

## Περιεχόμενα

<b>1</b>	<b>Η βιοχημεία και η γλώσσα της χημείας</b>	<b>36</b>
1.1	<b>Η επιστήμη της βιοχημείας</b> Οι απαρχές της βιοχημείας Τα Εργαλεία της Βιοχημείας Η βιοχημεία ως επιστημονική περιοχή και ως διαθεματική επιστήμη	
1.2	<b>Τα στοιχεία και τα μόρια των ζωντανών συστημάτων</b> Τα χημικά στοιχεία των κυττάρων και των οργανισμών Η προέλευση των βιομορίων και των κυττάρων Η πολυπλοκότητα και το μέγεθος των βιολογικών μορίων Τα βιοπολυμερή: Πρωτεΐνες, νουκλεϊκά οξέα και υδατάνθρακες Λιπίδια και μεμβράνες	
1.3	<b>Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ζωντανών συστημάτων</b>	
1.4	<b>Η μονάδα της βιολογικής οργάνωσης: Το κύτταρον</b>	
1.5	<b>Η βιοχημεία και η έκρηξη της πληροφορίας</b>	
<b>2</b>	<b>Οι χημικές βάσεις της ζωής: Ασθενείς αλληλεπιδράσεις σε υδατινό περιβάλλον</b>	<b>60</b>
2.1	<b>Η σημασία των μη ομοιοπολικών αλληλεπιδράσεων στη βιοχημεία</b>	
2.2	<b>Η φύση των μη ομοιοπολικών αλληλεπιδράσεων</b> Ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις Αλληλεπιδράσεις διπόλου και επαγόμενου διπόλου Αλληλεπιδράσεις van der Waals Δεσμοί υδρογόνου	
2.3	<b>Ο ρόλος του νερού στις βιολογικές διεργασίες</b> Η δομή και οι ιδιότητες του νερού Το νερό ως διαλύτης Ιοντικές ενώσεις σε υδατικό διάλυμα Υδρόφιλα μόρια σε υδατικό διάλυμα Υδρόφοβα μόρια σε υδατικό διάλυμα Αμφιπαθή μόρια σε υδατικό διάλυμα	
2.4	<b>Ισορροπίες οξέος-βάσης</b> Οξέα και βάσεις: Δότες και δέκτες πρωτονίων Ο ιοντισμός του νερού και το ιοντικό γινόμενο Η κλίμακα pH και το φυσιολογικό εύρος τιμών του pH Ισορροπίες ασθενούς οξέος και βάσης: $K_a$ και $pK_a$ Τιτλοδότηση των ασθενών οξέων: Η εξίσωση Henderson-Hasselbalch Ρυθμιστικά διαλύματα Μόρια με πολλαπλές ιοντισμένες ομάδες	
2.5	<b>Αλληλεπιδράσεις μεταξύ μακροϊόντων σε διάλυμα</b> Διαλυτότητα μακροϊόντων και pH Η επίδραση των μικρών ιόντων: Ιοντική ισχύς <b>ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ 2Α:</b> Ηλεκτροφόρηση και ισοηλεκτρική εστίαση <b>ΒΑΣΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ:</b> Βιομόρια: Δομή και λειτουργία	
<b>3</b>	<b>Βιοενεργητική: Η ενέργεια της ζωής</b>	<b>100</b>
3.1	<b>Ελεύθερη ενέργεια</b>	

Θερμοδυναμικά συστήματα  
 Ο πρώτος νόμος της θερμοδυναμικής και η ενθαλπία  
 Η κινητήρια δύναμη για τις διεργασίες  
 Εντροπία  
 Ο δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής

### 3.2 Ελεύθερη ενέργεια: Ο δεύτερος νόμος σε ανοικτά συστήματα

Ορισμός της ελεύθερης ενέργειας από την άποψη των μεταβολών της ενθαλπίας και της εντροπίας στο σύστημα  
 Ένα παράδειγμα αλληλεπίδρασης ενθαλπίας και εντροπίας: Η μετάπτωση του νερού σε πάγο και αντίστροφα  
 Η αλληλεπίδραση ενθαλπίας και εντροπίας: Σύνοψη  
 Ελεύθερη ενέργεια και ωφέλιμο έργο

### 3.3 Σχέσεις μεταξύ της ελεύθερης ενέργειας, της κατάστασης ισορροπίας και των συγκεντρώσεων αντιδρώντων και προϊόντων σε κατάσταση μη ισορροπίας

Ισορροπία, η αρχή του Le Chatelier και η πρότυπη κατάσταση  
 Μεταβολές στη συγκέντρωση και στη  $\Delta G$   
 $\Delta G$  έναντι  $\Delta G^\circ$ ,  $Q$  έναντι  $K$  και ομοιόσταση έναντι ισορροπίας  
 Νερό,  $H^+$  σε ρυθμιστικά διαλύματα και η «βιοχημική πρότυπη κατάσταση»

### 3.4 Ελεύθερη ενέργεια σε βιολογικά συστήματα

Οργανοφωσφορικές ενώσεις ως μεταγωγείς ενέργειας  
 Δυναμικό μεταφοράς φωσφορικής ομάδας  
 Ελεύθερη ενέργεια και βαθμιδώσεις συγκέντρωσης: Μια προσεκτική ματιά στη διάχυση διαμέσου μεμβρανών  
 $\Delta G$  και αντιδράσεις οξειδωσης/αναγωγής στα κύτταρα  
 Ποσοτικός προσδιορισμός της αναγωγικής ισχύος: Πρότυπο δυναμικό αναγωγής  
 Μεταβολές της πρότυπης ελεύθερης ενέργειας σε αντιδράσεις οξειδωσης/αναγωγής  
 Υπολογισμός των μεταβολών της ελεύθερης ενέργειας για τις βιολογικές οξειδώσεις σε συνθήκες μη ισορροπίας  
 Σύνοψη επισκόπηση των μεταβολών της ελεύθερης ενέργειας στα κύτταρα

## 4 Νουκλεϊκά οξέα

136

### 4.1 Νουκλεϊκά οξέα – Μακρομόρια φορείς πληροφοριών

Οι δύο τύποι νουκλεϊκού οξέος: DNA και RNA  
 Ιδιότητες των νουκλεοτιδίων  
 Σταθερότητα και σχηματισμός του φωσφοδιεστερικού δεσμού

### 4.2 Πρωτοταγής δομή των νουκλεϊκών οξέων

Η φύση και η σημασία της πρωτοταγούς δομής  
 Το DNA ως γενετικό υλικό: Πρώιμες ενδείξεις

### 4.3 Δευτεροταγείς και τριτοταγείς δομές των νουκλεϊκών οξέων

Η διπλή έλικα του DNA  
 Δεδομένα που οδηγούν στο μοντέλο διπλής έλικας των Watson-Crick  
 Ανάλυση ιών DNA με ακτίνες X  
 Η ημισυντηρητική φύση της αντιγραφής του DNA  
 Εναλλακτικές δομές των νουκλεϊκών οξέων: Έλικες B και A  
 Τα μόρια DNA και RNA *in vivo*  
 Μόρια DNA  
 Κυκλικό DNA και υπερελίκωση  
 Μονόκλινα πολυνουκλεοτίδια

### 4.4 Εναλλακτικές δευτεροταγείς δομές του DNA

Αριστερόστροφο DNA (Z-DNA)  
 Φουρκέτες και σταυροειδή  
 Τριπλές έλικες  
 G-τετράκλωνες δομές

### 4.5 Η μετάβαση από έλικα σε τυχαίο σπείραμα: Αποδιάταξη νουκλεϊκού οξέος

- 4.6 Οι βιολογικές λειτουργίες των νουκλεϊκών οξέων:** Μια προεπισκόπηση της γενετικής βιοχημείας  
 Αποθήκευση της γενετικής πληροφορίας: Το γονιδίωμα  
 Αντιγραφή: DNA σε DNA  
 Μεταγραφή: DNA σε RNA  
 Μετάφραση: RNA σε πρωτεΐνη  
**ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ 4A:** Χειρισμός του DNA  
**ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ 4B:** Μια εισαγωγή στην περίθλαση ακτίνων X

## 5 Εισαγωγή στις πρωτεΐνες: Το πρωτοταγές επίπεδο της δομής των πρωτεϊνών

184

- 5.1 Αμινοξέα**  
 Δομή των α-αμινοξέων  
 Στερεοχημεία των α-αμινοξέων  
 Ιδιότητες των πλευρικών αλυσίδων των αμινοξέων: Τάξεις των α-αμινοξέων  
 Αμινοξέα με μη πολικές αλειφατικές πλευρικές αλυσίδες  
 Αμινοξέα με μη πολικές αρωματικές πλευρικές αλυσίδες  
 Αμινοξέα με πολικές πλευρικές αλυσίδες  
 Αμινοξέα με θετικά φορτισμένες (βασικές) πλευρικές αλυσίδες  
 Αμινοξέα με αρνητικά φορτισμένες (όξινες) πλευρικές αλυσίδες  
 Σπάνια γενετικώς κωδικοποιημένα αμινοξέα  
 Τροποποιημένα αμινοξέα
- 5.2 Πεπτίδια και πεπτιδικός δεσμός**  
 Η δομή του πεπτιδικού δεσμού  
 Σταθερότητα και σχηματισμός του πεπτιδικού δεσμού  
 Πεπτίδια  
 Τα πολυπεπτίδια ως πολυαμφολύτες
- 5.3 Πρωτεΐνες: Πολυπεπτίδια καθορισμένης αλληλουχίας**
- 5.4 Από το γονίδιο στην πρωτεΐνη**  
 Ο γενετικός κώδικας  
 Μετα-μεταφραστική επεξεργασία των πρωτεϊνών
- 5.5 Από την αλληλουχία του γονιδίου στη λειτουργία της πρωτεΐνης**
- 5.6 Ομόλογες αλληλουχίες πρωτεϊνών**  
**ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ 5A:** Έκφραση πρωτεϊνών και καθαρισμός  
**ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ 5B:** Μάζα, αλληλουχία και ανάλυση αμινοξέων καθαρισμένων πρωτεϊνών

## 6 Η τριδιάστατη δομή των πρωτεϊνών

234

- 6.1 Δευτεροταγής δομή: Κανονικοί τρόποι αναδίπλωσης της πολυπεπτιδικής αλυσίδας**  
 Θεωρητικές περιγραφές των κανονικών πολυπεπτιδικών δομών  
 α Έλικες και β πτυχωτές επιφάνειες  
 Περιγράφοντας τις δομές: Έλικες και πτυχωτές επιφάνειες  
 Αμφιπαθείς έλικες και πτυχωτές επιφάνειες  
 Τα διαγράμματα Ramachandran
- 6.2 Ινώδεις πρωτεΐνες: Τα δομικά υλικά των κυττάρων και των ιστών**  
 Οι κερατίνες  
 Φιμπροΐνη  
 Κολλαγόνο
- 6.3 Σφαιρικές πρωτεΐνες: Τριτοταγής δομή και λειτουργική ποικιλομορφία**  
 Διαφορετική αναδίπλωση για διαφορετικές λειτουργίες  
 Διαφορετικοί τρόποι παρουσίασης βοηθούν την κατανόησή μας για την πρωτεϊνική δομή  
 Παραλλαγές της δομής των σφαιρικών πρωτεϊνών: Πρότυπα αναδίπλωσης της κύριας αλυσίδας
- 6.4 Οι παράγοντες που καθορίζουν τη δευτεροταγή και την τριτοταγή δομή**  
 Οι πληροφορίες για την αναδίπλωση των πρωτεϊνών

Η θερμοδυναμική της αναδίπλωσης  
 Διαμορφωτική εντροπία  
 Ηλεκτροστατικές αλληλεπιδράσεις  
 Εσωτερικοί δεσμοί υδρογόνου  
 Αλληλεπιδράσεις van der Waals  
 Το υδρόφοβο φαινόμενο  
 Δισουλφιδικοί δεσμοί και σταθερότητα των πρωτεϊνών  
 Προσθετικές ομάδες, δέσμευση ιόντος και σταθερότητα πρωτεΐνης

### 6.5 Δυναμική της δομής των σφαιρικών πρωτεϊνών

Κινητική της αναδίπλωσης πρωτεϊνών  
 Το μοντέλο «ενεργειακού τοπίου» της πρωτεϊνικής αναδίπλωσης  
 Ενδιάμεσες και εκτός οδού καταστάσεις στην πρωτεϊνική αναδίπλωση  
 Οι μοριακοί συνοδοί διευκολύνουν την πρωτεϊνική αναδίπλωση *in vivo*  
 Εσφαλμένη πρωτεϊνική αναδίπλωση και ασθένειες

### 6.6 Πρόβλεψη της δευτεροταγούς και της τριτοταγούς δομής των πρωτεϊνών

Πρόβλεψη της δευτεροταγούς δομής  
 Πρόβλεψη τριτοταγούς δομής: Υπολογιστική προσομοίωση της αναδίπλωσης

### 6.7 Τεταρτοταγής δομή των πρωτεϊνών

Συμμετρία στις πρωτεΐνες πολλαπλών υπομονάδων: Ομοτυπικές αλληλεπιδράσεις πρωτεΐνης-πρωτεΐνης  
 Αλληλεπιδράσεις ετεροτυπικών πρωτεϊνών

**ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ 6A:** Φασματοσκοπικές μέθοδοι στη μελέτη της διαμόρφωσης μακρομορίων σε διάλυμα

**ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ 6B:** Προσδιορισμός μοριακών μαζών και του αριθμού των υπομονάδων σε ένα πρωτεϊνικό μόριο

**ΒΑΣΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ:** Δομή και λειτουργία των πρωτεϊνών

## 7 Λειτουργία και εξέλιξη των πρωτεϊνών

296

### 7.1 Δέσμευση εξειδικευμένου στόχου: Δομή και λειτουργία των αντισωμάτων

### 7.2 Το προσαρμοστικό ανοσοποιητικό σύστημα

### 7.3 Η δομή των αντισωμάτων

### 7.4 Αλληλεπιδράσεις αντισώματος-αντιγόνου

Συμπληρωματικότητα σχήματος και φορτίου  
 Δημιουργία της ποικιλομορφίας αντισωμάτων

### 7.5 Η υπεροικογένεια των ανοσοσφαιρινών

### 7.6 Η πρόκληση στην ανάπτυξη ενός εμβολίου κατά του AIDS

### 7.7 Αντισώματα και ανοσοσυζεύγματα ως πιθανές αντικαρκινικές θεραπείες

### 7.8 Μεταφορά οξυγόνου από τους πνεύμονες στους ιστούς: Αλλαγές στην πρωτεϊνική διαμόρφωση ενισχύουν τη λειτουργία

### 7.9 Οι θέσεις δέσμευσης οξυγόνου στη μυοσφαιρίνη και στην αιμοσφαιρίνη

Ανάλυση της δέσμευσης οξυγόνου στη μυοσφαιρίνη

### 7.10 Ο ρόλος της αλλαγής διαμόρφωσης στη μεταφορά οξυγόνου

Συνεργική δέσμευση και αλλοστερισμός  
 Μοντέλα της αλλοστερικής αλλαγής στην αιμοσφαιρίνη  
 Η δέσμευση του οξυγόνου συνοδεύεται από αλλαγές στη δομή της αιμοσφαιρίνης  
 Μια εκτενέστερη ματιά στην αλλοστερική αλλαγή της αιμοσφαιρίνης

### 7.11 Αλλοστερικοί τροποποιητές της αιμοσφαιρίνης προάγουν την αποτελεσματική μεταφορά οξυγόνου στους ιστούς

Απόκριση σε αλλαγές του pH: Το φαινόμενο Bohr  
 Μεταφορά διοξειδίου του άνθρακα

Απόκριση του N-τελικού άκρου της α-σφαιρίνης στο ιόν χλωριδίου  
2,3-Διφωσφογλυκερικό

- 7.12 Η μυοσφαιρίνη και η αιμοσφαιρίνη ως παραδείγματα της εξέλιξης της πρωτεϊνικής λειτουργίας**  
Η δομή των ευκαρυωτικών γονιδίων: Εξώνια και ιντρόνια
- 7.13 Μηχανισμοί της πρωτεϊνικής μετάλλαξης**  
Αντικατάσταση των νουκλεοτιδίων του DNA  
Απαλοιφές ή προσθήκες νουκλεοτιδίων  
Διπλασιασμοί και αναδιατάξεις γονιδίων  
Εξέλιξη της οικογένειας πρωτεϊνών μυοσφαιρίνης-αιμοσφαιρίνης
- 7.14 Οι παραλλαγές της αιμοσφαιρίνης και η κληρονομικότητά τους: Γενετικές νόσοι**  
ΑΠαθολογικές επιπτώσεις των παραλλαγών αιμοσφαιρίνης
- 7.15 Η πρωτεϊνική λειτουργία απαιτεί μεγάλες αλλαγές διαμόρφωσης: Μυϊκή συστολή**
- 7.16 Ακτίνη και μυοσίνη**  
Ακτίνη  
Μυοσίνη
- 7.17 Η δομή του μυός**
- 7.18 Ο μηχανισμός της συστολής**  
Ρύθμιση της συστολής: Ο ρόλος του ασβεστίου  
**ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ 7A:** Ανοσολογικές μέθοδοι

## 8 Ένζυμα: Βιολογικοί καταλύτες

356

- 8.1 Τα ένζυμα ως βιολογικοί καταλύτες**
- 8.2 Η ποικιλότητα της λειτουργίας των ενζύμων**
- 8.3 Οι ταχύτητες των χημικών αντιδράσεων και οι επιδράσεις των καταλυτών**  
Ταχύτητα αντιδράσεων, σταθερές ταχύτητας και τάξη αντίδρασης  
Αντιδράσεις πρώτης τάξης  
Αντιδράσεις δεύτερης τάξης  
Μεταβατικές καταστάσεις και ταχύτητες των αντιδράσεων  
Η θεωρία της μεταβατικής κατάστασης που εφαρμόζεται στην ενζυμική κατάλυση
- 8.4 Πώς τα ένζυμα δρουν ως καταλύτες: Αρχές και παραδείγματα**  
Μοντέλα για την πρόσδεση του υποστρώματος και την κατάλυση  
Μηχανισμοί για την επιτάχυνση του ρυθμού  
Μελέτη περίπτωσης #1: Λυσοζύμη  
Μελέτη περίπτωσης #2: Χυμοθρυψίνη, μια πρωτεάση σερίνης
- 8.5 Συνένζυμα, βιταμίνες και βασικά μέταλλα**  
Η λειτουργία του συνενζύμου στην κατάλυση  
Μεταλλικά ιόντα στα ένζυμα
- 8.6 Η κινητική της ενζυμικής κατάλυσης**  
Ταχύτητα αντίδρασης για μια απλή αντίδραση ενζυμικής κατάλυσης: Η κινητική Michaelis-Menten  
Η ερμηνεία των  $K_M$ ,  $k_{κατ}$  και  $k_{κατ}/K_M$   
Τα μεταλλαγμένα ένζυμα μπορεί να επηρεάσουν τα  $k_{κατ}$  και  $K_M$  διαφορετικά  
Ανάλυση των δεδομένων της κινητικής: Δοκιμάζοντας το μοντέλο Michaelis-Menten
- 8.7 Ενζυμική αναστολή**  
Αντιστρεπτή αναστολή  
Συναγωνιστική αναστολή  
Μη συναγωνιστική αναστολή  
Μεικτή αναστολή  
Μη αντιστρεπτή αναστολή  
Αντιδράσεις πολλαπλών υποστρωμάτων  
Τυχαία πρόσδεση υποστρώματος

Πρόσδεση υποστρώματος με καθορισμένη σειρά

Ο μηχανισμός πινγκ πονγκ

Ποιοτική ερμηνεία των  $K_M$  και  $V_{max}$ : Εφαρμογή στους μηχανισμούς αντίδρασης πολλαπλών υποστρωμάτων

### 8.8 Η ρύθμιση της ενεργότητας των ενζύμων

Έλεγχος επιπέδων του υποστρώματος

Έλεγχος ανατροφοδότησης

Αλλοστερικά ένζυμα

Ομοαλλοστερισμός

Ετεροαλλοστερισμός

Ασπαραγινική καρβαμυλοτρανσφεράση: Ένα παράδειγμα αλλοστερικού ενζύμου

### 8.9 Ομοιοπολικές τροποποιήσεις που χρησιμεύουν στη ρύθμιση της ενεργότητας των ενζύμων

Παγκρεατικές πρωτεάσες: Ενεργοποίηση από μη αντιστρεπτή διάσπαση του κεντρικού πρωτεϊνικού σκελετού

### 8.10 Μη πρωτεϊνικοί βιοκαταλύτες: Καταλυτικά νουκλεϊκά οξέα

**ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ 8A:** Πώς μετράμε τις ταχύτητες των ενζυμικά καταλυόμενων αντιδράσεων

**ΒΑΣΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ:** Ρύθμιση της ενεργότητας των ενζύμων

## 9 Οι υδατάνθρακες: Σάκχαρα, σακχαρίτες, γλυκάνες

420

### 9.1 Μονοσακχαρίτες

Αλδόζες και κετόζες

Εναντιομερή

Εναλλακτικές ονοματοδοσίες για τα εναντιομερή: D-L και R-S

Εναντιομερή μονοσακχαριτών στη φύση

Διαστερεομερή

Διαστερεομερή τετρόζης

Διαστερεομερή πεντόζης

Διαστερεομερή εξόζης

Δομές δακτυλίων αλδόζης

Δακτύλιοι πεντόζης

Δακτύλιοι εξόζης

Σάκχαρα με περισσότερους από έξι άνθρακες

### 9.2 Παράγωγα των μονοσακχαριτών

Φωσφορικοί εστέρες

Λακτόνες και οξέα

Αλδιτόλες

Αμινοσάκχαρα

Γλυκοζίτες

### 9.3 Ολιγοσακχαρίτες

Δομές των ολιγοσακχαριτών

Διακρίνοντας τα χαρακτηριστικά διαφορετικών δισακχαριτών

Γράφοντας τη γομή των δισακχαριτών

Σταθερότητα και σχηματισμός του γλυκοζιτικού δεσμού

### 9.4 Πολυσακχαρίτες

Αποθηκευτικοί πολυσακχαρίτες

Δομικοί πολυσακχαρίτες

Κυτταρίνη

Χιτίνη

Γλυκοζαμινογλυκάνες

Το σύμπλοκο πρωτεογλυκάνης

Μη δομικοί ρόλοι των γλυκοζαμινογλυκανών

Πολυσακχαρίτες των κυτταρικών τοιχωμάτων των βακτηρίων- πεπτιδογλυκάνη

## 9.5 Γλυκοπρωτεΐνες

Γλυκοπρωτεΐνες με N-δεσμούς και O-δεσμούς

Γλυκάνες με N-δεσμούς

Γλυκάνες με O-δεσμούς

Τα αντιγόνα ομάδας αίματος

Ερυθροποιητίνη: Μια γλυκοπρωτεΐνη με ολιγοσακχαρίτες με O- και με N-δεσμούς

Η νευραμινιδάση του ιού της γρίπης, ένας στόχος για τα αντι-ιικά φάρμακα

**ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ 9A:** Το αναδυόμενο πεδίο της γλυκομικής

## 10 Λιπίδια, μεμβράνες και κυτταρική μεταφορά

456

### 10.1 Η μοριακή δομή και η συμπεριφορά των λιπιδίων

Λιπαρά οξέα

Τριακυλογλυκερόλες: Λίπη

Σάπωνες και απορρυπαντικά

Κηροί

### 10.2 Τα λιπιδικά συστατικά των βιολογικών μεμβρανών

Γλυκεροφωσfolιπίδια

Σφινγολιπίδια και γλυκοσφινγολιπίδια

Γλυκογλυκερολιπίδια

Χοληστερόλη

### 10.3 Η δομή και οι ιδιότητες των μεμβρανών και των μεμβρανικών πρωτεϊνών

Κίνηση στις μεμβράνες

Κίνηση σε συνθετικές μεμβράνες

Κίνηση σε βιολογικές μεμβράνες

Η ασυμμετρία των μεμβρανών

Χαρακτηριστικά των μεμβρανικών πρωτεϊνών

Εισαγωγή των πρωτεϊνών στις μεμβράνες

Η εξέλιξη του μοντέλου του ρευστού μωσαϊκού ως προς τη δομή της μεμβράνης

### 10.4 Μεμβρανική μεταφορά

Η θερμοδυναμική της μεταφοράς

Μη μεσολαβούμενη μεταφορά: Διάχυση

Διευκολυνόμενη μεταφορά.: Επιταχυνόμενη διάχυση

Φορείς

Περмеάσες

Διευκολυνόμενη μεταφορά διαμέσου πόρων

Ιοντική επιλεκτικότητα και προσπέλαση

Ενεργή μεταφορά: Μεταφορά ενάντια στη βαθμίδωση συγκέντρωσης

### 10.5 Ανλτίες ιόντων: Άμεση σύζευξη της υδρόλυσης του ATP με τη μεταφορά

### 10.6 Μεταφορείς ιόντων και ασθένειες

### 10.7 Συστήματα συµμεταφοράς

### 10.8 Διεργέσιμες μεμβράνες, δυναμικά ενέργειας και νευροδιαβίβαση

Το δυναμικό ηρεμίας

Το δυναμικό ενέργειας

Τοξίνες και νευρομεταβίβαση

**ΒΑΣΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ:** Στόχευση του πόνου και της φλεγμονής μέσω του σχεδιασμού φαρμάκων

## 11 Χημική λογική του μεταβολισμού

504

### 11.1 Μια πρώτη ματιά στον μεταβολισμό

### 11.2 Πορείες στον μεταβολικό οδικό χάρτη

Κεντρικές οδοί του ενεργειακού μεταβολισμού

Διακριτές οδοί βιοσύνθεσης και αποικοδόμησης

### 11.3 Τύποι βιοχημικών αντιδράσεων

Αντιδράσεις πυρηνόφιλης υποκατάστασης

Αντιδράσεις πυρηνόφιλης προσθήκης

Αντιδράσεις καρβονυλικής συμπύκνωσης

Αντιδράσεις απόσπασης

Αντιδράσεις οξειδωσης και αναγωγής

### 11.4 Βιοενεργητική των μεταβολικών οδών

Η οξειδωση ως πηγή μεταβολικής ενέργειας

Βιολογικές οξειδώσεις: Απελευθέρωση ενέργειας σε μικρές δόσεις

Ενεργειακές αποδόσεις, αναπνευστικά πηλικά και αναγωγικά ισοδύναμα

Το ATP ως νόμισμα της ελεύθερης ενέργειας

Συγκεντρώσεις μεταβολιτών και χωρητικότητα διαλύτη

Θερμοδυναμικές ιδιότητες του ATP

Οι σημαντικές διαφορές μεταξύ  $\Delta G$  και  $\Delta G^{\circ}$

Κινητικός έλεγχος των κύκλων υποστρώματος

Άλλες φωσφορικές ενώσεις υψηλής ενέργειας

Άλλα νουκλεοτίδια υψηλής ενέργειας

Αδενυλικό ενεργειακό φορτίο

### 11.5 Κύριοι μηχανισμοί μεταβολικού ελέγχου

Έλεγχος των ενζυμικών επιπέδων

Έλεγχος της ενζυμικής ενεργότητας

Διαμερισματοποίηση

Ορμονική ρύθμιση

Κατανεμητικός έλεγχος του μεταβολισμού

### 11.6 Πειραματική ανάλυση του μεταβολισμού

Στόχοι της μελέτης του μεταβολισμού

Επίπεδα οργάνωσης όπου μελετάται ο μεταβολισμός

Ολόκληροι οργανισμοί

Απομονωμένα ή αιματούμενα όργανα

Ολόκληρα κύτταρα

Συστήματα ελεύθερα κυττάρων

Καθαρισμένα συστατικά

Επίπεδο συστημάτων

Μεταβολικοί ιχνηθέτες

**ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ 11A:** Μεταβολομική

**ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ 11B:** Ραδιενεργά και σταθερά ισότοπα

**ΒΑΣΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ:** Ενζυμική κινητική και δράση φαρμάκων

## 12 Μεταβολισμός υδατανθράκων: Γλυκόλυση, γλυκονεογένεση, μεταβολισμός του γλυκογόνου και οδός των φωσφορικών πεντοζών

554

### 12.1 Επισκόπηση της γλυκόλυσης

Η σχέση της γλυκόλυσης με άλλες οδούς

Αναερόβια και αερόβια γλυκόλυση

Χημική στρατηγική της γλυκόλυσης

### 12.2 Αντιδράσεις της γλυκόλυσης

Αντιδράσεις 1-5: Η φάση επένδυσης ενέργειας

Αντίδραση 1: Η πρώτη επένδυση ATP

Αντίδραση 2: Ισομερείωση της 6- φωσφορικής γλυκόζης

Αντίδραση 3: Η δεύτερη επένδυση του ATP

Αντίδραση 4: Διάσπαση σε δύο φωσφορικές τριόζες



Αντίδραση 5: Ισομερείωση της φωσφορικής διυδροξυακετόνης  
Αντιδράσεις 6-10: Η φάση παραγωγής ενέργειας  
Αντίδραση 6: Παραγωγή της πρώτης ενεργειακά πλούσιας ένωσης  
Αντίδραση 7: Η πρώτη φωσφορυλίωση σε επίπεδο υποστρώματος  
Αντίδραση 8: Προετοιμασία για τη σύνθεση της επόμενης ένωσης υψηλής ενέργειας  
Αντίδραση 9: Σύνθεση της δεύτερης ένωσης υψηλής ενέργειας  
Αντίδραση 10: Η δεύτερη φωσφορυλίωση σε επίπεδο υποστρώματος

## 12.3 Μεταβολικά προϊόντα διάσπασης του πυροσταφυλικού

Μεταβολισμός του γαλακτικού  
Ισοένζυμα της γαλακτικής αφυδρογονάσης  
Μεταβολισμός της αιθανόλης

## 12.4 Ισοζύγια ενέργειας και ηλεκτρονίων

### 12.5 Γλυκονεογένεση

Φυσιολογικές ανάγκες για τη σύνθεση γλυκόζης στα ζώα  
Ενζυμική σχέση της γλυκονεογένεσης και της γλυκόλυσης  
Παράκαμψη 1: Μετατροπή του πυροσταφυλικού σε φωσφοενολοπυροσταφυλικό  
Παράκαμψη 2: Μετατροπή της 1,6-διφωσφορικής φρουκτόζης σε 6-φωσφορική φρουκτόζη  
Παράκαμψη 3: Μετατροπή της 6-φωσφορικής γλυκόζης σε γλυκόζη  
Στοιχειομετρία και ενεργειακό ισοζύγιο της γλυκονεογένεσης  
Γλυκονεογένεση  
Αντιστροφή της γλυκόλυσης  
Υποστρώματα για τη γλυκονεογένεση  
Γαλακτικό  
Αμινοξέα  
Κατανάλωση αιθανόλης και γλυκονεογένεση

## 12.6 Συντονισμένη ρύθμιση της γλυκόλυσης και της γλυκονεογένεσης

Το φαινόμενο Pasteur  
Αμοιβαία ρύθμιση της γλυκόλυσης και της γλυκονεογένεσης  
Ρύθμιση στον κύκλο υποστρώματος της φωσφοφρουκτοκινάσης/φωσφατάσης της 1,6-διφωσφορικής φρουκτόζης  
Η 2,6-διφωσφορική φρουκτόζη και ο έλεγχος της γλυκόλυσης και της γλυκονεογένεσης  
Ρύθμιση στον κύκλο υποστρώματος της κινάσης του πυροσταφυλικού/καρβοξυλάσης του πυροσταφυλικού + PEPCK  
Ρύθμιση στον κύκλο υποστρώματος της εξοκινάσης/φωσφατάσης της 6-φωσφορικής γλυκόζης

## 12.7 Είσοδος άλλων σακχάρων στη γλυκολυτική οδό

Μεταβολισμός μονοσακχαριτών  
Αξιοποίηση γαλακτόζης  
Αξιοποίηση φρουκτόζης  
Μεταβολισμός δισακχαριτών  
Μεταβολισμός γλυκερόλης  
Μεταβολισμός πολυσακχαριτών  
Υδρολυτική και φωσφορλυτική διάσπαση  
Πέψη αμύλου και γλυκογόνου

## 12.8 Μεταβολισμός του γλυκογόνου στους μύς και στο ήπαρ

Διάσπαση γλυκογόνου  
Βιοσύνθεση γλυκογόνου  
Βιοσύνθεση της UDP-γλυκόζης  
Αντίδραση της συνθάσης του γλυκογόνου  
Σχηματισμός διακλαδώσεων

## 12.9 Συντονισμένη ρύθμιση του μεταβολισμού του γλυκογόνου

Δομή της φωσφορυλάσης του γλυκογόνου  
Έλεγχος της ενεργότητας της φωσφορυλάσης

Πρωτεΐνες στον καταρράκτη της γλυκογονόλυσης  
 Πρωτεϊνική κίνηση, εξαρτώμενη από κυκλικό AMP  
 Κίνηση της φωσφορυλάσης *b*  
 Καλμοδουλίνη  
 Μη ορμονικός έλεγχος της γλυκογονόλυσης  
 Έλεγχος της ενεργότητας της συνθάσης του γλυκογόνου  
 Συγγενείς διαταραχές του μεταβολισμού του γλυκογόνου στον άνθρωπο

### 12.10 Μια βιοσυνθετική οδός για την οξειδωση της γλυκόζης: Η οδός των φωσφορικών πεντοζών

Η οξειδωτική φάση: Παραγωγή αναγωγικής ισχύος ως NADPH  
 Η μη οξειδωτική φάση: Εναλλακτικά προϊόντα διάσπασης των φωσφορικών πεντοζών  
 Παραγωγή φωσφορικών σακχάρων με έξι άνθρακες και με τρεις άνθρακες  
 Προσαρμογή της οδού των φωσφορικών πεντοζών βάσει των ειδικών αναγκών  
 Ρύθμιση της οδού των φωσφορικών πεντοζών  
 Γενετικές διαταραχές σε ανθρώπους σχετιζόμενες με τα ένζυμα της οδού των φωσφορικών πεντοζών

## 13 Ο κύκλος του κιτρικού οξέος

622

### 13.1 Επισκόπηση της οξειδωσης του πυροσταφυλικού και του κύκλου του κιτρικού οξέος

Τα τρία στάδια της αναπνοής  
 Η χημική στρατηγική του κύκλου του κιτρικού οξέος  
 Η ανακάλυψη του κύκλου του κιτρικού οξέος

### 13.2 Οξειδωση του πυροσταφυλικού: Η κύρια πορεία εισόδου του άνθρακα στον κύκλο του κιτρικού οξέος

Επισκόπηση της οξειδωσης του πυροσταφυλικού και του συμπλόκου της αφυδρογονάσης του πυροσταφυλικού  
 Συνένζυμα που συμμετέχουν στην οξειδωση του πυροσταφυλικού και στον κύκλο του κιτρικού οξέος  
 Πυροφωσφορική θειαμίνη  
 Λιποϊκό οξύ (λιποαμίδιο)  
 Συνένζυμο A: Ενεργοποίηση των ακυλομάδων  
 Φλαβινο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο  
 Νικοτιναμιδο-αδενινο-δινουκλεοτίδιο  
 Η δράση του συμπλόκου της αφυδρογονάσης του πυροσταφυλικού

### 13.3 Ο κύκλος του κιτρικού οξέος

Βήμα 1: Εισαγωγή των δύο ατόμων άνθρακα με τη μορφή του ακετυλο-COA  
 Βήμα 2: Ισομερείωση του κιτρικού  
 Βήμα 3: Η ενέργεια που απελευθερώνεται από την οξειδωτική αποκαρβοξυλίωση συντηρείται στον ανηγμένο φορέα ηλεκτρονίων NADH  
 Βήμα 4: Η ενέργεια μιας δεύτερης οξειδωτικής αποκαρβοξυλίωσης συντηρείται στο NADH  
 Βήμα 5: Φωσφορυλίωση σε επίπεδο υποστρώματος  
 Βήμα 6: Φλαβινο-εξαρτώμενη αφυδρογόνωση  
 Βήμα 7: Ενυδάτωση διπλού δεσμού άνθρακα-άνθρακα  
 Βήμα 8: Οξειδωση που αναγεννά το οξαλοξικό

### 13.4 Η στοιχειομετρία και το ισοζύγιο ενέργειας του κύκλου του κιτρικού οξέος

### 13.5 Ρύθμιση της αφυδρογονάσης του πυροσταφυλικού και του κύκλου του κιτρικού οξέος

Έλεγχος της οξειδωσης του πυροσταφυλικού  
 Έλεγχος του κύκλου του κιτρικού οξέος

### 13.6 Οργάνωση και εξέλιξη του του κιτρικού οξέος

### 13.7 Η δυσλειτουργία του κύκλου του κιτρικού οξέος ως αιτία ασθενειών στον άνθρωπο

### 13.8 Αναπληρωτικές ακολουθίες: Ανάγκη αντικατάστασης των ενδιάμεσων ενώσεων του κύκλου

Αντιδράσεις που ανανεώνουν τα αποθέματα του οξαλοξικού  
 Το μηλικό ένζυμο

Αντιδράσεις με τη συμμετοχή αμινοξέων

## 13.9 Ο κύκλος του γλυκοξυλικού: Μια αναβολική παραλλαγή του κύκλου του κιτρικού οξέος

**ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ 13A:** Εντοπισμός και ανάλυση πρωτεϊνών – πρωτεϊνικές αλληλεπιδράσεις

## 14 Μεταφορά ηλεκτρονίων, οξειδωτική φωσφορυλίωση και μεταβολισμός οξυγόνου

668

### 14.1 Το μιτοχόνδριο: Το σκηνικό της δράσης

### 14.2 Μεταβολές της ελεύθερης ενέργειας στις βιολογικές οξειδώσεις

### 14.3 Μεταφορά ηλεκτρονίων

Φορείς ηλεκτρονίων στην αναπνευστική αλυσίδα

Φλαβοπρωτεΐνες

Πρωτεΐνες σιδήρου-θείου

Συνένζυμο Q

Κυτοχρώματα

Τα σύμπλοκα της αναπνευστικής αλυσίδας

Αναγωγή του ζεύγους NADH-συνενζύμου Q (σύμπλοκο I)

Αναγωγή του ζεύγους ηλεκτρικού-συνενζύμου Q (σύμπλοκο II, ηλεκτρική αφυδρογονάση)

Οξειδοαναγωγή του ζεύγους συνενζύμου Q-κυτοχρώματος c (σύμπλοκο III)

Οξειδάση του κυτοχρώματος c (σύμπλοκο IV)

### 14.4 Οξειδωτική φωσφορυλίωση

Ο λόγος P/O: Ενεργητική της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης

Οξειδωτικές αντιδράσεις που ωθούν τη σύνθεση του ATP

Μηχανισμός της οξειδωτικής φωσφορυλίωσης: Χημειωσμοτική σύζευξη

Μια πιο εκτενής ματιά στη χημειωσμοτική σύζευξη: Η πειραματική απόδειξη

Οι μεμβράνες μπορούν να δημιουργήσουν βαθμίδες συγκέντρωσης πρωτονίων

Η οξειδωτική φωσφορυλίωση απαιτεί μια άθικτη εσωτερική μεμβράνη

Οι απαραίτητες πρωτεΐνες μεταφοράς ηλεκτρονίων εκτείνονται στην εσωτερική μεμβράνη

Οι αποσυζευκτές δρουν εκμηδενίζοντας τη βαθμίδωση συγκέντρωσης πρωτονίων

Η δημιουργία βαθμίδωσης συγκέντρωσης πρωτονίων επιτρέπει τη σύνθεση ATP χωρίς τη μεταφορά ηλεκτρονίων

Σύμπλοκο V: Το ενζυμικό σύστημα για τη σύνθεση ATP

Ανακάλυψη και ανασύσταση της συνθάσης του ATP

Δομή του μιτοχονδριακού συμπλόκου F<sub>1</sub> της ATP συνθάσης

Μηχανισμός της σύνθεσης ATP

### 14.5 Αναπνευστικές καταστάσεις και αναπνευστικός έλεγχος

### 14.6 Μιτοχονδριακά συστήματα μεταφοράς

Μεταφορά των υποστρωμάτων και των προϊόντων εντός και εκτός των μιτοχονδρίων

Μετακίνηση κυτταροπλασματικών αναγωγικών ισοδυνάμων εντός των μιτοχονδρίων

### 14.7 Ενεργειακή απόδοση του οξειδωτικού μεταβολισμού

### 14.8 Το μιτοχονδριακό γονιδίωμα, εξέλιξη και νόσοι

### 14.9 Το οξυγόνο ως υπόστρωμα για άλλες μεταβολικές αντιδράσεις

Οξειδάσες και οξυγενάσες

Μονοοξυγενάση του κυτοχρώματος P450

Δραστικά είδη οξυγόνου, αντιοξειδωτική προστασία και ασθένειες

Σχηματισμός των δραστικών ειδών οξυγόνου

Αντιμετωπίζοντας το οξειδωτικό στρες

**ΒΑΣΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ:** Ενδιάμεσος μεταβολισμός

## 15 Φωτοσύνθεση

718

### 15.1 Οι βασικές διεργασίες της φωτοσύνθεσης

### 15.2 Ο χλωροπλάστης

**15.3 Οι φωτεινές αντιδράσεις**

Απορρόφηση φωτός: Το σύστημα φωτοσυλλογής  
 Η ενέργεια του φωτός  
 Οι χρωστικές απορρόφησης φωτός  
 Οι φωτοσυλλεκτικές δομές  
 Φωτοχημεία στα φυτά και στα φύκη: Δύο φωτοσυστήματα σε σειρά  
 Φωτοσύνστημα II: Η διάσπαση του νερού  
 Φωτοσύνστημα I: Παραγωγή του NADPH  
 Άθροιση των δύο συστημάτων: Η ολική αντίδραση και η παραγωγή NADPH και ATP  
 Εναλλακτικός μηχανισμός των φωτεινών αντιδράσεων: Κυκλική ροή ηλεκτρονίων  
 Τα σύμπλοκα του κέντρου αντίδρασης στα βιοσυνθετικά βακτήρια  
 Η εξέλιξη της φωτοσύνθεσης

**15.4 Οι αντιδράσεις του άνθρακα: Ο κύκλος του Calvin**

Στάδιο I: Καθήλωση του διοξειδίου του άνθρακα και παραγωγή σακχάρων  
 Ενσωμάτωση του CO<sub>2</sub> σε ένα σάκχαρο με τρεις άνθρακες  
 Σχηματισμός των εξοζών  
 Στάδιο II: Αναγέννηση του δέκτη

**15.5 Σύνοψη των φωτεινών αντιδράσεων και των αντιδράσεων του άνθρακα στη φωτοσύνθεση δύο συστημάτων**

Η ολική αντίδραση και η αποδοτικότητα της φωτοσύνθεσης  
 Ρύθμιση της φωτοσύνθεσης

**15.6 Φωτοαναπνοή και κύκλος C<sub>4</sub>****16 Μεταβολισμός των λιπιδίων**

754

**ΜΕΡΟΣ I Βιοενεργητικές πλευρές του μεταβολισμού των λιπιδίων****16.1 Αξιοποίηση και μεταφορά του λίπους και της χοληστερόλης**

Λίπη ως αποθέματα ενέργειας  
 Πέψη και απορρόφηση λίπους  
 Μεταφορά του λίπους προς τους ιστούς: Λιποπρωτεΐνες  
 Ταξινόμηση και λειτουργίες των λιποπρωτεϊνών  
 Μεταφορά και αξιοποίηση των λιποπρωτεϊνών  
 Μεταφορά και αξιοποίηση της χοληστερόλης στα ζώα  
 Ο υποδοχέας LDL και η ομοίωση της χοληστερόλης  
 Χοληστερόλη, LDL και αθηροσκλήρωση  
 Κινητοποίηση του αποθηκευμένου λίπους για παραγωγή ενέργειας

**16.2 Οξείδωση των λιπαρών οξέων**

Πρώιμα πειράματα  
 Ενεργοποίηση των λιπαρών οξέων και μεταφορά τους στα μιτοχόνδρια  
 Η οδός β-οξείδωσης  
 Αντίδραση 1: Η αρχική αφυδρογόνωση  
 Αντιδράσεις 2 και 3: Ενυδάτωση και αφυδρογόνωση  
 Αντίδραση 4: Θειολυτική διάσπαση  
 Η μιτοχονδριακή β-οξείδωση περιλαμβάνει πολλαπλά ισοένζυμα  
 Ενεργειακή απόδοση από την οξείδωση των λιπαρών οξέων  
 Οξείδωση των ακόρεστων λιπαρών οξέων  
 Οξείδωση λιπαρών οξέων με αλυσίδες με μονό αριθμό ανθράκων  
 Έλεγχος της οξείδωσης των λιπαρών οξέων  
 Κετογένεση

**16.3 Βιοσύνθεση των λιπαρών οξέων**

Η σχέση της σύνθεσης των λιπαρών οξέων με τον μεταβολισμό των υδατανθράκων  
 Πρώιμες μελέτες για τη σύνθεση των λιπαρών οξέων  
 Βιοσύνθεση του παλμιτικού από ακετυλο-COA

Σύνθεση του μηλονυλο-CoA  
Μηλονυλο-CoA προς παλμιτικό  
Πολυλειτουργικές πρωτεΐνες στη διαδικασία σύνθεσης των λιπαρών οξέων  
Μεταφορά των μονάδων ακετυλίου και των αναγωγικών ισοδυνάμων στο κυτοσόλιο  
Επιμήκυνση των αλυσίδων των λιπαρών οξέων  
Αποκορεσμός των λιπαρών οξέων  
Έλεγχος της διαδικασίας σύνθεσης των λιπαρών οξέων

## 16.4 Βιοσύνθεση των τριακυλογλυκερών

## ΜΕΡΟΣ II Μεταβολισμός των μεμβρανικών λιπιδίων, των στεροειδών και άλλων σύνθετων λιπιδίων

### 16.5 Γλυκεροφωσfolιπίδια

### 16.6 Σφιγγολιπίδια

### 16.7 Μεταβολισμός στεροειδών

Στεροειδή: Ορισμένα δομικά ζητήματα  
Βιοσύνθεση της χοληστερόλης  
Πρώιμες μελέτες για τη βιοσύνθεση της χοληστερόλης  
Στάδιο 1: Σχηματισμός του μεβαλονικού  
Στάδιο 2: Σύνθεση του σκουαλενίου από μεβαλονικό  
Στάδιο 3: Η κυκλοποίηση του σκουαλενίου σε λανοστερόλη και η μετατροπή της λανοστερόλης σε χοληστερόλη  
Έλεγχος της βιοσύνθεσης της χοληστερόλης  
Παράγωγα χοληστερόλης: Χολικά οξέα, στεροειδείς ορμόνες και βιταμίνη D  
Χολικά οξέα  
Στεροειδείς ορμόνες  
Βιταμίνη D  
Λιποδιαλυτές βιταμίνες  
Βιταμίνη A  
Βιταμίνη E  
Βιταμίνη K

### 16.8 Εικοσανοειδή: Προσταγλανδίνες, θρομβοξάνες και λευκοτριένια

## 17 Συντονισμός του ενεργειακού μεταβολισμού μεταξύ των οργάνων και εντός των κυττάρων στα σπονδυλωτά

816

### 17.1 Αλληλεξάρτηση των κύριων οργάνων στον μεταβολισμό των καυσίμων στα σπονδυλωτά

Εισροή και εκροή καυσίμων  
Μεταβολικός καταμερισμός εργασίας ανάμεσα στα κύρια όργανα  
Εγκέφαλος  
Μύες  
Καρδιά  
Λιπώδης ιστός  
Ήπαρ  
Αίμα

### 17.2 Ορμονική ρύθμιση στον μεταβολισμό των καυσίμων

Δράσεις των κύριων ορμονών  
Ινσουλίνη  
Γλυκαγόνη  
Επινεφρίνη  
Συντονισμός της ομοιόστασης ενέργειας  
AMP-ενεργοποιημένη πρωτεϊνική κινάση (AMPK)  
Στόχος ραπαμυκίνης των θηλαστικών (MTOR)  
Σιρτουίνες  
Ενδοκρινής ρύθμιση της ομοιόστασης ενέργειας

### 17.3 Απόκριση στο μεταβολικό στρες: Αιτία, διαβήτης

Ασιτία

Διαβήτης

**ΒΑΣΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ:** Ενεργειακή ρύθμιση

## 18 Ο μεταβολισμός των αμινοξέων και του αζώτου

842

- 18.1 Αξιοποίηση του ανόργανου αζώτου: Ο κύκλος του αζώτου**  
 Βιολογική καθήλωση αζώτου  
 Αξιοποίηση νιτρικών
- 18.2 Αξιοποίηση της αμμωνίας: Βιογένεση του οργανικού αζώτου**  
 Γλουταμινική αφυδρογονάση: Αναγωγική αμίνωση του α-κετογλουταρικού  
 Συνθετάση της γλουταμίνης: Παραγωγή του βιολογικά ενεργού αμιδικού αζώτου  
 Συνθετάση του φωσφορικού καρβαμοϋλίου: Παραγωγή μιας ενδιάμεσης ένωσης για τη σύνθεση αργινίνης και πυριμιδίνης
- 18.3 Η οικονομία του αζώτου και η ανακύκλωση των πρωτεϊνών**  
 Μεταβολικές συνέπειες από την απουσία των ενώσεων αποθήκευσης αζώτου  
 Ανακύκλωση των πρωτεϊνών  
 Ενδοκυττάριας πρωτεάσης και θέσεις ανακύκλωσης  
 Χημικά σήματα για ανακύκλωση – ουβικιτίνωση
- 18.4 Τα συνένζυμα που συμμετέχουν στον μεταβολισμό του αζώτου**  
 Φωσφορική πυριδοξάλη  
 Συνένζυμα του φυλλικού οξέος και μεταβολισμός ενός άνθρακα  
 Η ανακάλυψη και τα χημικά χαρακτηριστικά του φυλλικού οξέος  
 Μετατροπή του φυλλικού οξέος σε τετραϋδροφυλλικό  
 Το τετραϋδροφυλλικό στον μεταβολισμό των μονάδων με έναν άνθρακα  
 Φυλλικό οξύ για την πρόληψη της καρδιοπάθειας και των συγγενών ανωμαλιών  
 B<sub>12</sub> συνένζυμα  
 B<sub>12</sub> συνένζυμα και κακοήθης αναιμία
- 18.5 Η αποικοδόμηση των αμινοξέων και ο μεταβολισμός των αζωτούχων τελικών προϊόντων**  
 Αντιδράσεις τρανσαμίνωσης  
 Αποτοξίνωση και απέκκριση αμμωνίας  
 Μεταφορά της αμμωνίας στο ήπαρ  
 Ο κύκλος της ουρίας Krebs-Henseleit
- 18.6 Οι οδοί της αποικοδόμησης των αμινοξέων**  
 Γλυκογενετικά αμινοξέα, η οικογένεια του πυροσταφυλικού  
 Γλυκογενετικά αμινοξέα, η οικογένεια του οξαλοξικού  
 Γλυκογενετικά αμινοξέα, η οικογένεια του α-κετογλουταρικού  
 Γλυκογενετικά αμινοξέα, η οικογένεια του ηλεκτροϋλο-CoA  
 Κετογενετικά αμινοξέα, η οικογένεια του ακετοξικού/ακετυλο-CoA  
 Αποικοδόμηση της φαινυλαλανίνης και της τυροσίνης
- 18.7 Βιοσύνθεση των αμινοξέων**  
 Βιοσυνθετικές ιδιότητες των οργανισμών  
 Οδοί βιοσύνθεσης των αμινοξέων  
 Σύνθεση του γλουταμινικού, του ασπαραγινικού, της αλανίνης, της γλουταμίνης και της ασπαραγίνης  
 Σύνθεση της σερίνης και της γλυκίνης από το 3-φωσφογλυκερικό  
 Σύνθεση της βαλίνης, της λευκίνης και της ισολευκίνης από πυροσταφυλικό
- 18.8 Τα αμινοξέα ως πρόδρομες ενώσεις της βιοσύνθεσης**  
 S-Αδενοσυλομεθειονίνη και βιολογική μεθυλίωση  
 Οι λειτουργίες του γλουταμινικού ως πρόδρομης ένωσης  
 Η αργινίνη είναι η πρόδρομη ένωση για το μονοξειδιο του αζώτου και για τη φωσφορική κρεατίνη  
 Η θρυπτοφάνη και η τυροσίνη είναι πρόδρομες ενώσεις νευροδιαβιβαστών και βιολογικών ρυθμιστών

## 19 Μεταβολισμός των νουκλεοτιδίων

890

- 19.1 Περιγραφή των οδών στον μεταβολισμό των νουκλεοτιδίων**  
 Βιοσυνθετικές οδοί: Οδοί *de novo* και οδοί περίσωσης  
 Η αποικοδόμηση των νουκλεϊκών οξέων και η σημασία της περίσωσης των νουκλεοτιδίων  
 PRPP: Ένας κεντρικός μεταβολίτης στις οδούς *de novo* και στις οδούς περίσωσης
- 19.2 *De novo* βιοσύνθεση των ριβονουκλεοτιδίων πουρίνης**  
 Σύνθεση του δακτυλίου πουρίνης  
 Οργάνωση των ενζύμων στην οδό βιοσύνθεσης των πουρινών  
 Σύνθεση ATP και GTP από τη μονοφωσφορική ινοσίνη
- 19.3 Καταβολισμός των πουρινών και η σημασία του για την ιατρική**  
 Ουρικό οξύ, ένα βασικό τελικό προϊόν  
 Ιατρικές διαταραχές του καταβολισμού των πουρινών  
 Ουρική αρθρίτιδα  
 Σύνδρομο Lesch-Nyhan  
 Βαριά συνδυασμένη ανοσοανεπάρκεια
- 19.4 Μεταβολισμός των ριβονουκλεοτιδίων πυριμιδίνης**  
 Η *de novo* βιοσύνθεση των UTP και CTP  
 Γλουταμινο-εξαρτώμενες αμιδοτρανσφεράσες  
 Πολυλειτουργικά ένζυμα στον ευκαρυωτικό μεταβολισμό των πυριμιδινών
- 19.5 Μεταβολισμός των δεοξυριβονουκλεοτιδίων**  
 Αναγωγή των ριβονουκλεοτιδίων σε δεοξυριβονουκλεοτίδια  
 Δομή και μηχανισμός της RNR  
 Η πηγή των Ηλεκτρονίων για την αναγωγή των ριβονουκλεοτιδίων  
 Ρύθμιση της ενεργότητας της αναγωγάσης των ριβονουκλεοτιδίων  
 Ρύθμιση των δεξαμενών dNTP μέσω της εκλεκτικής αποικοδόμησης των dNTP  
 Βιοσύνθεση των δεοξυριβονουκλεοτιδίων θυμίνης  
 Πορείες περίσωσης προς δεοξυριβονουκλεοτίδια  
 Θυμιδυλική συνθάση: Ένζυμο-στόχος στη χημειοθεραπεία
- 19.6 Κατευθυνόμενες από ιούς αλλαγές του μεταβολισμού νουκλεοτιδίων**
- 19.7 Άλλα ιατρικώς χρήσιμα ανάλογα**

## 20 Μηχανισμοί μεταγωγής σήματος

926

- 20.1 Μια επισκόπηση της δράσης των ορμονών**  
 Χημική φύση των ορμονών και άλλων σηματοδοτικών μορίων  
 Ιεραρχική φύση του ορμονικού ελέγχου  
 Βιοσύνθεση των ορμονών
- 20.2 Η αρθρωτή φύση των συστημάτων μεταγωγής σήματος: Σηματοδότηση από υποδοχείς συζευγμένους με G πρωτεΐνες**  
 Υποδοχείς  
 Υποδοχείς όπως προσδιορίζονται με βάση τις αλληλεπιδράσεις τους με φάρμακα  
 Υποδοχείς και αδενυλική κυκλάση ως διακριτά συστατικά των συστημάτων μεταγωγής σήματος  
 Δομική ανάλυση των συζευγμένων υποδοχέων με G πρωτεΐνες  
 Μεταγωγείς: G πρωτεΐνες  
 Δράσεις των G πρωτεϊνών  
 Δομή των G πρωτεϊνών  
 Επιπτώσεις από την αναστολή της GTPάσης  
 Η ευελιξία των G πρωτεϊνών  
 Αλληλεπίδραση των GPCR με τις G πρωτεΐνες  
 Οι G πρωτεΐνες στην όραση  
 Τελεστές  
 Δεύτεροι αγγελιαφόροι

Κυκλικό AMP  
Κυκλικό GMP και μονοξείδιο του αζώτου  
Φωσφοίνোসιτίδια

**20.3** Υποδοχείς κινάσης τυροσίνης και σηματοδότηση από ινσουλίνη

**20.4** Ορμόνες και γονιδιακή έκφραση: Πυρηνικοί υποδοχείς

**20.5** Μεταγωγή σήματος, έλεγχος ανάπτυξης και καρκίνος

Ιικά και κυτταρικά ογκογονίδια

Ογκογονίδια στους όγκους που εμφανίζονται στον άνθρωπο

Το τοπίο μεταλλάξεων στο καρκινικό γονιδίωμα

**20.6** Νευροδιαβίβαση

Η χολινεργική σύναψη

Ταχεία και αργή συναπτική μετάδοση

Δράσεις ειδικών νευροδιαβιβαστών

Φάρμακα που δρουν στη συναπτική σχισμή

Πεπτιδικοί νευροδιαβιβαστές και νευροορμόνες

**ΒΑΣΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ:** Κυτταρική σηματοδότηση και πρωτεϊνική ρύθμιση

## 21 Γονίδια, γονιδιώματα και χρωμοσώματα

964

**21.1** Βακτηριακά και ιικά γονιδιώματα

Ιικά γονιδιώματα

Βακτηριακά γονιδιώματα – Το πυρηνοειδές

**21.2** Ευκαρυωτικά γονιδιώματα

Μεγέθος γονιδιώματος

Επαναλαμβανόμενες αλληλουχίες

Δορυφορικό DNA

Διπλασιασμοί λειτουργικών γονιδίων

Στοιχεία Alu

Ιντρόνια

Οικογένειες γονιδίων

Πολλαπλές παραλλαγές γονιδίου

Ψευδογονίδια

Το Πρόγραμμα ENCODE και η ιδέα του «άχρηστου/junk DNA»

**21.3** Φυσική οργάνωση των ευκαρυωτικών γονιδίων: Χρωμοσώματα και χρωματίνη

Ο πυρήνας

Χρωματίνη

Ιστόνες και μη ιστονικές χρωμοσωμικές πρωτεΐνες

Το νουκλεόσωμα

Δομή χρωματίνης υψηλότερης τάξης στον πυρήνα

**21.4** Ανάλυση της νουκλεοτιδικής αλληλουχίας των γονιδιωμάτων

Περιορισμός και τροποποίηση

Ιδιότητες των ενζύμων περιορισμού και τροποποίησης

Προσδιορισμός των νουκλεοτιδικών αλληλουχιών του γονιδιώματος

Χαρτογράφηση μεγάλων γονιδιωμάτων

Δημιουργία φυσικών χαρτών

Η αρχή της ανάλυσης κατά Southern

Μεταφορά κατά Southern και δακτυλικό αποτύπωμα DNA

Εντοπισμός γονιδίων στο ανθρώπινο γονιδίωμα

Ανάλυση αλληλουχιών με χρήση τεχνητών χρωμοσωμάτων

Μέγεθος του ανθρώπινου γονιδιώματος

**ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ 21A:** Αλυσιδωτή αντίδραση πολυμεράσης



**22 Αντιγραφή του DNA**

996

- 22.1** Πρώιμες οπτικές στην αντιγραφή του DNA
- 22.2** DNA πολυμεράσες: Ένζυμα που καταλύουν την επιμήκυνση της πολυνουκλεοτιδικής αλυσίδας  
 Δομή και ενεργότητες της DNA πολυμεράσης I  
 Τα υποστρώματα DNA για την αντίδραση της πολυμεράσης  
 Πολλαπλές ενεργότητες σε μία μόνο πολυπεπτιδική αλυσίδα  
 Δομή της DNA πολυμεράσης I  
 Ανακάλυψη επιπρόσθετων DNA πολυμερασών  
 Δομή και μηχανισμός των DNA πολυμερασών
- 22.3** Άλλες πρωτεΐνες στη διχάλα αντιγραφής  
 Γενετικοί χάρτες του *E. coli* και του βακτηριοφάγου T4  
 Πρωτεΐνες αντιγραφής εκτός της DNA πολυμεράσης  
 Ασυνεχής σύνθεση DNA  
 RNA εκκινητές  
 Πρωτεΐνες στη διχάλα αντιγραφής  
 Το ολοένζυμο της DNA πολυμεράσης III  
 Ολισθαίνων σφιγκτήρας  
 Σύμπλοκο φόρτωσης του σφιγκτήρα  
 Πρωτεΐνες που προσδέκνουν μονόκλωνο DNA: Διατήρηση της βέλτιστης διαμόρφωσης του εκμαγείου  
 Ελικάσες: Εκτύλιξη του DNA μπροστά από τη διχάλα  
 Τοποϊσομεράσες: Εκτόνωση της περιστροφικής τάσης  
 Δράσεις των τοποϊσομερασών τύπου I και τύπου II  
 Οι τέσσερις τοποϊσομεράσες του *E. coli*  
 Ένα μοντέλο του αντιγραφοσώματος
- 22.4** Αντιγραφή του ευκαρυωτικού DNA  
 DNA πολυμεράσες  
 Άλλες ευκαρυωτικές πρωτεΐνες αντιγραφής  
 Αντιγραφή της χρωματίνης
- 22.5** Έναρξη της αντιγραφής του DNA  
 Έναρξη της αντιγραφής του DNA του *E. coli* στη θέση *ori<sup>c</sup>*  
 Έναρξη της ευκαρυωτικής αντιγραφής
- 22.6** Αντιγραφή γραμμικών γονιδιωμάτων  
 Αντιγραφή του γραμμικού ιικού γονιδιώματος  
 Τελομεράση
- 22.7** Πιστότητα αντιγραφής του DNA  
 3' Εξωνουκλεολυτική επιμέλεια της ανάγνωσης  
 Εξειδίκευση ένθεσης της πολυμεράσης  
 Μεταβολισμός των πρόδρομων ενώσεων του DNA και γονιδιωματική σταθερότητα  
 Ενσωμάτωση ριβονουκλεοτιδίων και γονιδιωματική σταθερότητα
- 22.8** RNA ιοί: Η αντιγραφή των RNA γονιδιωμάτων  
 RNA-εξαρτώμενες RNA ρεπλικάσες  
 Αντιγραφή ρετροϊικών γονιδιωμάτων

**23 Επιδιόρθωση, ανασυνδυασμός και αναδιάταξη του DNA**

1034

- 23.1** Επιδιόρθωση του DNA  
 Τύποι και επιπτώσεις της βλάβης του DNA  
 Άμεση επιδιόρθωση των κατεστραμμένων βάσεων του DNA: Φωτοεπανενεργοποίηση και αλκυλοτρανσφεράσες  
 Φωτοεπανενεργοποίηση  
 Αλκυλοτρανσφεράση της  $O^6$ -αλκυλογουανίνης  
 Επιδιόρθωση μέσω εκτομής νουκλεοτιδίου: Εκτομάσες

Επιδιόρθωση μέσω εκτομής βάσης: DNA N-γλυκοζυλάσες  
 Αντικατάσταση της ουρακίλης στο DNA με χρήση BER  
 Επιδιόρθωση της οξειδωτικής βλάβης του DNA  
 Επιδιόρθωση λανθασμένου ζευγαρώματος  
 Επιδιόρθωση θραύσης διπλού κλώνου  
 Επιδιόρθωση κενού σε θυγατρικό κλώνο  
 Διαβλαβική σύνθεση και η απόκριση στις βλάβες του DNA

### 23.2 Ανασυνδυασμός

Τοπο-ειδικός ανασυνδυασμός  
 Ομόλογος ανασυνδυασμός  
 Θραύση και ένωση των χρωμοσωμάτων  
 Μοντέλα του ανασυνδυασμού  
 Πρωτεΐνες που συμμετέχουν στον ομόλογο ανασυνδυασμό

### 23.3 Αναδιατάξεις γονιδίων

Σύνθεση ανοσοσφαιρινών: Δημιουργία της ποικιλομορφίας των αντισωμάτων  
 Μεταθετά γενετικά στοιχεία  
 Ρετροϊοί  
 Γονιδιακός πολλαπλασιασμός  
**ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ 23A:** Χειρισμός του γονιδιώματος  
**ΒΑΣΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ:** Ποικιλομορφία των αντισωμάτων και χρήση τους ως θεραπευτικών παραγόντων

## 24 Μεταγραφή και μετα-μεταγραφική επεξεργασία

1074

### 24.1 Το DNA ως εκμαγείο για τη σύνθεση του RNA

Η προβλεφθείσα ύπαρξη του αγγελιαφόρου RNA  
 Ο βακτηριοφάγος T2 και η απόδειξη του αγγελιαφόρου RNA  
 Η δυναμική του RNA σε μη μολυσμένα κύτταρα

### 24.2 Η ενζυμολογία της σύνθεσης του RNA: Η RNA πολυμεράση

Ο βιολογικός ρόλος της RNA πολυμεράσης  
 Η δομή της RNA πολυμεράσης

### 24.3 Ο μηχανισμός της μεταγραφής στα βακτήρια

Έναρξη της μεταγραφής: Αλληλεπιδράσεις με τους υποκινητές  
 Έναρξη και επιμήκυνση: Ενσωμάτωση των ριβονουκλεοτιδίων  
 Σημεία στίξης της μεταγραφής: Τερματισμός  
 Ανεξάρτητος από παράγοντες τερματισμός  
 Εξαρτώμενος από παράγοντες τερματισμός

### 24.4 Η μεταγραφή στα ευκαρυωτικά κύτταρα

RNA πολυμεράση I: Μεταγραφή των κύριων γονιδίων του ριβοσωμικού RNA  
 RNA πολυμεράση III: Μεταγραφή των γονιδίων των μικρών RNA  
 RNA πολυμεράση II: Μεταγραφή των δομικών γονιδίων  
 Δομή χρωματίνης και μεταγραφή  
 Μεταγραφική επιμήκυνση  
 Τερματισμός της μεταγραφής

### 24.5 Μετα-μεταγραφική επεξεργασία

Ανακύκληση του βακτηριακού mRNA  
 Μετα-μεταγραφική επεξεργασία στη σύνθεση των βακτηριακών rRNA και tRNA  
 Επεξεργασία του rRNA  
 Επεξεργασία του tRNA  
 Επεξεργασία του ευκαρυωτικού mRNA  
 Προσθήκη καλύμματος  
 Μάτισμα

Εναλλακτικό μάτισμα

**ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ 24A:** Αναλύοντας το μεταγράμμα

**ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΒΙΟΧΗΜΕΙΑΣ 24B:** Ανοσοκατακρήμνιση χρωματίνης

## 25 Αποκωδικοποίηση της πληροφορίας: Μετάφραση και μετα-μεταφραστική επεξεργασία των πρωτεϊνών

1108

### 25.1 Μια επισκόπηση της μετάφρασης

### 25.2 Ο γενετικός κώδικας

Πώς αποκρυπτογραφήθηκε ο κώδικας

Χαρακτηριστικά του κώδικα

Αποκλίσεις από τον γενετικό κώδικα

Η υπόθεση της ταλάντευσης

Αφθονία των tRNA και μεροληπτική χρήση κωδικονίων

Σημεία στίξης: Τερματισμός και έναρξη

### 25.3 Οι κύριοι συμμετέχοντες στη μετάφραση: mRNA, tRNA και ριβοσώματα

Αγγελιαφόρο RNA

Μεταφορικό RNA

Συνθετάσες των αμινοακυλο-tRNA: Το πρώτο βήμα της πρωτεϊνοσύνθεσης

Το ριβόσωμα και οι σχετιζόμενοι με αυτό παράγοντες

Διαλυτοί πρωτεϊνικοί παράγοντες στη μετάφραση

Συστατικά των ριβοσωμάτων

Δομή του ριβοσωμικού RNA

Εσωτερική δομή του ριβοσώματος

### 25.4 Ο μηχανισμός της μετάφρασης

Έναρξη

Επιμήκυνση

Τερματισμός

Καταστολή των μη νοηματικών μεταλλάξεων

### 25.5 Αναστολή της μετάφρασης από αντιβιοτικά

### 25.6 Η μετάφραση στους ευκαρυώτες

### 25.7 Ρυθμός μετάφρασης και πολυριβοσώματα

### 25.8 Τα τελικά στάδια στην πρωτεϊνοσύνθεση: Αναδίπλωση και ομοιοπολική τροποποίηση

Αναδίπλωση αλυσίδας

Ομοιοπολική τροποποίηση

### 25.9 Στόχευση πρωτεϊνών στους ευκαρυώτες

Πρωτεΐνες που συντίθενται στο κυτταρόπλασμα

Πρωτεΐνες που συντίθενται στο αδρό ενδοπλασματικό δίκτυο

Ο ρόλος του συμπλέγματος Golgi

## 26 Ρύθμιση της γονιδιακής έκφρασης

1148

### 26.1 Ρύθμιση της μεταγραφής στα βακτήρια

Το οπερόνιο της λακτόζης – Πρώτες γνώσεις στη μεταγραφική ρύθμιση

Απομόνωση και ιδιότητες του καταστολέα της λακτόζης

Η θέση πρόσδεσης του καταστολέα

Ρύθμιση του οπερονίου *lac* από τη γλυκόζη: Ένα σύστημα θετικού ελέγχου

Το σύμπλοκο CRP-DNA

Ορισμένα άλλα βακτηριακά συστήματα μεταγραφικής ρύθμισης: Παραλλαγές σε ένα θέμα

Βακτηριοφάγος λ: Πολλαπλοί χειριστές, διπλοί καταστολείς, διάσπαρτοι υποκινητές και χειριστές

Το ρεγουλόνιο SOS: Ενεργοποίηση πολλαπλών οπερονίων από κοινό σύνολο περιβαλλοντικών σημάτων

Βιοσυνθετικά οπερόνια: Ενεργοποίηση καταστολέων μέσω προσδέτη και εξασθένηση

Εφαρμογή του μοντέλου του οπερονίου – Παραλλαγές σε ένα θέμα

- 26.2 Ρύθμιση της μεταγραφής στους ευκαρυώτες**  
 Χρωματίνη και μεταγραφή  
 Θέσεις μεταγραφικού ελέγχου και γονίδια  
 Σύμπλοκα ανασχεδιασμού της χρωματίνης  
 Έναρξη της μεταγραφής  
 Ρύθμιση του κύκλου επιμήκυνσης μέσω φωσφορυλίωσης της RNA πολυμεράσης
- 26.3 Μεθυλίωση του DNA, γονιδιακή αποσιώπηση και επιγενετική**  
 Μεθυλίωση του DNA στους ευκαρυώτες  
 Μεθυλίωση του DNA και γονιδιακή αποσιώπηση  
 Γονιδιωματική κατανομή των μεθυλιωμένων κυτοσινών  
 Άλλα προτεινόμενα επιγενετικά φαινόμενα  
 5-Υδροξυμεθυλοκυτοσίνη  
 Τροποποιήσεις των ιστονών της χρωματίνης
- 26.4 Ρύθμιση της μετάφρασης**  
 Ρύθμιση της βακτηριακής μετάφρασης  
 Ρύθμιση της ευκαρυωτικής μετάφρασης  
 Φωσφορυλίωση των ευκαρυωτικών παραγόντων έναρξης  
 Μακριά μη κωδικά RNA
- 26.5 Παρεμβολή RNA**  
 Τα microRNA  
 Μικρά παρεμβαλλόμενα RNA
- 26.6 Ριβοδιακόπτες**
- 26.7 Επεξεργασία του RNA**  
**ΒΑΣΙΚΗ ΕΙΚΟΝΑ:** Ροή πληροφοριών στα βιολογικά συστήματα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I: ANSWERS TO SELECTED PROBLEMS	1186
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: REFERENCES	iii
CREDITS	iii