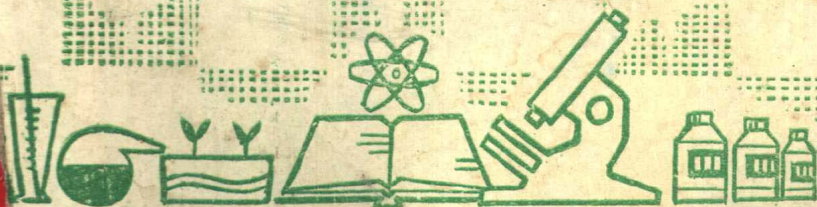


生化习题解

—附近年来部分院校研究所招收硕士研究生生化试题

吕显祿 杨幼凤

$$v = \frac{V_{max} [S]}{K_m + [S]}$$



曲阜师范学院生物系

序

生物化学是一门既定定性又定量，既有描述又有计算的学科。遗憾的是目前国内出版的生物化学教科书对生化计算缺乏应有的重视，这对于学生的学习、研究以及发展生物化学不能不说是一个不小的限制。如果能有一本比较系统的生物化学计算书籍，提出一些生物化学基本计算问题，给予比较合理、浅显且又准确的解题方法，对学生巩固理论知识，提高计算能力必定有所裨益，这就是我们编写这本小册子的目的。

本书自去年印刷以来，不少兄弟院校的老师 and 同学来函索取，根据教学急需和满足更多读者的要求，我们对原习题解进行了修改和补充，编成这本《生化习题解》，希望它能对大学生化青年教师，生物系学生以及广大自学者学习生物化学有所帮助。

本书主要以北京大学生物学系沈同先生等主编的《生物化学》（1981年，人民教育出版社）中的第三、四、五和十章后的计算题为题，也适当选取了最近翻译出版的几部国外的生物化学计算专著中的部分例题。为便于自学，解题步骤尽量详细。对于北大《生物化学》教科书所附习题中的一般理论概念题，考虑到均能从书中取得答案，未选入。仅选择解答了其中部分难度较大，有代表性的题目。另外附有1983年、1984年部分院校，研究所招收硕士研究生的生化试题，以及1983年中科院上海生化所和上海科大联合举办的第四期高级生化训练班的全部试题，以供参考。

本书承蒙北京大学李建武先生审阅,并提出了宝贵意见,在此深表谢忱。在编写、印刷过程中,于瑞元、赵可夫先生,李扬、李世武等同志以及曲阜师院印刷厂给予了很大的支持和帮助。另外,本书几乎全部选取了沈同先生等《生物化学》的全部计算题,在此谨向他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中疏漏不妥之处在所难免,敬希同志们批评指正。

编 者

1984年5月

目 录

第一章 糖	1
第二章 脂类	6
第三章 氨基酸、肽和蛋白质	9
第四章 核酸	38
第五章 酶	46
第六章 生物氧化	67

附 录

部分院校、研究所招收硕士研究生生化试题

一九八三年

北京大学	76
南京大学 (A) (适用动物专业)	78
南京大学 (B) (适用生物化学专业)	81
中国科学院上海植物生理研究所	88
中国科学院上海生化研究所	90
中国科学院上海生化研究所和上海科大联合举办第四期高级 生化训练班生化试题	100
山东医学院 (A) (适用生物化学专业)	115

山东医学院 (B) (适用生物化学专业)	116
山东医学院 (C) (共用题)	117
山东大学	118
中国科技大学	121

一九八四年

中国科技大学	126
厦门大学	134
福建医学院	139
军事医学科学院	141
浙江农业大学	144
湖南农学院	148
中国科学院微生物研究所	149
中国科学院生物物理研究所	156
中国科学院上海植物生理研究所	161
中国科学院海洋研究所	164

第一章 糖

1、戊醛糖可能有多少个不同的立体异构体（不包括 α 和 β 异构体）？

解：

立体异构体的数目决定于所含的不对称碳原子的数目，对于非相似末端（nonlikeended）分子来说：

$$\text{立体异构体的数目} = 2^n$$

式中， n = 不对称碳原子的数目。对直链型的戊醛糖来说有三个不对称碳原子：第2、3和4。

$$\therefore \text{立体异构体的数目} = 2^3 = 8$$

其中，1/2为D-糖（OH在第四个碳原子的右边）；另1/2为L-糖（OH在第4个碳原子的左边）。在形成环状结构时，出现了第4个不对称碳原子，因而8个糖中的每一个都有 α 和 β 异构体。

2、大肠杆菌糖原的样品25毫克，以2毫升 $2\text{NH}_2\text{SO}_4$ 水解。水解液中和后，再稀释到10毫升。最终溶液的葡萄糖含量为2.35毫克/毫升。分离出的糖原纯度是多少？

解：

水解后所得的葡萄糖含量为

$$2.35 \times 10 = 23.5 \text{ (毫克)}$$

$$\frac{23.5}{180} = 0.1306 \text{ (毫克分子)}$$

该糖原样品含有0.1306毫克分子葡萄糖。但是，当葡萄糖（或任何其它单糖）聚合时，每两分子葡萄糖形成一个糖苷

键通常要失去1分子的 H_2O ，因此，一个葡萄糖残基的分子量为 $180 - 12 = 162$ 。所得葡萄糖的量相当于

$0.1306 \text{ 毫克分子} \times 162 \text{ 毫克/毫克分子} = 21.16 \text{ 毫克糖原}$ ，糖原的纯度为

$$\frac{21.16 \times 100\%}{25} = 84.6\%$$

3、准确称取糖原81.0毫克，将其完全甲基化，然后再用酸水解。用薄层析法分离和鉴定甲基化产物。得到的2,3-二甲基葡萄糖恰好是62.5微克分子。(a)分支点占全部葡萄糖残基的百分数是多少？(b)甲基化和水解后还有哪些其他产物？每一种有多少？

解：

(a) 葡萄糖的总量是

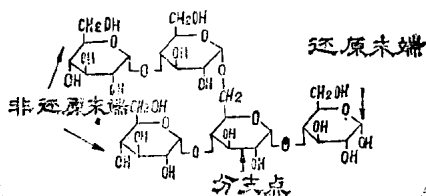
$$\frac{81 \times 10^{-3}}{162} = 5 \times 10^{-4} \text{ (克分子)} = 500 \text{ (微克分子)}$$

2, 3-二甲基葡萄糖是来自分支点(如图所示)，因此，

$$\begin{aligned} \text{分支点的}\% &= \frac{62.5}{500} \times 100\% \\ &= 12.5\% \end{aligned}$$

(b) 每有一克分子的分支点就有一克分子非还原末端基(NRE)

\therefore 2, 3, 4, 6-四甲基葡萄糖的微克分子数 = 62.5
每n个分支点残基实际有n+1个NRE残基(分子)。
但是象糖原这样高分子量的分子，在n+1与n个残基间的克分子差别是无意义的。

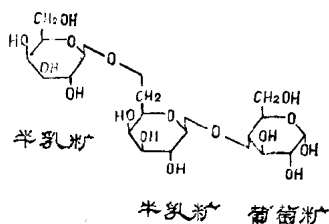


糖原或支链淀粉的节略结构。每一个自由OH基可用硫酸二甲酯基化。水解后，分支点产生2,3-二甲基葡萄糖。非还原末端基(NRE)水解后产生2,3,4,6-四甲基葡萄糖。分子还原末端(RE)转化为1,2,3,6-四甲基葡萄糖，但是在糖苷键水解时，在1-碳上的甲基以甲醇形式脱落(其它甲基以稳定的醚存在)。这样RE和所有其余的1-4相连残基就形成2,3,6-三甲基葡萄糖。水解产物上的自由OH基说明该OH基是用于形成环或在单糖残基间形成糖苷键。

4、从牛奶中分离出来的三糖由 β -半乳糖苷酶完全水解为半乳糖和葡萄糖，其比率为2:1。将原有的三糖用 NaBH_4 还原，继而使其完全甲基化，酸水解，然后再进行一次 NaBH_4 还原步骤，最后用醋酸酐乙酰化，得到三种产物：(a) 2,3,4,6-四甲基-1,5-二乙酰基半乳糖醇，(b) 2,3,4-三甲基-1,5,6-三乙酰基-半乳糖醇，和(c) 1,2,3,5,6-五甲基-4-乙酰基-山梨醇。这个三糖的结构是什么？

解：

甲基化以前的还原作用可以把还原性末端残基转换成开链的糖醇，这就使甲基化作用可以在第1位和第5位进行。因此葡萄糖（它产生山梨醇衍生物）是在还原性末端。甲基化以后的还原作用和水解作用打开了其它单糖的环。新的OH基（用于连接其它糖的OH基也一样）于是也能乙酰化。因此，假定这三个残基全是吡喃环型，连原始三糖最可能的结构是半乳糖（ $\beta 1 \rightarrow 6$ ）半乳糖（ $\beta 1 \rightarrow 4$ ）葡萄糖，如下所示：



5、L阿拉伯糖溶液（为 α 型及 β 型的平衡混合液）在10厘米旋光管和25℃时测得的旋光为 $+23.7^\circ$ 计算溶液中L-阿拉伯糖的浓度。 α 和 β -L阿拉伯糖平衡混合液的 $[\alpha]_D^{25}$ 为 $+105^\circ$ 。

解：

$$[\alpha]_{\lambda}^t = \frac{\text{埃}}{L \times C}$$

式中， A° = 观测到的旋光度数

$[\alpha]_{\lambda}^t$ = 在固定的温度（一般为20或25℃）和波长下（一般为Na的D线，5893埃）溶液中化合物的比旋

C = 溶液的浓度 (穿过溶液的) 以分米 (dm) 做单位。

将 $[\alpha]_{\lambda}^t = \frac{\text{埃}}{LC}$ 转化为

$$C = \frac{\text{埃}}{L[\alpha]_{\lambda}^t}$$

将已知数值代入得

$$\begin{aligned} C &= \frac{23.7}{105 \times 1} \\ &= 0.225 \text{ (克/毫升)} \end{aligned}$$

6. α -和 β -D-葡萄糖平衡混合物的 $[\alpha]_D^{25}$ 为

+52.7°。纯 α -D-葡萄糖的 $[\alpha]_D^{25}$ 为 +112°。纯 β -D-葡

萄糖的 $[\alpha]_D^{25}$ 为 +18.7°。计算平衡混合物中 α -和 β -D-葡萄糖的比率。

解:

每一种 β 异构体 (anomer) 对总 A° 或 $[\alpha]_D^{25}$ 所起的作用与其存在的浓度成正比。

设 β -D-葡萄糖的百分率为 X , 则 α -D-葡萄糖百分率 $100 - X$ 。

$$\therefore (+18.7)(X) + (+112)(100 - X) = (100)(+52.7)$$

$$18.7X + 11200 - 112X = 5270$$

$$93.3X = 5930$$

$$X = \frac{5930}{93.3} = 63.56\%$$

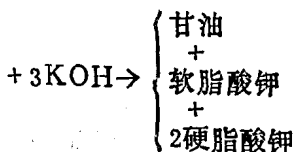
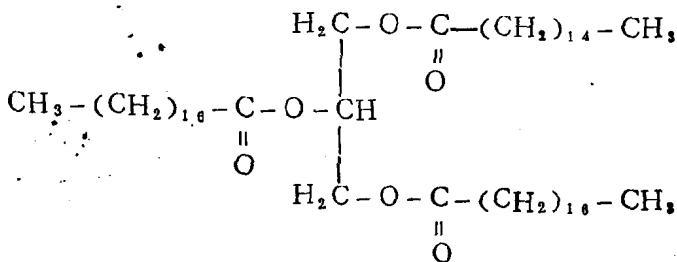
$$\therefore \alpha = (100 - 63.56)\% = 36.44\%$$

第二章 脂 类

1. 计算一软二硬脂酰甘油的皂化值。

解：

一软二硬脂酰甘油的皂化反应如下：



皂化一克分子的甘油三酯需要3克分子的KOH。皂化值的定义是皂化1.0克甘油三酯所需KOH的毫克数。

KOH的分子量 = 56

一软二硬酯酰甘油的分子量 = 862

∴ 皂化862克甘油三酯所需的KOH为：

$$56 \times 3 = 168 \text{克} = 168 \times 10^3 \text{毫克}$$

皂化值 (毫克KOH/克甘油三酯)

$$\frac{168 \times 10^3}{862} = 194.9$$

2、纯橄榄油样品与碘反应。680毫克的该油吸收的 I_2 恰好为578毫克。(a)这个甘油三酯分子中平均有多少个双键？

(b)该油的碘值是多少？(橄榄油中甘油三酯的分子量为884)

解：

(a)计算一克分子油吸收 I_2 的克分子数目。每一克分子 I_2 加到一个双键上。

由于

$$\frac{0.578 \text{克} I_2}{0.680 \text{克油}} = \frac{Wt \text{克} I_2}{884 \text{克油}}$$

代入已知相关数值，则

$$\begin{aligned} \text{吸收} I_2 \text{的} Wt \text{克} &= \frac{884 \times 0.578}{0.680} \\ &= 751.4 \text{ (克} I_2 / \text{克分子油)} \end{aligned}$$

$$I_2 \text{的分子量} = 2 \times 126.9 = 253.8$$

$$\frac{751.4}{253.8} = 2.96 \text{ (克分子} I_2 / \text{克分子油)}$$

因此，平均来说，每一分子的甘油三酯有三个双键。

(b)碘值的定义为100克油或脂肪能吸收多少克碘。

$$\text{碘值} = \frac{751.4}{884} \times 100 = 85$$

3、一种生物膜含蛋白质重量占60%，含磷脂的重量占40%，假设磷脂的平均分子量为800，蛋白质的平均分子量为50,000，求磷脂与蛋白质的克分子比。

解

由公式

$$\frac{\text{重量}}{\text{分子量}} = \text{克分子数}$$

$$\therefore \text{磷脂的克分子数} = \frac{40}{800} \%$$

$$\text{蛋白质的克分子数} = \frac{60}{50,000} \%$$

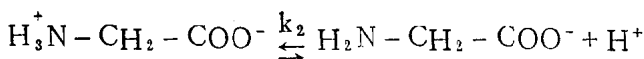
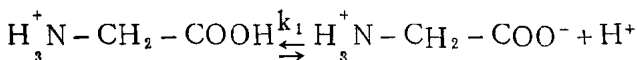
$$\text{克分子比} = \frac{40}{800} \% \div \frac{60}{50,000} \%$$

$$= 41.7$$

第三章 氨基酸、肽和蛋白质

1. 以甘氨酸为例试推导: $PI = \frac{1}{2} (PK_1 + PK_2)$

解: 当甘氨酸在酸性溶液中, 它是以 $NH_3^+ - CH_2 - COOH$ 形式存在, 可以看成是一个二元弱酸, 具有二个解离的 H^+ , 其解离常数 K_1, K_2 为:



$$K_1 = \frac{[H_3^+N - CH_2 - COO^-] [H^+]}{[H_3^+N - CH_2 - COOH]} \dots\dots\dots (1)$$

$$K_2 = \frac{[H_2N - CH_2 - COO^-] [H^+]}{[H_3^+N - CH_2 - COO^-]} \dots\dots\dots (2)$$

一个两性电解质的等电点是由解常数 K_1 和 K_2 值确定的等电点 (PI) 的条件是净电荷为零。即 $[H_3^+N - CH_2 - COOH] = [H_2N - CH_2 - COO^-]$ 或者由 (1) 与 (2) 得:

$$\begin{aligned} [H_3^+N - CH_2 - COOH] &= \frac{[H_3^+N - CH_2 - COO^-] [H^+]}{K_1} \\ &= [H_2N - CH_2 - COO^-] = \frac{K_2 [H_3^+N - CH_2 - COO^-]}{[H^+]} \end{aligned}$$

$$\text{简化: } \frac{[\text{H}_3^+\text{N}-\text{CH}_2-\text{COO}^-][\text{H}^+]}{K_1} \\ = \frac{K_2[\text{H}_3^+\text{N}-\text{CH}_2-\text{COO}^-]}{[\text{H}^+]}$$

$$\text{即 } [\text{H}_3^+\text{N}-\text{CH}_2-\text{COO}^-][\text{H}^+]^2 \\ = K_1 K_2 [\text{H}_3^+\text{N}-\text{CH}_2-\text{COO}^-] \\ \therefore [\text{H}^+]^2 = K_1 \cdot K_2$$

$$[\text{H}^+] = (K_1 \cdot K_2)^{\frac{1}{2}}$$

如以I代表等电点时的氢离子浓度

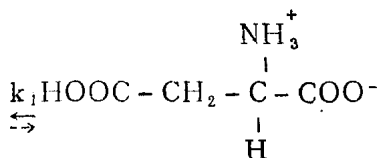
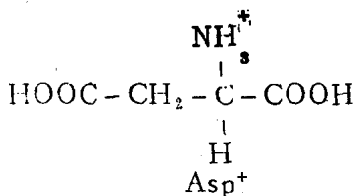
$$\text{则 } I = (K_1 \cdot K_2)^{\frac{1}{2}}$$

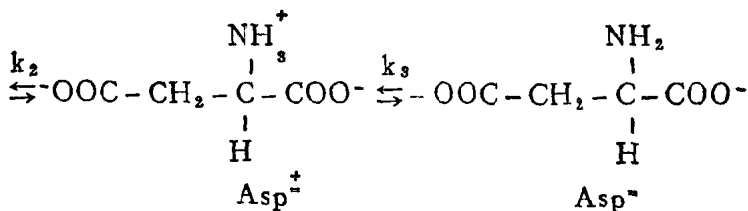
$$\text{两边取 } -\log, \text{PI} = \frac{1}{2} (\text{PK}_1 + \text{PK}_2)$$

$$\text{甘氨酸的等电点PI} = \frac{1}{2} (2.34 + 9.60) = 5.97$$

2、天冬氨酸和精氨酸侧链上有可解离基团，它们的等电点(PI)如何计算？

天冬氨酸解离时的电离式为：



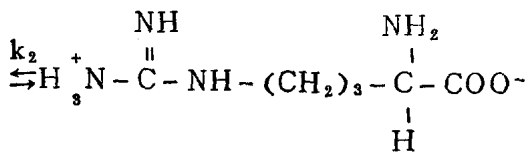
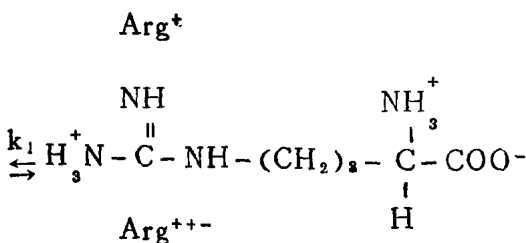
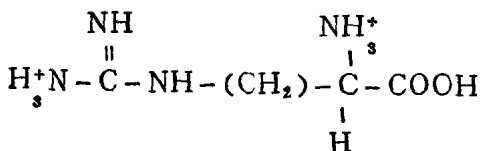


等电点时是 ASP^{\pm} 。此时

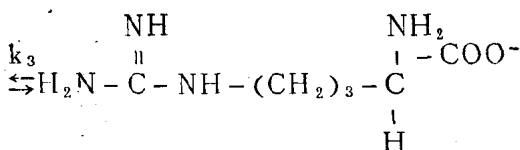
[ASP^-] 的量可忽略不计，仅取二羧基的解离常数的平均值，即得等电点值。

$$\text{PI} = \frac{\text{PK}_1 + \text{PK}_2}{2}$$

精氨酸解离时的电离式为：



Arg^+



Arg⁻

同天冬氨酸，Arg[±]处于等电点状态，[Arg⁺]的影响极小，忽略不计，因此，对精氨酸而言，

$$PI = \frac{PK_2 + PK_3}{2}$$

3、根据丙氨酸PK' - COOH 2.34, PK' - N⁺H₃ 9.69

谷氨酸PK' - COOH 2.19, PK' - N⁺H₃ 9.67

PK'R(γCOOH) 4.25

赖氨酸PK' - COOH 2.18, PK' - N⁺H₃ 8.95

PK'R(ε⁺NH₃) 10.53

计算其PI值。

解：

设PK' - COOH为PK₁'，PK' - N⁺H₃为PK₂'，PK'R为PK₃'

则

$$PI_{Ala} = \frac{PK_1' + PK_2'}{2} = \frac{2.34 + 9.69}{2} = 6.02$$

$$PI_{Glu} = \frac{PK_1' + PK_3'}{2} = \frac{2.19 + 4.25}{2} = 3.22$$