

เฉลยคำถามท้ายบทที่ 1

1. เป็นผู้นำเอาคำว่า “ชีวเคมี” มาใช้เป็นครั้งแรกในปีคริสตศักราช 1903
2. โปรตีน กรดนิวคลีอิก คาร์โบไฮเดรต และลิพิด
3. น้ำ
4. 4.1 โปรตีน
4.2 DNA
5. ทองแดง เหล็ก สังกะสี

เฉลยคำถามท้ายบทที่ 2

1. ดูหัวข้อที่ 2.1 โดยหลักฐานที่สนับสนุนแนวคิดของ A.I.Oparin ได้แก่การทดลองของ Stanley Miller
2. ดูหัวข้อที่ 2.2
3. โมเลกุลหน่วยสร้างคือ โมเลกุลขนาดเล็กที่จะเชื่อมต่อกันด้วยพันธะโควาเลนต์ เพื่อเกิดเป็นชีวโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่กว่า มี 4 ชนิดคือ นิวคลีโอไทด์ ซึ่งเป็นหน่วยสร้างของกรดนิวคลีอิก กรดอะมิโนซึ่งเป็นหน่วยสร้างของโปรตีน โมโนแซคคาไรด์ซึ่งเป็นหน่วยสร้างของโพลีแซคคาไรด์ และกรดไขมันซึ่งเป็นหน่วยสร้างของลิพิดส่วนใหญ่
4. ดูหัวข้อที่ 2.4.1 และ 2.4.2
5. รีเซปเตอร์โปรตีนจะพบที่ผิวนอกของเยื่อหุ้มเซลล์ มีหน้าที่รวมตัวกับสารที่เฉพาะเจาะจง แล้วคอมเพล็กซ์ที่ได้จะส่งผลไปควบคุมเมตาบอลิซึมต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ได้
6. ดูหัวข้อที่ 2.4.2 ข้อ 1
7. ดูหัวข้อที่ 2.4.2 ข้อ 4
8. ดูหัวข้อที่ 2.4.2 ข้อ 3
9. ดูหัวข้อที่ 2.4.2 ข้อ 3
10. DNA ในยูคาริโอตจะอยู่ร่วมกับโปรตีนฮิสโตน สารประกอบนี้เรียกว่าโครมาติน ในเวลาปกติโครมาตินจะมีลักษณะเป็นเส้นยาว ๆ บาง ๆ แต่เมื่อถึงเวลาที่เซลล์จะแบ่งตัวแล้ว โครมาตินจะมารวมกันเข้าและหดตัวเป็นเกลียวแน่นขึ้น จนสามารถเห็นได้ด้วยตาเปล่าเรียกว่าโครโมโซม
11. ในสัตว์จะได้แก่มิโทคอนเดรีย (ดูหัวข้อที่ 2.4.2 ข้อ 7)
ในพืชจะได้แก่มิโทคอนเดรีย และคลอโรพลาสต์ (ดูหัวข้อที่ 2.4.2 ข้อ 8)
12. ดูหัวข้อที่ 2.4.2 ข้อ 4
13. ไมโครบอดีสังเคราะห์ออกซิเจน
ปฏิกิริยาที่ใช้ คือ $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{catalase}} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
14. พบในยูคาริโอตเซลล์พวกพืช ทำหน้าที่เปลี่ยนลิพิดให้กลายเป็นคาร์โบไฮเดรต
15. ไรโบโซมมีปริมาณ 4.17 – 6.25% ของปริมาณเซลล์ทั้งหมด

เฉลยคำถามท้ายบทที่ 3

1. ดูหัวข้อที่ 3.1
2. เกิดระหว่างไฮโดรเจนอะตอมกับอิเล็กตรอนกาดีฟอะตอมเล็ก ๆ เช่น ออกซิเจน ในไฮโดรเจน ฟลูออรีน โดยที่ไฮโดรเจนอะตอมตัวที่จะทำพันธะไฮโดรเจนนั้น ด้านหนึ่งต้องทำพันธะโคเวเลนต์อยู่กับอิเล็กตรอนกาดีฟอะตอมด้วย
3. โมเลกุลที่ผิวหน้าของของเหลวจะเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ไม่รอบตัว ก็จะเกิดได้เฉพาะกับโมเลกุลที่อยู่ภายในของเหลวเท่านั้น ทำให้มีแนวโน้มที่จะถูกดึงลง อันเป็นผลให้ผิวหน้าของของเหลวเกิดการรวมตัวกัน เกิดสภาวะแรงดึงผิวขึ้น
4. ดูหัวข้อที่ 3.2
5. ดูหัวข้อที่ 3.4
6. ชนิดที่ละลายน้ำคือ KCl , He , $MgSO_4$, น้ำตาลอ้อย, $NaHCO_3$
7. เกลือแกงจะละลายในน้ำได้ดีกว่าในเบ็นซีนประมาณ 40 เท่า
8. 8.1 ออสโมซิส
8.2 การไหลสุทธิของน้ำจะเกิดจากด้านที่มีซูโครส 2% ไปยังด้านที่มีซูโครส 4%
8.3 ซูโครส 2%
8.4 ระดับของซูโครส 2% จะต่ำลง และระดับของซูโครส 4% จะสูงขึ้น
9. เพราะค่าโมลาริตีคิดตามจำนวนโมลของไอออนทั้งหมด มิใช่ตามจำนวนโมลของโมเลกุลทั้งหมด
10. $0.08\text{ M Na}_2\text{SO}_4$ จะมีค่าออสโมลาริตีสูงกว่า เพราะแต่ละโมเลกุลจะแตกตัวออกเป็น Na^+ 2 ไอออน กับ SO_4^{2-} 1 ไอออนรวมเป็น 3 ไอออน แต่ $NaCl$ 1 โมเลกุลจะแตกตัวออกเป็น 2 ไอออนเท่านั้น
11. ออสโมซิสดูหัวข้อที่ 3.5.2 และไดอะไลซิสดูหัวข้อที่ 3.10 ข้อ 5
12. ดูหัวข้อที่ 3.8.1 ข้อ ข.
13. ดูหัวข้อที่ 3.8.1
14. ซัสเพนซอยด์ดูหัวข้อที่ 3.8.4 และอิมัลซอยด์ดูหัวข้อที่ 3.8.5
15. $[Na^+]$ ซ้าย = 0.033 M
 $[SO_4^{2-}]$ ซ้าย = 0.011 M
 $[Na^+]$ ขวา = 0.027 M
 $[SO_4^{2-}]$ ขวา = 0.014 M

16. $[\text{Na}^+]$ ซ้าย = 0.18 M
 $[\text{Cl}^-]$ ซ้าย = 0.08 M
 $[\text{Na}^+]$ ขวา = 0.12 M
 $[\text{Cl}^-]$ ขวา = 0.12 M
17. 17.1 NaCl จะแพร่ออกมานอกถุง (ในขณะที่เดียวกันน้ำจะออสโมซิสเข้าไปในถุงด้วย)
17.2 โปรตีนจะค้างอยู่ในถุง ส่วน NaCl จะแพร่ออกมานอกถุง (ในขณะที่เดียวกันน้ำจะออสโมซิสเข้าไปในถุงด้วย)
17.3 โปรตีนจะค้างอยู่ในถุง และ NaCl จะแพร่เข้าไปในถุง
18. ดูหัวข้อที่ 3.10 ข้อ 5

เฉลยคำถามท้ายบทที่ 4

1. $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$
2. ในน้ำบริสุทธิ์จะมี $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-7} \text{ M}$ และเนื่องจาก $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ ดังนั้น pH ของน้ำบริสุทธิ์จึงเท่ากับ 7
3. $[\text{OH}^-] = 1 \times 10^{-10} \text{ M}$
4. คูหั่วข้อที่ 4.5
5. คูหั่วข้อที่ 4.5
6.

	ตัวให้โปรตอน	ตัวรับโปรตอน
6.1	HNO_3	H_2O
6.2	CH_3COOH	H_2O
6.3	H_2O	NH_3
6.4	H_2O	CH_3COO^-
6.5	NH_4^+	H_2O
6.6	H_2O	HCO_3^-
6.7	H_2O	CO_3^{2-}
6.8	H_3PO_4	H_2O
7. คูหั่วข้อที่ 4.6
8. NaOH เป็นกรดแก่
HCl เป็นกรดแก่
Ca(OH)₂ เป็นเบสแก่
CH₃COOH เป็นกรดอ่อน
NH₃ เป็นเบสอ่อน
H₂SO₄ เป็นกรดแก่
H₂CO₃ เป็นกรดอ่อน
9. การที่มีความเป็นเบสอ่อน ๆ เพราะสารทั้งสองนี้ไม่ค่อยละลายน้ำ แต่อย่างไรก็ดีส่วนที่ละลายน้ำได้นั้นจะแตกตัวอย่างสมบูรณ์ จึงจัดสารทั้งสองเป็นเบสแก่
10. คือกรดอ่อนที่เมื่ออยู่ในรูปแตกตัวและไม่แตกตัวจะให้สีแตกต่างกัน
11. ดูในตารางที่ 4 - 6

12. คือสารละลายผสมของกรดอ่อน กับเกลือของกรดอ่อนนั้น หรือเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อน นั้น มีคุณสมบัติช่วยรักษา pH ของสารละลายชนิดอื่น ๆ ให้คงที่หรือเปลี่ยนไปน้อยมาก เมื่อเติม กรดหรือเบสจำนวนหนึ่งลงไป

13. 13.1 $\frac{[\text{Tris}^+]}{[\text{Tris}^\circ]} = \frac{2}{1}$

13.2 $[\text{Tris}^+] = 0.133 \text{ M}$

$[\text{Tris}^\circ] = 0.067 \text{ M}$

13.3 เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา

$[\text{Tris}^+] = 0.163 \text{ M}$

$[\text{Tris}^\circ] = 0.037 \text{ M}$

13.4 $\text{pH} = 7.46$

13.5 ถ้าไม่มีบัฟเฟอร์ $\text{pH} = 1.52$

14. $\text{pH} = 6.40$

15. $\text{pK}_a = 5.33$

16. ใช้โซเดียมอะซิเตต 0.065 โมล และใช้กรดอะซิติก 0.035 โมล

17. $\text{pH} = 3.77$

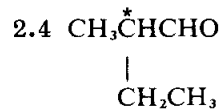
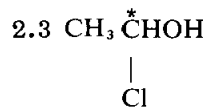
18. ใช้กรดแลคติก 0.09 โมล

19. $\text{pH} = 5.65$

20. $[\text{CH}_3\text{COO}^-] = 0.126 \text{ M}$ และ $[\text{CH}_3\text{COOH}] = 0.074 \text{ M}$

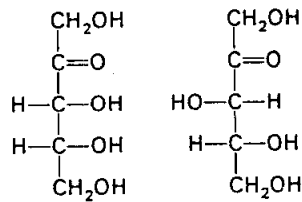
เฉลยคำถามท้ายบทที่ 5

1. ตะปูควง, ลายนิ้วมือ
2. โครงสร้างที่มีคาร์บอนไม่สมมาตร (*) คือ 2.3 กับ 2.4

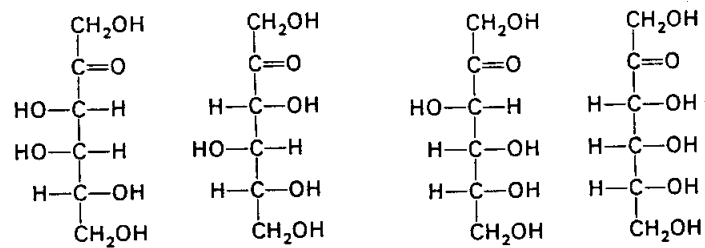


3. 3.1 L
- 3.2 D
- 3.3 D
- 3.4 L

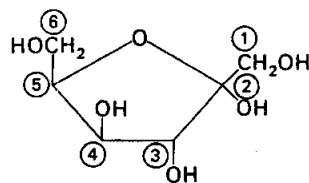
4. 4.1



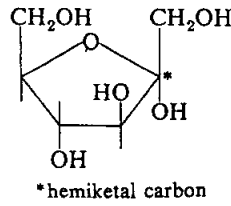
- 4.2



- 4.3



5.



6. เพราะในรูปที่เป็นเบต้าอโนเมอร์ จะมีแรงผลักระหว่าง dipole ของหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่ง 1 ซึ่งอยู่ในแนว equatorial กับ dipole ของออกซิเจนในวงแหวน

7. 7.1 คู่กับ ค

7.2 คู่กับ ง

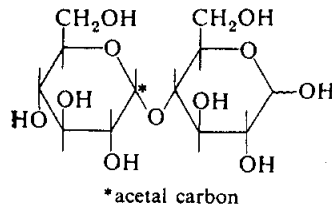
7.3 คู่กับ ก

7.4 คู่กับ จ

7.5 คู่กับ ข

8. ดูรูปหัวข้อที่ 5.7

9.



10. อมิโลสประกอบด้วย D - glucopyranose ต่อกันโดยพันธะ $\alpha(1 \rightarrow 4)$ ไกลโคซิดิกอย่างเดียว ส่วนอมิโลเพกตินมีทั้งพันธะแบบ $\alpha(1 \rightarrow 4)$ และ $\alpha(1 \rightarrow 6)$ ไกลโคซิดิก

11. ดูหัวข้อ 5.10.1 และ 5.10.2

12. ดูหัวข้อ 5.14.1 ข้อ 8

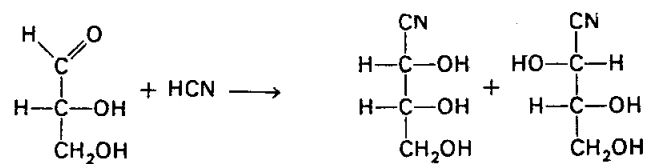
13. 13.1 ได้

13.2 ได้

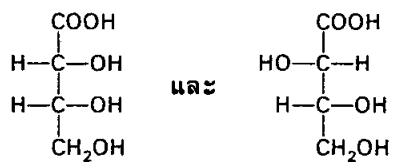
13.3 ไม่ได้

14. 14.2 และ 14.4

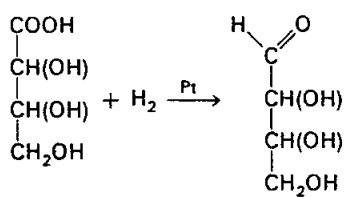
15. 15.1



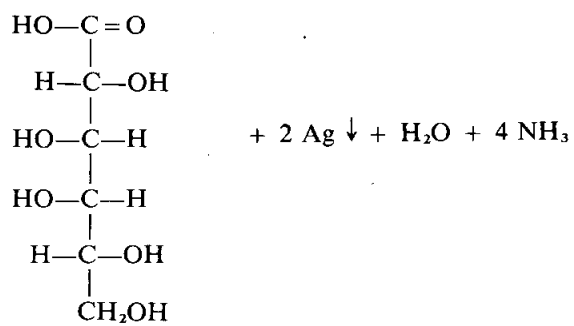
15.2



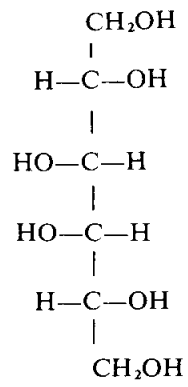
15.3



16. 16.1

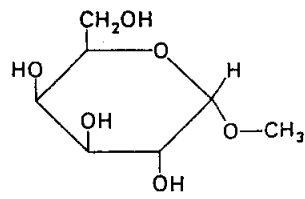


16.2



dulcitol

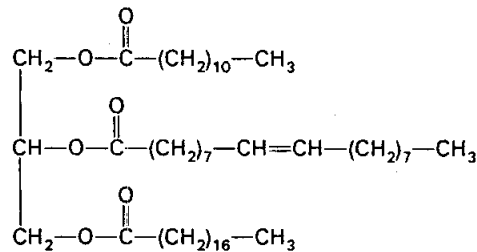
16.3



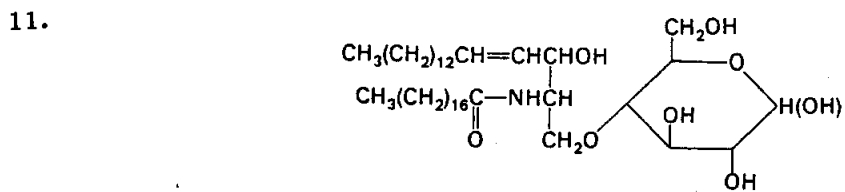
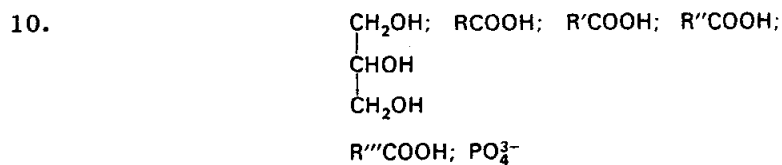
methyl - α - D - galactoside

เฉลยคำถามท้ายบทที่ 6

1. ก คู่กับ 4
 - ข คู่กับ 3
 - ค คู่กับ 1
 - ง คู่กับ 2
- 2.



- ถ้ารวมอีแนนทิโอเมอร์ด้วยแล้วจะมีทั้งหมด 12 โครงสร้างที่เป็นไปได้ (อีก 11 โครงสร้างให้นักศึกษาหัดเขียนเอง โดยสลับตำแหน่งของกรดไขมันที่ต่อกับกลีเซอรอลจะได้อีก 5 โครงสร้าง แล้วสลับข้างของไฮโดรเจนอะตอมกับกรดไขมันที่ต่ออยู่กับคาร์บอนที่ไม่สมมาตรจะได้ อีก 6 โครงสร้าง)
3. ก. 3 หน่วย
 - ข. 2 หน่วย
 - ค. 1 หน่วย
 - ง. 1 หน่วย
4. เหมือนกันที่มีจำนวนคาร์บอนเท่ากัน ต่างกันที่กรดโอเลอิกมีพันธะคู่จึงมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่า
 5. ดูหัวข้อที่ 6.1.1
 6. น้ำมันข้าวโพดซึ่งมีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าน้ำมันหมู จะมีส่วนประกอบที่เป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวมากกว่า
 7. กรดน้ำดีมีโครงสร้างเป็นแอมฟิพาธิคโมเลกุล
 8. 900 มิลลิลิตร
 9. มีโปรตีน 7.2×10^{20} โมเลกุล มีลิปิด 3.2×10^{22} โมเลกุล



12. กรดไขมันคือ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$ fatty alcohol คือ $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{28}\text{CH}_2\text{OH}$

13. $\text{CH}_3 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{COO} - \text{CH}_2 - (\text{CH}_2)_{14} - \text{CH}_3$

14. peripheral proteins จะมีกรดอะมิโนส่วนใหญ่ที่ side chain เป็นโพลาร์หรือมีประจุอยู่ที่ผิวด้านนอก ส่วน integral proteins จะมีกรดอะมิโนส่วนใหญ่ที่ side chain เป็นแบบ hydrophobic อยู่ที่ผิวด้านนอก

เฉลยคำถามท้ายบทที่ 7

1. DNA และ RNA

2. DNA มีน้ำตาล 2'-deoxyribose RNA มีน้ำตาลไรโบส

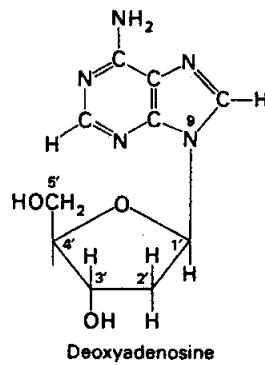
3. นิวคลีโอไทด์จะมีส่วนฟอสเฟตเพิ่มขึ้นมา ซึ่งไม่พบในนิวคลีโอไซด์

4. กรดนิวคลีอิกคือโพลีเมอร์ของนิวคลีโอไทด์ที่มาเชื่อมต่อกันโดยใช้พันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์

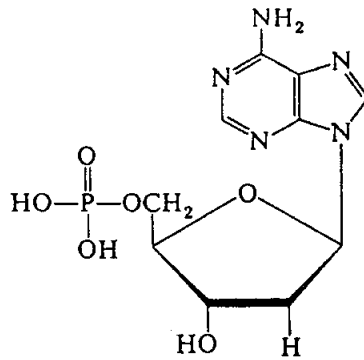
5. DNA มีเบส 4 ชนิดคือ A, G ซึ่งเป็นเพียวรีน และ C, T ซึ่งเป็นไพริมิดีน (โครงสร้างและชื่อเต็มดูในหัวข้อที่ 7.1.1 และ 7.1.2)

6. มีที่ไม่เหมือนกันเพียงตัวเดียวคือใน DNA จะพบเบส T แต่ใน RNA จะพบเบส U

7.



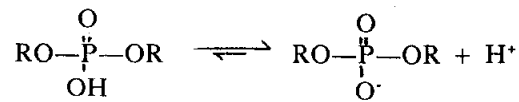
8.



deoxyadenosine 5' - phosphate

9. ดูหัวข้อที่ 7.4

10. เพราะตรงหมู่ฟอสเฟตที่ทำพันธะฟอสโฟไดเอสเทอร์อยู่นั้น จะมีออกซิเจนอิสระอยู่ตัวหนึ่งซึ่งสามารถแตกตัวให้โปรตอนได้

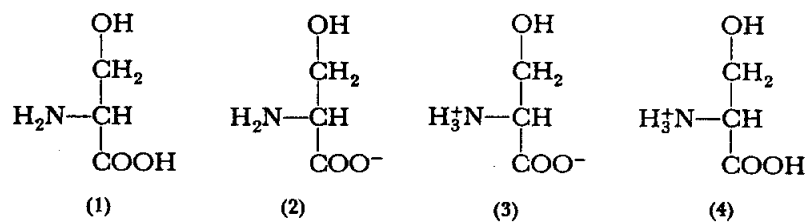


11. 11.1 ถูก
- 11.2 ถูก เพราะเบสเพียวรีนจะมีวงแหวนไพริมิดีนเชื่อมต่อกับวงแหวนอิมิดาโซล
- 11.3 ถูก
- 11.4 ผิด จะไม่มีหมู่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง 2' มีที่ 3'
- 11.5 ถูก
- 11.6 ผิด DNA แต่ละรอบมีนิวคลีโอไทด์ 10 คู่ จึงมีระยะ 3.4 นาโนเมตร
- 11.7 ผิด เพราะอดีนไม่มีอิเล็กโตรเนกาตีฟอะตอมที่จะมาทำพันธะไฮโดรเจนกับหมู่ไฮดรอกซิลที่คาร์บอนตำแหน่ง 2 ของไรบีนได้
- 11.8 ผิด ต้องเป็น pGpTpCpCpApG เพราะสองสายต้องมีทิศสวนทางกัน
- 11.9 ถูก
- 11.10 ถูก
- 11.11 ถูก
- 11.12 ผิด ฮิสโตนจะมีอยู่ในยูคาริโอติกเซลล์เท่านั้น
12. 12.1 อดีนในรูปที่ถูกเติมโปรตอนจะมีน้อยกว่า 0.2%
กัวนีนในรูปที่ถูกเติมโปรตอนจะมีน้อยกว่า 0.02%
- 12.2 การทำพันธะไฮโดรเจนของอดีนจะเกิดได้ต่อเมื่อส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบที่ไม่ถูกเติมโปรตอน เพราะถ้ามีไฮโดรเจนและประจุบวกเพิ่มขึ้นที่ไนโตรเจนตำแหน่ง 1 แล้วพันธะไฮโดรเจนจะเกิดขึ้นไม่ได้ แต่ถ้ากัวนีนอยู่ในรูปแบบที่ถูกเติมโปรตอนที่ไนโตรเจนตำแหน่ง 7 จะมีผลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น กับการเกิดเกลียวคู่ของ DNA ทั้งนี้เนื่องจาก N-7 มีได้เกี่ยวข้องกับการทำพันธะไฮโดรเจนระหว่างสาย DNA
13. 13.1 การดูแสงจะลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เพราะสาย DNA ที่แยกออกจากกันทั้งสองสาย จะไม่สามารถกลับมาพันเกลียวกันได้อีก เมื่อทำให้เย็นลงในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ
- 13.2 การดูแสงจะลดลงจนเกือบเท่าค่าเดิมก่อนการคลายเกลียว ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิที่ให้อย่างมีได้ทำให้ DNA ถึงกับแยกออกไปจากกันอย่างสมบูรณ์

เฉลยคำถามท้ายบทที่ 8

1. 1.1 ผิด รูปแบบที่ไม่แตกตัวของกรดอะมิโนจะไม่ใช้รูปแบบที่มีมากไม่ว่าที่ pH ใด ๆ ถ้ากรดอะมิโนนั้นอยู่ในสารละลาย
 - 1.2 ถูก
 - 1.3 ถูก
2. 2.1 โพรลีน
 - 2.2 เบนซิลอลานีน
 - 2.3 ฮิสทีดีน
 - 2.4 ซิสเตอีน
 - 2.5 ธีรีโอนีน แวลีน และไอโซลิวซีน
 - 2.6 อาร์จินีน ไลซีน และฮิสทีดีน
3. 3.1 แวลีน โพรลีน เบนซิลอลานีน และไอโซลิวซีน อยู่ข้างใน ส่วนกรดแอสพาทิก ไลซีน และฮิสทีดีนอยู่ข้างนอก
 - 3.2 เพราะทั้งไกลซีนและอลานีนมี side chain ขนาดเล็ก ($-H$ และ $-CH_3$ ตามลำดับ) จึงมีอะตอมไม่เพียงพอที่จะทำให้เกิดสภาพ hydrophobic อย่างแข็งแรง ดังนั้นกรดอะมิโนทั้งสองจึงสามารถอยู่ได้ทั้งด้านนอกและด้านในของโปรตีน
 - 3.3 เพราะที่ $pH = 7$ side chain ของกรดอะมิโนทั้งสี่จะอยู่ในรูปที่ไม่มีประจุ จึงสามารถทำพันธะไฮโดรเจนระหว่างสายของ DNA ได้ ซึ่งเหตุการณ์นี้จะทำให้คุณสมบัติความเป็นโพลาไรซ์ของ side chain หดไป
 - 3.4 ข้างใน เพราะซิสเตอีน 2 โมเลกุลจะมาทำพันธะไดซัลไฟด์ขึ้น ทำให้คุณสมบัติความเป็นโพลาไรซ์ของทั้งสองโมเลกุลนั้นหดไป

4. 4.1

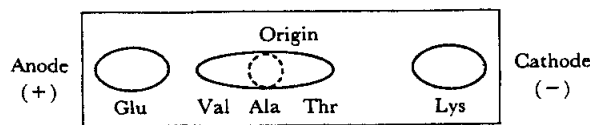


4.2 การพิจารณาว่ารูปแบบใดมีมากที่สุด ทำได้โดยเปรียบเทียบ pH ที่กำหนดให้กับค่า pK_a $_{\alpha\text{-COOH}}$ และ pK_a $_{\alpha\text{-NH}_3^+}$ ของซีรีน ซึ่งกรดอะมิโนนี้มีค่า pK_a $_{\alpha\text{-COOH}} = 2.2$ สำหรับปฏิกิริยา

$-\text{COOH} \rightleftharpoons -\text{COO}^- + \text{H}^+$ และ $\text{pK}_{\text{a}}^{\alpha-\text{NH}_3} = 9.2$ สำหรับปฏิกิริยา $-\text{NH}_3^+ \rightleftharpoons -\text{NH}_2 + \text{H}^+$ ดังนั้นที่ pH ต่ำกว่า 2.2 รูปแบบ $-\text{COOH}$ จะมีมาก และที่ pH ต่ำกว่า 9.2 รูปแบบ $-\text{NH}_3^+$ จะมีมาก เมื่อได้ข้อมูลนี้แล้วก็พิจารณาได้ทุก pH ดังนี้

pH	รูปแบบที่มีมาก
1	4
3	3
pI	3
7	3
11	2

5. 5.1 ที่ pH 3.9 Ala, Ser, Phe และ Leu ซึ่งมี pI ใกล้เคียงกันประมาณ 6.0 จะมีประจุสุทธิเป็นบวก จึงเคลื่อนที่ไปทางขั้วลบและไม่สามารถแยกออกจากกันได้ ส่วน His และ Arg ซึ่งมี pI 7.8 และ 10.8 ตามลำดับ จะมีประจุสุทธิเป็นบวกจึงเคลื่อนที่ไปทางขั้วลบเช่นกัน และจะสามารถแยกออกจากกรดอะมิโนสี่ตัวแรกได้ด้วย สำหรับ Asp ซึ่งมี pI = 3.0 จะมีประจุสุทธิเป็นลบจึงเคลื่อนที่ไปทางขั้วบวก
- 5.2 นอกจากประจุแล้ว ขนาดของโมเลกุลก็มีผลในการเคลื่อนที่ด้วย โดยโมเลกุลใหญ่จะเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าโมเลกุลเล็ก
- 5.3 จากการเปรียบเทียบ pI Glu จะมีประจุลบจึงเคลื่อนที่ไปทางขั้วบวก ส่วน Lys จะมีประจุบวกจึงเคลื่อนที่ไปทางขั้วลบ สำหรับ Val, Ala และ Thr นั้น ที่ pH = 6 จะใกล้ pI ดังนั้นทั้งสามตัวนี้จะอยู่ใกล้ ๆ จุดเริ่มต้นและไม่สามารถแยกออกจากกันได้



6. 6.1 ช่วงบัฟเฟอร์ของกรดอมิโนทั้งสี่จะมีดังนี้

กรดอมิโน	ช่วง pH ที่เป็นบัฟเฟอร์		
ไกลซีน	1.3-3.3	8.6-10.6	
ฮิสทีดีน	0.8-2.8	8.2-10.2	5.0- 7.0
กรดแอสพาทิก	1.1-3.1	8.8-10.8	2.9- 4.9
ไลซีน	1.2-3.2	8.0-10.0	9.5-11.5

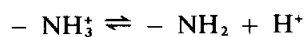
6.2 Asp หรือ Glu ที่ pH 4

His ที่ pH 6

กรดอมิโนเกือบทุกชนิด ที่ pH 9

Arg ที่ pH 12

7. 7.1 ทำได้โดยใช้สมการ Henderson - Hasselbalch โดยปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องได้แก่



$$\text{ที่ pH 9.5,} \quad 9.5 = 10.5 + \log \frac{[-\text{NH}_2]}{[-\text{NH}_3^+]}$$

$$-1 = \log \frac{[-\text{NH}_2]}{[-\text{NH}_3^+]}$$

$$\frac{[-\text{NH}_2]}{[-\text{NH}_3^+]} = 10^{-1} = \frac{1}{10}$$

$$\therefore \text{เศษส่วนของโมเลกุลที่อยู่ในรูปถูกเติมโปรตอน} = \frac{10}{10+1} = \frac{10}{11}$$

คือประมาณ 91% ที่ pH 9.5

$$7.2 \text{ ที่ pH 11.0,} \quad 11 = 10.5 + \log \frac{[-\text{NH}_2]}{[-\text{NH}_3^+]}$$

$$0.5 = \log \frac{[-\text{NH}_2]}{[-\text{NH}_3^+]}$$

$$\frac{[-\text{NH}_2]}{[-\text{NH}_3^+]} = 3.2$$

$$\therefore \text{เศษส่วนของโมเลกุลที่อยู่ในรูปถูกเติมโปรตอน} = \frac{1}{4.2} = 24\% \text{ ที่ pH 11.0}$$

7.3 α -COOH จะดึงอิเล็กตรอนไปจาก α -NH₂ ทำให้หมู่นี้มีประจุบวกมากขึ้นกว่า ϵ -NH₂ เนื่องจากหมู่ใดก็ตามที่มีประจุสูงจะไม่เสถียร ดังนั้น α -NH₂ จะแตกตัวไปอยู่ในรูป α -NH₃⁺ ได้ง่ายกว่า ทำให้ K_a _{α -NH₃ สูงกว่า K_a _{ϵ -NH₂ นั่นก็คือ pK_a _{α -NH₃}}}

จะต่ำกว่า pK_a _{ϵ -NH₂}

8. 8.1 ใช้สมการ Henderson - Hasselbalch

$$5.0 = 4.3 + \log \frac{[-COO^-]}{[-COOH]}$$

$$0.7 = \log \frac{[-COO^-]}{[-COOH]}$$

$$\frac{[-COO^-]}{[-COOH]} = 5$$

∴ เศษส่วนของโมเลกุลที่อยู่ในรูปไม่ถูกเติมโปรตอนจะ = $\frac{5}{6} = 83\%$ ที่ pH 5.0

$$8.2 \quad 3.8 = 4.3 + \log \frac{[-COO^-]}{[COOH]}$$

$$-0.5 = \log \frac{[-COO^-]}{[-COOH]}$$

$$\log \frac{[-COOH]}{[-COO^-]} = 0.5$$

$$\frac{[-COOH]}{[-COO^-]} = 3.2$$

∴ เศษส่วนของโมเลกุลที่อยู่ในรูปไม่ถูกเติมโปรตอนจะ = $\frac{1}{4.2} = 24\%$ ที่ pH 3.8

8.3 α -NH₂ จะดึงอิเล็กตรอนไปจาก α -COO⁻ ทำให้หมู่นี้มีประจุลบน้อยลง จึงมีความเสถียรมากกว่า γ -COO⁻ ดังนั้นหมู่แอลฟาคาร์บอกซิลจะอยู่ในรูปที่แตกตัวมากกว่า นั่นคือ

K_a _{α -COOH} จะสูงกว่า K_a _{γ -COOH} ทำให้ pK_a _{α -COOH} ต่ำกว่า pK_a _{γ -COOH}

9. การเขียน titration curve ทำได้โดยใช้สมการ Henderson - Hasselbalch โดย 2 หรือ 3 จุดแรกที่จะทราบได้ง่ายที่สุดได้แก่ ที่ pH เท่ากับ pK_a ของหมู่ที่แตกตัวได้ 2 หรือ 3 หมู่นี้ ในโจทย์ข้อนี้ สารละลายที่จะทำการไตเตรทมีลอานีนอยู่ 0.1 โมล ดังนั้น จะต้องใช้ NaOH 0.1 โมลเช่นกันในการไตเตรทหมู่ที่แตกตัวได้แต่ละหมู่ของลอานีน(คือใช้ NaOH ทั้งสิ้น 0.2 โมล) สำหรับ HCl

ที่ใช้นั้นเนื่องจากน้อยมากจึงตัดทิ้งไป

สำหรับจุดอื่น ๆ มีวิธีหาที่ง่าย ๆ คือ หา $\text{pH} - \text{pK}_a$ ที่เป็นเลขลงตัว เพื่อความสะดวกในการถอด \log เพราะจาก

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

$$\text{pH} - \text{pK}_a = \log \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

ถ้า $\text{pH} - \text{pK}_a = -1$ แทนค่าจะได้

$$\log \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} = 1$$

$$\therefore \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]} = 10$$

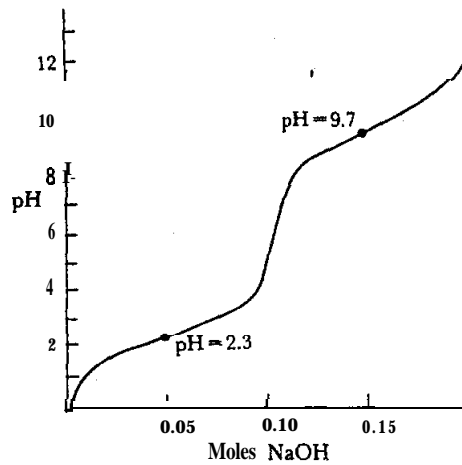
นั่นคือที่ $\text{pH} - \text{pK}_a = -1$ จะมีหมู่ที่แตกตัวได้อยู่ในรูป $\text{A}^- = \frac{1}{11}$ ส่วน ในทำนองเดียวกัน ถ้า $\text{pH} - \text{pK}_a = 1$ จะมีหมู่ที่แตกตัวได้อยู่ในรูป $\text{A}^- = \frac{10}{11}$ ส่วน และถ้า $\text{pH} - \text{pK}_a = 2$ จะมีหมู่ที่แตกตัวได้อยู่ในรูป $\text{A}^- = \frac{100}{101}$ ส่วน ซึ่งจำนวนโมลของสารที่อยู่ในรูป A^- นี้ จะเท่ากับจำนวนโมลของ NaOH ที่ต้องใช้

9.1 จากแนวการคำนวณที่กล่าวมาข้างต้น จะสามารถหาปริมาณ NaOH ที่ใช้ และ pH ของสารละลาย ที่จุดนั้น ๆ ได้ดังนี้

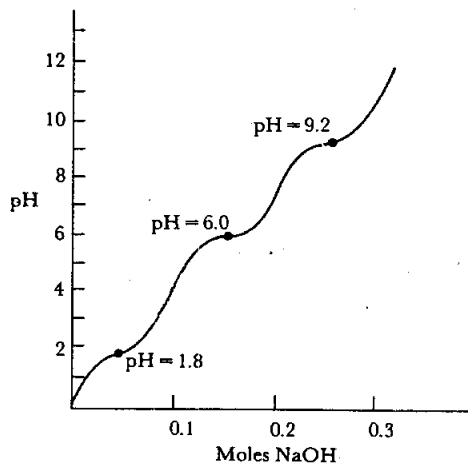
ข้อมูลในการหาจุด เพื่อ plot curve	pH ของสารละลาย ที่จุดนั้น	โมลของ NaOH ที่ใช้ ณ จุดนั้น
$\text{pH} - \text{pK}_a_{\alpha\text{-COOH}} = -1$	1.3	$\frac{1}{11} \times 0.1 = 0.0091$
$\text{pH} = \text{pK}_a_{\alpha\text{-COOH}}$	2.3	0.05
$\text{pH} - \text{pK}_a_{\alpha\text{-COOH}} = 1$	3.3	$\frac{10}{11} \times 0.1 = 0.091$
$\text{pH} - \text{pK}_a_{\alpha\text{-COOH}} = 2$	4.3	$\frac{100}{101} \times 0.1 = 0.099$

$\text{pH} - \text{pK}_a_{\alpha\text{-NH}_3^+} = -1$	8.9	$0.0091 + 0.1 = 0.1091$
$\text{pH} = \text{pK}_a_{\alpha\text{-NH}_3^+}$	9.1	0.15
$\text{pH} - \text{pK}_a_{\alpha\text{-NH}_3^+} = 1$	10.7	$0.091 + 0.1 = 0.191$
$\text{pH} - \text{pK}_a_{\alpha\text{-NH}_3^+} = 2$	11.7	$0.099 + 0.1 = 0.199$

เมื่อยังหาค่า $\text{pH} - \text{pK}_a$ อีกรหลาย ๆ ค่า ก็จะได้จุดเพิ่มขึ้นอีกรหลายจุด จนสามารถเขียน titration curve ของอลานีนได้ดังรูปต่อไปนี้



9.2 ฮิสทีดีนมีจุดที่ $\text{pH} = \text{pK}_a$ 3 จุดคือ 1.8, 6.0 และ 9.2 สำหรับวิธีการคำนวณเพื่อหาจุดในการวาดกราฟ ใช้หลักการเดียวกับในข้อ 9.1 แล้วจะได้ titration curve ของ ฮิสทีดีนดังนี้



10. 10.1 คืออาร์จินีน ซึ่งมี $\text{pH} = \text{pK}_a$ 3 ค่า คือ 2.2, 9.0 และ 12.5
- 10.2 คือ กรดแอสพาทิก ซึ่งมี $\text{pH} = \text{pK}_a$ 3 ค่าคือ 2.1, 3.9 และ 9.8 pK_a 2 ตัวแรกของกรดแอสพาทิกมีค่าใกล้เคียงกันมาก เมื่อเขียนกราฟจึงไม่แยกออกจากกันอย่างชัดเจนเหมือนในข้อ 9
- 10.3 titration curve ของอลานีน และอาร์จินีนจะเหมือนกันในส่วนที่เกิดจากหมู่แอลฟาคาร์บอกซิล และแอลฟาามิโน สำหรับส่วนที่แตกต่างกันจะเกิดจากการที่กรดอะมิโนมี side chain ชนิดที่จะถูกไตเตรทได้หรือไม่

11. 11.1 ที่ pI ผลรวมของประจุบวกจะต้องเท่ากับผลรวมของประจุลบ ดังนั้นในข้อนี้

$$\begin{aligned} \text{pI} &= \frac{1}{2}(\text{pK}_{a_{\alpha\text{-COOH}}} + \text{pK}_{a_{\gamma\text{-COOH}}}) \\ &= \frac{1}{2}(2.0 + 3.8) \\ &= 2.9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 11.2 \quad \text{pI} &= \frac{1}{2}(\text{pK}_{a_{\alpha\text{-NH}_3}} + \text{pK}_{a_{\gamma\text{-NH}_3}}) \\ &= \frac{1}{2}(9.8 + 10.0) \\ &= 9.9 \end{aligned}$$

11.3 เริ่มต้นโดยคิดว่า pK_a ของหมู่ SH = 9.9 ดังนั้นที่ pH ต่ำกว่า 9.9 ส่วนใหญ่ของหมู่นี้จะอยู่ในรูปที่ไม่มีประจุ

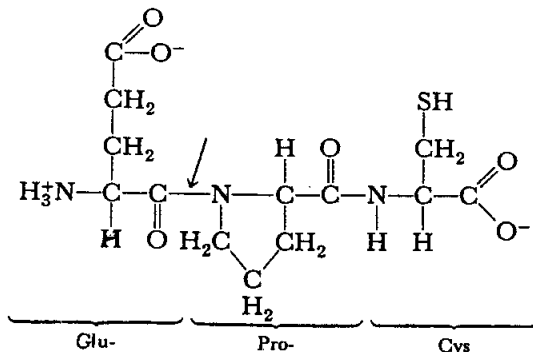
$$\begin{aligned} pI &= \frac{1}{2}(pK_{a, \text{COOH}} + pK_{a, \text{NH}_3}) \\ &= \frac{1}{2}(1.9 + 9.9) \\ &= 5.9 \end{aligned}$$

ซึ่งที่ pH = 5.9 นี้ หมู่ SH มากกว่า 99% ไม่มีประจุ ดังนั้นสมมติฐานที่คิดไว้ตั้งแต่แรกนั้นใช้ได้

เฉลยคำถามท้ายบทที่ 9

1. โพรตีนก้อนกลมจะมีหมู่ hydrophilic อยู่ด้านนอก และหมู่ hydrophobic อยู่ด้านใน แต่โปรตีนเส้นใยจะมีหมู่ทั้งสองชนิดอยู่ทางด้านนอก

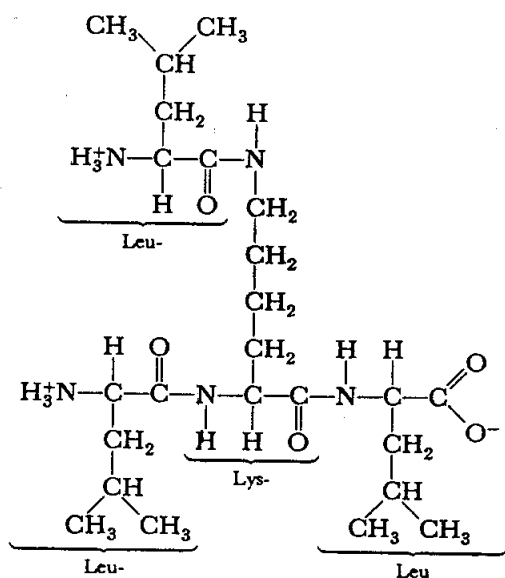
2. 2.1



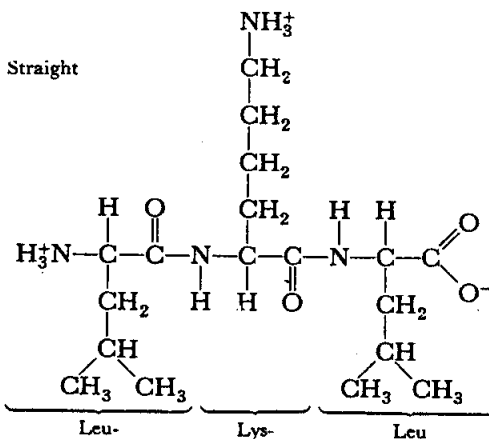
เครื่องหมายลูกศร แสดงให้เห็นพันธะเปปไทด์ที่มีลักษณะเฉพาะตัวของ Pro ซึ่งเป็นกรดอะมิโน

2.2

Branched



Straight



โครงสร้างที่เป็นสายยาวจะพบในโปรตีนธรรมชาติหลายชนิด

3. พันธะไดซัลไฟด์จะทำให้เกิดโครงสร้างที่เป็นวงปิด
4.

	pH = 3	pH = 10
Phe - Ile	ขั้วลบ	ขั้วบวก
Lys - Lys - Lys	ขั้วลบ	ขั้วลบ
Arg - Asp	ขั้วลบ	ขั้วบวก
5. 20^{61} ชนิด (คือประมาณ 2×10^{79} ชนิด)
6. 6.1 Gly₂₀ ละลายดีกว่า Phe₂₀
 6.2 ละลายได้พอ ๆ กันที่ pH₆
 6.3 Tyr₂₀ ละลายดีกว่า Phe₂₀
7. ความเป็นบัฟเฟอร์จะขึ้นกับจำนวนของหมู่ที่แตกตัวได้ ดังนั้นที่ความเข้มข้นเท่ากัน โปรตีนจะเป็นบัฟเฟอร์ที่มีประสิทธิภาพน้อยกว่ากรดอะมิโนอิสระมาก เนื่องจากหมู่ที่แตกตัวได้เกือบทั้งหมดของโปรตีนจะอยู่ในรูปที่ทำพันธะเปปไทด์เสียหมด
8. 8.1 ถูก
 8.2 ผิด คาร์บอกซีเปปทิเดสทั้งสองชนิดจะไม่ตัดปลายคาร์บอกซิลที่เป็นโพรลีน
9. Gly - Tyr, Ala - Val - Phe, Trp
10. 10.1 ตัดด้วยทริปซินได้ Lys, Cys - Tyr - Val - Arg, His - Glu - Trp - Ala - Ser
 ตัดด้วยไคโมทริปซินได้ Lys - Cys - Tyr, Val - Arg - His - Glu - Trp, Ala - Ser
 10.2 Val - Arg - Leu - Gly - Asp - Phe - Ala - Tyr - Glu
11. 11.1 ไม่มีการตัด เพราะคาร์บอกซีเปปทิเดส B จะตัดกรดอะมิโนที่เป็น Arg หรือ Lys เท่านั้น
 11.2 ไม่มีการตัด เพราะไคโมทริปซินจะตัดปลายคาร์บอกซิลที่เป็น Phe, Trp และ Tyr
 11.3 ได้ Pro - Arg และ Met
12. 12.1 ผิด พันธะไฮโดรเจนเกิดระหว่าง หมู่โพลาร์ที่ผิวหน้าโปรตีนกับโมเลกุลของน้ำ
 12.2 ถูก
 12.3 ผิด แรงที่สำคัญที่สุดคือ แรงกระทำแบบ hydrophobic
 12.4 ผิด โครงสร้างจตุรภูมิคือ การจัดตัวที่โพลีเปปไทด์มากกว่า 1 สายมาอยู่รวมกัน
 12.5 ถูก
13. 13.1 โครงสร้างจะงอเป็นรูปตัว U โดยมี Gly 3 ตัวอยู่ตรงที่งอ และจะมี salt linkage เกิดระหว่าง Asp และ Lys

- 13.2 Leu ทั้งหมดจะหันเข้าด้านใน ส่วน Thr และ Lys ทั้งหมดจะโค้งงอตัว เพื่อทำพันธะไฮโดรเจนทั้งระหว่างกันและกับโมเลกุลของน้ำด้วย
14. กรดอะมิโนที่มี side chain แบบนอนโพลาร์จะพบด้านใน ส่วนพวกที่มี side chain แบบโพลาร์จะพบด้านนอก ดังนั้น Val, Ile, Phe และ Met จะอยู่ด้านใน ส่วน Glu, Asn, Ser, Arg, Lys และ Thr จะอยู่ด้านนอก
15. นอนโพลาร์ (hydrophobic), โพลาร์ (hydrophilic)

เฉลยคำถามท้ายบทที่ 10

1. เพราะวิตามินประเภทนี้จะไม่ถูกเก็บสะสมไว้ในเนื้อเยื่อของร่างกาย
2. 2.1 กรดนิโคตินิก
2.2 ไวตามินซี
2.3 ไวตามินบี 1
2.4 ไวตามินบี 12
3. ดูในตารางที่ 10 - 1
4. แคลเซียม แมกนีเซียม โปตัสเซียม และโซเดียมเป็นโลหะ นอกนั้นเป็นอโลหะ
5. ผิด แม้ว่าโซเดียมและโปตัสเซียมอออนจะมีคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีคล้ายคลึงกัน แต่ก็ไม่สามารถใช้แทนที่กันได้
6. ฟอสฟอรัสจะไปรวมตัวกับแคลเซียม เกิดเป็นแคลเซียมฟอสเฟตแล้วถูกขับออกกับปัสสาวะ ทำให้ปริมาณแคลเซียมในร่างกายลดลง
7. กระดูกจะอ่อนหรือองลงได้ ทำให้เกิดโรค osteomalacia
8. ดูหัวข้อที่ 10.2.1.2
9. ดูในตารางที่ 10 - 1
10. เซเลเนียม ไอโอดีนและฟลูออไรด์เป็นโลหะ ซีลีคอนเป็นเมทัลลอยด์ นอกนั้นเป็นโลหะ
11. มีมากที่สุดในตับ ไต และผักสีเขียว
12. Fe^{2+} , ไวตามินซีช่วยรีดิวส์ Fe^{3+} ให้กลายเป็น Fe^{2+} ซึ่งเป็นรูปแบบที่ถูกดูดซับในกระเพาะอาหาร และลำไส้ส่วนบน
13. ดูหัวข้อที่ 10.2.2.1
14. ถูก
15. ทองแดง, Wilson's disease
16. ใช้ในการสังเคราะห์ฮอร์โมนต่าง ๆ ของต่อมไทรอยด์ รับประทานอาหารทะเลเป็นประจำ และใช้เกลือป่นชนิดที่มีไอโอดีนผสมอยู่ด้วย
17. เมื่อระดับไอโอดีนลดลง ต่อมไทรอยด์จะขยายตัวใหญ่ขึ้น จึงทำให้คอพอก
18. ไม่ได้
19. ระดับฟลูออไรด์ในร่างกายมากเกินไป
20. ดูหัวข้อที่ 10.2.2 และ 10.3