

Ένα σενάριο διδακτικής παρέμβασης με αντικείμενο την έννοια των βιολογικών συστημάτων

Ευαγγελία Αγγελίδου

Διεύθυνση Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης Ανατολικής Αττικής

Περίληψη

Στην εργασία αυτή προτείνεται μία διδακτική παρέμβαση με αντικείμενο την έννοια των βιολογικών συστημάτων. Η έννοια των βιολογικών συστημάτων συνδέεται ταυτόχρονα με τη ζωή και τη γνώση και είναι πρόσφατα δομημένη στην ανθρώπινη σκέψη. Είναι μία βασική έννοια διότι η σταδιακή σύλληψή της, θα βοηθήσει τους μαθητές να αντιληφθούν, ερμηνεύσουν, συσχετίσουν, συνδέσουν και κατανοήσουν, πολλές διαφορετικές δομές και φαινόμενα όχι μόνο βιολογικά, αλλά και γνωστικά, κοινωνικά, κ.ά. και θα συμβάλει στην ανάπτυξη της σφαιρικής αντίληψης, της συστημικής θεώρησης και της σύνθετης σκέψης. Στο προτεινόμενο σενάριο διδασκαλίας υιοθετούνται διδακτικές ενέργειες, εργαλεία και τεχνικές (όπως χαρτογράφηση εννοιών, χρήση μηχανικών αναλόγων, σχημάτων κ.ά.) που αντλούνται από τα πρόσφατα δεδομένα της διδακτικής της Βιολογίας και των Φυσικών Επιστημών γενικότερα.

Summary

This study is dealing with the teaching of the concept of biological systems. The concept of biological systems is linked both with life and knowledge and has been recently developed in human thought. It is a basic concept because as this is gradually understood, students will be helped to conceive, interpret, combine, link and understand, several structures, phenomena not only biolo-

gical but cognitive and social as well, and it will contribute to the development of a global conception, systemic consideration and of a more complex thought. In the proposed teaching scenario we adopt teaching practices, tools and techniques (such as concept - mapping, use of mechanical analogs, schemes etc) that are taken from the recent data of the teaching and learning theory of Biology and of the Sciences in general.

Εισαγωγή - Κριτήρια επιλογής θέματος

Το σενάριο διδακτικής παρέμβασης που περιγράφεται παρακάτω, είναι ενδεικτικό και σε καμία περίπτωση δεν θεωρούμε ότι μέσα από αυτό εξαντλείται η διδασκαλία εννοιών όπως αυτή των βιολογικών συστημάτων. Η έννοια των βιολογικών συστημάτων είναι μία δύσκολη, αφηρημένη και ταυτόχρονα βασική έννοια, πρόσφατα δομημένη στην ανθρώπινη σκέψη.

Οι λόγοι για τους οποίους επιλέχθηκε ο σχεδιασμός και η οργάνωση μιας διδακτικής παρέμβασης με αντικείμενο την έννοια των βιολογικών συστημάτων είναι οι εξής:

1. Η έννοια των βιολογικών συστημάτων είναι συνδεδεμένη εξ ορισμού με την έννοια του συστήματος και η σταδιακή δόμησή της θα βοηθήσει τους μαθητές να αντιληφθούν, ερμηνεύσουν, συσχετίσουν, συνδέσουν και κατανοήσουν πολλές διαφορετικές δομές και φαινόμενα όχι μόνο βιολογικά, αλλά και γνωστικά, κοινωνικά, κ.ά.

2. Η συνδρομή της επιστήμης της Βιολογίας και η μελέτη των βιολογικών φαινομένων, ήταν καθοριστική στην πορεία γέννησης και διαμόρφωσης της έννοιας του συστήματος διά μέσου των εποχών και των επιστημών (Γκυγιωμό, 1975· Δεκλερής, 1986· Morin, 1990· Maturana & Varela, 1992).

3. Οι μαθητές είναι ήδη εξοικειωμένοι με δομές και φαινόμενα του βιολογικού κόσμου, αλλά αυτές οι γνώσεις παρέχονται συνήθως ξεκομμένες. Συνεπώς μας δίνεται η δυνατότητα να βασιστούμε σε αυτές τις ήδη υπάρχουσες γνώσεις και να τις μετασχηματίσουμε προς μία πιο σφαιρική και σύνθετη κατεύθυνση, α) μέσα από κατάλληλη αναδιοργάνωση της ύλης και β) μέσα από κατάλληλες διδακτικές προσεγγίσεις και στρατηγικές.

4. Τα βιολογικά συστήματα είναι πολύπλοκα και συνεπώς η μελέτη τους αναδεικνύει, αποκαλύπτει την πολυπλοκότητα και βοηθά παραπέρα στο να κατανοηθεί.

5. Κατά την εξέταση των βιολογικών συστημάτων δίνεται η δυνατότητα να υιοθετηθεί η συστημική και διεπιστημονική προσέγγιση· δηλαδή:

- α) να προσεγγιστούν διαφορετικά μεταξύ τους συστήματα (π.χ. κύτταρο, οργανισμός, οικοσύστημα) και να εξεταστούν δομές και φαινόμενα που συμβαίνουν σε διαφορετικά επίπεδα (μικρο, μακρο και υπερ-μακροσκοπικό επίπεδο).
- β) να προσδιοριστούν στοιχεία και παράγοντες και να εντοπιστούν ανάλογες λειτουργίες και φαινόμενα
- γ) να διερευνηθούν και να εντοπιστούν σχέσεις αλληλεπίδρασης μεταξύ των διαφορετικών παραγόντων αλλά και μεταξύ του όλου και των μερών (Giordan & Souchon, 1991· Gagliardi, 1991).

Η υιοθέτηση της συστημικής και διεπιστημονικής προσέγγισης (Maguer, 1980· Portela, 1992· Mayor, 1992· Giolitto, 1997), επιτρέπει τη σύνδεση διαφορετικών μεταξύ τους δεδομένων, αποκαλύπτει την ενότητα και συμβάλλει στην ανάπτυξη α) ενός εννοιολογικού δικτύου, απαραίτητου για την κατανόηση και άλλων πολύπλοκων δομών και φαινομένων και β) της σύνθετης σκέψης. Η ανάπτυξη της σύνθετης σκέψης θεωρείται απαραίτητο εργαλείο για τη σύλληψη, τη σταδιακή κατανόηση και τελικά την αντιμετώπιση της σύνθετης και πολύπλοκης πραγματικότητας (Morin, 1990 και 1999).

Σχεδιασμός της διδασκαλίας

Κατά το σχεδιασμό της διδασκαλίας του παρόντος αντικειμένου, λάβαμε υπόψη μας:

- α) τα βασικότερα επιστημολογικά δεδομένα (π.χ. τον αφηρημένο και σύνθετο χαρακτήρα της έννοιας, τις επιμέρους συστατικές έννοιες, τη μη εμπειρική δόμηση της έννοιας) (Δεκλερής, 1986· Maturana & Varela, 1992· Dupouey, 1997· Giolitto, 1997)
- β) την ηλικία των μαθητών
- γ) τις σχετικές με το παρόν αντικείμενο ήδη αποκτημένες γνώσεις από το σχολείο
- δ) τα πρόσφατα θεωρητικά και ερευνητικά δεδομένα από το χώρο των γνωσιακών επιστημών (Varela, 1996· Wolf & Brandt, 1998· Βουσιάδου, 1998; La Borderie et al., 2000) και της διδακτικής της Βιολογίας και των Φυσικών επιστημών γενικότερα (Driver et al., 1985· Martinand, 1986· Astolfi & Develay, 1989· Κουλαϊδής, 1994· Giordan, 1999, κ.ά.).

Με γνώμονα τα παραπάνω, καθορίστηκαν οι ιδέες-κλειδιά του μαθήματος και τα πιθανά εμπόδια που συναντούν οι μαθητές κατά τη δόμηση της συγκεκριμένης έννοιας. Υιοθετήθηκαν επίσης οι κατάλληλες προσεγγίσεις και έγινε η επιλογή των κατάλληλων διδακτικών εργαλείων και τεχνικών.

Κατά το σχεδιασμό της διδασκαλίας θεωρήθηκε ότι οι μαθητές έχουν ήδη διδαχθεί βασικές έννοιες της Βιολογίας (τέλος Γ΄ τάξης Γυμνασίου) και έχουν δομήσει ένα πρωταρχικό εννοιολογικό δίκτυο για έννοιες, όπως κύτταρο, οργανισμός, ρύθμιση θερμοκρασίας. Οι έννοιες αυτές εξετάζονται από διαφορετικά μαθήματα (π.χ. Βιολογία, Ανθρωπολογία, Φυσική). Μέσω του παρόντος μαθήματος επιδιώκουμε να συνδέσουμε τις έννοιες αυτές και να τις αναδιοργανώσουμε γύρω από την έννοια του συστήματος και του βιολογικού συστήματος. Επειδή η έννοια των βιολογικών συστημάτων είναι ιδιαίτερα σύνθετη και εμπλέκει πολλές άλλες βασικές και δύσκολες έννοιες, στην παρούσα εργασία θα προσεγγίσουμε μόνο τις έννοιες της δομής, της λειτουργίας, της αλληλεπίδρασης και της αυτορρύθμισης.

Παρότι θα ήταν σκόπιμο κατά το σχεδιασμό της διδασκαλίας να ληφθούν υπόψη οι πρότερες αντιλήψεις των μαθητών για την έννοια των βιολογικών συστημάτων ωστόσο αυτό δεν έγινε, διότι στην τρέχουσα βιβλιογραφία δεν εντοπίστηκαν συγκεκριμένες έρευνες διερεύνησης των αντιλήψεων των μαθητών για το βιολογικό σύστημα, ενώ εντοπίστηκαν ελάχιστες έρευνες σχετικές με τη διερεύνηση της έννοιας του συστήματος και της συστημικής θεώρησης (Maguer, 1980· Gagliardi, 1991· Rojero, 1991). Βέβαια αυτό είναι ως ένα βαθμό αναμενόμενο αφού η έννοια των βιολογικών συστημάτων είναι πρόσφατα δομημένη και συνήθως δεν διδάσκεται στο σχολείο. Συνεπώς θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον ο σχεδιασμός και η πραγματοποίηση ερευνών, με αντικείμενο τη διερεύνηση των σχετικών πρότερων αντιλήψεων των μαθητών.

Με δεδομένο ότι η παρούσα διδασκαλία είναι μόνο ένα πιθανό σενάριο διδακτικής παρέμβασης και όχι μία ήδη εφαρμοσμένη διδασκαλία, προτείνεται να εφαρμοστεί στην πράξη και να αξιολογηθεί προκειμένου να εντοπιστούν τυχόν αδυναμίες και να βελτιωθεί. Επίσης προτείνεται ο σχεδιασμός, η εφαρμογή και η αξιολόγηση και άλλων διδακτικών παρεμβάσεων με παρόμοιο εννοιολογικό περιεχόμενο. Τέλος, λαμβάνοντας υπόψη ότι η έννοια του βιολογικού συστήματος είναι ιδιαίτερα σύνθετη, θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον να προσεγγιστεί μέσα από διεπιστημονικές θεωρήσεις διαφορετικών γνωστικών αντικειμένων, όπως π.χ. Βιολογίας, Φυσικής, Χημείας και να ενταχτεί στην ευέλικτη ζώνη.

Σενάριο διδακτικής παρέμβασης - Ενδεικτική διδακτική προσέγγιση

Εννοιολογικό πλαίσιο του μαθήματος

Το σύστημα (συν + ίστημι) είναι ένα όλο που αποτελείται από αλληλένδετα / συνδεόμενα / οργανωμένα μεταξύ τους μέρη, στοιχεία.

Τα οργανωμένα αυτά μέρη συνδέονται μεταξύ τους και σχηματίζουν τη δομή του συστήματος.

Τα μέρη κάθε συστήματος συνδέονται μεταξύ τους με σχέσεις αλληλεπίδρασης και αλληλεξάρτησης. Οτιδήποτε συμβαίνει σε ένα από τα μέρη του συστήματος επηρεάζει τα υπόλοιπα και ολόκληρο το σύστημα.

Όταν χαλάει η δομή ενός συστήματος σταματούν και οι λειτουργίες και το αντίστροφο.

Τα τυχαία σύνολα (αθροίσματα) δεν είναι συστήματα διότι δεν αποτελούνται από τακτοποιημένα, αλληλένδετα μέρη που επηρεάζει το ένα το άλλο.

Το σύστημα έχει όρια, μία νοητή γραμμή που το διαχωρίζει από το περιβάλλον τους π.χ. το όριο του κυττάρου είναι η μεμβράνη του.

Σύστημα είναι το κύτταρο και ο οργανισμός αλλά ως σύστημα μπορεί να θεωρηθεί και μία πόλη ή το σχολείο.

Η ζωή οργανώνεται σε συστήματα (κύτταρο - ιστός - όργανο - σύστημα οργάνων - οργανισμός).

Οι φυτικοί και ζωικοί οργανισμοί είναι βιολογικά αυτοελεγχόμενα και αυτορρυθμιζόμενα συστήματα που λειτουργούν με αρνητικές αναδράσεις.

Τα βιολογικά συστήματα έχουν την ικανότητα, δηλαδή, να ρυθμίζουν το εσωτερικό τους περιβάλλον διατηρώντας κάποιες συνθήκες μέσα σε ανεκτά όρια προκειμένου να εξασφαλίσουν το βέλτιστο αποτέλεσμα για τους ίδιους (τη φυσιολογική τους λειτουργία=υγεία).

Η ρύθμιση είναι στενά συνδεδεμένη με την ισορροπία (η ρύθμιση αποσκοπεί σε ισορροπία).

Με τον όρο ομοιόσταση (όμοια στάση), ουσιαστικά αναφερόμαστε με πιο απλό τρόπο στην έννοια της ισορροπίας και εννοούμε την ικανότητα διατήρησης ενός σταθερού εσωτερικού περιβάλλοντος εκ μέρους του οργανισμού.

Η ομοιόσταση, επιτυγχάνεται μέσω μιας διαδικασίας που είναι γνωστή ως έλεγχος αρνητικής ανάδρασης (negative feedback control) σύμφωνα με την οποία, ποικίλοι παράγοντες (ουσίες, όπως ορμόνες, δομές, όπως υποδοχείς και όργανα) συμμετέχοντας και αλληλεπιδρώντας, προκαλούν τελικά διορθωτική απάντηση προκειμένου να εξασφαλίσουν τις ευνοϊκότερες συνθήκες για τον οργανισμό.

Αρνητική ανάδραση λέγεται η επιβράδυνση, το σταμάτημα της ορμής ή και η αντιστροφή μιας πορείας. Η αρνητική ανάδραση σταματάει δηλαδή την

επίδραση εκείνη η οποία τείνει να απομακρύνει το σύστημα από μία κατάσταση σταθερή, από μία κατάσταση ισορροπίας, από ένα προκαθορισμένο ή από το ιδανικό σημείο.

Καθορισμός πιθανών εμποδίων

Εμπόδιο 1: Εμπειρισμός και σκέψη κυριαρχούμενη από την αισθητηριακή αντίληψη

Πορίσματα διαφορετικών ερευνών της διδακτικής μάς λένε ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν οτιδήποτε δεν γίνεται άμεσα αντιληπτό μέσω των αισθήσεών τους, διότι έχουν την τάση να βασίζονται στους συλλογισμούς τους σε παρατηρήσιμα χαρακτηριστικά όταν έρχονται αντιμέτωποι μ' ένα πρόβλημα (Driver, et al., 1985· Astolfi & Drouin, 1987· Solomonidou, 1991, κ.ά.). Λαμβάνοντας υπόψη ότι η δόμηση της έννοιας των βιολογικών συστημάτων δεν βασίζεται σε εμπειρικά δεδομένα, αναμένεται να υπάρχει δυσκολία αντίληψης και κατανόησης φαινομένων που λαμβάνουν χώρα στο μη ορατό επίπεδο (π.χ. δυσκολία αντίληψης δομών, λειτουργιών και φαινομένων σε κυτταρικό επίπεδο και σε επίπεδο οικοσυστήματος). Προς αντιμετώπιση αυτού του εμποδίου επιλέγονται κατάλληλες διδακτικές ενέργειες, εργασία και τεχνικές, όπως σχήματα και μηχανικά ανάλογα.

Εμπόδιο 2: Γραμμικός αιτιακός συλλογισμός - μη αναπτυγμένη ικανότητα δόμησης σύνθετων σχέσεων – απουσία συστημικής θεώρησης

Όταν τα παιδιά εξηγούν τις αλλαγές, τείνουν να ακολουθούν μία γραμμική αιτιακή ακολουθία αποφεύγοντας τη συνθετότητα. Πρόσφατες έρευνες στην Ισπανία και την Ιταλία έδειξαν ότι οι μαθητές δεν έχουν αναπτύξει την ικανότητα να δομούν στη σκέψη τους δίκτυα της αιτιότητας (Gagliardi, 1991) και οι αλληλεπιδράσεις, οι αναδράσεις και οι σχέσεις διαφορετικών επιπέδων συνήθως διαφεύγουν (Astolfi & Drouin, 1987· Gagliardi, 1991· Αγγελίδου, 1996· Agelidou, 2001). Ωστόσο οι αναδράσεις, οι αλληλεπιδράσεις και οι σχέσεις μεταξύ διαφορετικών επιπέδων είναι χαρακτηριστικά των συστημάτων και αποκαλύπτονται μέσα από συστημικές και διεπιστημονικές θεωρήσεις. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω καθώς επίσης και τον τρόπο προσέγγισης της γνώσης μέσα από τα διαφορετικά μαθήματα από το σημερινό σχολείο, αναμένουμε την απουσία της συστημικής θεώρησης. Προς αντιμετώπιση αυτού του εμποδίου, υιοθετούμε τη συστημική και διεπιστημονική προσέγγιση και δίνουμε έμφαση στις αλληλεπιδράσεις και αναδράσεις με τη χρήση κατάλληλων σχημάτων.

Χρόνος: 4 - 6 διδακτικές ώρες

Επίπεδο μαθητών: Γ΄ τάξη Γυμνασίου και Λύκειο

Προσέγγιση αντικειμένου: διεπιστημονική, συστημική

Μεθοδολογία (Διδακτικά εργαλεία και τεχνικές):

Προβληματοκεντρική, διερευνητική διδασκαλία με συζήτηση οργανωμένη γύρω από κατάλληλες ερωτήσεις (Bigge, 1990· Giordan, 1999).

Καταιγισμός ιδεών (brain storming).

Μύηση στη χαρτογράφηση εννοιών (Stewart et al. 1979· Novak & Gowin 1984· Febvre & Giordan, 1990 & 1991· Αγγελίδου, 1996· Βασιλοπούλου, 1998).

Χρήση αναλόγων και παραδειγμάτων (Rumelhart & Norman, 1981).

Ατομική εργασία συνδυασμένη με εργασία σε ομάδες

Υλικά/μέσα για την υποστήριξη του μαθήματος:

H/Y: χρήση word για δόμηση χάρτη εννοιών.

Χάρτες εννοιών και Σχήματα: Χάρτης εννοιών για το οικοσύστημα, «Είσοδοι και έξοδοι στο σύστημα», «Αυτορρύθμιση γλυκόζης στο αίμα», «Η Αυτορρύθμιση στον οργανισμό».

Γραπτά κείμενα: «Αυτορρύθμιση της θερμοκρασίας στον οργανισμό σου» και «Αυτορρύθμιση συγκέντρωσης νερού στο αίμα».

Φάσεις εξέλιξης της εκπαιδευτικής διαδικασίας

Φάση I: Εισαγωγή στην έννοια του συστήματος

Στη φάση αυτή επιδιώκεται οι μαθητές:

– να αντιληφθούν τα μέρη του συστήματος, τα όρια του, την έννοια της δομής, της οργάνωσης και της λειτουργίας

– να ανακαλέσουν προηγούμενες γνώσεις και να τις θέσουν σε ένα πιο διευρυμένο εννοιολογικό πλαίσιο, αυτό του συστήματος

Εκκίνηση

Υιοθετούμε την τεχνική του καταιγισμού ιδεών (*brain storming*): Ποιες λέξεις, σύντομες εκφράσεις ή σκέψεις σας έρχονται αμέσως στο νου, ακούγοντας τη λέξη «σύστημα»;

Οι λέξεις και οι σύντομες φράσεις που αναφέρουν οι μαθητές γράφονται στον πίνακα και στη συνέχεια κατηγοριοποιούνται. Μέσω της τεχνικής αυτής αναμένεται να αναφανούν οι αρχικές ιδέες των μαθητών για την κεντρική έννοια «σύστημα» και να αποκαλυφθούν οι σχετικές κρυμμένες διαστάσεις της έννοιας και οι συνδέσεις μεταξύ των σχετικών εννοιών.

Με γνώμονα τις αρχικές ιδέες των μαθητών για το σύστημα, ο διδάσκων επιδιώκει να εκμαιεύσει από τους μαθητές απαντήσεις και να τους οδηγήσει σε αποσαφηνίσεις με τη χρήση διαφορετικών παραδειγμάτων από την καθημερινή ζωή ή μηχανικών αναλόγων και την υποβολή διαδοχικών ερωτήσεων του τύπου:

Ας υποθέσουμε ότι τεμαχίζουμε ένα φυτό στα ευδιάκριτα μέρη του (ρίζα, βλαστό, φύλλα).

Παρότι διαθέτουμε όλα τα μέρη του φυτού, αυτά τα μέρη συγκροτούν φυτό;

Τι χαλάσαμε εμείς; Μήπως την οργάνωση; Τι λείπει; Μήπως οι συνδέσεις;

Τι θα συμβεί μέσα στην αίθουσα εάν ανακατέψουμε τα θρανία, ρίξουμε κάτω τις τσάντες και σηκωθούμε όλοι όρθιοι και φωνάζουμε; Θα εξακολουθεί να λειτουργεί ως αίθουσα μαθήματος; Θα μπορεί να γίνει μάθημα; Ένα διαλυμένο αυτοκίνητο γιατί δεν κινείται; Ένα φυτό χωρίς ρίζα μπορεί να απορροφήσει νερό; Τι χάλασε στο φυτό, τι στην αίθουσα, τι στο αυτοκίνητο;

Οι μαθητές σταδιακά οδηγούνται στη λεκτική διατύπωση των πρώτων εννοιολογικών συλλήψεων των σχετικών με την έννοια του συστήματος.

Επιδιώκοντας οι μαθητές να εμπεδώσουν τις παραπάνω γνώσεις και να τις διευρύνουν, τους καλούμε να πραγματοποιήσουν τη δραστηριότητα 1 (βλέπε παράρτημα). Κατά τη διάρκεια εξέλιξης της δραστηριότητας, παρεμβαίνουμε και τονίζουμε τα διαφορετικά επίπεδα οργάνωσης των βιολογικών συστημάτων (από το κύτταρο στον οργανισμό, από τον οργανισμό στη βιόσφαιρα). Θα μπορούσαμε να θίξουμε επίσης και την έννοια της εισόδου και εξόδου στο σύστημα δείχνοντας σε διαφάνεια το αντίστοιχο σχήμα (βλέπε παράρτημα, σχήμα 1).

Φάση 2^η: Εφαρμογή: το οικοσύστημα ως παράδειγμα συστήματος.

Αλληλεπιδράσεις στο οικοσύστημα - αλληλεπιδράσεις παντού

Στη φάση αυτή ειδικότερα επιδιώκεται οι μαθητές:

να εξετάσουν το οικοσύστημα ως ένα σύστημα, ανακαλώντας ήδη αποκτημένες γνώσεις και εφαρμόζοντας τις γνώσεις που απέκτησαν από την προηγούμενη φάση

να εισαχθούν στην έννοια των αλληλεπιδράσεων

να εισαχθούν στη χαρτογράφηση εννοιών (μεταγνωστικός στόχος) και να ασκηθούν στην οργάνωση και ιεράρχηση των εννοιών

να ασκηθούν στον κειμενογράφο word ή εάν υπάρχει ένα άλλο απλό σχεδιαστικό πρόγραμμα με text box, βέλη κ.ά.

Εκκίνηση

Υποβολή διαδοχικών ερωτήσεων του τύπου:

Τι περιλαμβάνει μία λίμνη; Τι είναι η λίμνη; Αφού η λίμνη είναι ένα οικοσύστημα και το οικοσύστημα (οίκος + σύστημα) είναι ένα σύστημα, ποια είναι τα μέρη, η δομή, οι λειτουργίες και τα όριά του;

Με αφορμή τις απαντήσεις και μέσω της δραστηριότητας 2 (βλέπε παράρτημα), επιδιώκουμε οι μαθητές να συνδέσουν τη λίμνη (οικοσύστημα) με την έννοια του συστήματος.

Ολοκληρώνοντας την εργασία αυτή, οι μαθητές θα έχουν δομήσει ένα χάρτη από τον οποίο αναμένεται να απουσιάζουν οι αλληλεπιδράσεις. Στη συνέχεια εισάγουμε τους μαθητές στην έννοια της αλληλεπίδρασης.

Αλληλεπιδράσεις στο οικοσύστημα - αλληλεπιδράσεις στο σύστημα - αλληλεπιδράσεις παντού

Υποβάλλουμε ποικίλες ερωτήσεις διερεύνησης σχέσεων: α) μεταξύ των οργανισμών β) μόνο μεταξύ αβιοτικών παραγόντων γ) μεταξύ αβιοτικών και βιοτικών παραγόντων.

Για την καλύτερη κατανόηση των αλληλεπιδράσεων στο οικοσύστημα μπορούμε να καλέσουμε τους μαθητές να εργαστούν ολοκληρώνοντας τη δραστηριότητα 3 (βλέπε παράρτημα).

Μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας 3, γενικεύουμε, θεωρώντας τις αλληλεπιδράσεις ως χαρακτηριστικό όλων των συστημάτων. Για το σκοπό αυτό με τη βοήθεια κατάλληλων ερωτήσεων, καλούμε τους μαθητές να διερευνήσουν σχέσεις βιολογικών και μη βιολογικών συστημάτων (παράδειγμα αλληλοεπιδράσεων μέσα από οργανισμούς, μέσα από την τάξη μεταξύ των μαθητών, μέσα από την πόλη μας, κ.ά.).

Στη συνέχεια καλούμε τους μαθητές να δομήσουν το δικό τους γενικό χάρτη εννοιών για το «οικοσύστημα» ή εναλλακτικά, για λόγους οικονομίας χρόνου, θα μπορούσε ο χάρτης αυτός να παρουσιαστεί στην τάξη ως διαφάνεια: «Χάρτης εννοιών για το οικοσύστημα» (βλ. παράρτημα). Με γνώμονα το

Μέντορας

χάρτη εννοιών για το οικοσύστημα, οδηγούμε τους μαθητές σε γενικεύσεις και εξαγωγή συμπερασμάτων, περνώντας εναλλάξ από το μερικό στο γενικό και από το γενικό στο μερικό, από το οικοσύστημα, στο σύστημα και αντίστροφα.

Φάση 3: Εισαγωγή στην έννοια της αυτορρύθμισης στα βιολογικά συστήματα

Στη φάση αυτή επιδιώκεται οι μαθητές: να εισαχθούν στην έννοια της αυτορρύθμισης και να τη συσχετίσουν με την ομοιόσταση, την ισορροπία και την ανάδραση.

Εκκίνηση

Χρησιμοποιώντας παραδείγματα αυτορρύθμισης από τον ανθρώπινο οργανισμό, φέρνουμε τους μαθητές αντιμέτωπους με την έννοια της αυτορρύθμισης.

παράδειγμα 1^ο

Μία μέρα μπορεί να φας πολλά γλυκά (π.χ. σοκολάτες) και την άλλη καθόλου. Παρόλα αυτά οι εξετάσεις αίματος θα δείχνουν κάθε φορά περίπου τα ίδια ποσοστά σακχάρου στο αίμα σου.

παράδειγμα 2^ο

Όταν γυμνάζεσαι πολύ έντονα καταναλώνεις πολύ περισσότερο οξυγόνο. Παρόλα αυτά τα επίπεδα του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα στο αίμα σου παραμένουν σχεδόν σταθερά.

παράδειγμα 3^ο

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι δυνατόν να μεταβληθεί πολύ, ωστόσο εσύ θα εξακολουθείς να έχεις την ίδια θερμοκρασία των 36,6 βαθμών.

Διατύπωση ερωτημάτων:

Παρότι ζούμε σε ένα περιβάλλον που αλλάζει διαρκώς, πώς τελικά επιτυγχάνουμε να διατηρούμε ένα ισορροπημένο και σταθερό εσωτερικό περιβάλλον; Ποιος ρυθμίζει εμάς και τους οργανισμούς; Υπάρχει έλεγχος και καθοδήγηση από κάποιο άορατο οδηγό; Ή μήπως ρυθμιζόμαστε αυτόματα; Γιατί, όταν κρυώνουμε, χλομιάζουμε; Γιατί, όταν ζεσταινόμαστε ιδρώνουμε; Γιατί, όταν κρυώνουμε τρέμουμε;

Οι μαθητές πιθανόν είναι αμήχανοι και δυσκολεύονται να απαντήσουν. Στη συνέχεια τους καλούμε να εργαστούν σε ομάδες, ολοκληρώνοντας τη δραστηριότητα 4 (βλέπε παράρτημα).

Μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας 4, και με βάση τις απαντήσεις των ομάδων των μαθητών, ακολουθεί συζήτηση στην τάξη, η οποία αποσκοπεί στην αποσαφήνιση των σχετικών εννοιών, σ' ένα αρχικό επίπεδο.

Έχοντας ως γνώμονα τα σχήματα «Η Αυτορρύθμιση της γλυκόζης στο αίμα» και «Η Αυτορρύθμιση στον οργανισμό» (βλ. παράρτημα, σχήματα 2 και 3), επιδιώκουμε την περαιτέρω επεξήγηση της έννοιας της ανάδρασης, τη συσχέτιση/σύνδεση των εννοιών της αυτορρύθμισης, της ισορροπίας, της ομοιόστασης και της ανάδρασης και τη γενίκευση του μηχανισμού της αυτορρύθμισης. Στο σημείο αυτό θα μπορούσαμε να αναφερθούμε και σε πιο απλά συστήματα και να επεξηγήσουμε απλούς μηχανισμούς ρύθμισης και αυτοματισμού (Μηχανικά ανάλογα: Ανάλογο 1: καζανάκι, ένας πολύ παλιός αυτόματος μηχανισμός, Ανάλογο 2: Θερμοστάτης - Ψυγείο).

Επιδιώκοντας οι μαθητές να εφαρμόσουν τις παραπάνω γνώσεις, να τις εμπειδώσουν και να τις διευρύνουν, τους καλούμε να πραγματοποιήσουν τη δραστηριότητα 5 (βλέπε παράρτημα).

Στη φάση αυτή, κρίνεται απαραίτητη η εξοικείωση του διδάσκοντα με τις έννοιες που διαχειριζόμαστε, επειδή πρόκειται για έννοιες ιδιαίτερα σύνθετες. Προτείνεται επίσης, η προσαρμογή των δραστηριοτήτων 4 και 5 κάθε φορά ανάλογα με το επίπεδο και την ηλικία των μαθητών.

Φάση 4: Εμπέδωση και αξιολόγηση

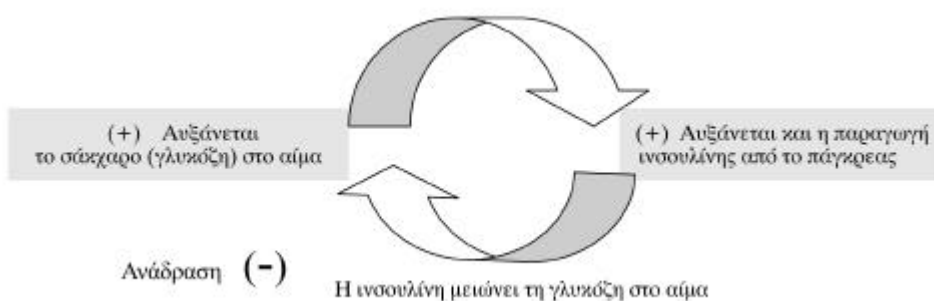
Υποβάλλοντας κατάλληλες ερωτήσεις, βοηθούμε τους μαθητές να συνοψίσουν αναφέροντας τα κυριότερα σημεία του μαθήματος. Τους συμβουλεύουμε να εκφράζονται σύντομα, δίνοντας όσο το δυνατόν περιεκτικότερες απαντήσεις. Στο τέλος της διδακτικής παρέμβασης προτείνεται οι μαθητές να εργαστούν ατομικά συμπληρώνοντας το φύλλο αξιολόγησης (βλ. παράρτημα).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

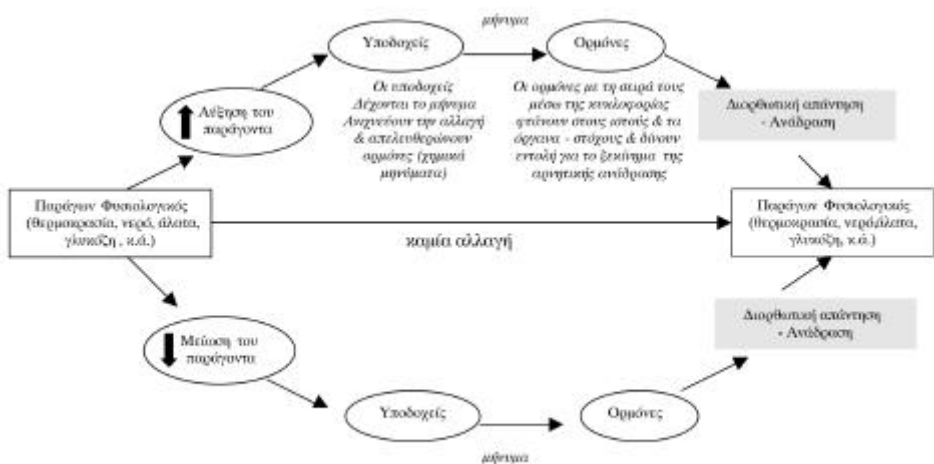
Σχήμα 1: Είσοδοι και έξοδοι στο σύστημα



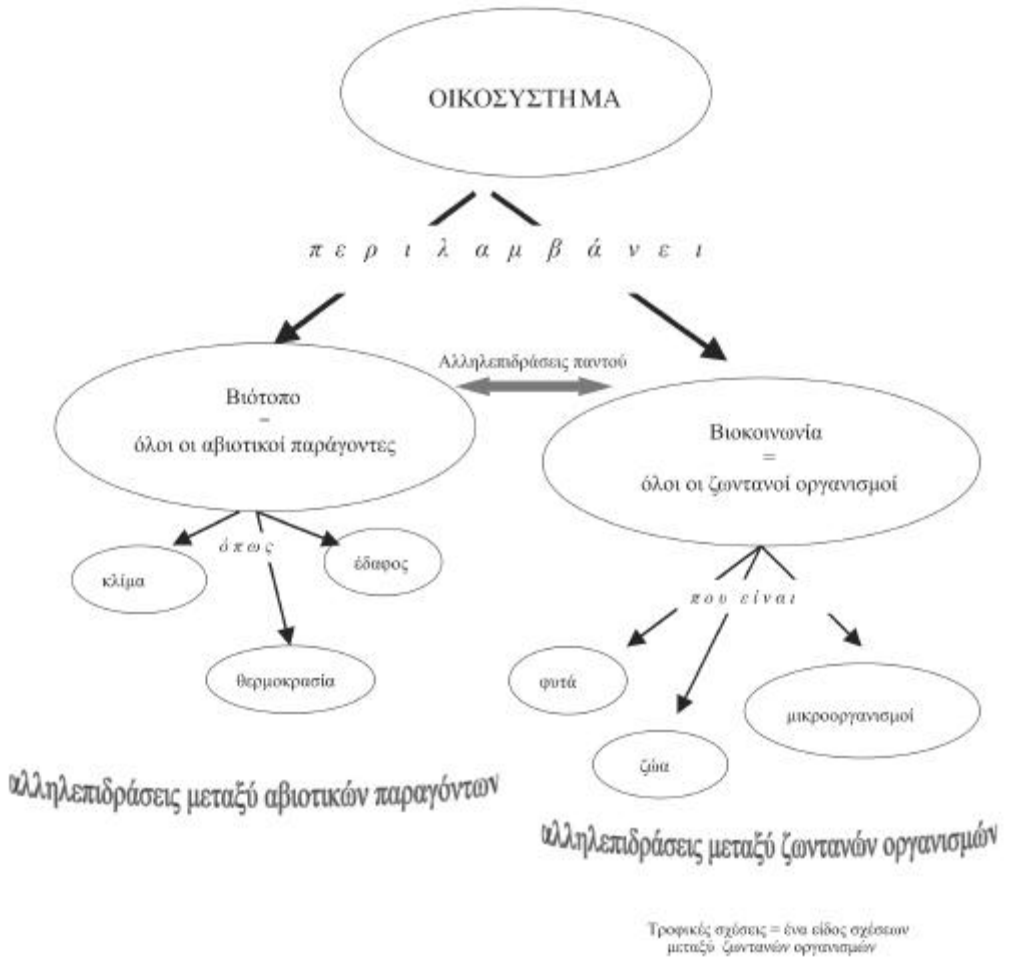
Σχήμα 2: Η αυτορρύθμιση της γλυκόζης στο αίμα



Σχήμα 3: Η αυτορρύθμιση στον οργανισμό (γενικό σχήμα)



Χάρτης εννοιών για το οικοσύστημα (διαφάνεια)



Δραστηριότητα 1

α) Προσπαθήστε να ολοκληρώσετε τον πίνακα, συμπληρώνοντας στα κενά πλαίσια: συστήματα, δομές και λειτουργίες.

Δομές και λειτουργίες συστημάτων σε διαφορετικά επίπεδα

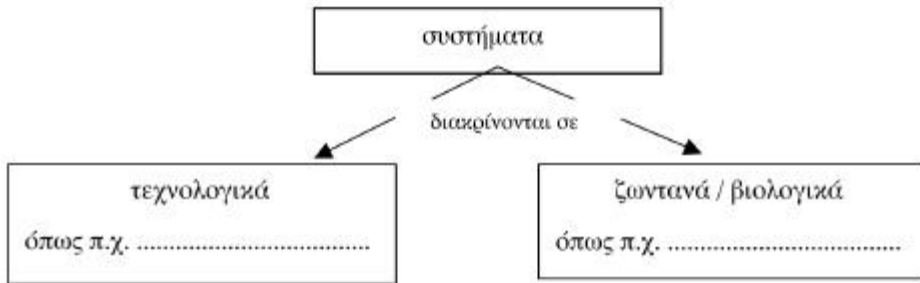
<i>Σύστημα</i>	<i>Δομές</i>	<i>Λειτουργίες</i>
.....	1. DNA 2. Κυτταρική μεμβράνη 3. 4. 5. Ενδοπλασματικό δίκτυο	1. 2..... 3. φωτοσύνθεση 4. κυτταρική αναπνοή 5.
Οργανισμός: - Ιστός - Όργανο - Σύστημα οργάνων	1. Ιστός: Νευρικός ιστός 2. Όργανο: μάτι 3.	1..... 2. 3. πέψη
.....	1. 2. αγορά 3. δίκτυα: 1. - λεωφόρων και δρόμων - αστικών συγκοινωνιών (λεωφορεία, ταξί, κ.ά.). 2. - ΟΤΕ (Τηλεφωνικά κέντρα, τηλεφωνικές γραμμές, τηλέφωνα) - Ταχυδρομεία- Τύπος (εφημερίδες - περιοδικά - ραδιόφωνο - τηλεόραση)	1. διαμονή, προφύλαξη 2..... 3. παραγωγή αγαθών 1. 2.
καζανάκι	διατήρηση της στάθμης του νερού σε σταθερά επίπεδα

β) Δίνονται τα εξής: σάκος με πατάτες, αμοιβάδα, ψυγείο, ένα σακουλάκι ρύζι, υπολογιστής, βάρκαχος, ηλεκτρικό δίκτυο, οικογένεια, η Μαρία, ένα ενυδρείο.

Συζητήστε στην τάξη:

Ποια από τα παραπάνω είναι τυχαία σύνολα και ποια συστήματα; Τι διαφέρει το σύνολο από το σύστημα;

Προσπαθήστε να διακρίνετε τα συστήματα σε: τεχνολογικά και βιολογικά συστήματα και στη συνέχεια συμπληρώστε το παρακάτω σχήμα:



Δραστηριότητα 2

(Ατομική ή σε Ομάδες)

(Στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, εάν επιδιώκεται οι μαθητές να ασκηθούν στη δόμηση απλών σχημάτων με τη χρήση H/Y, ή σε λευκό χαρτί)

Δίνονται οι λέξεις: «οικοσύστημα, αβιοτικοί παράγοντες, βδέλλα, βάτραχος, θερμοκρασία, ψάρια, φύκια, ζώα, καλάμια, βιοτικοί παράγοντες, πάπια, κλίμα, φυτά, έδαφος, ζωντανοί οργανισμοί, νούφαρα, λίμνη». Προσπαθήστε να οργανώσετε τις παραπάνω έννοιες (δηλαδή να τις τοποθετήσετε στην κατάλληλη θέση και να τις συνδέσετε κατάλληλα με βέλη και συνδυαστικές λέξεις) δομώντας ένα ολοκληρωμένο σχήμα που θα αναφέρεται στο οικοσύστημα λίμνη.

* Για την πραγματοποίηση της παραπάνω δραστηριότητας, κρίνεται απαραίτητη η εξοικείωση του διδάσκοντα με την τεχνική της χαρτογράφησης εννοιών και η μύηση των μαθητών στη χαρτογράφηση εννοιών.

Υποστηρικτικό υλικό για τον διδάσκοντα

Μύηση των μαθητών στη χαρτογράφηση εννοιών

Η χαρτογράφηση εννοιών είναι μία διδακτική στρατηγική, η οποία εντάσσεται στην ευρύτερη κατηγορία των στρατηγικών που «μαθαίνουν το μαθητή πώς να μαθαίνει» και ενδείκνυται σε περιπτώσεις που ο μαθητής καλείται να επεξεργαστεί και να κατανοήσει σύνθετα δεδομένα. Ο μαθητής, δηλαδή, καλείται να δομήσει με σταδιακά βήματα ένα ολοκληρωμένο σχήμα στο οποίο απεικονίζονται οι κύριες έννοιες που εμπλέκονται σε ένα θέμα και οι μεταξύ τους σχέσεις.

Στη χαρτογράφηση εννοιών οι μαθητές ακολουθούν την εξής πορεία:

- α. Εντοπίζουν τις κύριες έννοιες του θέματος
- β. Ιεραρχούν τις έννοιες προσδιορίζοντας την πιο γενική και περιεκτική έννοια, τις λιγότερο γενικές και επιμέρους έννοιες, τις πιο ειδικές έννοιες.
- γ. Σχεδιάζουν το χάρτη:

Μέντορας

Θέτουν κάθε έννοια σε ένα κύκλο.

Τοποθετούν στην κορυφή του σχήματος την πιο γενική έννοια.

Κάτω απ' αυτήν τοποθετούν τις ενδιάμεσες έννοιες.

Στο κάτω μέρος του σχήματος τοποθετούν τις πιο ειδικές έννοιες

Σχεδιάζουν «γραμμές σύνδεσης» μεταξύ των εννοιών οι οποίες κατά τη γνώμη τους σχετίζονται.

Γράφουν στην κάθε γραμμή σύνδεσης κατάλληλες «συνδετικές λέξεις», οι οποίες προσδιορίζουν πως συνδέονται οι έννοιες μεταξύ τους, φροντίζοντας ώστε οι έννοιες μαζί με τις συνδετικές τους λέξεις να σχηματίζουν λογικές προτάσεις.

Ολοκληρώνουν το χάρτη, δομώντας νέες σχέσεις μεταξύ εννοιών τις οποίες αρχικά μπορεί να μην είχαν εντοπίσει.

Δραστηριότητα 3

Ως γνωστόν τα ψάρια ζουν χρησιμοποιώντας για την αναπνοή τους το οξυγόνο του νερού. Η ποσότητα του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου δεν είναι πάντα η ίδια, αλλά εξαρτάται από τη θερμοκρασία του νερού. Ένα εργοστάσιο πετάει θερμικά απόβλητα θερμοκρασίας 60° C (βαθμών Κελσίου) σε ένα ποτάμι στο οποίο ζουν πέστροφες. Η πέστροφα είναι ένα ψάρι που ζει σε κρύα και οξυγονωμένα νερά. Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται πώς μεταβάλλεται η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό σε σχέση με τη θερμοκρασία.

Θερμοκρασία (σε βαθμούς C)	Διαλυτότητα οξυγόνου σε ppm (πόσα μέρη βάρους ή όγκου της ουσίας οξυγόνο βρίσκονται σε 1.000.000 μέρη βάρους ή όγκου νερού)
0	14,6
5	12,7
10	11,3
15	10,1
20	9,1
25	8,3
30	6,5

Μελετήστε προσεκτικά τον πίνακα. Τι παρατηρείτε;

Προσπαθήστε να καταγράψετε όλων των ειδών τις σχέσεις μεταξύ οξυγόνου, θερμοκρασίας, ανθρώπου, ψαριών.

Τι κίνδυνος υπάρχει από τα θερμικά απόβλητα του εργοστασίου;

Εκφράστε τα συμπεράσματά σας όσο το δυνατόν περιληπτικότερα.

Δραστηριότητα 4 (Εργασία σε ομάδες)

Μελετήστε, ο καθένας μόνος του, το κείμενο Α και στη συνέχεια συζητήστε στην ομάδα σας:

Γιατί, όταν κρυώνουμε, χλομιάζουμε;

Λαμβάνοντας υπόψη ότι:

Όταν αυξάνεται ο ρυθμός του μεταβολισμού (καύσεων), τότε απαιτείται περισσότερο οξυγόνο και ταυτόχρονα απελευθερώνεται περισσότερη ενέργεια λόγω των αυξημένων καύσεων,

Όταν αυξάνεται η σωματική δραστηριότητα, τότε αυξάνεται και ο ρυθμός μεταβολισμού,

Να αιτιολογήσετε με διαδοχικές λογικές προτάσεις, γιατί, όταν κρυώνουμε, τρέμουμε και χρησιμοποιούμε περισσότερο οξυγόνο·

Να συνδέσετε το τρέμουλο με την αυτορρύθμιση.

Κείμενο Α

Αυτορρύθμιση της θερμοκρασίας στον οργανισμό σου - Διορθωτικοί μηχανισμοί

Όταν η θερμοκρασία του σώματός σου ανεβαίνει, τότε ιδρώνεις περισσότερο. Η αύξηση της εφίδρωσης είναι μία διορθωτική απάντηση που αποσκοπεί στη μείωση της θερμοκρασίας: Η επιφάνεια του σώματος ψύχεται καθώς το νερό εξατμίζεται, άρα έχουμε πτώση της θερμοκρασίας.

Όταν η θερμοκρασία του σώματός σου κατεβαίνει, τότε συμβαίνει αγγειοσυστολή. Τα αιμοφόρα αγγεία που καταλήγουν στο δέρμα συστέλλονται και έτσι συμβαίνει μικρή απώλεια θερμότητας από το αίμα προς το εξωτερικό περιβάλλον, ενώ ταυτόχρονα λιγότερο αίμα ρέει στην επιφάνεια του σώματος.

Όταν η θερμοκρασία του σώματός σου ανεβαίνει, τότε προκαλείται ελάττωση της μεταβολικής δραστηριότητας (των καύσεων).

Όταν κρυώνουμε, τρέμουμε

Η εφίδρωση, η αγγειοσυστολή, το τρέμουλο και η ελάττωση της μεταβολικής δραστηριότητας είναι μερικοί μόνο αυτόματοι διορθωτικοί μηχανισμοί (αναδράσεις) μέσω των οποίων καταφέρει ο οργανισμός σου να διατηρεί σταθερή θερμοκρασία.

Δραστηριότητα 5 (Εργασία σε ομάδες)

Μελετήστε το γραπτό κείμενο Β και έχοντας ως οδηγό το γενικό σχήμα 3, «Η αυτορρύθμιση στον οργανισμό», προσπαθήστε να αποδώσετε σχηματικά την περίπτωση της αυτορρύθμισης του νερού στο αίμα.

Κείμενο Β

Αυτορρύθμιση συγκέντρωσης νερού στο αίμα - Διορθωτικοί μηχανισμοί

Αν η συγκέντρωση του νερού στο αίμα μας είναι μικρή, τότε ειδοποιείται ο εγκέφαλος (το λίγο νερό ανιχνεύεται από τους υποδοχείς του υποθαλάμιου). Ο υποθάλαμος ειδοποιεί την υπόφυση. Η υπόφυση με τη σειρά της αρχίζει να εκκρίνει πολύ ορμόνη (αντιδιουρητική), η οποία περνά στην κυκλοφορία του αίματος και φτάνει στους νεφρούς. Η αντιδιουρητική ορμόνη όταν φτάνει στους νεφρούς δίνει την εντολή για να αρχίσει ο διορθωτικός μηχανισμός: επιστρέφει νερό από τους νεφρούς στο αίμα, άρα η συγκέντρωση του νερού στο αίμα μεγαλώνει.

Αν η συγκέντρωση του νερού στο αίμα μας είναι μεγάλη, τότε ειδοποιείται και πάλι ο εγκέφαλος (υποθάλαμος, υπόφυση) και στέλνει χημικό μήνυμα στους νεφρούς για να αρχίσει ο διορθωτικός μηχανισμός: αυτή τη φορά οι νεφροί απορροφούν πολύ νερό από το αίμα, άρα η συγκέντρωση του νερού στο αίμα γίνεται μικρότερη.

ΦΥΛΛΟ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

ΜΑΘΗΜΑ: «Εισαγωγή στην έννοια των βιολογικών συστημάτων»

Όνοματεπώνυμο: Σχολείο:
Τμήμα: Ημερομηνία:

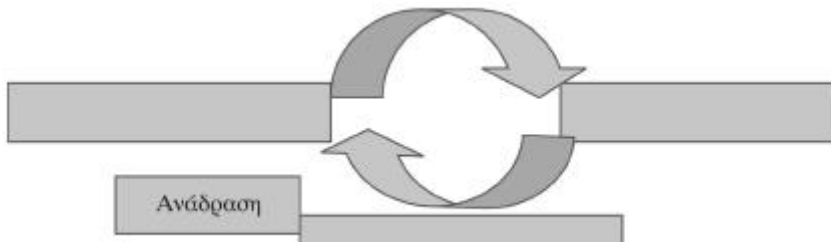
Ας δούμε Τι μάθαμε;

► Θεωρώντας τον οργανισμό μου ως σύστημα, γράφω δύο παραδείγματα αυτορρύθμισης

παραδειγμα αυτορρύθμισης 1^ο:
.....
.....

παραδειγμα αυτορρύθμισης 2^ο:
.....

► Συμπληρώνω το παρακάτω σχήμα ώστε να δείχνω τον διορθωτικό μηχανισμό στην περίπτωση αύξησης του νερού στο αίμα



► Σημειώνω με ✓ τις σωστές απαντήσεις

Όταν η θερμοκρασία του σώματος ανεβαίνει τότε προκαλείται:

- Αύξηση της εφίδρωσης
- Μείωση της εφίδρωσης
- Αύξηση της μεταβολικής δραστηριότητας
- Μείωση της μεταβολικής δραστηριότητας
- Αγγειοδιαστολή
- Αγγειοσυστολή
- Τρέμουλο

Βιβλιογραφία

- Αγγελίδου, Ε. (1996). *Σχηματοποίηση των εννοιών, Μία διδακτική στρατηγική στη διάθεση της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, Εφαρμογή σε διδακτική ενότητα του Νερού, Γ' Τάξη Γυμνασίου*. Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος.
- Agelidou, E., Balafoutas, G. & Gialamas, V. (2001). «Interpreting how third grade junior high school students represent water». *International Journal of Environmental Education & Information*, 20(1), 19 - 36.
- Astolfi, J.-P. & Drouin, A.-L. (1987). Milieu. In *Explorons l' écosystème*. Paris: ASTER No 3., I.N.R.P.
- Astolfi, J.P. et Develay, M. (1989). *La didactique des sciences*. Presses Universitaires de France PUF.
- Βασιλοπούλου, Μ. (1998). *Διερεύνηση και διδακτική αντιμετώπιση των πρότερων αντιλήψεων των μαθητών του Γυμνασίου για τη βιοποικιλότητα*. Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών - Φιλοσοφική Σχολή - Τμήμα Φιλοσοφίας, Παιδαγωγικής και Ψυχολογίας.
- Bigge, M. (1990). *Θεωρίες Μάθησης*. Εκδόσεις Πατάκη.
- Βοσνιάδου, Σ. (1998). *Γνωσιακή Ψυχολογία*. Εκδόσεις Gutenberg.
- Δεκλερής, Μ. (1986). *Συστημική θεωρία*. Εκδόσεις Σάκκουλα.
- Driver, R., Guesne E. & Tiberghien, A. (1985). *Children's ideas in science*. England: Open University Press, Milton Keynes,
- Dupouey, P. (1997). *Épistémologie de la Biologie*. Paris: Éditions Nathan.
- Febvre, M. & Giordan, A. (1990). *Maîtriser l' information scientifique et médicale*. Paris: Delachaux et Niestlé.
- Febvre, M. & Giordan, A. (1991). Schéma organisateur et Environnement. In A. Giordan, J.-L. Martinand & C. Souchon (Eds), *Actes des 13^e Journées Internationales, Ecole et Médias face aux défis de l'Environnement*, Chamonix.

- Gagliardi, R. (1991). Ne respirez plus. In Gagliardi, R., Martinand, J.-L. & Souchon, C. (eds), Concepts majeurs et concepts structurants pour l' éducation à l' environnement in A. Giordan, J.-L. Martinand & C. Souchon (Eds), *Actes des 13^e Journées Internationales, Ecole et Médias face aux défis de l' Environnement*, Chamonix.
- Giolitto, P. (1997). *Environmental Education in the European Union*. Brussels: ECSC-EC-EAEC.
- Giordan, A. & Souchon, C. (1991). Quels utils pour une iducation pour l' environement? In A. Giordan, J.-L. Martinand & C. Souchon (Eds), *Actes des 13^e Journées Internationales, Ecole et Médias face aux défis de l' Environnement*, Chamonix.
- Giordan, A. (1999). *Une didactique pour les sciences expérimentales*. Paris: Belin.
- Γκνγωιωώ, Ζ. (1975). *Κυβερνητική και διαλεκτικός υλισμός*. Εκδόσεις Θεμέλιο.
- Κουλαϊδής, Β. (1994). *Αναπαραστάσεις του Φυσικού κόσμου*. Εκδόσεις Gutenberg.
- La Borderie, R., Paty, J. & Sembel, N. (2000). *Les sciences cognitives en Éducation*. Paris: Nathan.
- Maguer, R., (1980). Le changement dans la conduite de la classe. In *Initiation au monde contemporain*. Paris: INRP.
- Martinand, J.- L. (1986). *Connaître et transformer la matière: des objectifs pour l' initiation aux sciences et techniques*. Berne: Peter Lang.
- Maturana H. & Varela F. (1992). *Το δέντρο της γνώσης*. Εκδόσεις Κάτοπτρο.
- Mayor, F. (1992). *Entre savoirs, l' interdisciplinarité en acte: enjeux, obstacles, résultats*. Publié avec les concours de l' UNESCO. Toulouse: Editions Erès.
- Morin, E. (1990). *Introduction à la pensée complexe*. Paris: ESF éditeur.
- Morin, E. (1999). *La tête bien faite*. Éditions du Seuil.
- Novak, J.D. & Gowin, D.B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press.
- Portela, E. (1992). La reconstitution de la discipline. In *Entre savoirs, l' interdisciplinarité en acte: enjeux, obstacles, résultats*, Publiéavec les concours de l' UNESCO. Toulouse: Editions Erès.
- Rojero, F. (1991). Au delà de l' éducation à l' environnement. In Giordan, A., Martinand, J.-L. et Souchon, C. (Eds), *Actes des 13^e Journées Internationales, Ecole et Médias face aux défis de l' Environnement*, Chamonix.
- Rumelhart, D. E. & Norman, D. A. (1981). Analogical proesseses in learning. In J.R. Anderson (Ed), *Cognitive Skills and their Acquisition*. New York: Lawrence Erlbaum Associates.
- Solomonidou, Chr. (1991). Comment se représenter les substances et leurs interactions? Etude chez de jeunes élèves du collège. Thèse de doctorat, U.F.R. Didactique des disciplines, Université Paris 7.
- Stewart, J., Van Kirk, J. & Rowell, R. (1979). Concept maps: A tool for use in biology teaching. *The American Biology Teacher*, 41 (3), 171-175.
- Varela, F. (1996). *Invitation aux sciences cognitives*. Éditions du Seuil.
- Wolf, P. & Brandt, R. (1998). What do we know from brain research? *Educational Leadership*, 56 (3), 8-13.