

สารบัญ

หน้า	หน้า
คำนำพิมพ์ครั้งที่ 2 ฉบับปรับปรุงแก้ไข	หน้า
คำนำพิมพ์ครั้งที่ 1	หน้า
สารบัญ	หน้า
1 ชีวิตและสารเคมี	1
1.1 ธาตุ	1
1.1.1 อุบัติการณ์ของธาตุ	1
1.1.2 ธาตุในสิ่งมีชีวิต	2
1.2 อุบัติการณ์ของชีวโมเลกุล	4
1.3 เซลล์	7
1.3.1 กำเนิดของเซลล์	7
1.3.2 เซลล์โพรแคริโอตและเซลล์ยูแคริโอต	9
1.3.3 องค์ประกอบของเซลล์	10
1.3.4 การดำรงอยู่ของเซลล์	12
1.4 วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต	13
1.5 ปัจจัยพื้นฐานเพื่อความเข้าใจชีวโมเลกุล	15
1.5.1 พลังงานในชีวโมเลกุล	15
1.5.2 พันธะเคมีในระบบชีวภาพ	18
1.5.2.1 พันธะโคเวเลนต์	19
1.5.2.2 พันธะนอนโคเวเลนต์	19
1.5.3 น้ำ: โครงสร้างและสมบัติที่จำเป็นต่อชีวโมเลกุล	22
1.5.3.1 น้ำเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว	22
1.5.3.2 น้ำสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ดีมาก	23
1.5.3.3 น้ำทำให้เกิดปฏิสัมพันธ์ไฮโดรโฟบิก	25
1.5.4 กรด-เบส และบัฟเฟอร์	26
1.5.4.1 ความหมายของกรด-เบส	26
1.5.4.2 ค่าคงที่การแตกตัว (Dissociation constant) สามารถใช้ระบุความแรงของกรด	26
1.5.4.3 การแตกตัวของน้ำ และความหมายของ pH และ pK	27
1.5.4.4 บัฟเฟอร์	30
1.5.4.4.1 บัฟเฟอร์แอซิด	30
1.5.4.4.2 บัฟเฟอร์เบส	30
1.5.4.4.3 บัฟเฟอร์ชีวภาพ	30
1.5.4.4.4 การเลือกบัฟเฟอร์	30
1.5.4.4.5 การคำนวณบัฟเฟอร์	30
1.5.4.4.6 การเลือกบัฟเฟอร์	30
1.5.4.4.7 การเลือกบัฟเฟอร์	30
1.5.4.4.8 การเลือกบัฟเฟอร์	30
1.5.4.4.9 การเลือกบัฟเฟอร์	30
1.5.4.4.10 การเลือกบัฟเฟอร์	30

1.5.4.5	ความสามารถของเลือดในการรักษาสภาพกรด-เบส.....	32
1.6	เอกสารอ้างอิง.....	34
2	คาร์โบไฮเดรต.....	35
2.1	ความหมายและชนิด.....	35
2.2	มอนอแซ็กคาไรด์ (Monosaccharide).....	36
2.2.1	สเตอริโอไอโซเมอริซึม (Stereoisomerism).....	37
2.2.2	ไดแอสเตอริโอไอโซเมอร์ (Diastereoisomer).....	38
2.2.3	โครงสร้างรูปวงแหวน.....	41
2.2.4	โครงสร้างของวงแหวนไพแรโนสและฟิวแรโนส.....	44
2.2.5	ภาพรวมของไอโซเมอริซึม (isomerism) ในมอนอแซ็กคาไรด์.....	46
2.2.6	ปฏิกิริยาเคมีของมอนอแซ็กคาไรด์.....	48
2.2.6.1	การสร้างพันธะไกลโคซิดิก.....	48
2.2.6.2	ปฏิกิริยาการให้และรับอิเล็กตรอน (Oxidation-reduction reaction).....	49
2.2.6.3	ปฏิกิริยาฟอสฟอริเลชัน.....	52
2.2.6.4	ปฏิกิริยาอื่น ๆ.....	54
2.2.7	คำย่อของมอนอแซ็กคาไรด์และอนุพันธ์ต่าง ๆ.....	54
2.3	ออลิโกแซ็กคาไรด์.....	55
2.3.1	ลักษณะการต่อกันระหว่างมอนอแซ็กคาไรด์ในออลิโกแซ็กคาไรด์.....	55
2.3.2	การเรียกชื่อออลิโกแซ็กคาไรด์.....	57
2.3.3	ความผิดปกติของเมแทบอลิซึมของแลคโทสและแกแลคโทส.....	58
2.3.4	ไซโคลเดกซ์ทริน.....	59
2.4	พอลิแซ็กคาไรด์.....	60
2.4.1	พอลิแซ็กคาไรด์สะสมอาหาร.....	60
2.4.2	พอลิแซ็กคาไรด์โครงสร้าง.....	63
2.4.2.1	เซลลูโลส.....	63
2.4.2.2	ไคติน.....	66
2.4.2.3	ไกลโคแอมิโนไกลแคน.....	67
2.4.3	ผนังเซลล์แบคทีเรีย.....	69
2.5	ไกลแคนสังยุค.....	72
2.5.1	โปรทีโอไกลแคน.....	73
2.5.2	ไกลโคโปรตีน.....	74

2.5.3	ไกลโคลิพิด.....	75
2.6	เอกสารอ้างอิง.....	77
3.	กรดนิวคลีอิก.....	79
3.1	องค์ประกอบและโครงสร้างทางเคมี.....	79
3.2	สมบัติการดูดกลืนแสงของเบสพิวรีนและไพริมิดีน.....	84
3.3	นิวคลีโอไซด์ไตรฟอสเฟต (Nucleoside triphosphate).....	86
3.4	สารเลียนแบบนิวคลีโอไซด์ที่ใช้เป็นยารักษาโรค.....	88
3.5	พอลินิวคลีโอไทด์ (Polynucleotide).....	90
3.6	โครงสร้างสายเกลียวคู่ดีเอ็นเอ (Double helical structure of DNA).....	90
3.6.1	องค์ประกอบเบสของดีเอ็นเอ.....	92
3.6.2	ข้อมูลทางผลึกศาสตร์รังสีเอกซ์ของดีเอ็นเอ.....	93
3.6.3	โครงสร้างดีเอ็นเอแบบ Watson-Crick (B-DNA).....	94
3.6.4	สายเกลียวดีเอ็นเอแบบอื่น ๆ.....	97
3.6.5	การหาลำดับเบสของดีเอ็นเอ.....	98
3.6.6	การเสถียรภาพและคืนสภาพของดีเอ็นเอ.....	101
3.6.6.1	การวิเคราะห์ดีเอ็นเอจีโนม.....	103
3.6.6.2	การเกิดสายเกลียวคู่ลูกผสม (Hybridization).....	106
3.6.7	การจัดตัวของสายเกลียวคู่ดีเอ็นเอเป็นโครโมโซม.....	108
3.6.8	ดีเอ็นเอในโพรแคริโอต.....	117
3.7	อาร์เอ็นเอ (Ribonucleic acid, RNA).....	118
3.7.1	อาร์เอ็นเอไรโบโซม (Ribosomal RNA, rRNA).....	120
3.7.2	อาร์เอ็นเอถ่ายโอน (Transfer RNA, tRNA).....	124
3.7.3	อาร์เอ็นเอนำรหัส (Messenger RNA, mRNA).....	127
3.8	กรดนิวคลีอิกในไวรัส.....	130
3.9	เอกสารอ้างอิง.....	133
4.	ลิพิด.....	135
4.1	กรดไขมัน (Fatty acid).....	135
4.2	ไตรเอซิลกลีเซอรอล (Triacylglycerol).....	141
4.3	กลีเซอโรฟอสโฟลิพิด (Glycerophospholipid).....	143
4.4	อีเทอร์กลีเซอโรฟอสโฟลิพิด (Ether glycerophospholipid).....	146
4.5	สฟิงโกลิพิด (Sphingolipid).....	147

4.6	ไอโคซานอยด์ (Eicosanoid)	151
4.7	คอเลสเตอรอล (Cholesterol)	152
4.8	สมบัติในการรวมตัวของลิพิด	155
4.8.1	เยื่อชั้นเดียวและไมเซลล์	155
4.8.2	ลิพิดสองชั้นและลิโปโซม	158
4.9	การขนส่งลิพิดในร่างกาย	159
4.10	เยื่อชีวภาพ (Biological membrane)	163
4.10.1	องค์ประกอบลิพิดในเยื่อชีวภาพ (Membrane lipid)	163
4.10.2	โปรตีนในเยื่อชีวภาพ (Membrane protein)	165
4.10.3	แบบจำลองฟลูอิดมอแซอิก (Fluid mosaic model)	166
4.11	การขนส่งสารผ่านเยื่อเซลล์ (Membrane transport)	167
4.11.1	การขนส่งสารผ่านเยื่อเซลล์ชีวภาพ	167
4.11.2	การขนส่งกสาคติ (Passive transport)	169
4.11.3	การขนส่งกัมมันต์ (Active transport)	170
4.12	การนำสัญญาณผ่านเยื่อเซลล์ (Signal transduction across membrane)	176
4.12.1	วิธีการให้สัญญาณ (Signaling)	176
4.12.2	การให้สัญญาณผ่านตัวรับที่เชื่อมต่อกับโปรตีน G	179
4.12.2.1	การขยายสัญญาณทวีคูณเป็นขั้น ๆ โดยการเติมหมู่ฟอสเฟต (Phosphorylation cascade)	180
4.12.2.2	การขยายสัญญาณทวีคูณเป็นขั้น ๆ ผ่านฟอสฟาทีดิลอินอซิทอล (Phosphatidylinositol signal cascade)	182
4.13	เอกสารอ้างอิง	184
5.	โปรตีน	187
5.1	กรดอะมิโน (Amino acid)	187
5.1.1	สมบัติโดยทั่วไป	187
5.1.2	การจำแนกกรดอะมิโน	188
5.1.3	สมบัติการเป็นกรด-เบส	192
5.1.4	สมบัติทางเคมีสเตอริโอ (Stereochemistry) และการดูลิ้นแสง	194
5.2	โครงสร้างระดับต่าง ๆ ของโปรตีน	196
5.2.1	การศึกษาโครงสร้างสามมิติของกรดอะมิโนและโปรตีน	197
5.2.2	โครงสร้างระดับปฐมภูมิ (Primary structure)	197

5.2.2.1	การหาน้ำหนักโมเลกุล	198
5.2.2.2	การวิเคราะห์หาลำดับกรดอะมิโน	202
5.2.2.3	การหาค่าแห่งพันธะไดซัลไฟด์	207
5.2.2.4	ออลิโกเปปไทด์ (Oligopeptide) ที่สำคัญทางชีวภาพ	208
5.2.2.5	โครงสร้างปฐมภูมิและโรคทางพันธุกรรม	212
5.2.3	โครงสร้างทุติยภูมิ (Secondary structure)	213
5.2.3.1	หมู่เคมีของพันธะเพปไทด์	213
5.2.3.2	โครงสร้างรูปเกลียว (Helical structure)	217
5.2.3.3	โครงสร้างรูปเบตา (β structure)	218
5.2.3.4	โปรตีนเส้นใย (Fibrous protein)	221
5.2.4	โครงสร้างตติยภูมิ (Tertiary structure)	230
5.2.4.1	ความเสถียรของโปรตีน (Protein stability)	233
5.2.4.2	การเสียสภาพของโปรตีน (Protein denaturation)	234
5.2.5	โครงสร้างจตุรภูมิ (Quaternary structure)	235
5.3	ฮีโมโกลบินและไมโอโกลบิน (Hemoglobin and myoglobin)	236
5.3.1	โครงสร้างของโมเลกุล	236
5.3.2	คุณสมบัติทางสรีรภาพ	241
5.3.2.1	การจับตัวของออกซิเจน	241
5.3.2.2	สภาพความเป็นกรด-เบส	247
5.3.2.3	ฟอสเฟตอินทรีย์	250
5.3.3	โรคโลหิตจางแบบเซลล์รูปเคียว (Sickle-cell anemia)	251
5.4	เอกสารอ้างอิง	255
6	เอนไซม์	257
6.1	เอนไซม์ส่วนใหญ่คือโปรตีน	257
6.2	การเรียกชื่อเอนไซม์ (Enzyme nomenclature)	258
6.2.1	ออกซิโครีดักเทส (Oxidoreductase)	258
6.2.2	แทรนสเฟอร์เรส (Transferase)	259
6.2.3	ไฮโดรเลส (Hydrolase)	259
6.2.4	ไลเอส (Lyase)	260
6.2.5	ไอโซเมอเรส (Isomerase)	260
6.2.6	ไลเกส (Ligase)	261

6.3	กลไกการทำงานของเอนไซม์ (Reaction mechanism)	262
6.3.1	ไลโซไซม์ (Lysozyme)	262
6.3.2	คาร์บอกซิเพปติเดส A (Carboxypeptidase A)	267
6.3.3	สรุปกลไกการทำงานของเอนไซม์	270
6.4	สมบัติในการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์	272
6.4.1	เอนไซม์มีค่า pH ที่เหมาะที่สุด (Optimum pH)	272
6.4.2	อุณหภูมิมีผลต่อเอนไซม์	273
6.4.3	เอนไซม์มีความจำเพาะต่อซับสเตรต (Substrate specificity)	273
6.5	โคแฟกเตอร์ (Cofactor)	275
6.6	ทฤษฎีการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์	281
6.7	การวัดความสามารถในการเร่งปฏิกิริยาของเอนไซม์ในหลอดทดลอง	282
6.8	จลนศาสตร์ของเอนไซม์ (Enzyme kinetics)	285
6.8.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของซับสเตรตกับความเร็วของปฏิกิริยา	288
6.8.2	ความสำคัญของ K_m	290
6.8.3	ตัวเลขผัดเวียน (Turnover number)	292
6.8.4	k_{cat}/K_m ใช้อธิบายประสิทธิภาพของเอนไซม์	292
6.8.5	การเปลี่ยนสมการ Michaelis-Menten ให้เป็นรูปการเขียนกราฟส่วนกลับสองข้าง	294
6.9	การยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (Enzyme inhibition)	295
6.9.1	การยับยั้งไม่ผันกลับ (Irreversible inhibition)	296
6.9.2	การยับยั้งผันกลับได้ (Reversible inhibition)	299
6.9.2.1	การยับยั้งแบบแข่งขัน (Competitive inhibition)	299
6.9.2.2	การยับยั้งไม่แข่งขัน (Uncompetitive inhibition)	302
6.9.2.3	การยับยั้งร่วม (Noncompetitive inhibition)	303
6.10	การพหุการผันชนิดของกรดอะมิโนที่ใช้เร่งปฏิกิริยาด้วย pH	305
6.11	เอนไซม์ควบคุม (Regulatory enzyme)	306
6.11.1	การดัดแปรแบบโคเวเลนต์ (Covalent modification) และการใช้หน่วยย่อยควบคุม	307
6.11.2	แอลโลสเตอริซึม (Allosterism)	310
6.11.3	ไอโซเอนไซม์ (Isoenzyme)	314
6.11.4	ไซโมเจน (Zymogen)	316
6.12	การประยุกต์เอนไซม์ทางการแพทย์	320
6.12.1	การใช้เอนไซม์เป็นรีเอเจนต์	320

6.12.2	การใช้เอนไซม์เป็นดัชนีประกอบการวินิจฉัยโรค.....	322
6.12.3	การใช้เอนไซม์เป็นยารักษาโรค (therapeutic agent).....	322
6.12.4	การใช้ความรู้ด้านเอนไซม์พัฒนาา.....	323
6.13	เอนไซม์ที่เป็นอาร์เอ็นเอ.....	324
6.14	เอนไซม์อ้างอิง.....	324
ครรชนไทย		327
ครรชนอังกฤษ		347

ขึ้นในโลกนี้ได้อย่างไร

2. หน่วยเล็กเหล่านั้นเข้าร่วมกัน เกิดเป็น โมเลกุล โครงสร้างใหม่ แล้วสุดท้ายก็เกิดขึ้นเป็น เซลล์ได้อย่างไร
3. เซลล์ที่ยุคแรกเกิดขึ้นมาเป็น โมได้หยุดอยู่เพียงนั้น แต่ต้องเลื่อนไหลอยู่ในสาขาวิวัฒนาการ อย่างต่อเนื่องอย่างไร และ
4. กษยได้ก่อรวมขงดี ยังมีอีกจำนวนที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เริ่มมาเสวยความดำรงอยู่ ของเซลล์และของสิ่งมีชีวิตทั้งมวล พอสังงานนั้นเลื่อนไหลอยู่ในโลก ในสิ่งมีชีวิต และ ในชีวโมเลกุลอย่างไร

1.1 วัตถุ

1.1.1 จูบศการณ่ของธาตุ

เอกภพ หรือจักรวาล (Universe) คือ ระบบรวมของธรรมชาติที่ใหญ่ที่สุดเท่าที่มนุษย์ รู้จักผ่านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบไปด้วยดาราจักร (galaxy) ขนาดต่าง ๆ และกลุ่มของดาวฤกษ์ของเนบิวลาและพลาสมา ประมาณ 10^{11} ดาราจักร แต่ละดาราจักรประกอบด้วยดาวประมาณ $10^7 - 10^{11}$ ดวง ดาราจักรที่มีระบบสุริยะและโลกของเราอยู่กว้าง 100,000 ปีแสง หรือ 9.5×10^{17} กม. มีนักวิทยาศาสตร์เชื่อว่า ระยะทางระหว่างดาราจักรขยายตัวห่างออกจนเกินไปทุกที ๆ ซึ่งถ้าเป็นเช่นนั้น หากย้อนเวลากลับไปเรื่อย ๆ ดาวจักรก็จะมาอยู่ใกล้กัน ๆ เข้า ในที่สุดก็ชนกัน จุดเคียวกันแสดงว่า เมื่อเริ่มค้น สรรพสิ่งทั้งหลายอัดกันอยู่ในจุดเล็ก ๆ จุดเดียว ที่เรียกว่า เอกภพภาวะ (singularity) ณ จุดนั้น มีความหนาแน่นของมวลสารเป็นอนันต์และมีจุดศูนย์กลาง 0 คณิตศาสตร์ทางความคิดใหญ่ (big bang) เมื่อประมาณ 15 พันล้านปีมาแล้ว คำนิยามจักรวาลจึงมี การ

ช่อ
8 ก.ค. 51

สุกัญญา สุนทรส

ชีวโมเลกุล / สุกัญญา สุนทรส, วิเชียร रिมนิชยกิจ

1. ชีวโมเลกุล 2. วิเชียร रिมนิชยกิจ

572.8

ISBN 978-974-03-2182-8

สพจ. 876/2



สรรคณค้ำวิชาการ สู้สังคม

<http://www.ChulaPress.com>

เลขหมู่ 572.838
ศ 41
2551
เลขทะเบียน 15472
ปีที่ 9 / ก. ก. 2551
96641



ลิขสิทธิ์ของสำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ครั้งที่ 1 จำนวน 2,000 เล่ม พ.ศ. 2547

พิมพ์ครั้งที่ 2 จำนวน 2,000 เล่ม พ.ศ. 2551

การผลิตและการลอกเลียนหนังสือเล่มนี้ไม่ว่ารูปแบบใดทั้งสิ้นต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้จัดจำหน่าย ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

สาขา

ศาลาพระเกี้ยว โทร. 0-2218-7000-3 โทรสาร 0-2255-4441

สยามสแควร์ โทร. 0-2218-9881 โทรสาร 0-2254-9495

ม.นเรศวร จ.พิษณุโลก 0-5526-0162-4 โทรสาร 0-5526-0165

ม.เทคโนโลยีสุรนารี จ.นครราชสีมา โทร. 0-4421-6131-4 โทรสาร 0-4421-6135

ม.บูรพา จ.ชลบุรี โทร. 0-3839-4855-9 โทรสาร 0-3839-3239

CALL CENTER โทร. 0-2255-4433 <http://www.chulabook.com>

เครือข่าย

ศูนย์หนังสือ ม.แม่ฟ้าหลวง จ.เชียงราย โทร. 0-5391-7020-4 โทรสาร 0-5391-7025

ศูนย์หนังสือทะเลแก้ว ม.ราชภัฏพิบูลสงคราม จ.พิษณุโลก โทร. 0-5526-7010

โทรสาร 0-5521-6388

ศูนย์หนังสือ ม.วลัยลักษณ์ จ.นครศรีธรรมราช โทร. 0-7567-3648-51

โทรสาร 0-7567-3652

ศูนย์หนังสือตรัง จ.ตรัง โทร. 0-7521-8115 โทรสาร 0-7521-8115

ร้านหนังสือดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) งามคำแหง 43/1 โทร. 0-2538-2573

โทรสาร 0-2539-7019

ร้านค้า, หนังสือเข้าชั้นเรียน ติดต่อทีมขายส่ง สยามสแควร์ ชั้น 14 โทร. 0-2218-9889-90

โทรสาร 0-2254-9495

กองบรรณาธิการ : จุฬามาศ ตั้งจิตวิชัย

ออกแบบปก : ชัชวาล ชันติกเซนชาติ ออกแบบรูปเล่ม : รองศาสตราจารย์ ดร.วิเชียร रिมนิชยกิจ

พิมพ์ที่ : บริษัท วี.พรินท์ (1991) จำกัด โทร. 0-2451-3010 โทรสาร 0-2451-3016