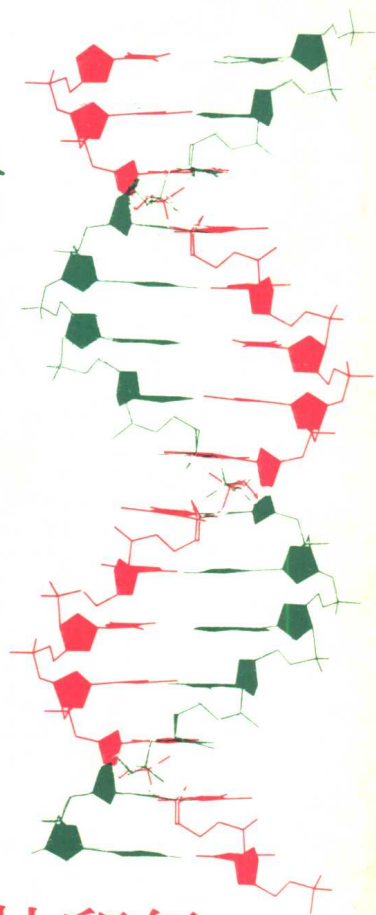


生物化學問題指引

(修訂版)

輔仁大學生物系教授

張 信 編著



藝軒圖書出版社印行

生物化學問題指引

(修訂版)

輔仁大學生物系教授

張 信 編著

藝軒圖書出版社印行

版權所有※翻印必究

著作權執照內版台著字第 號

出版登記證局版台業字第一六八七號

生物化學問題指引

定價新台幣 元

編著者：張 蓮 信

發行人：彭 賽

發行所：藝軒圖書出版社

總經銷：藝軒圖書公司

地址：台北市羅斯福路三段三一六巷三號

電話：三九六七八二四一五

郵政劃撥：〇一〇六二九二一八

印刷所：德廣彩色印刷有限公司

中華民國七十七年十一月修訂再版

序 言

去秋返國任教，特意帶回兩本當時剛出版的新書，一為 Lehnin-ger 的生物化學原理，一為 Fraenkel - Conrat 的病毒學。前者過去所著的生物化學教科書流行美國及世界各地，同時亦被譯成多種語文，在台灣也有數種不同翻譯版本。後者是現今著名病毒學家，以分子生物學的方法來編寫教科書，是為一本改革性的新教材。

生物化學的學習與研究是現代國民不可或缺的，它是生命科學包括生化遺傳學、遺傳工程、生物環境科學、倫理學等之基礎科學（摘譯原著者序言）。初學者對生化學的學習應先從優良教科書着手研讀，這樣才能奠定博大的基礎概念。對生化學的研究，則應多接觸問題並設法解決之，這樣不僅可得更深一層的認識，也可獲得思維方法的訓練與培養。

本書所依據之生物化學原理 (Lehninger, 1982) 有習題約 400 條，均屬各類代表性題目。內容包括有敘述的推理問題，也有計算的數量問題，同時深淺難易不一。又原著答案都不詳盡，初學者不易瞭解，更甚者有些答案或因疏忽而有欠精確性。編譯者有見於此，故為之做解析以供參考。因編譯時間匆促，同樣地本書也有不盡完善之處，誠望讀者給予指正。

張 信

謹識於輔大生物系

一九八三年十月廿日

生物化學問題指引

目 錄

第壹篇 生物分子

第 1 章	生物化學：生物的分子階層研究	
第 2 章	細胞	1
第 3 章	生命物質的組成：生物分子	9
第 4 章	水	17
第 5 章	胺基酸與胜肽	29
第 6 章	蛋白質：共價構造與生物功能	43
第 7 章	纖維狀蛋白質	57
第 8 章	球狀蛋白質：血球蛋白的構造與功能	65
第 9 章	酵素（酶）	73
第 10 章	維生素及微量元素在酵素作用中的任務	85
第 11 章	醣類：構造與生物功能	93
第 12 章	脂質和膜	103

第貳篇 生物能量學與代謝作用

第 13 章	代謝概觀	115
第 14 章	腺核苷三磷酸循環與細胞的生物能量學	123
第 15 章	醣解作用：葡萄糖分解的主要途徑	135
第 16 章	檸檬酸循環	153
第 17 章	電子傳遞，氧化性磷酸化作用，與 ATP 形成之調節	175
第 18 章	動物組織中脂肪酸的氧化作用	191

第 19 章	胺基酸的氧化分解：尿素循環·····	201
第 20 章	動物組織中醣的生物合成·····	211
第 21 章	脂質的生物合成·····	219
第 22 章	胺基酸及核苷酸的生物合成·····	229
第 23 章	光合作用·····	239
第叁篇 人體生物化學		
第 24 章	消化、運輸、和代謝的完成·····	247
第 25 章	荷爾蒙（激素）·····	261
第 26 章	人體的營養·····	269
第肆篇 遺傳資訊的分子探討		
第 27 章	DNA：染色體的構造與基因·····	277
第 28 章	DNA 的複製與轉錄 ·····	287
第 29 章	蛋白質的合成及其調節·····	299
第 30 章	基因的修復、突變、重組與單株系選汰·····	309

第二章 細胞

1. 細胞大小及其成分

從表 2-2 的資料，試計算出下列細胞在直徑為 0.5 mm 的針頭，形成單層面時的大略數目，假設每一構造為圓形，圓面積為 πr^2 ，

$$\pi = 3.14$$

(a) 肝細胞

(b) 粒線體

(c) 肌球蛋白分子

解：

(a) 肝細胞直徑為 $2.0 \times 10^4 \text{ nm}$

$$A = (2.0 \times 10^4)^2 \div 4 \times \pi$$

$$\text{而針頭 } A' = [(0.5 \times 10^6) \div 2]^2 \times \pi$$

$$A' / A = (0.5 \times 10^6)^2 / (2.0 \times 10^4)^2$$

$$= 0.0625 \times 10^4$$

$$= 625$$

$\therefore$ 約 600 個肝細胞

(b) 與 (c) 可依上式求得

(b) 0.1×10^5 粒線體 (直徑為 $1.5 \times 10^3 \text{ nm}$)

(c) 0.2×10^{10} 肌球蛋白分子 (直徑為 3.6 nm)

2. 已知最小細胞內之溶解物的分子數目

微質體 (mycoplasma) 是已知的最小細胞，為直徑約 $0.33 \mu\text{m}$ 的圓球菌，因為它們很小，所以能通過用來濾過較大細菌的濾器，其

中肺炎黴質體 (*Mycoplasma pneumonia*) 可引起原發性非常型肺炎。

- (a) D-葡萄糖是黴質體中主要的產能營養物，其存在黴質體中的濃度是 1.0 mM，計算一個黴質體中葡萄糖分子的數目，亞佛加德羅數為 6.02×10^{23} ，球體積為 $\frac{4}{3} \pi r^3$ 。
- (b) 在每升的黴質體細胞內液中含有 10 克的六碳糖激酶 (Hexokinase)，其分子量為 100,000，計算其莫耳濃度。

解：

$$\begin{aligned} \text{(a)} \quad V &= \frac{4}{3} \pi r^3 \\ &= \frac{4}{3} \pi \left[(0.33/2) \times 10^{-6} \right]^3 \\ &= 0.01880703 \times 10^{-18} \text{ m}^3 \\ &= 0.01881 \times 10^{-15} \ell \\ &\quad (1 \text{ m}^3 = 10^3 \ell) \\ 1.0 \times 10^{-3} \times 0.01881 \times 10^{-15} \times 6.02 \times 10^{23} \\ &= 0.1132 \times 10^{23} \\ &= 1.1 \times 10^4 \text{ 分子} \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} \text{(b)} \quad (10) \div (10^5) &= 10^{-4} \text{ moles} \\ 10^{-4} \text{ moles} \div 1 \ell &= 1 \times 10^{-4} \text{ M} \end{aligned}$$

3. 大腸桿菌的組成

大腸桿菌為桿狀，長約 $2 \mu\text{m}$ ，直徑為 $0.8 \mu\text{m}$ ，圓柱體的體積為 $\pi r^2 h$ ， h 表示長度。

- (a) 假如大腸桿菌的平均密度是 1.1 g/cm^3 ，其單個細胞的重量是多少？
- (b) 大腸桿菌細胞壁為 10 nm 厚，則細胞壁在總體積中所佔的百分率是多少？
- (c) 大腸桿菌包含了 15,000 個直徑為 18 nm 之圓球形核糖體來合

成蛋白質，所以能快速生長和繁殖，試問這些核糖體在總體積中所佔的百分比是多少？

解：

$$(a) V = \pi r^2 h$$

$$= \pi [(0.8/2) \times 10^{-6} \text{ m}]^2 \times 2 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$= 0.32 \times 10^{-18} \pi \text{ m}^3 \quad (\text{單個細胞的體積})$$

$$1.1 \times (0.32 \times 10^{-18} \pi \times 10^6) = 1.1 \times 10^{-12} \text{ g}$$

$$\therefore \text{單個細胞爲 } 1.1 \times 10^{-12} \text{ g (即 } 1.1 \text{ pg)}$$

$$(b) V_0 (\text{大腸桿菌細胞質體積})$$

$$= \pi \times (0.4 \times 10^{-6} \text{ m} - 10 \times 10^{-9} \text{ m})^2 \times 2 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$= 30.42 \times 10^{-20} \pi \text{ m}^3$$

$$V_1 (\text{大腸桿菌細胞壁體積})$$

$$= (0.32 - 0.3042) \times 10^{-18} \pi \text{ m}^3$$

$$= 0.0158 \times 10^{-18} \pi \text{ m}^3$$

$$V (\text{大腸桿菌總體積}) = 0.32 \times 10^{-18} \pi \text{ m}^3$$

$$V_1/V = 0.0158/0.32 = 0.05 = 5\%$$

$$(c) \text{單一核糖體的體積}$$

$$V_2 = 4/3 \pi r^3 = 4/3 \times (9 \times 10^{-9} \text{ m})^3 \pi$$

$$= 972 \times 10^{-27} \pi \text{ m}^3$$

$$\text{總共核糖體的體積 } V_3 = 15,000 V_2 = 1458 \times 10^{-23} \pi \text{ m}^3$$

$$\text{則 } V_3/V = 0.01458/0.32 = 0.046 = 4.6\%$$

可知胞壁在總體積中佔有 5 %

而核糖體在總體積中佔有 4.6 %

4. 大腸桿菌 DNA 的遺傳資訊

大腸桿菌 DNA 分子量約爲 2.5×10^9 ，一個核苷酸對的平均分子量是 660，每一個核苷酸對在 DNA 長度中爲 0.34 nm。

- (a) 算出大腸桿菌 DNA 的長度與真正的細胞大小比較。
- (b) 假設大腸桿菌中的平均蛋白質包括了一鏈 400 個氨基酸，則大腸桿菌 DNA 分子可被譯成電碼的最大蛋白質數目是多少？

解：

$$1 \text{ codon} = 3 \text{ nucleotides}$$

$$1 \text{ code} = 1 \text{ a.a.}$$

$$(a) 2.5 \times 10^9 / 660 = 3.79 \times 10^6$$

$$\textcircled{1} 0.34 \text{ nm} \times 3.79 \times 10^6 = 1.3 \text{ mm}$$

$$\textcircled{2} E. coli \quad 2000 \text{ nm} = 2000 \times 10^{-6} \text{ mm}$$

$$1.3 / (2000 \times 10^{-6}) = 650 \text{ 倍}$$

∴ DNA 要緊緊地纏繞在一起，才能塞到 *E. coli* 之中

$$(b) (3.79 \times 10^6) / (3 \times 400)$$

$$= 3.158 \times 10^3 = 3200 \text{ (最大蛋白質數目)}$$

5. 細菌的高速率新陳代謝：細菌細胞比動物細胞有較高的新陳代謝速率

在理想狀況下，細菌大小會變為兩倍，並且在 20 分鐘內分裂。如此高速率的新陳代謝與其表面積對體積比有關，代謝率高則其 A 對 V 比要高。

- (a) 為何表面積對體積的比例會影響新陳代謝的速率？
- (b) 計算直徑為 $0.5 \mu\text{m}$ 的奈氏淋球菌其表面積對體積之比，將其與直徑為 $150 \mu\text{m}$ ，球形的阿米巴蟲比較。
- (c) 計算 70 公斤重的人其表面積對體積比的大小（暗示：把人看成一個球體和一個圓柱體來算）。將其與細菌的比較。

解：

- (a) 新陳代謝速率受擴散速率 (diffusion) 影響，而擴散速率又受表面積 (surface) 的影響，所以表面積與體積之比影響新陳代

謝的速率大小。

(b) 奈氏淋球菌半徑為 $0.25 \times 10^{-6} \text{ m}$

$$\begin{aligned} V_B &= 4/3 \pi r^3 \\ &= 4/3 \pi (0.25 \times 10^{-6} \text{ m})^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_B &= 4 \pi r^2 \\ &= 4 \pi (0.25 \times 10^{-6} \text{ m})^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore A_B/V_B &= 3/(0.25 \times 10^{-6}) \text{ m} \\ &= 12 \times 10^6 \text{ m}^{-1} \end{aligned}$$

Ameba 之半徑為 $75 \times 10^{-6} \text{ m}$

$$\begin{aligned} V_A &= 4/3 \pi r^3 \\ &= 4/3 \pi (75 \times 10^{-6} \text{ m})^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_A &= 4 \pi r^2 \\ &= 4 \pi (75 \times 10^{-6} \text{ m})^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_A/V_A &= 4 \pi (75 \times 10^{-6} \text{ m})^2 / 4/3 \pi (75 \times 10^{-6} \text{ m})^3 \\ &= 3/(75 \times 10^{-6} \text{ m}) \\ &= 4 \times 10^{-4} \text{ m}^{-1} \end{aligned}$$

與奈氏淋球菌相比較，可知細菌的新陳代謝率較阿米巴菌的為快，因其表面積對體積之比大於阿米巴的表面積對體積比。

(c) 人的總體積 $V_m = \pi r^2 h$

人的總表面積 $A_m \div 2 \pi r h$

人的總表面積對總體積之比：

$$A_m : V_m = \frac{2}{r} \div 10 \text{ m}^{-1} \quad (\text{設人爲圓柱體，半徑 } 20 \text{ cm})$$

$$\text{細菌的 } A_B/V_B = 12 \times 10^6 \text{ m}^{-1}$$

所以 A_B/V_B 與 A_m/V_m 之比較爲 1.2×10^6 比 1

6. 細胞表面積之增加

在小腸與植物根毛中線狀排列的細胞，因其有絨毛突起來增加表面積，所以常扮演吸收營養的角色。試考慮排列於小腸內面的圓柱形表皮細胞（直徑 $20\ \mu\text{m}$ ），假設這些細胞有 25% 為絨毛突起所掩蓋，另外假設這些絨毛突起直徑 $0.1\ \mu\text{m}$ ，長 $1.0\ \mu\text{m}$ 的圓柱體，兩兩相隔 $0.2\ \mu\text{m}$ ，而球形表面積為 $4\pi r^2$ ，試解下列各問題。

- 計算小塊 (patch) 上絨毛突起的數目。
- 計算小塊的面積，假設沒有絨毛突起存在。
- 計算小塊的面積，考慮絨毛突起的存在。
- 絨毛突起所造成增加吸收能力的百分比若干？（受表面積對體積比的影響）

解：

表皮細胞 (Epithelial cell):

$$R = 20 \times 10^{-6}\ \text{m} ; r = 10 \times 10^{-6} = 10^{-5}\ \text{m}$$

$$4\pi r^2 = 4\pi \cdot 10^{-10}\ \text{m}^2 \text{ (表皮細胞總表面積)}$$

$$25\% \times 4\pi r^2 = \pi \cdot 10^{-10}\ \text{m}^2 \text{ (絨毛所佔的部分表面積)}$$

絨毛 (microville):

$$\pi R h = \pi (0.1 \times 10^{-6})(1.0 \times 10^{-6}) = \pi \cdot 10^{-13}\ \text{m}^2 \text{ (絨毛圓柱體周圍面積)}$$

$$\begin{aligned} \pi r^2 &= \pi (0.05 \times 10^{-6})^2 = \pi (5 \times 10^{-8})^2 \\ &= 25\pi \cdot 10^{-16}\ \text{m}^2 \text{ (絨毛圓柱體上下的圓面積)} \end{aligned}$$

$$(0.2 \times 10^{-6})^2 = 0.04 \times 10^{-12} = 4 \times 10^{-14}\ \text{m}^2 \text{ (單一絨毛所佔空間)}$$

現計算問題如下：

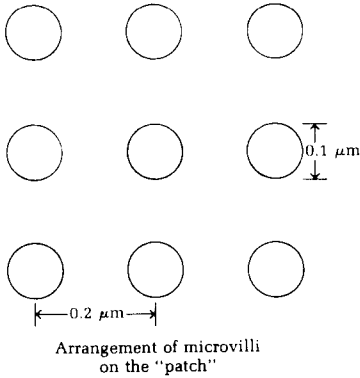
$$(a) \frac{\pi \times 10^{-10}}{4 \times 10^{-14}} = 0.8 \times 10^4 = 8 \times 10^3 = 8000 \text{ 個絨毛}$$

$$(b) 25\% \times 4\pi r^2 = \pi r^2 = 3.14 \times 10^{-10} \text{ (m}^2\text{)}$$

$$(c) 3.14 \times 10^{-10} + 8000 \times \pi \times 10^{-13} = 11.14 \times 10^{-10} \\ = 1.114 \times 10^{-9} \text{ (m}^2 \text{)}$$

註：加減絨毛圓柱體上下面積，互相抵消，故不計算。

$$(d) \frac{1.114 \times 10^{-9}}{3.14 \times 10^{-10}} = 0.4 \times 10 = 400 \% \text{ 增加吸收能力。}$$



第三章 生命物質的組成：生物分子

1. 維生素 C：合成維生素和自然維生素是否一樣好

從自然來源得到的維生素，比由化學方法製造所得的更有益健康，這是由健康食品供應商所提出的主張之一。例如：有人主張從玫瑰實而來的純 L-抗壞血酸（維生素 C）較之從化學合成的純抗壞血酸為佳，這兩種維生素的來源是否不同？人體能否辨認維生素的來源？

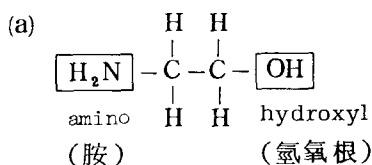
解：

(1) 兩種維生素的來源相同

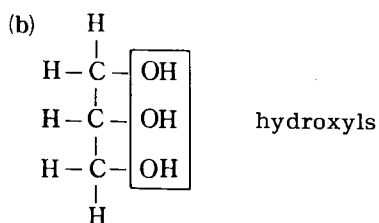
(2) 人體無法辨別維生素的來源

2. 作用基之證明：表 3-4 與 3-5 列出常見的作用基。因為生物分子的性質和生物學上的活性，大部分由它們的作用基所決定，所以能確認這些作用基是很重要的。辨認並且命名下列每一個生物分子的作用基。

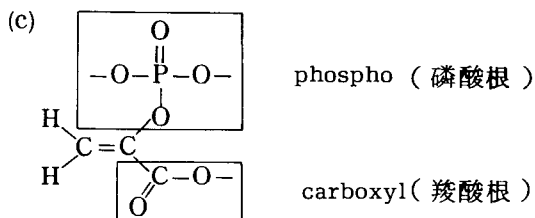
解：



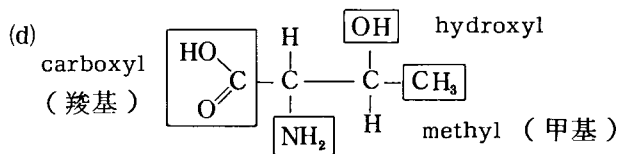
Ethanolamine (乙醯胺)



Glycerol (甘油)

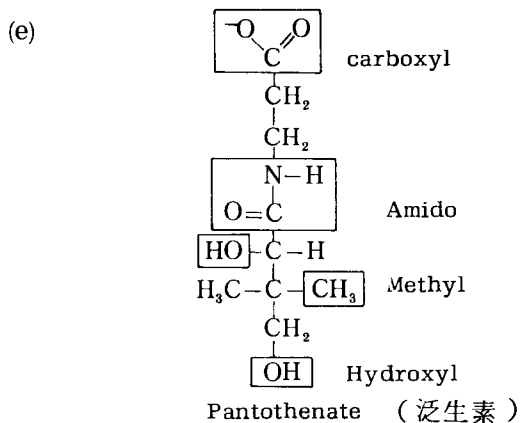


phosphoenolpyruvate (磷酸烯丙酮酸)

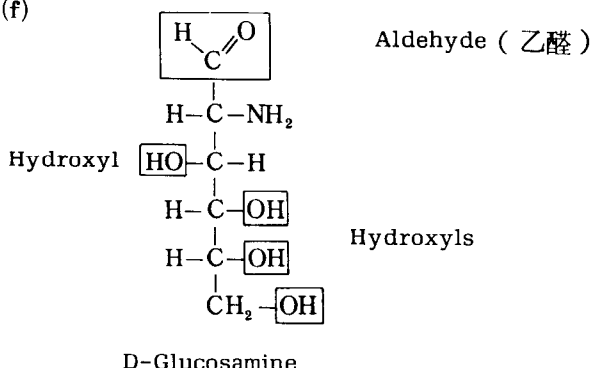


Amino

Threonine (缳丁胺酸)



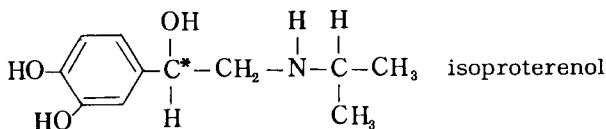
(f)



3. 藥物的活性與立體化學：

在某些情況下一化合物之兩個對掌異構物(enantiomers) 間在生物學上的活性相差很大。例如：常用來治療輕度氣喘(asthma)的藥物，異丙基腎上腺素(isoproterenol)，它的D異構物對支氣管擴大的效力比其L異構物大50～80倍。確認出異丙基腎上腺素的不對稱中心(chiral-center)，為何此兩個對掌異構物的生物活性相差如此之大？

解：



此兩個對掌異構物和不對稱中心之生物學上的“接受者”(一種蛋白質)有不同的交互作用，因此其活性不同。

4. 藥物的作用和分子的形狀：

兩家藥商以Dexedrine和Benzedrine的商品名稱銷售一種抗鎮靜劑，此藥的構造如下所示。