

ΜΕΤΑΦΡΑΣΗ ΕΚΦΡΑΣΗ ΤΗΣ ΓΕΝΕΤΙΚΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

Το τελευταίο στάδιο στην έκφραση της γενετικής πληροφορίας είναι η **μετάφρασή** της, δηλαδή η παραγωγή του πρωτεϊνικού μορίου. Στη διαδικασία αυτή, που γίνεται στα ριβοσώματα, η αλληλουχία των νουκλεοτιδίων του mRNA «υπαγορεύει» την παραγωγή μιας πολυπεπτιδικής αλυσίδας με καθορισμένη αλληλουχία αμινοξέων.

Με τον τρόπο αυτό η γενετική πληροφορία, που είναι καταγραμμένη στα νουκλεϊνικά οξέα στη γλώσσα των τεσσάρων γραμμάτων (A, T, G, C για το DNA και A, U, G, C για το RNA), μεταφράζεται σε μια ολότελα διαφορετική γλώσσα με 20 διαφορετικά γράμματα, όσα είναι δηλαδή, τα διαφορετικά αμινοξέα που συνθέτουν τις πρωτεΐνες όλων των οργανισμών.

Όμως, ενώ κατά τη μεταγραφή δεν παρουσιάζονταν προβλήματα κωδικοποίησης, αφού κάθε βάση του DNA αντιστοιχεί σε μια συμπληρωματική της του mRNA, κατά τη μετάφραση παρουσιάζεται το εξής πρόβλημα: οι διαφορετικές αζωτούχες βάσεις είναι τέσσερις, ενώ τα διαφορετικά αμινοξέα που συνθέτουν τις πρωτεΐνες είναι είκοσι. Συνεπώς δεν είναι δυνατό ένα νουκλεοτίδιο να κωδικοποιεί ένα αμινοξύ, διότι τότε δε θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν περισσότερα από τέσσερα διαφορετικά αμινοξέα. Ούτε είναι πιθανό μια δυάδα νουκλεοτιδίων να κωδικοποιεί ένα αμινοξύ, διότι τότε θα κωδικοποιούνταν το πολύ δεκαέξι διαφορετικά αμινοξέα, όσες είναι δηλαδή οι διαφορετικές δυάδες νουκλεοτιδίων που μπορούν να σχηματιστούν. Αν όμως μια τριάδα νουκλεοτιδίων κωδικοποιεί ένα αμινοξύ, τότε οι συνδυασμοί που προκύπτουν είναι εξήντα τέσσερις (43), δηλαδή αριθμός ικανός για την κωδικοποίηση των είκοσι διαφορετικών αμινοξέων.

Με τα πειράματα που έγιναν το 1961 από το Μ. Νίρεμπεργκ και ολοκληρώθηκαν το 1965 από τους Σ. Οχόα και Γκ. Κοράνα προσδιορίστηκε το αμινοξύ που κωδικοποιείται από κάθε τριάδα νουκλεοτιδίων, η οποία ονομάζεται **κωδικόνιο**.

Έτσι συντάχθηκε ο γενετικός κώδικας, το λεξικό δηλαδή με βάση το οποίο μεταφράζεται η γενετική πληροφορία.

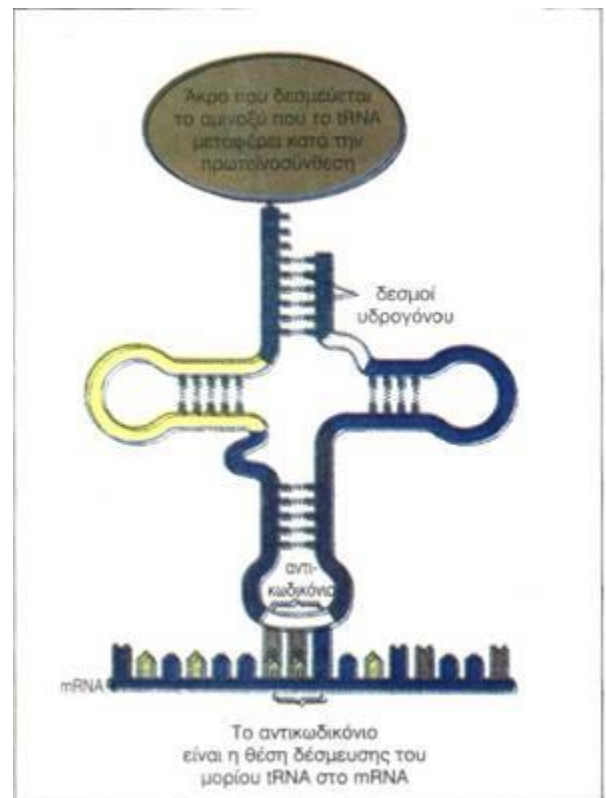
Γενετικός κώδικας						
	Δεύτερο γράμμα					
	U	C	A	G		
Πρώτο γράμμα	U	UUU } φαινυλαλανίνη	UCU }	UAU } τυροσίνη	UGU } κυστεΐνη	U C A G
		UUC }	UCC } σερίνη	UAC }	UGC }	
		UUA } λευκίνη	UCA }	UAA } λήξη	UGA } λήξη	
		UUG }	UCG }	UAG } λήξη	UGG } τρυπτοφάνη	
	C	CUU }	CCU }	CAU } ιστιδίνη	CGU }	U C A G
		CUC } λευκίνη	CCC } προλίνη	CAC }	CGC } ργινίνη	
		CUA }	CCA }	CAA } γλουταμίνη	CGA }	
		CUG }	CCG }	CAG }	CGG }	
	A	AUU }	ACU }	AAU } ασπαργγίνη	AGU } σερίνη	U C A G
		AUC }	ACC } θρεονίνη	AAC }	AGC }	
		AUA }	ACA }	AAA } λυσίνη	AGA } αργινίνη	
		AUG } μεθειονίνη έναρξη	ACG }	AAG }	AGG }	
G	GUU }	GCU }	GAU } ασπαρτικό οξύ	GGU }	U C A G	
	GUC } βαλίνη	GCC } αλανίνη	GAC }	GGC } γλυκίνη		
	GUA }	GCA }	GAA }	GGA }		
	GUG }	GCG }	GAG } γλουταμικό οξύ	GGG }		

Τα χαρακτηριστικά του γενετικού κώδικα είναι:

1. Ο γενετικός κώδικας είναι τριαδικός, μια τριάδα δηλαδή νουκλεοτιδίων (κωδικόνιο) κωδικοποιεί ένα αμινοξύ.
2. Από τα εξήντα τέσσερα διαφορετικά κωδικόνια τέσσερα έχουν διαφορετικό ρόλο από τα υπόλοιπα στη μεταφραστική διαδικασία. Τα τρία από αυτά δεν κωδικοποιούν κανένα αμινοξύ και λειτουργούν ως σήματα λήξης της μετάφρασης, ενώ το τέταρτο (AUG), εκτός από το ότι κωδικοποιεί το αμινοξύ μεθειονίνη, λειτουργεί και ως σήμα έναρξης της μετάφρασης.
3. Ο γενετικός κώδικας είναι εκφυλισμένος, με την έννοια ότι όλα τα αμινοξέα, εκτός από δύο, κωδικοποιούνται από περισσότερα του ενός κωδικόνια. Η ύπαρξη αυτών των κωδικονίων, που χαρακτηρίζονται ως συνώνυμα, παρέχει τη δυνατότητα η γενετική πληροφορία να εκφράζεται αναλλοίωτα, παρά τις ενδεχόμενες αλλαγές στο γενετικό υλικό.
4. Ο γενετικός κώδικας είναι μη επικαλυπτόμενος. Αυτό σημαίνει ότι η μετάφραση ξεκινά από καθορισμένα σημεία του mRNA προχωρώντας τρία νουκλεοτίδια κάθε φορά. Έτσι αποκλείεται ένα νουκλεοτίδιο να διαβαστεί δύο φορές ως μέλος διαφορετικών κωδικονίων.
5. Είναι παγκόσμιος, καθώς οι έως τώρα ενδείξεις συνηγορούν στο ότι το ίδιο κωδικόνιο κωδικοποιεί το ίδιο αμινοξύ σε όλους τους οργανισμούς. Η παγκοσμιότητα του γενετικού κώδικα είναι ένα από τα ισχυρότερα επιχειρήματα υπέρ της κοινής καταγωγής των οργανισμών.

Ας δούμε τώρα και τους υπόλοιπους παράγοντες που παίρνουν μέρος στην πρωτεϊνοσύνθεση και στη συνέχεια θα γνωρίσουμε το μηχανισμό της.

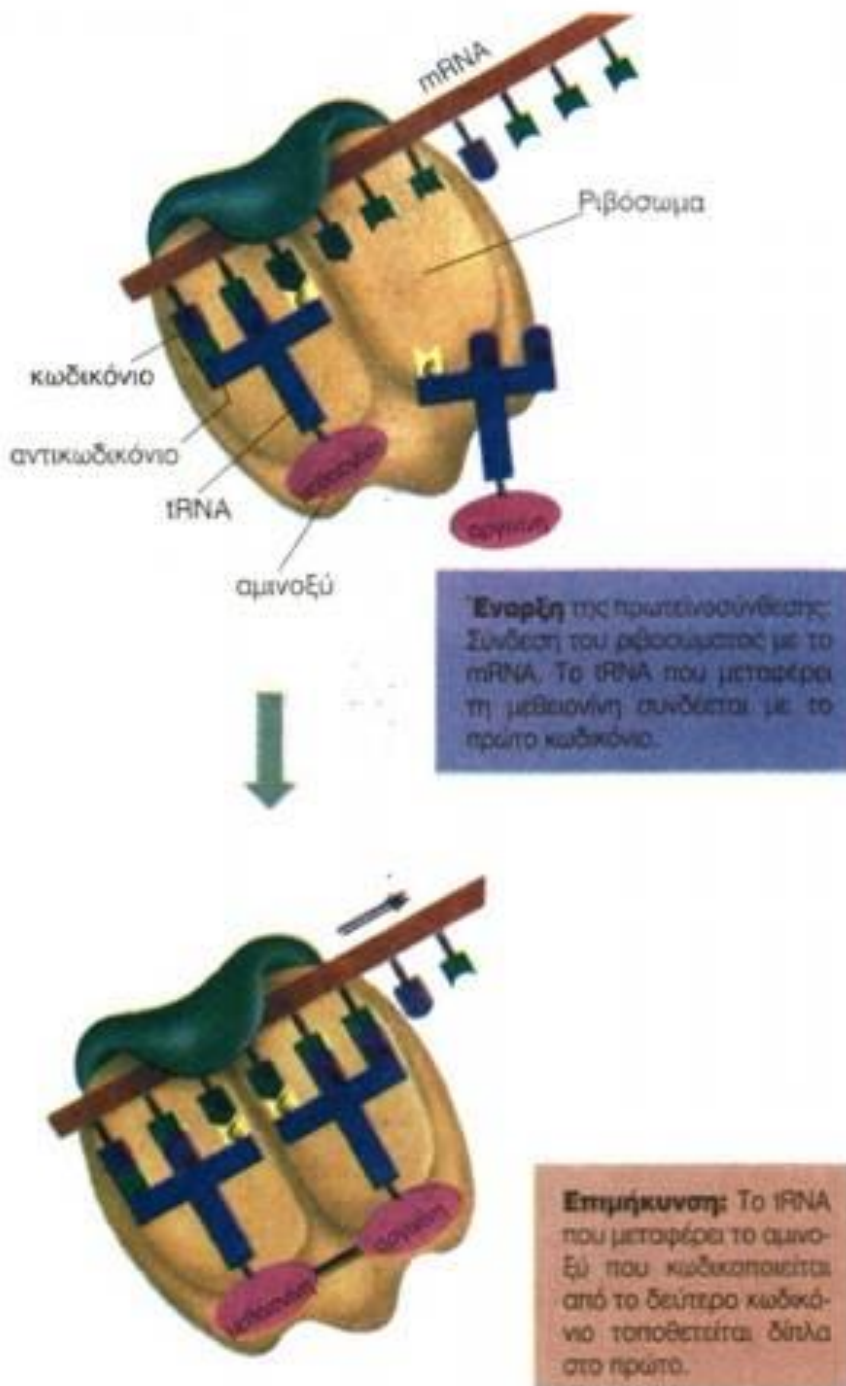
Εκτός από το mRNA, τα ριβοσώματα και φυσικά τα αμινοξέα, στην πρωτεϊνοσύνθεση μετέχουν επίσης το tRNA, διάφορα ένζυμα και ενέργεια με τη μορφή ATP κ.ά. Τα tRNA διαθέτουν μία χαρακτηριστική τριάδα νουκλεοτιδίων, που λέγεται αντικωδικόνιο, και είναι συμπληρωματική με ένα κωδικόνιο του mRNA. Έτσι τα διάφορα είδη tRNA μπορούν να αναγνωρίζουν τα κωδικόνια που είναι συμπληρωματικά των αντικωδικονίων τους, και να συνδέονται μαζί τους με δεσμούς υδρογόνου. Το tRNA διαθέτει επίσης μία θέση σύνδεσης του με ένα αμινοξύ. Μάλιστα, κάθε μόριο tRNA, ανάλογα με το αντικωδικόνιο του, συνδέεται με ένα συγκεκριμένο είδος αμινοξέος.



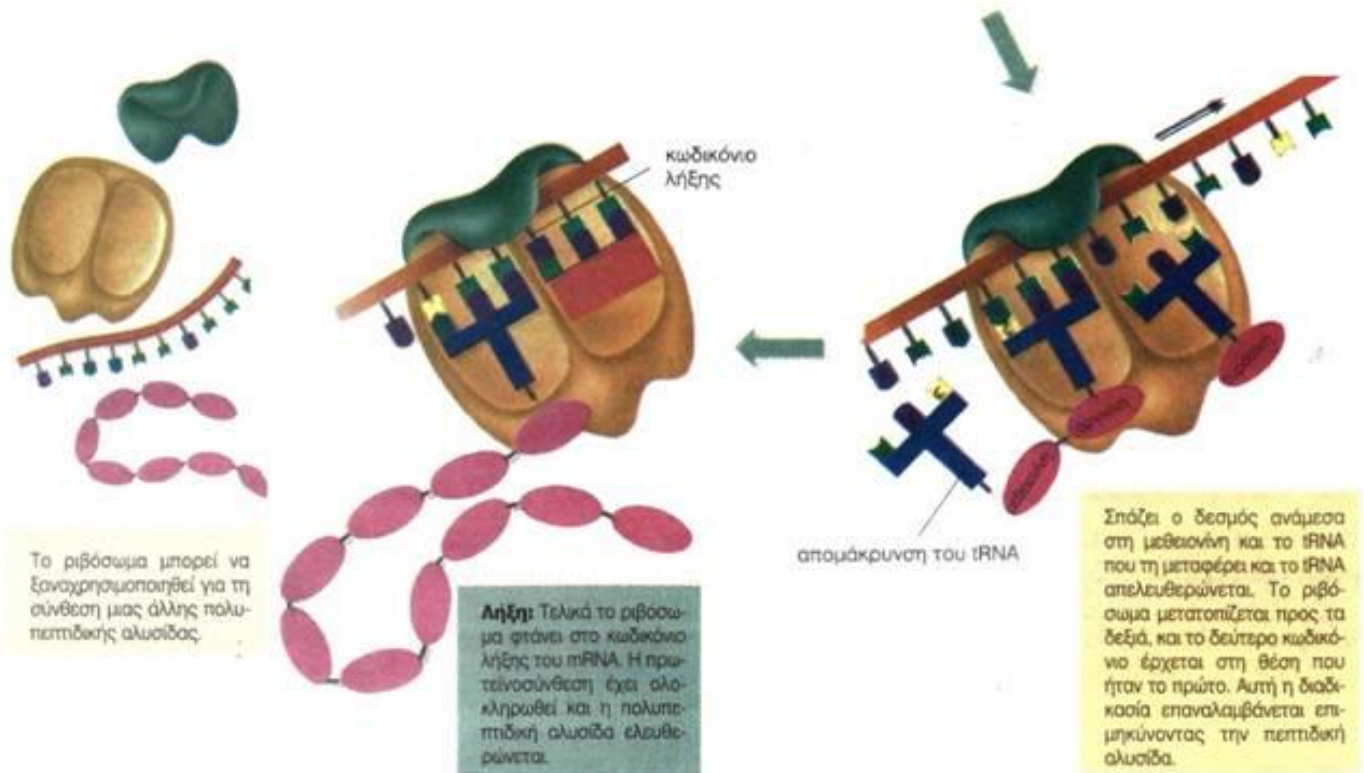
Η διαδικασία της μετάφρασης περιλαμβάνει τρία στάδια: την έναρξη, την επιμήκυνση και τη λήξη.

Έναρξη: Το mRNA, που έχει συντεθεί στον πυρήνα, μεταναστεύει στο κυταρόπλασμα και συνδέεται με ένα ριβόσωμα σε συγκεκριμένη θέση. Το πρώτο κωδικόνιο που «διαβάζει» το ριβόσωμα είναι το AUG, που χαρακτηρίζεται ως **κωδικόνιο έναρξης**, γιατί σηματοδοτεί την έναρξη της πρωτεϊνοσύνθεσης. Ταυτόχρονα μεταφέρεται και συνδέεται στο ριβόσωμα ένα μόριο tRNA, που φέρει το αμινοξύ μεθειονίνη και έχει αντικωδικόνιο συμπληρωματικό του κωδικονίου έναρξης.

Επιμήκυνση: Ένα δεύτερο μόριο tRNA με αντικωδικόνιο συμπληρωματικό του δεύτερου, κατά σειρά, κωδικονίου τοποθετείται στο ριβόσωμα, δίπλα στο πρώτο, μεταφέροντας εκεί το δεύτερο αμινοξύ. Ανάμεσα στο δεύτερο αμινοξύ και στη μεθειονίνη δημιουργείται ένας δεσμός (πεπτιδικός) που τα συγκρατεί ενωμένα. Το πρώτο tRNA αποδεσμεύει τη μεθειονίνη και απελευθερώνεται στο κυταρόπλασμα, ενώ το ριβόσωμα μετατοπίζεται προς το επόμενο κωδικόνιο. Με αυτή όμως τη μετατόπιση το δεύτερο tRNA μεταφέρεται στη θέση του ριβοσώματος στην οποία ήταν το πρώτο tRNA. Στη συνέχεια ένα τρίτο tRNA, το οποίο μεταφέρει το τρίτο αμινοξύ, συνδέεται στο ριβόσωμα, δίπλα στο δεύτερο. Ανάμεσα στο δεύτερο και στο τρίτο αμινοξύ σχηματίζεται πεπτιδικός δεσμός. Κάθε φορά που το ριβόσωμα μετατοπίζεται στο επόμενο σε θέση κωδικόνιο του mRNA, ένα νέο tRNA, με το αμινοξύ που μεταφέρει, τοποθετείται απέναντι από το κωδικόνιο αυτό. Το νέο αμινοξύ ενώνεται με πεπτιδικό δεσμό με το προηγούμενο και η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται, επιμηκύνοντας την πεπτιδική αλυσίδα μέχρι την ολοκλήρωση της σύνθεσής της.

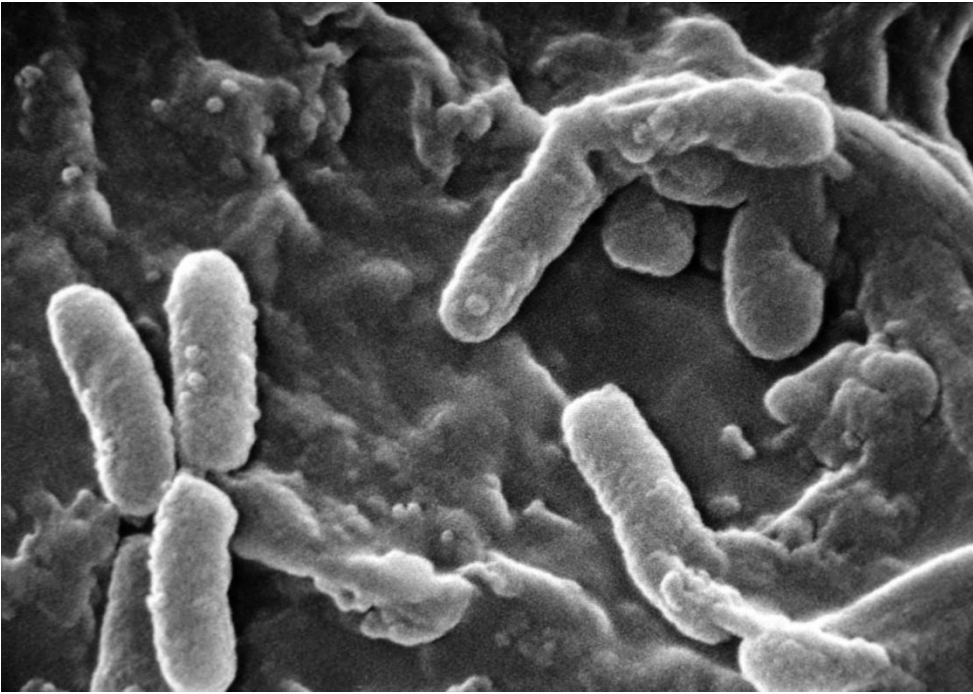


Λήξη: Όταν το ριβόσωμα φτάσει σε ένα από τα τρία κωδικόνια λήξης (UAG, UAA, UGA), σταματάει η πρωτεϊνοσύνθεση. Η πολυπεπτιδική αλυσίδα απελευθερώνεται από τα ριβοσώματα. Βέβαια, όπως έχει ήδη αναφερθεί, με τη σύνθεση των πολυπεπτιδικών αλυσίδων δεν ολοκληρώνεται πάντα και η σύνθεση των πρωτεϊνικών μορίων. Πολλές από τις πολυπεπτιδικές αλυσίδες χρειάζεται να υποστούν ενζυμική επεξεργασία στα κατάλληλα οργανίδια (σύμπλεγμα Golgi, αδρό ενδοπλασματικό δίκτυο για τα ευκαρυωτικά κύτταρα), προκειμένου να αποτελέσουν ή να συμμετάσχουν στη δημιουργία ενός πρωτεϊνικού μορίου.



Αξίζει να σημειωθεί ότι είναι δυνατό σε ένα μόριο mRNA να συνδέονται ταυτόχρονα πολλά ριβοσώματα. Έτσι τα κύτταρα μπορούν να παράγουν σε μικρό χρονικό διάστημα πολυάριθμα αντίγραφα του ίδιου πρωτεϊνικού μορίου.

Το γενετικό υλικό των προκαρυωτικών κυττάρων είναι ένα κυκλικό μόριο DNA



Το γενετικό υλικό των προκαρυωτικών κυττάρων είναι ένα **δίκλωνο κυκλικό μόριο DNA** μήκους περίπου 1 mm. Το κυκλικό αυτό μόριο DNA αναδιπλώνεται και πακετάρεται με τη βοήθεια κυρίως πρωτεϊνών με αποτέλεσμα να έχει τελικό μήκος στο κύτταρο 1 μm. Περιέχει ένα αντίγραφο του γονιδιώματος, άρα τα προκαρυωτικά κύτταρα είναι απλοειδή.

Σε πολλά βακτήρια, εκτός από το κύριο κυκλικό μόριο DNA, υπάρχουν και τα **πλασμίδια** (Εικόνα 1.6). Τα πλασμίδια είναι δίκλινα, κυκλικά μόρια DNA με

διάφορα μεγέθη. Περιέχουν μικρό ποσοστό της γενετικής πληροφορίας και αποτελούν το 1 -2% του βακτηριακού DNA. Ένα βακτήριο μπορεί να περιέχει ένα ή περισσότερα πλασμίδια, τα οποία αντιγράφονται ανεξάρτητα από το κύριο μόριο DNA του βακτηρίου. Μεταξύ των γονιδίων που περιέχονται στα πλασμίδια υπάρχουν γονίδια ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικά και γονίδια που σχετίζονται με τη μεταφορά γενετικού υλικού από ένα βακτήριο σε άλλο. Τα πλασμίδια έχουν τη δυνατότητα να ανταλλάσσουν γενετικό υλικό τόσο μεταξύ τους όσο και με το κύριο μόριο DNA του βακτηρίου, καθώς και να μεταφέρονται από ένα βακτήριο σε άλλο. Με τον τρόπο αυτό μετασχηματίζουν το βακτήριο στο οποίο εισέρχονται και του προσδίδουν καινούριες ιδιότητες. Τα πλασμίδια αποτελούν πολύτιμο εργαλείο των τεχνικών της Γενετικής Μηχανικής, όπως θα αναλυθεί στο κεφάλαιο του ανασυνδυασμένου DNA

