、 M 、 N 殼中電子共有

$$2 + 8 + 18 + 32 = 60 \text{ 個}$$

故原子序為 60。

6. 一原子的 O 殼中最多能容納多少個電子？如果一元素的 K 、 L 、 M 、 N 及 O 殼中的所有能階正好填滿，則該原子的原子序為何？

解 O 殼中電子最多有 $2 + 6 + 10 + 14 + 18 = 50$ 個

K 、 L 、 M 、 N 、 O 殼中電子共有

$$2 + 8 + 18 + 32 + 50 = 110 \text{ 個}$$

故原子序為 110。

7. 銦的原子序為 49，除了 $4f$ 能階之外其他的內部能階都已填滿。試由原子結構來決定出銦的價數。

解	$1s$	$2s$	$2p$	$3s$	$3p$	$3d$	$4s$	$4p$	$4d$	$4f$	$5s$	$5p$
銦	2	2	6	2	6	10	2	6	10	×	2	1
	$K : 2$											
	$L : 8$											
	$M : 18$											
	$+ N : 18$											
	46											

故尚存 3 個電子排入 $5s$ 及 $5p$ ，故知銦的價數為 3。

8. 鉑的原子序為 78，它在 $5d$ 能階中只有 9 個電子，並且在 $5f$ 能階中沒有電子，請問在鉑的 $6s$ 能階中有幾個電子？

解 鉑

 $K: 2$ $L: 8$ $M: 18$ $N: 32$

60 $60 + 17 = 77$

而鉑的原子序為 78, ($78 - 77 = 1$) 故知尚有一個電子存入 $6s$ 能階中。

 $5s \quad 5p \quad 5d \quad [5f = 0]$ $O: 2 + 6 + 9 = 17$

9. 不參照週期表而逕由電子結構來判定原子序為 54 的元素是強陰電性、強正電性，抑或是惰性。注意， $4f$ 能階內沒有電子。

解

	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p	4d	4f	5s	5p
	2	2	6	2	6	10	2	6	10	0	2	6
累計	2	4	10	12	18	28	30	36	46		48	54

原子序 54 恰填滿 $5s$ 及 $5p$ 軌域，故知其為惰性。

10. 對於原子序為 35 的元素，重做第 9 題。注意，所有的內部能階均已填滿。

解

	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p
	2	2	6	2	6	10	2	5
累計	2	4	10	12	18	28	30	35

原子序 35 時 $4p$ 尚缺 1 電子即填滿，故知其為強陰電性。

11. 對於原子序為 20 的元素，重做第 9 題。注意， $3d$ 能階內沒有電子。

解

	1s	2s	2p	3s	3p	3d	4s	4p
	2	2	6	2	6	0	2	0
累計	2	4	10	12	18	18	20	

原子序 20 填滿 $4s$ 軌域而 $4p$ 軌域中沒有電子，故為強正電性。

12. 你認為鉍與鉈何者較穩定？說明你的理由。

解 鉈較活潑，即鉍較穩定。因為鉍較鉈在 $4d$ 軌域中多了 5 個電子可協

助維繫價電子於核心附近。

13. 銀與金的結構類似，你認為何者較穩定？說明你的理由。

解 金較穩定。

因金填滿了 $4d$ 、 $4f$ 及 $5f$ 軌域而銀僅填滿了 $4d$ 軌域對於維繫價電子於核心附近的能力，金較強，故金較穩定。

14. 請問 100 g 的鋁中共有多少原子？如果所有的價電子都能攜帶一單位電荷，試求 100 g 的鋁中有多少這種電荷載體 (carriers)？

解
$$N = \frac{m}{M} \times N_A = \frac{100}{26.98} \times 6.02 \times 10^{23}$$

$$= 2.2313 \times 10^{24} \text{ 個原子}$$

鋁每個原子有三個價電子。故共有

$$3 \times 2.2313 \times 10^{24}$$

$$= 6.6939 \times 10^{24} \text{ 個電荷載體。}$$

15. 假設 100 g 的矽中有 5×10^{10} 個電子能自由運動。(a)能自由運動的電子佔價電子總數的比例為何？(b)必須破壞的共價鍵之比例為何？(平均而言，每一個原子有一共價鍵而每一共價鍵有二個電子)。

解 原子數 $= \frac{m}{M} \times N_A = \frac{100}{28.09} \times 6.02 \times 10^{23}$

$$= 2.1431 \times 10^{24} \text{ 個}$$

$$\text{價電子數} = 4 \times \text{原子數} = 4 \times 2.1431 \times 10^{24}$$

$$= 8.5724 \times 10^{24} \text{ 個}$$

$$(a) \text{ 比例} = \frac{5 \times 10^{10}}{8.5724 \times 10^{24}} = 5.833 \times 10^{-15}$$

$$(b) \text{ 共價鍵共有 } 2.1431 \times 10^{24} \text{ 個}$$

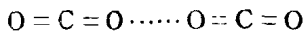
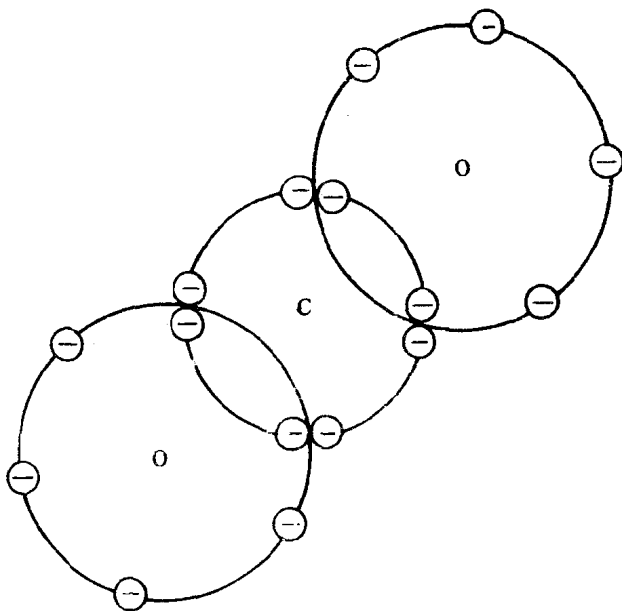
$$\text{須破壞之共價鍵數為 } \frac{5 \times 10^{10}}{2} = 2.5 \times 10^{10} \text{ 個}$$

$$\text{故比例} = \frac{2.5 \times 10^{10}}{2.1431 \times 10^{24}} = 1.168 \times 10^{-14}$$

16. 繪出一個類似圖 2-9 或圖 2-12 的圖形，來說明你所認為的二氧化

碳 (CO_2) 之原子排列與鍵結。注意，原子間的鍵結可能有一個以上的共價鍵。

解



↑

共價鍵

↑

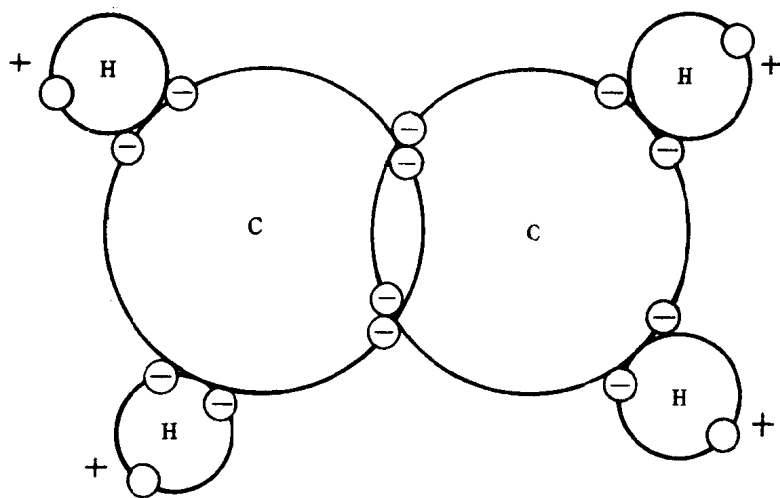
凡得瓦鍵

碳四周共有四個共價鍵，氧有兩個共價鍵，故每個碳周圍接著兩個氧，每個二氧化碳之間靠凡得瓦鍵維持。每一個二氧化碳之 $\text{O}=\text{C}=\text{O}$ 成線性排列。

17. 繪出一個類似圖 2-9 或圖 2-12 的圖形，來說明你所認為的乙烯 (C_2H_4) 之原子排列與鍵結。

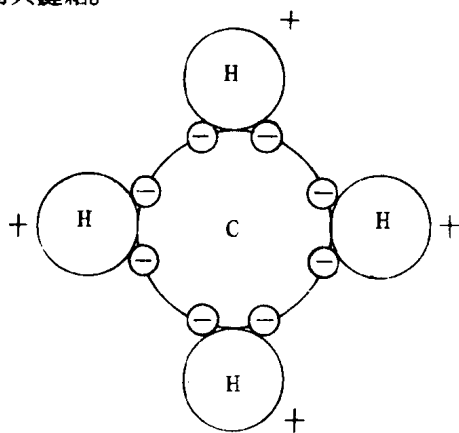
解

分子間靠凡得瓦鍵維持，成平面結構。每個 C 有四個共價鍵，每個 H 有一個共價鍵。



18. 繪出一個類似圖 2-9 或圖 2-12 的圖形，來說明你所認為的甲烷(CH_4)之原子排列與鍵結。

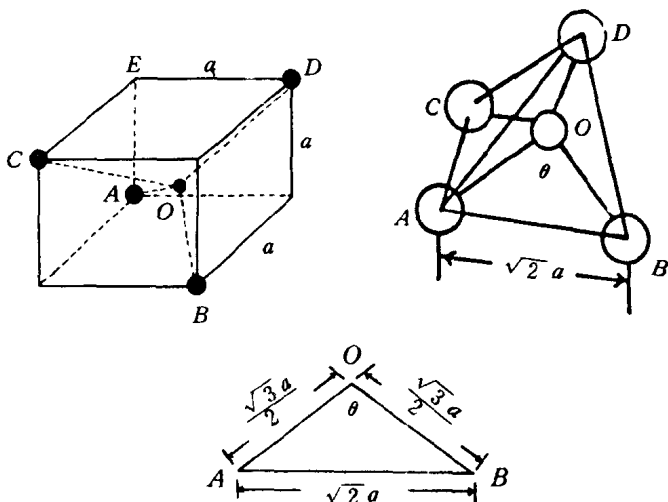
解



分子間靠凡得瓦鍵維持，分子為四面體結構，C 有四個共價鍵，每個 H 有一個共價鍵。

19. 試求矽的四面體結構中兩共價鍵間正確的夾角。

解



$$AB = \sqrt{2} a$$

$$\begin{aligned} OA = OB &= \frac{1}{2} \times \text{對角線長} = \frac{1}{2} BE \\ &= \frac{\sqrt{3}}{2} a \end{aligned}$$

應用餘弦定律於 $\triangle OAB$ 。

$$(\sqrt{2} a)^2 = \left(\frac{\sqrt{3}}{2} a\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{2} a\right)^2 - 2 \left(\frac{\sqrt{3}}{2} a\right) \left(\frac{\sqrt{3}}{2} a\right) \cos \theta$$

$$\Rightarrow \cos \theta = \frac{2 - \frac{3}{4} - \frac{3}{4}}{-2 \times \frac{3}{4}} = -\frac{1}{3}$$

$$\Rightarrow \theta = 109^\circ 28'$$

20. 除了矽之外，你認為那些元素也具有相同的四面體結構。

解 碳、鎢、錫、鉛與矽相同，同為 $IV A$ 族，具有四個價電子，也具有四面體結構。

21. 當鎂與硫做離子性結合時，所形成的化合物之化學式為何？

解 為 MgS 。

因為Mg有2個價電子，易失去2個電子。硫有6個價電子，易獲得2個電子。

22. 當鉍氧化時，所形成的離子性化合物之化學式為何？

解 為BeO。

因鉍有兩個價電子，易失去2個電子。氧有六個價電子，易獲得2個電子。

23. 當鎂與氟反應時，所形成的離子性化合物之化學式為何？

解 為MgF₂。

因為鎂有2個價電子易失去2個電子。

氟有7個價電子易獲得1個電子。

24. 當鋅氧化時，所形成的離子性化合物之化學式為何？

解 ZnO。

因為鋅有2個價電子，易失去2個電子。

氧有6個價電子，易獲得2個電子。

25. 離子化合物NaCl受到--外加電壓作用時，你認為Na⁺離子或Cl⁻離子何者能輕易地在晶體內移動，或不易移動？說明你的理由。

解 Na⁺及Cl⁻都不易移動，因為整個離子的運動不及電子移動來得容易。

但單就Na⁺與Cl⁻二者比較，則因為Na⁺之半徑小，質量輕，而較Cl⁻容易移動。

26. 有時硫的行為像6價的元素，而有時却像4價元素。請解釋這種行為的原因。

解 硫的最外層軌域為3s²3p⁴與氫結合成H₂S時硫接受2個電子，因硫外層有6個價電子故為6價。

與氧結合時產生SO₂，此時硫供給4個電子，因硫外層3p⁴的電子能階提昇至3d⁴而形成外層僅4個電子，故為4價。

21. 圖 2-18 繪示三種材料——金屬、離子晶體與以 Van der Waals 鍵結合的材料之能量-距離曲線 (energy-separation curves)。試指出三條曲線各代表何種材料。

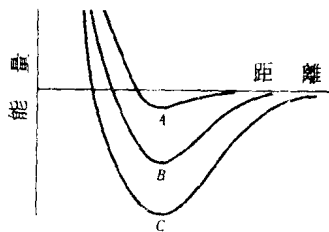


圖 2-18 習題 2-27 的能量——距離曲線

- A 曲線束縛能最小為凡得瓦鍵材料。
 B 曲線束縛能中等為金屬鍵材料。
 C 曲線束縛能最大為離子鍵材料。