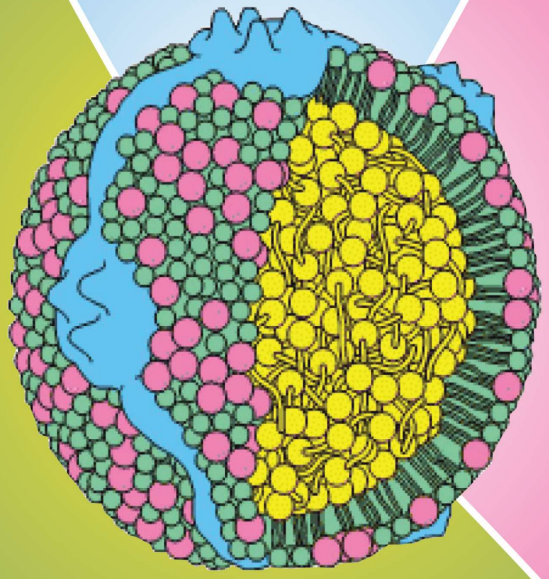
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الموصل

الكيمياء الحياتية

الجزء الاول



الأستاذ
د . طارق يونس احمد

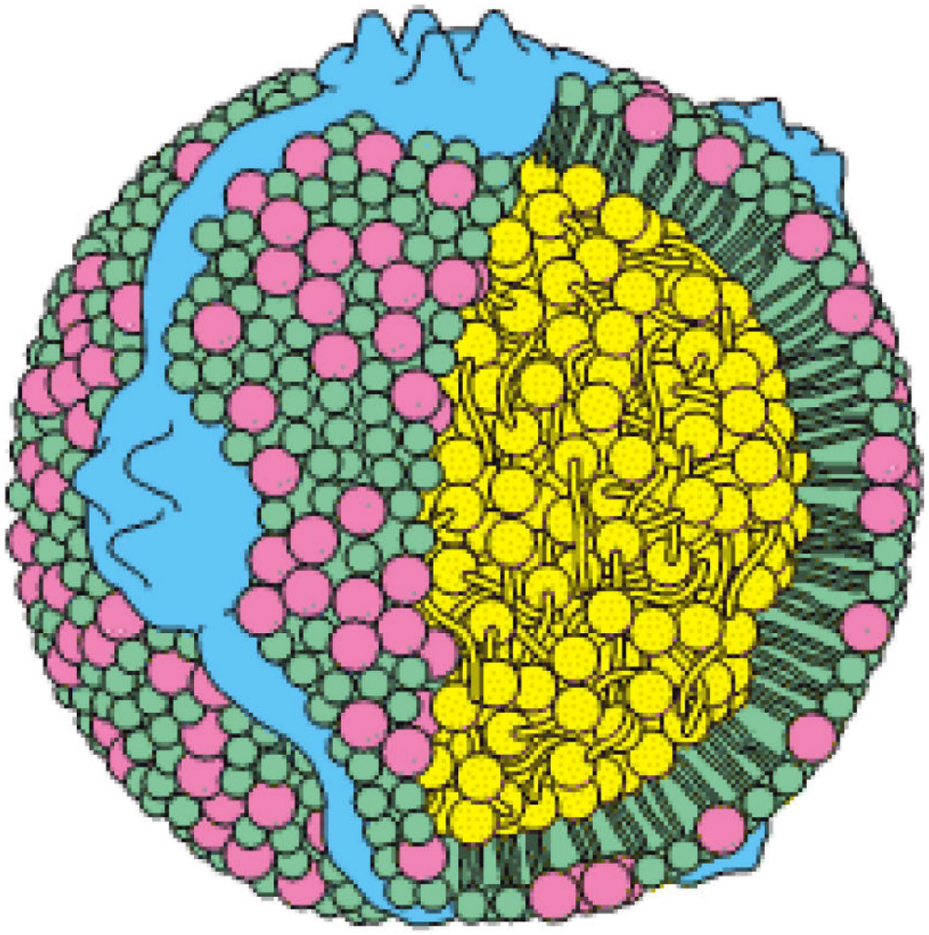
الأستاذ المساعد
د . لؤي عبد علي الهلالي

الكيمياء الحياتية
الجزء الاول

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الموصل

الكيمياء الحياتية

الجزء الأول



تأليف

الأستاذ
د. طارق يونس احمد

الأستاذ المساعد
د. لؤي عبد علي الهلالي

حقوق الطبع (ح) محفوظة (1431 هـ - 2010 م)
لدار ابن الأثير للطباعة والنشر
جامعة الموصل

لايجوز تصوير أو نقل أو إعادة مادة الكتاب
وبأي شكل من الأشكال إلا بعد موافقة الناشر

تعريف شكل غلاف الكتاب

الشكل يوضح جزيئة البروتين الدهني واطئ الكثافة Low density lipoprotein (LDL).

رقم الإيداع في دار الكتب والوثائق ببغداد
(1217) لسنة 2010

دار ابن الأثير للطباعة والنشر
جامعة الموصل

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

الحمد لله الذي وفقنا للإتمام هذا العمل المتواضع ونسأل الله سبحانه وتعالى أن نكون عند حسن ظن الذين وضعوا ثقتهم فينا فوافقوا على تأليف هذا الكتاب.

يتضمن هذا الكتاب مفردات منهج الكيمياء الحياتية لطلبة قسم الكيمياء في كلية العلوم في الجامعات العراقية والتي أقرت في وزارة التعليم العالي والبحث العلمي فضلاً عن بعض المواضيع التي لها علاقة مباشرة مع مفردات المناهج ومتطلبات الدراسة في السنوات الأخيرة.

تم تقسيم مفردات منهج الكيمياء الحياتية في هذا الكتاب الى جزئيين إذ ضم الجزء الأول مفردات منهج الكيمياء الحياتية للصف الثالث والتي تناولت دراسة المكونات الرئيسة للجزيئات الحياتية من ناحية التراكيب الكيميائية وتواجدها ووظيفتها وتفاعلاتها في أثنا عشر فصلاً عن الفصل الثالث عشر والذي ضم أهم التقنيات المستخدمة في الكيمياء الحياتية وبأسلوب سهل وبسيط يمكن للطالب ان يفهم المادة بشكل أفضل.

أما الجزء الثاني فضم مفردات منهج الصف الرابع كيمياء في عشرة فصول والذي تناول جميع العمليات الأيضية من هدم وبناء للجزيئات الحياتية داخل الكائن الحي لديمومة حياته. كما تم إضافة فصل الدم وفصل البول وفصل التغذية البشرية والهضم والامتصاص لما لهم علاقة مباشرة مع مفردات منهج الكيمياء الحياتية.

وفي الختام، نود أن نتقدم جزيل شكرنا وتقديرنا الى لجنة عمداء العلوم الصرفة لجامعات القطر الموقرة بموافقتها لتأليف الكتاب المنهجي، كما نتقدم بفائق شكرنا الى المقيم العلمي الأستاذة الدكتورة خولة احمد آل فليح (عميد كلية التربية – بنات/ جامعة الموصل) لما أبدته من ملاحظات علمية والمقوم

اللغوي الأستاذ المساعد الدكتور محمد جواد البدراني (قسم اللغة العربية / كلية التربية/ جامعة الموصل) على ملاحظاته اللغوية التي أغنت هذا الكتاب والى السيد مدير دار ابن الاثير للطباعة والنشر في جامعة الموصل والعاملين في هذه المديرية لجهودهم الكبيرة في طبع وإخراج هذا الكتاب. وعرفاناً منا بالجميل نتقدم بالشكر والتقدير الى رئاسة قسم الكيمياء وعمادة كلية العلوم ورئاسة جامعة الموصل لما قدموه من مساعدة وتسهيلات وسواها في سبيل إنجاز هذا الكتاب وأخيراً وليس آخراً نتقدم بالشكر والامتنان الى عوائلنا الكريمة على صبرهم وتوفيرهم الأجواء المناسبة والمؤازرة طيلة فترة تأليف الكتاب.

نأمل أن يكون هذا الكتاب عوناً لجميع طلبة الدراسات الأولية والعليا والعاملين في حقل الكيمياء الحياتية ونسأل الله عز وجل أن يتقبل عملنا هذا خالصاً لوجهه الكريم أنه نعم المولى ونعم النصير ومن الله العلي القدير نستمد العون والتوفيق.

المؤلفان

الأستاذ

د. طارق يونس احمد

الأستاذ المساعد

د. لؤي عبد علي الهلالي

قسم الكيمياء / كلية العلوم

جامعة الموصل

المحتويات

الفصل الأول

الكيمياء الحياتية والفرضيات حول نشوء الحياة

معلومات عامة عن الكيمياء الحياتية وفروعها 21
دورة العناصر في الطبيعة 22
دورة الكاربون في الطبيعة..... 23
دورة النيتروجين (دورة الآزوت) 23
دورة الفسفور..... 24
الفرضيات التي قدمها الباحثون حول نشوء الحياة..... 25
تجربة العالم سيدني فوكس..... 28

الفصل الثاني

الخلـيــة و مـكـونـاتـهـا

الخواص العامة للخلية..... 33
الحجم والشكل 34
أنواع الخلايا 34
التركيب الخلوي..... 35
1- الجدار الخلوي..... 35
2- غشاء الخلية 35
3- الشبكة الاندوبلازمية والرايبوزومات 38
4- جهاز كولجي..... 39
5- الجسيمات الحالة (اللايسوزومات) 40
6- المايتوكوندريا..... 41
7- البلاستيدات..... 42
8- الأجسام الدقيقة (المجهرية) 43
9- الهيكل الدعامي للسايتوبلازم..... 43
أ- الخيوط والانبيبات الدقيقة..... 43
ب- الشبكة الخلوية الداخلية..... 43
10- الفجوات العصارية..... 44
11- النواة..... 44
12- السايتوسول..... 45

عمليات النقل 45
1- النفاذ البسيط أو الحر..... 45
2- النفاذ المسهل..... 45
3- النقل الفعال 46
4- الشرب الخلوي (الرشف) 46
5- الالتهام الخلوي (البلع) 47
الفروقات بين الخلايا بدائية النواة وحقيقية النواة..... 48

الفصل الثالث

الماء و المحاليل والأس الهيدروجيني في الجسم

المـــاء 51
الوظائف الحيوية والفسيولوجية للماء 52
توزيع الماء في الجسم..... 52
العوامل المؤثرة على توزيع الماء في الجسم..... 53
الصفات الفيزيائية للماء 53
تأين الماء 57
قانون فعل الكتلة وثابت التعادل..... 58
الحوامض والقواعد..... 58
منحنيات تسحيح الحوامض..... 60
قيم الأس الهيدروجيني(pH) في الكائن الحي..... 62
توازن الحامض- القاعدة..... 63
المحاليل المنظمة في الدم..... 64

الفصـل الرابـع

الكاربوهيـدرات

الوظائف الحيوية والفسيولوجية للكاربوهيدرات..... 69
أصناف الكاربوهيدرات..... 70
السكريات الأحادية..... 70
التدوير الضوئي..... 72
التناظر المجسامي للسكريات الاحادية..... 73
متماثلات إيبمرز..... 76
التراكيب الحلقية للسكريات..... 76
السكريات الخماسية الكاربون..... 79

السكريات السداسية 80
السكريات الاحادية المشتقة 81
السكريات قليلة الوحدات 88
السكريات المتعددة 91
1- السكريات المتعددة المتجانسة 91
2- السكريات المتعددة غير المتجانسة..... 94
الألياف الغذائية 96
الخصائص الفسيولوجية للألياف..... 97

الفصل الخامس

الأحماض الامينية والببتيدات

الأحماض الامينية..... 101
الخواص العامة للأحماض الامينية..... 101
تقسيم الأحماض الامينية..... 102
I- الأحماض الامينية البروتينية..... 102
II- الأحماض الامينية غير البروتينية..... 105
III- الأحماض الامينية النادرة في البروتينات..... 108
IV- الأحماض الامينية الأساسية وغير الاساسية وشبه الأساسية..... 109
الوظائف الحيوية لعدد من الأحماض الامينية..... 110
الخواص الحامضية- القاعدية للأحماض الامينية..... 111
امتصاص الأشعة فوق البنفسجية للأحماض الامينية..... 114
التفاعلات اللونية لبعض الأحماض الامينية..... 115
الببتيدات 115
الأواصر الببتيدية عنصر مهم في تركيب البروتينات..... 117
الصفات القاعدية والحامضية للببتيدات..... 117
بعض الببتيدات المهمة حياتياً..... 118
1- الكلوتاثايون..... 118
2- الاوكسي توسين..... 120
3- الڤاسوبرسين..... 120
4- كرامسدين أس..... 121
التفاعلات المهمة للاحماض الامينية والببتيدات..... 121
1- التفاعل مع الكاشف ننهايدرن 121

2- التفاعل مع حامض النتروز..... 122
3- التفاعل مع 1- فلورو 2 ، 4 - ثنائي نايتروبنزين (FDNB) 122
4- التفاعل مع ليثيوم بورهيدريد 123
5- التفاعل مع ايزوثايوسيانات..... 123
6- التفاعل مع كلوريد الدانسيل..... 124
7- التفاعل مع الفوسجين..... 125
8- التفاعل مع الهيدرازين..... 125
9- التفاعل مع بروميد السيانوجين..... 126
10- كسر أواصر ثنائي الكبريت..... 126
11- التفاعل مع الإنزيمات..... 127

الفصل السادس

البروتينات

تعريف البروتينات..... 131
الوظائف الحيوية والفسيولوجية للبروتينات..... 131
تصنيف البروتينات..... 133
I- البروتينات البسيطة..... 133
أ- البروتينات النسيجية (البروتينات الليفية) 133
ب- البروتينات الكروية..... 135
II- البروتينات المرتبطة (المقترنة) 136
أ- البروتينات النووية..... 136
ب- البروتينات الكاربوهيدراتية والبروتينات المخاطية..... 136
جـ-الفوسفو بروتينات..... 137
د- البروتينات الصبغية (كرومو بروتين) 137
هـ- البروتينات الدهنية..... 137
و- البروتينات المعدنية..... 137
III- البروتينات المشتقة..... 137
أ- بروتينات الميتا..... 138
ب- الببتونات..... 138
جـ- البروتيوسيز..... 138
بروتينات البلازما..... 138
تراكيب البروتينات..... 139

1- التركيب الأولي..... 142
2- التركيب الثانوي..... 143
أ- المنحنى الحلزوني ألفا..... 143
ب- الصفيحة المطوية..... 144
جـ - منحنى حلزون ثلاثي..... 146
د- الحلزون العشوائي..... 146
هـ- ادوار بيتا..... 146
3- التركيب الثالثي..... 147
4- التركيب الرابعي..... 149
نموذج جزيئي يوضح فيه التراكيب الاربعة للبروتين (الانسولين) 150
ذوبانية البروتينات 152
تغيير الحالة الطبيعية للبروتين (المسخ) 154
تقدير البروتين..... 156
1- طريقة كلدال (قياس النيتروجين الكلي في العينة) 156
2- امتصاص البروتين للاشعة فوق البنفسجية (UV light) عند الطول الموجي 280 نانوميتر..... 156
3- طريقة بايوريت..... 157
4- طريقة لاوري المحورة..... 158

الفصل السابع

الدهون

تعريف الدهون..... 161
وظائف الدهون..... 161
تصنيف الدهون..... 162
I- الدهون البسيطة 162
أ- الدهون المتعادلة..... 162
ب- الشمعيات..... 162
II- الدهون المركبة (المقترنة) 165
أ- الدهون المفسفرة..... 165
حامض الفوسفاتيديك..... 166
اللسيثينات..... 166
السيفالينات..... 167
فوسفاتيديل إنوسيتول..... 167

الدهون الاسفنجية (السفنكوليبدات) 167
بلازمالوجين..... 168
كارديولبينات..... 169
الفوسفاتيدل كليسرول..... 169
ب- الدهون السكرية..... 169
السيروبروسايد..... 169
الكانكليوسايد..... 169
جـ- الدهون الكبريتية..... 169
د- البروتينات الدهنية 170
III- الدهون المشتقة..... 173
أحماض دهنية (مشبعة وغير مشبعة) 173
تسمية الأحماض الدهنية..... 176
تزنخ أو أكسدة الدهون 178
المواد المضادة للأكسدة الدهون..... 180
هدرجة الزيوت والدهون..... 180
الأحماض الدهنية الأساسية..... 181
ستيرويدات..... 181
سيترولات..... 182
الأحماض الصفراء..... 184
التربينات..... 186

الفصل الثامن

النيوكليوتيدات والأحماض النووية

1- القواعد النيتروجينية..... 191
2- السكريات الخماسية..... 194
3- حامض الفوسفوريك..... 195
النيوكليوسيدات..... 195
النيوكليوتيدات..... 197
النيوكليوتيدات الحلقية..... 199
النيوكليوتيدات المقترنة..... 200
وظائف النيوكليوتيدات..... 201
نيوكليوتيدات مصنعة..... 203

الأحماض النووية..... 204
الحامض النووي الديوكسي رايبوزي..... 206
الخواص العامة..... 206
تراكيب الأحماض النووية..... 210
1- التركيب الأولي..... 210
2- التركيب الثانوي..... 210
3- التركيب الثالثي..... 213
مسخ الحامض النووي الديوكسي رايبوزي..... 214
الحامض النووي الرايبوزي (RNA) 215
الخواص العامة..... 215
الحامض النووي الرايبوزي المرسل (mRNA) 216
الخواص العامة..... 216
الحامض النووي الرايبوزي الرايبوزومي(rRNA) 217
الخواص العامة..... 217
الحامض النووي الرايبوزي الناقل(tRNA) 217
الخواص العامة 217
مقارنة بين الاحماض النووية DNA وRNA 219

الفصل التاسع

الفيتامينات ومرافقات الإنزيمات

الفيتامينات 223
الخواص العامة للفيتامينات 224
العوامل التي تؤثر في توفر كمية الفيتامينات للجسم..... 225
الفيتامينات الذائبة في الماء 226
الثيامين (فيتامين B_1) 226
الرايبو فلافين (فيتامين B_2) 226
النياسين(فيتامين B_3) 228
فيتامين B_6 230
فيتامين B_{12} (سيانوكوبالامين) 234
حامض الفوليك (الفولاسين) 237
حامض البانتوثينك 239
البايوتين (فيتامين H) 242
فيتامين C 244

الفيتامينات الذائبة في الدهون..... 246
فيتامين A..... 250
فيتامين E..... 250
فيتامين D..... 252
فيتامين K..... 254
مشابهات الفيتامينات..... 255
الكولين 257
الاينوسيتول..... 258
حامض الليبويك..... 259
الكارنيتين..... 260
المرافق الإنزيمي Q..... 261
البايوفلافينويدات..... 262

الفصل العاشر

الإنزيمات

وظائف الأنزيمات 265
الخواص العامة للإنزيمات..... 265
استخدامات الأنزيمات 266
- تقسيم الأنزيمات 267
- تعاريف مهمة 268
- الآلية التحفيزية للانزيم 270
تسمية الإنزيمات..... 271
أصناف الإنزيمات..... 271
طاقة التنشيط وتأثير المحفز(الإنزيم) 276
العوامل المؤثرة على فعالية الإنزيم..... 277
1- تركيز الإنزيم..... 278
2- تركيز المادة الأساس..... 278
أهمية قيمة ثابت مكيلس..... 280
رسم لاينويفر- برك..... 281
رسم أيدي- هوفستي..... 283
3- درجة الحرارة..... 284
4- الأس الهيدروجيني..... 284
5- تثبيط الإنزيم..... 285

تصنيف مثبطات الإنزيم..... 286
أ- المثبط التنافسي..... 286
ب- المثبط غير التنافسي..... 287
جـ- التثبيط اللاتنافسي..... 290
6- تنشيط الإنزيم..... 291
آلية مشاركة المعادن في تنشيط الإنزيمات..... 291
العوامل المرافقة للإنزيم..... 292
الموقع الفعال..... 292
أ- نظرية القفل والمفتاح..... 294
ب- نظرية الحث التوافقي..... 295
الصفة الخصوصية للإنزيمات..... 296
الإنزيمات المتماثلة(المتناظرة)الأصل..... 298
الإنزيمات المنظّمة..... 299
دراسة آلية فعل الإنزيم 301
آلية عمل إنزيم الكايموتربسين..... 301
- تفاعلات كرة المنضدة (تفاعلات بنك- بونك) 303

الفصل الحادي عشر

الطـاقة الحياتيـة

1- تعريف الطاقة الحياتية..... 307
2- وحدات الطاقة..... 307
3- أشكال الطاقة..... 307
التعريف الحسابي للطاقة..... 309
التغير في الطاقة الحرة القياسية للتفاعلات..... 310
أهمية الادينوسين ثلاثي الفوسفيت ATP في الأنظمة البايولوجية..... 312
دورة ADP/ATP..... 314
مصادر الآصرة الفوسفاتية العالية الطاقة P~ خلال المسارات الأيضية..... 316

الفصل الثاني عشر

الهورمونات

الخواص العامة..... 321
وظائف الهورمونات..... 321
تصنيف الهورمونات..... 322
مصير الهورمونات بعد أداء فعاليتها..... 322
ميكانيكية (آلية) عمل الهورمونات..... 323
1- الهورمون الذي يرتبط بالمستقبل الكائن على السطح الخارجي لجدار الخلية..... 324
2- الهورمون الذي يرتبط بالمستقبل داخل الخلية..... 325
المرسلات الثانوية..... 326
1- AMP الحلقي وGMP الحلقي..... 327
2- انوسيتول (1،4،5) ثلاثي الفوسفات وثنائي أسيل الكلسيرول..... 328
3- أيونات الكالسيوم Ca^{++}..... 329
4- جذر نيتروجين أحادي الاوكسيد 329
تنظيم افراز الهورمونات..... 330
جهاز الغدد الصماء..... 332
أهمية الغدد الصماء وافرازاتها..... 332
تركيب و وظائف الهورمونات..... 337
الغدة النخامية..... 337
أ- الفص النخامي الامامي..... 337
1- الهورمون المنشط للغدة الدرقية..... 337
الهورمون المنشط لقشرة الغدة الادرينالية..... 338
الهورمونات المؤثرة على الغدد التناسلية..... 338
أ- الهورمونات المنشط للحويصلات..... 338
ب- هورمون المنشط للجسم الأصفر (هورمون التثبيت) 338
هورمون البرولاكتين (هورمون افراز الحليب) 339
هورمون النمو (سوماتوتروبين) 339
هورمونات الفص النخامي الخلفي..... 340
1- الفاسوبرسين..... 340
2- هورمون الاوكسيتوسين..... 340
هورمونات الفص النخامي الوسطي..... 341

1- الهورمون بيتا-المحفز للخلايا الصبغية..... 341
الغدة الدرقية..... 341
أ- هورمونات ثلاثي ورباعي ايودوثايرونين..... 341
ب- هورمون الكالسيتونين..... 343
غدة جنب الدرقية..... 345
هورمون جنب الدرقية..... 345
غدة البنكرياس..... 345
أ-هورمون الكلوكاكون..... 346
ب- هورمون الانسولين..... 347
جـ- هورمون سوماتوستاتين..... 348
د- متعدد ببتيد البنكرياس..... 348
الغدة الادرينالية (الغدة الكظرية) 349
I- هورمونات القشرة الادرينالية..... 349
1- الكلوكوتيكويدات..... 349
2- الكورتيكويدات المعدنية..... 350
3- الهورمونات الجنسية..... 350
أ- الاستيروجينات..... 350
ب - البروجستيرونات..... 351
II- لب الادرينالين (النسيج الداخلي للغدة الادرينالية) 352
هورمونات الكاتيكول امين..... 352
هورمونات المبيض..... 353
هورمونات الخصيتين..... 354
هورمون التستوستيرون..... 354
هورمونات المشيمة(الحبل السري) 354
الريلاكسين..... 354
هورمون كورونيك كونادوتروبين..... 354
هورمونات القناة الهضمية..... 355
أ- هورمونات المعدة 355
الكاسترين 355
ب-هورمونات الاثني عشر..... 355
1- سيكرتين..... 355
2- بنكريوزيمين..... 355

3- انتيروكاستيرون..... 355
4- الباروتين..... 355
5-هورمون الكولسيتوكينين..... 356
جـ- هورمون الامعاء..... 356
هورمون الانتيروكيرينين..... 356
الغدة الصنوبرية..... 356
هرمون الميلاتونين..... 356
هورمونات الأوعية القلبية..... 357
1- الاندوثيلين..... 357
2- هورمون الببتيد الاذيني..... 357
الكالموديولين..... 357
هورمون اللبتين..... 358

الفصل الثالث عشر

التقنيات الحياتية

المطياف الضوئي..... 363
النظرية البسيطة لامتصاص الضوء من قبل الجزيئات..... 363
العوامل التي تؤثر على الامتصاصية A ومعامل الامتصاص المولاري ε وقيمة الطول الموجي
لأقصى امتصاص λ_{max}..... 366
1- تأثير الأس الهيدروجيني pH..... 366
2- التأثيرات القطبية..... 366
3- التأثيرات الوضعية..... 367
تطبيقات أطياف بعض الأشعة فوق البنفسجية والمرئية..... 367
الجزيئات الممتصة للضوء في المركبات الحياتية..... 367
مطياف الفلورة..... 368
المجاميع الباعثة للفلورة (الفلوروفورات) 370
العوامل المؤثرة على أطياف التفلور..... 371
1- إخماد التفلور..... 371
2- تأثير المذيب..... 371
3- تأثير الأس الهيدروجيني..... 371
4- تأثير الاستقطاب..... 371
5- أعمار التألق (التفلور) 371
تشتت الدوران البصري والانكسار المزدوج الدائري 372

الكروماتوغرافيا..... 375
تطبيقات الكروماتوغرافيا..... 375
كروماتوغرافيا الامتزاز..... 376
كروماتوغرافيا التبادل الأيوني..... 376
كروماتوغرافيا الورقة..... 378
كروماتوغرافيا الطبقة الرقيقة..... 378
كروماتوغرافيا الألفة..... 379
كروماتوغرافيا الغاز..... 381
كروماتوغرافيا السائل ذو الضغط العالي..... 382
كروماتوغرافيا الترشيح الهلامي..... 383
استخدامات كروماتوغرافيا الترشيح الهلامي..... 384
الهجرة الكهربائية..... 385
تطبيقات تقنية الهجرة الكهربائية..... 386
أنواع تقنية الهجرة الكهربائية..... 386
1- الهجرة الكهربائية الورقية..... 386
2- الهجرة الكهربائية التي تستعمل خلات السليلوز ونترات السليلوز..... 386
3- الهجرة الكهربائية الهلامية..... 387
4- الهجرة الكهربائية بوجود المادة المطهرة كبريتات الدوديكايل صوديوم..... 387
أجهزة الهجرة الكهربائية..... 389
1- الهجرة الكهربائية بطريقة الصفيحة..... 389
2- الهجرة الكهربائية بطريقة القرص..... 390
بؤرة تعادل الشحنة..... 390
الطرد المركزي (النبذ) 391
الفرز الغشائي (النفاذية- الترشيح الغشائي) 393
العوامل المؤثرة على التناضحية في عملية الفرز الغشائي..... 394
المسح التفاضلي الحراري DSC 395
تطبيقات تقنية DSC..... 396
تحطيم الخلايا 396
1- استخدام الضغط 396
2- تحطيم جدران الخلايا بأستخدام الضغط الأزموزي..... 396
3- طريقة التجنيس..... 396
4- أستخدام الخلاطات..... 397
5- الطحن في وجود الرمل..... 397
6- الرج في وجود الزجاج المجروش..... 397

7- استخدام الاهتزازات أو الموجات فوق الصوتية..... 397
8- التجميد والتذويب..... 398
تركيز المحاليل..... 398
1- الترشيح الدقيق..... 398
2- الترشيح بأستخدام الأصابع السيلوفينة..... 399
3- التجفيد..... 399
استخلاص وتنقية البروتينات..... 399
الكشف عن نقاوة البروتينات..... 400
وصف لعملية استخلاص وتنقية البروتينات..... 400
تقدير الوزن الجزيئي للبروتينات..... 403
1- تقدير الوزن الجزيئي بطريقة الترشيح الهلامي..... 403
2- قياس الوزن الجزيئي من سرعة التركيد..... 405
3- تقدير الوزن الجزيئي بطريقة الهجرة الكهربائي من نوع SDS..... 405
4- قياس الوزن الجزيئي بطريقة الضغط الأزموزي..... 406
أستخلاص وتنقية الإنزيمات..... 407
أهداف استخلاص وتنقية الإنزيمات..... 407
إستراتيجية التنقية..... 407
1- اختيار مصدر للإنزيم..... 407
2- طرائق تحليل (او تكسير) الخلايا لاستخلاص الإنزيمات (طرائق التجنيس) 408
طرائق فصل وتنقية الإنزيمات..... 408
اختيار الطريقة المستخدمة في التنقية وكيفية الحكم عليها..... 409
1- اختبارات النقاوة..... 410
2- الاختبارات على الفعالية التحفيزية للإنزيمات..... 411
3- اختبار كفاءة المراكز النشطة..... 411
المصطلحات المستخدمة أثناء عملية استخلاص وتنقية الإنزيمات..... 411
محلل الأحماض الامينية التلقائي..... 413
طرائق استخلاص وتحليل الكاربوهيدرات..... 414
طرائق استخلاص وتحليل الدهون..... 415
المصادر 419