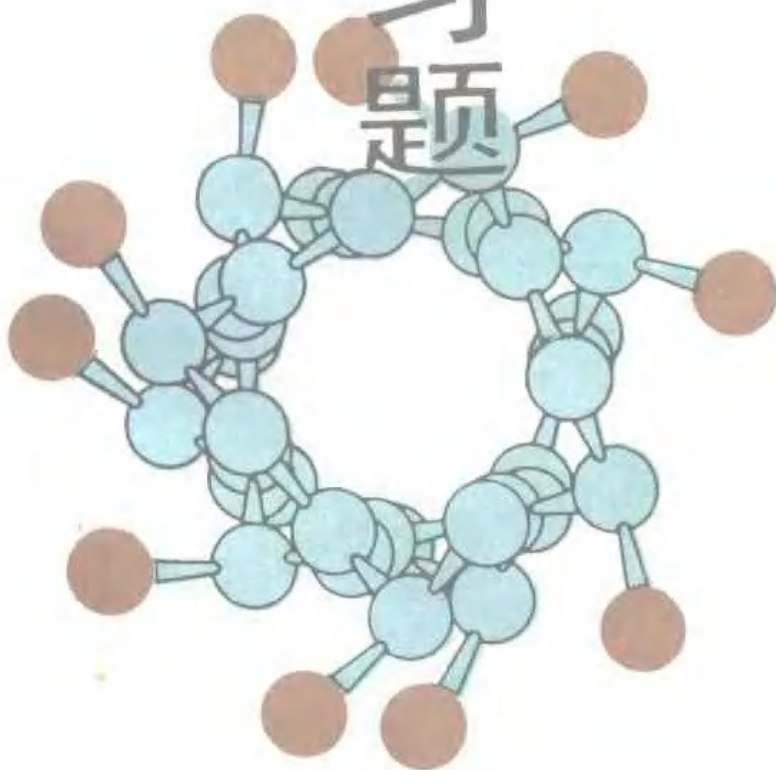


熊正英 编解
王子浩 审订

生物化学学习题 选解



ELJNAUX
ITIXEUXAUH UWGNEHS

338410

生物化学习题选解

熊正英 编解

王子浩 审订



陕西师范大学出版社



生物化学习题选解

熊正英 编解

王子浩 校订

陕西师范大学出版社出版

(西安市陕西师大120信箱)

陕西省新华书店经销 西安电子科技大学印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 13.25 字数 280 千

1989 年 3 月第 1 版 1989 年 3 月第 1 次印刷

印数: 1—1600

ISBN 7-5613-0208-8

G·195 定价: 4.20 元

编写说明

本书选题选自美国著名生物化学家 A. L. 伦宁格 (Albert L. Lehninger) 著《生物化学——细胞结构和功能的分子基础》(Biochemistry—The Molecular Basis of Cell Structure and Function) 一书。中译本已由任邦哲等译, 科学出版社分上、下两册于 1981 年和 1983 年出版发行。该书不仅正文写得精湛, 内容丰富, 而且在大多数章节之后附有难度较高的习题。该书虽已出版多年, 但其习题的有效性和实用价值依然存在。为便于读者使用该书, 编写了这本《生物化学》习题选解。

《生物化学》30 余章附有近 300 道习题, 涉及物理生物化学、静态生物化学、动态生物化学和遗传信息生物化学。习题包含范围较宽、综合性强, 具有一定的深度。这对于已有生化基础的综合性大学, 师范、农林医等院校有关专业的高年级学生和研究生进一步提高生物化学的理论水平, 开拓知识面, 加深对生物化学基本理论的理解和掌握, 提高分析和解答生物化学疑难问题的能力都会有所帮助。

为了避免与有关书籍的重复又保持本书习题的系统性, 在编解时, 有些习题只给出答案; 有的则作了较为详细的解答。因为《生物化学》原书有些章次无习题, 故本书章次顺序与原书不尽相同, 为了便于读者学习, 原书的章次顺序在目录中用括号注明。另外, 在每章前面附有概述, 对该章的重点、难点和常用的公式作了扼要的介绍; 书后还附有一些生物化学常用数据和有关工具酶的作用特点, 这可为没有外文

版和中译本的读者提供学习上的方便。为了和原书一致，能量单位仍沿用千卡(kcal)或卡(cal)。

在本习题选解的编解过程中，王子浩教授给予热情支持和指导并审订了全稿，陕西师大生物系朱必才、化学系韩维和和出版社史俊孝等同志协助解答了个别习题，地理系任平、党根录等同志绘制了全部插图，陕西师大出版社为此书的出版付出了辛勤的劳动，在此一并表示深切的谢意。

本书选用了有关参考书的图表，恕不一一列出，在此也表谢忱。

由于本人水平所限，书中错误和不足在所难免，恳求同行专家和广大读者批评指正。

编 者

1988年9月

目 录

第一章(2) 水	1
第二章(4) 蛋白质的结构单位——氨基酸	21
第三章(5) 蛋白质: 共价主链与氨基酸顺序	38
第四章(6) 蛋白质的三维构象	55
第五章(7) 蛋白质的分离提纯与鉴定	59
第六章(8) 酶、动力学与抑制	67
第七章(10) 糖类、储存多糖和细胞壁	87
第八章(11) 脂类、脂蛋白与膜	98
第九章(12) 核苷酸和核酸的共价结构	109
第十章(14) 代谢途径与能量转移途径: 中间 代谢概貌	119
第十一章(15) 生物能原理与 ATP 循环	126
第十二章(16) 糖酵解	138
第十三章(17) 三羧酸循环和磷酸葡萄糖酸通路	154
第十四章(18) 氧化还原酶类和电子传递体	194
第十五章(19) 氧化磷酸化、线粒体结构和呼吸 代谢的分隔现象	207
第十六章(20) 脂肪酸的氧化	218
第十七章(21) 氨基酸的氧化降解	232
第十八章(22) 光合电子的传递和磷酸化作用	250
第十九章(23) 糖类的生物合成	254
第二十章(24) 脂类的生物合成	272

第二十一章(25)	氨基酸和某些衍生物的生物合成：无机氮的代谢.....	285
第二十二章(26)	核苷酸的生物合成.....	305
第二十三章(27)	肌肉和运动系统的生物化学.....	315
第二十四章(28)	横过膜的主动转运.....	321
第二十五章(30)	哺乳类代谢中各器官之间的相互联系.....	329
第二十六章(31)	DNA 及遗传物质的结构.....	341
第二十七章(32)	DNA 的复制和转录.....	351
第二十八章(33)	翻译：蛋白质的生物合成.....	359
第二十九章(34)	遗传密码.....	367
第三十章(35)	基因表达的调节.....	380
附录		393

第一章 水

水是生命活动必不可少的重要物质。水的 pH 值对生命活动具有很大的影响。水的 pH 值的计算是从事有关学科包括生物化学、植物生理学、遗传学、微生物学等有关工作者必备的基本而又重要的知识。由于在生物体内的细胞中或者在实验室的工作中，水里常常溶解有其他物质，这样将改变它的 pH 值，使其升高或降低。通过下列一套习题的解答，使读者对于水的 pH 值的计算，酸、碱对水的 pH 值的影响以及缓冲溶液配制时的有关问题有一清晰地了解。

本章所用到的主要公式有：

$$1. \text{pH} = \log \frac{1}{[\text{H}^+]} = -\log[\text{H}^+]$$

$$2. \text{pOH} = \log \frac{1}{[\text{OH}^-]} = -\log[\text{OH}^-]$$

$$3. \text{pH} + \text{pOH} = 14$$

$$4. \text{pH} = \text{pK}' + \log \frac{[\text{质子受体}]}{[\text{质子供体}]}$$

$$\text{或 } \text{pH} = \text{pK}' + \log \frac{[\text{盐}]}{[\text{酸}]}$$

(上述两式称为 Henderson-Hasselbalch 方程式，简称 H-H 方程式)

1. 试计算

(1) 10^{-8}N HCl 溶液的 pH；

(2) $5 \times 10^{-8}\text{N}$ NaOH 溶液的 pOH；

(3) $3 \times 10^{-8} \text{N}$ KOH 溶液的 pH;

(4) 10^{-8}N HCl 溶液的 pH;

(5) $3 \times 10^{-4} \text{N}$ HCl 溶液的 pOH;

(6) 7mM H_2SO_4 溶液的 pH。

解: (1) $[\text{H}^+] = 10^{-5} \text{M}$

$$\text{pH} = 5.0$$

(2) $[\text{OH}^-] = 5 \times 10^{-3} \text{M}$

$$\text{pOH} = 2.301$$

(3) $[\text{OH}^-] = 3 \times 10^{-8} \text{M}$

$$\text{pH} = 14 - \text{pOH}$$

$$= 14 + \log 3 \times 10^{-8}$$

$$= 8.477$$

(4) $[\text{HCl}] = 10^{-2} \text{M} = 0.01 \times 10^{-2} \text{M}$

纯水中的 $[\text{H}^+] = 10^{-7} \text{M}$

在该 HCl 溶液中 $[\text{H}^+] = 1 \times 10^{-7} + 0.01 \times 10^{-2}$

$$\text{pH} = 6.996$$

(5) $[\text{H}^+] = 3 \times 10^{-4} \text{M}$

$$\text{pOH} = 14 - (-\log 3 \times 10^{-4})$$

$$= 14 - 3.523$$

$$= 10.477$$

(6) $[\text{H}_2\text{SO}_4] = 7 \text{mM} = 7 \times 10^{-3} \text{M}$

$$[\text{H}^+] = 2 \times [\text{H}_2\text{SO}_4] = 14 \times 10^{-3} \text{M}$$

$$\text{pH} = 1.854$$

2. 根据 1-1 表中数据, 计算下列各题的 $[\text{H}^+]$ 或 $[\text{OH}^-]$

(1) 血浆的 $[\text{H}^+]$;

(2) 肌肉细胞内液的 $[\text{H}^+]$;

表 1-1

液 体	pH
血 浆	7.4
肌肉细胞内液	6.1
番茄液	4.3
胃 液	1.4
唾 液	6.5
海 水	7.5

(3) 番茄汁的 $[\text{OH}^-]$;

(4) 胃液的 $[\text{H}^+]$;

(5) 唾液的 $[\text{OH}^-]$;

(6) 海水的 $[\text{H}^+]$ 。

解 (1) 已知 $\text{pH} = 7.4$

$$[\text{H}^+] = 3.98 \times 10^{-8} (\text{M})$$

(2) 已知 $\text{pH} = 6.1$

$$[\text{H}^+] = 7.94 \times 10^{-7} (\text{M})$$

(3) 已知 $\text{pH} = 4.3$, $\text{pOH} = 14 - 4.3 = 9.7$

$$[\text{OH}^-] = 2 \times 10^{-10} (\text{M})$$

(4) 已知 $\text{pH} = 1.4$

$$[\text{H}^+] = 3.98 \times 10^{-2} (\text{M})$$

(5) 已知 $\text{pH} = 6.5$, $\text{pOH} = 14 - 6.5 = 7.5$

$$[\text{OH}^-] = 3.16 \times 10^{-8} (\text{M})$$

(6) 已知 $\text{pH} = 7.5$

$$[\text{H}^+] = 3.16 \times 10^{-8} (\text{M})$$

3. 已知酸 HA 的 0.01 M 溶液的 pH 是 3.80。试计算该

酸的(1) K' , (2) pK' 。

解 在 $pH=3.80$ 的溶液中, $[H^+]=1.58 \times 10^{-4} M$

HA 的解离方程式为:



解离开始时 0.01 M

解离平衡时 $0.01 - 1.58 \times 10^{-4}$ 1.58×10^{-4} 1.58×10^{-4}

根据质量作用定律:

$$(1) K' = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{1.58 \times 10^{-4} \times 1.58 \times 10^{-4}}{0.01 - 1.58 \times 10^{-4}}$$

$$= 2.51 \times 10^{-6}$$

$$(2) pK' = -\log K' = -\log 2.54 \times 10^{-6}$$

$$= 5.6$$

4. 一种酸 HA 的解离度 α , 由以下关系所决定:

$$\alpha = \frac{[A^-]}{[A^-] + [HA]}$$

试计算醋酸($pK' = 4.76$)在(1) 0.1 M 和(2) 0.01 M 时的解离度。假定 $[HA]$ 不会由于解离而减少得很多。

解 令 x 为 HA 解离后生成的 $[H^+]$ 和 $[A^-]$



解离开始: 0.1 M 0 0

变化: $-xM$ $+xM$ $+xM$

平衡时: $0.1 - x$ x x

已知 $pK' = 4.76$

$$= -\log 4.76$$

$$K' = 1.74 \times 10^{-5}$$

根据质量作用定律, 该酸解离平衡常数 K' 的表达式为:

$$K' = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]} = \frac{x \cdot x}{0.1 - x}$$

当 $K' < 10^{-3}$ 时, 表明该解离度 α 小于 10%, 故 K' 表达式的分母项可化简, 得:

$$K' = \frac{x^2}{0.1}$$

$$1.74 \times 10^{-5} = \frac{x^2}{0.1}$$

$$x = \sqrt{1.74 \times 10^{-5} \times 0.1} = 1.32 \times 10^{-3} (\text{M})$$

即 $[H^+] = [A^-] = 1.32 \times 10^{-3} \text{M}$, $[HA] = 0.1 - 1.32 \times 10^{-3} \approx 0.1 \text{M}$ 。

$$\begin{aligned} \text{解离度 } \alpha &= \frac{[A^-]}{[A^-] + [HA]} \\ &= \frac{1.32 \times 10^{-3}}{1.32 \times 10^{-3} + 0.1} \\ &\approx 1.32 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (2) \quad K' &= \frac{x^2}{0.01} \\ x^2 &= 1.74 \times 10^{-5} \times 0.01 \\ x &= \sqrt{1.74 \times 10^{-6}} \\ &= 4.17 \times 10^{-4} (\text{M}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{解离度 } \alpha &= \frac{4.17 \times 10^{-4}}{4.17 \times 10^{-4} + 0.01} \\ &= 4.17 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

即当 $[HA] = 0.1 \text{M}$ 时, 该酸的解离度为 1.32%, $[HA] = 0.01 \text{M}$ 时为 4.17%。

5. 证明解离度也可用下式计算

$$\alpha = \frac{K'}{K' + [H^+]}$$

解 $HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$

$$K' = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

根据平衡常数表达式可得:

$$[A^-] = \frac{K'[HA]}{[H^+]}, [H^+] = \frac{K'[HA]}{[A^-]}$$

$$[HA] = \frac{[H^+][A^-]}{K'}$$

将上述各项代入得:

$$\alpha = \frac{[A^-]}{[A^-] + [HA]}$$

$$\text{得: } \alpha = \frac{\frac{K'[HA]}{[H^+]}}{\frac{K'[HA]}{[H^+]} + \frac{[H^+][A^-]}{K'}}$$

$$= \frac{\frac{K'[HA]}{[H^+]}}{\frac{K'[HA]}{[H^+]} \cdot \frac{K' + [H^+][A^-] \cdot [H^+]}{K'[H^+]}}$$

$$= \frac{K'[HA]}{[H^+]} \cdot \frac{K'[H^+]}{K'^2[HA] + [H^+]^2[A^-]}$$

$$\times \frac{K'^2[HA]}{K'^2[HA] + [H^+]^2[A^-]}$$

因为 $[H^+][A^-] = K'[HA]$

所以
$$\alpha = \frac{K' \cdot [HA]}{K' \cdot [HA] + [H^+] K' [HA]}$$

分子分母同除 $K' [HA]$, 得:

$$\alpha = \frac{K'}{K' + [H^+]}$$

6. 试计算在(1) pH 3.0, (2) pH 4.0, (3) pH 4.76时的解离度。

解 已知醋酸的 $pK' = 4.76$, $K' = 1.74 \times 10^{-5}$

(1) pH = 3.0 $[H^+] = 1 \times 10^{-3} M$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{1.74 \times 10^{-5}}{1.74 \times 10^{-5} + 1 \times 10^{-3}} \\ &= 1.71 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

(2) pH = 4.0, $[H^+] = 10^{-4} M$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{1.74 \times 10^{-5}}{1.74 \times 10^{-5} + 1 \times 10^{-4}} \\ &= 14.82 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

(3) pH = 4.76, $[H^+] = 1.74 \times 10^{-5} M$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{1.74 \times 10^{-5}}{1.74 \times 10^{-5} + 1.74 \times 10^{-5}} \\ &= 50 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

7. 导电性测定表明, 0.1M 的丙酸(CH_3CH_2COOH)溶液在 $25^\circ C$ 解离达 1.16%。试计算丙酸(1) 解离常数, (2) pK' 。

解 (1) $\alpha = 1.16\% = 1.16 \times 10^{-2}$

$$[H^+] = 0.1 \times 1.16 \times 10^{-2} (M)$$

依据公式 $\alpha = \frac{K'}{K' + [H^+]}$, 将 α 值、 $[H^+]$ 代入式中求 K' :

$$K' = \frac{1.346 \times 10^{-8}}{98.84 \times 10^{-8}}$$

$$= 1.36 \times 10^{-5}$$

$$(2) \text{p}K' = -\log 1.36 \times 10^{-5}$$

$$= 4.87$$

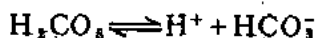
8. 根据表 1-2 中数据, 计算 (1) 血浆在 pH 7.4 时 $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$ 之比值; (2) 计算血浆中 $[\text{HPO}_4^{2-}]/[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$ 之比值; (3) 在一个封闭的无气体的瓶里, 这两个共轭酸碱对中哪一个是血浆样品里更有效的缓冲剂?

表 1-2 一些质子供体的 K' 和 $\text{p}K'$

酸[质子供体]	K'	$\text{p}K'$
H_2PO_4^-	6.31×10^{-8}	7.20
HPO_4^{2-}	3.98×10^{-13}	12.4
H_2CO_3	1.74×10^{-6}	3.77
HCO_3^-	6.31×10^{-11}	10.2

解 题中分别给出了两对共轭酸碱的 K' 和 $\text{p}K'$, 在解题中应根据题意要求, 选择一对共轭酸碱的某一 K' 或 $\text{p}K'$ 。

(1) 求 $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3]$ 的比值, 其解离方程式应是:



故应选用 H_2CO_3 的解离常数 K' 或 $\text{p}K'$ 。

已知 $\text{pH} = 7.4$, 根据公式 $\text{pH} = \text{p}K' + \log \frac{[\text{质子受体}]}{[\text{质子供体}]}$ 来

计算二者的比值

$$7.4 = 3.77 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

$$3.63 = \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]}$$

$$\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{H}_2\text{CO}_3]} = 4.27 \times 10^3$$

(2) 选用 H_2PO_4^- 的 pK' 进行计算, 求二者的比值,

$$7.4 = 7.2 + \log \frac{[\text{HPO}_4^-]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$$

$$0.2 = \log \frac{[\text{HPO}_4^-]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$$

$$\frac{[\text{HPO}_4^-]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]} = 1.58$$

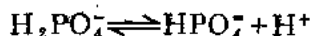
(3) 缓冲液的缓冲能力的大小决定于该溶液中[质子受体]/[质子供体]的比值。一般情况下, [质子受体]/[质子供体] = 1 : 1 时, 缓冲液的缓冲能力最大。根据 Henderson-Hasselbalch 方程式

$$\text{pH} = \text{pK}' + \log \frac{[\text{质子受体}]}{[\text{质子供体}]}$$

可知, 当[质子受体] = [质子供体]时, 其对数项为 0, 即得 $\text{pH} = \text{pK}'$ 。这也就是说在 $\text{pH} = \text{pK}'$ 时, 缓冲液的缓冲能力最大。如果质子受体或供体的 pK' 不等于 pH , 那么愈靠近溶液的 pH , 其缓冲能力愈大。通过(1)、(2)的计算可看出, 在 $\text{pH} 7.4$ 时, $[\text{HCO}_3^-]/[\text{H}_2\text{CO}_3] = 4.27 \times 10^3$, 而 $[\text{HPO}_4^-]/[\text{H}_2\text{PO}_4^-] = 1.58$, 后者的[受体]/[供体]的比值接近于 1, 故 $\text{HPO}_4^-/\text{H}_2\text{PO}_4^-$ 是血浆样品中更有效的缓冲剂。

9. 肌肉细胞内的 pH 是 6.8。计算细胞内 $[\text{H}_2\text{PO}_4^-]/[\text{HPO}_4^-]$ 的比值。磷酸的二级解离常数是 6.31×10^{-8} 。

解 磷酸的二级解离方程式为:



已知 $K' = 6.31 \times 10^{-8}$, $\text{pK} = 7.2$, $\text{pH} = 6.8$, 将 pK' 和 pH 代入 Henderson-Hasselbalch 方程式

$$6.8 = 7.2 + \log \frac{[\text{HPO}_4^{2-}]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}$$

$$\frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}{[\text{HPO}_4^{2-}]} = 2.5 : 1$$

即 $[\text{H}_2\text{PO}_4^-]/[\text{HPO}_4^{2-}] = 2.5$ 。

10. (1) 如果在 pH 为限速因素的情况下鉴定尿素酶, 为了将尿素酶的催化作用精确地减低 50%, 必须加多少体积的 0.1 N HCl 到 20 毫升 pH 为 6.5 含有尿素酶的 0.04 M 磷酸盐缓冲剂中去?

(2) 在这种溶液中氢离子浓度将是多少? (用图 1-1 的数据; 尿素酶的缓冲能力忽略不计)。

解 (1) 根据图 1-1 中的数据, 尿素酶的最适 pH 值为 6.5, 而要降低到 50%, 其 pH 值为 5. 对于磷酸盐缓冲液在 pH 6.5 时, 占优势的共轭离子是 H_2PO_4^- 和 HPO_4^{2-} , 故其解离方程式为:

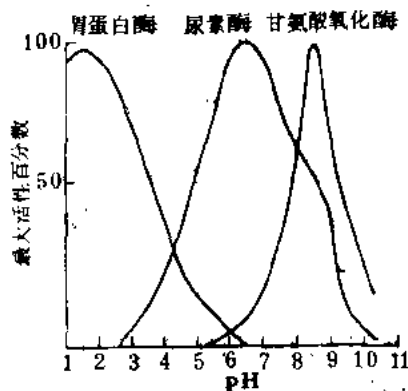
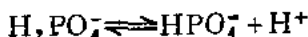


图 1-1 pH 对某些酶活性的影响。每种酶都有一特有的 pH 活性曲线图。