



Co-funded by
the European Union

Erasmus+
Enriching lives, opening minds.



Το πρόγραμμα EcoMystery:

Διαδραστικά δωμάτια απόδρασης για την ευαισθητοποίηση
σχετικά με την κλιματική κρίση και την ενεργό συμμετοχή των
πολιτών στη σχολική εκπαίδευση

WP3

Εργασίες μαθήματος «Αποδράστε από την κλιματική κρίση»
Ενότητα 3: Πειράματα κλιματικής επιστήμης

Εταίροι του έργου



UNIVERZITA
KOMENSKÉHO
V BRATISLAVE

 **Bluechain**



ecomystery.eu



[EcoMystery](https://www.facebook.com/EcoMystery)



[@ecomystery](https://www.instagram.com/ecomystery)



Co-funded by
the European Union

Erasmus+
Enriching lives, opening minds.

AGENZIA NAZIONALE
ERASMUS+ **INDIRE**

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Το πρόγραμμα EcoMystery: Διαδραστικά δωμάτια απόδρασης για την ευαισθητοποίηση σχετικά με την κλιματική κρίση και την ενεργό συμμετοχή των πολιτών στη σχολική εκπαίδευση

(2024-1-IT02-KA220-SCH-000248873)

Χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Ωστόσο, οι απόψεις και οι γνώμες που εκφράζονται είναι αποκλειστικά των συγγραφέων και δεν αντανακλούν απαραίτητα αυτές της Ευρωπαϊκής Ένωσης ή του Εθνικού Οργανισμού Erasmus+ INDIRE. Ούτε η Ευρωπαϊκή Ένωση ούτε ο διαχειριστικός φορέας μπορούν να θεωρηθούν υπεύθυνοι για αυτές.

Άδεια Creative Commons



CC BY-NC 4.0

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International

Η παρούσα άδεια απαιτεί από τους επαναχρησιμοποιούντες να αναφέρουν τον δημιουργό. Επιτρέπει στους επαναχρησιμοποιούντες να διανέμουν, να αναδιαμορφώνουν, να προσαρμόζουν και να αξιοποιούν το υλικό σε οποιοδήποτε μέσο ή μορφή, αποκλειστικά για μη εμπορικούς σκοπούς.



Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Πίνακας περιεχομένων

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας.....	4
Εισαγωγή.....	4
Μαθησιακοί Στόχοι.....	6
Απαιτούμενος χρόνος.....	7
Υποενότητα 1 – Μέτρηση θερμοκρασίας, χαρτογράφηση θερμοκρασίας.....	8
Θερμική διαστολή.....	10
Η επίδραση της θερμοκρασίας στην ηλεκτρική αντίσταση.....	13
Πώς να μετρήσετε σωστά τη θερμοκρασία του αέρα.....	14
Μέτρηση θερμοκρασίας χωρίς επαφή.....	16
Υποενότητα 2 - Ενεργειακή ισορροπία της Γης.....	17
Αλβέδο.....	18
Το φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	19
Υποενότητα 3 - Οξίνιση των ωκεανών.....	22
Οξίνιση του νερού.....	22
Τι αντιπροσωπεύει το pH.....	23
Μέτρηση του pH.....	24
Υποενότητα 4 - Τήξη πάγου.....	26
Συμβολή στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας.....	26
Αρχή του Αρχιμήδη.....	27
Συνέπειες για τη στάθμη της θάλασσας.....	27
Η επίδραση των παγετώνων στην αλατότητα του θαλασσινού νερού.....	28
Η επίδραση της τήξης των παγετώνων στα ωκεάνια ρεύματα.....	29
Δραστηριότητες στην τάξη.....	31



Co-funded by
the European Union

Erasmus+
Enriching lives, opening minds.

AGENZIA NAZIONALE
ERASMUS+ INDIRE

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Δραστηριότητα 1 – Θερμική διαστολή: Διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο η θερμοκρασία επηρεάζει τον όγκο του νερού.....	31
Δραστηριότητα 2 – Αλμπέδο: Διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο διαφορετικές επιφάνειες αντανακλούν (και απορροφούν) την ηλιακή ακτινοβολία.....	41
Δραστηριότητα 3 - Το φαινόμενο του θερμοκηπίου: Διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο η ατμόσφαιρα επηρεάζει τη θερμοκρασία της Γης.....	51
Δραστηριότητα 4 - Οξίνιση του νερού: Διερεύνηση του τρόπου διάλυσης του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό και των επιπτώσεών του στα κελύφη ανθρακικού ασβεστίου των θαλάσσιων οργανισμών.....	62
Δραστηριότητα 5 - Χάρτης θερμοκρασίας των περιχώρων του σχολείου / της πόλης.....	72
Δραστηριότητα 6 - Τήξη των παγετώνων.....	84
Παραπομπές.....	100

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Εισαγωγή

Τα πειράματα είναι εξαιρετικά σημαντικά στην εκπαίδευση για την κλιματική αλλαγή για μαθητές πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, καθώς μετατρέπουν αφηρημένες, πολύπλοκες επιστημονικές έννοιες σε απτές, κατανοητές και ελκυστικές μαθησιακές εμπειρίες.

Τα πειράματα εμπλέκουν τους μαθητές στις επιστημονικές πρακτικές – οι μαθητές μαθαίνουν να **διατυπώνουν υποθέσεις, να συλλέγουν και να αναλύουν δεδομένα** (π.χ. μέτρηση θερμοκρασίας) και να **εξάγουν συμπεράσματα βασισμένα σε αποδεικτικά στοιχεία**. Η ανάπτυξη δεξιοτήτων επιστημονικής μεθοδολογίας τους βοηθά αργότερα να **αξιολογούν πολύπλοκες πληροφορίες και να διακρίνουν μεταξύ επιστημονικών γεγονότων και παραπληροφόρησης σχετικά με την κλιματική αλλαγή**.

Ένα ευρύτερο πλαίσιο για την κατανόηση της σημασίας των πειραμάτων και της χρήσης τους στην εκπαίδευση παρέχεται από την προσέγγιση της Επιστημονικής Εκπαίδευσης με Βάση την Έρευνα (IBSE). Η IBSE ορίζεται ως μια διδακτική διαδικασία που περιλαμβάνει την εξερεύνηση του κόσμου και οδηγεί στο να θέτουμε ερωτήματα, να κάνουμε ανακαλύψεις, να ελέγχουμε αυστηρά τις ανακαλύψεις και να αναζητούμε νέα κατανόηση. Θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στη διαδικασία της πραγματικής επιστήμης. (Main, 2026) .

Η διαδικασία της έρευνας πρέπει να ξεκινά και να διεγείρεται από την εγγενή περιέργεια, το θαυμασμό και το ενδιαφέρον για την κατανόηση του παρατηρούμενου ή την επίλυση ενός προβλήματος. Ξεκινά όταν ένας μαθητής παρατηρεί κάτι εντυπωσιακό, εκπληκτικό ή καινούργιο που δεν βγάζει νόημα σε σχέση με τις προηγούμενες εμπειρίες του ή την τρέχουσα κατανόησή του. Συνεχίζεται με την παρατήρηση, τη διατύπωση ερωτήσεων, τη διατύπωση προβλέψεων, την επαλήθευση υποθέσεων και την ανάπτυξη θεωριών και

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

εννοιολογικών μοντέλων. Η κατανόηση των εμπειριών που αποκτώνται απαιτεί αναστοχασμό, τη διεξαγωγή συνεντεύξεων, τη σύγκριση των δικών μας αποτελεσμάτων με αυτά των άλλων, την ερμηνεία δεδομένων και την εφαρμογή νεοαναπτυγμένων εννοιών σε άλλα πλαίσια. Η επιστημονική εκπαίδευση με βάση την έρευνα ενισχύει την επιστημονική παιδεία και χτίζει εμπιστοσύνη στην επιστήμη.

Η έρευνα και ο πειραματισμός επιτρέπουν μια πιο βιωματική εμπειρία, οδηγούν τους μαθητές πέρα από τη μηχανική απομνημόνευση προς μια βαθύτερη εννοιολογική κατανόηση, αναπτύσσουν την κριτική σκέψη και την προσωπική εμπλοκή. Ταυτόχρονα, προωθούν την ομαδική εργασία, η οποία ενισχύει τις δεξιότητες συνεργασίας και επικοινωνίας, καθώς οι μαθητές συνεργάζονται για να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα και να συζητήσουν τις επιπτώσεις.

Αν και η κλιματική αλλαγή περιλαμβάνει πολύπλοκες παγκόσμιες διεργασίες, οι βασικές έννοιες μπορούν να καταδειχθούν χρησιμοποιώντας απλά μοντέλα καθώς και μετρήσεις εκτός σχολείου:

- Οι παρατηρήσεις και οι μετρήσεις σε πραγματικά περιβάλλοντα που είναι οικεία και σχετικά με τους μαθητές, όπως η δημιουργία ενός τοπικού χάρτη θερμοκρασίας, καταδεικνύουν ότι η κλιματική αλλαγή συμβαίνει εδώ και τώρα και επηρεάζει όλους μας. Αυτές οι δραστηριότητες στοχεύουν να δείξουν ότι οι αποφάσεις που λαμβάνουμε στην καθημερινή μας ζωή έχουν επίσης σημασία.
- Τα οπτικά μοντέλα, όπως η σύγκριση των μεταβολών της στάθμης του νερού που προκαλούνται από την τήξη των χερσαίων και θαλάσσιων πάγων, καταδεικνύουν άμεσα τις πραγματικές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής, βοηθώντας παράλληλα τους μαθητές να κατανοήσουν τις υποκείμενες επιστημονικές έννοιες.

Η εστίαση των δραστηριοτήτων στις λύσεις ενδυναμώνει τους μαθητές, δίνοντάς τους μια αίσθηση ενεργού συμμετοχής – την πεποίθηση ότι οι ενέργειές τους

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

μπορούν να κάνουν τη διαφορά, αντί να αισθάνονται απλώς συγκλονισμένοι ή αγχωμένοι από την κλίμακα του προβλήματος.

Μαθησιακοί Στόχοι

Ο πειραματισμός προάγει την ανάπτυξη όλων των βασικών δεξιοτήτων του 21ου αιώνα (Kennedy et al., 2020). Κατά τη φάση σχεδιασμού ενός πειράματος, οι μαθητές αναπτύσσουν κυρίως πρωτοβουλία, δημιουργικότητα και κριτική σκέψη. Η διεξαγωγή πειραμάτων σε συνεργασία προάγει την ομαδική εργασία, την επικοινωνία, την ηγεσία και την προσαρμοστικότητα. Η συλλογή, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων ενισχύει κυρίως την ψηφιακή και πληροφοριακή παιδεία, την κριτική σκέψη και την παραγωγικότητα. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων υποστηρίζει περαιτέρω την ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων, δημιουργικότητας, επικοινωνίας και παιδείας στα μέσα ενημέρωσης.

Ο στόχος της εκπαίδευσης για την κλιματική αλλαγή εκτείνεται πέρα από την ανάπτυξη της εννοιολογικής κατανόησης επιλεγμένων εννοιών και φαινομένων. Οι δραστηριότητες που προτείνονται σε αυτή την ενότητα έχουν επίσης σχεδιαστεί για να καλλιεργήσουν την κατανόηση των μαθητών σχετικά με τη φύση της επιστήμης, να αναπτύξουν τις δεξιότητες που απαιτούνται για τη συμμετοχή στην επιστημονική έρευνα και να προωθήσουν ενημερωμένες στάσεις απέναντι στην επιστήμη (Harlen, 2015).

Αν και η ενότητα αυτή μπορεί να εφαρμοστεί ως ολοκληρωμένη ενότητα, έχει σχεδιαστεί ώστε να παρέχει στους εκπαιδευτικούς την ευελιξία να χρησιμοποιούν μόνο επιλεγμένες δραστηριότητες στη διδασκαλία τους. Ως εκ τούτου, παρέχονται συγκεκριμένοι μαθησιακοί στόχοι για κάθε δραστηριότητα ξεχωριστά. Οι στόχοι αυτοί μπορούν επίσης να προσαρμοστούν ώστε να αντανakλούν τα χαρακτηριστικά της ομάδας-στόχου, συμπεριλαμβανομένων των προγενέστερων γνώσεων των μαθητών και της προηγούμενης εμπειρίας τους με την IBSE.



Co-funded by
the European Union

Erasmus+
Enriching lives, opening minds.

AGENZIA NAZIONALE
ERASMUS+ **INDIRE**

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Απαιτούμενος χρόνος

Αυτή η ενότητα έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως συνεκτική ενότητα είτε να υλοποιηθεί σταδιακά μέσω μεμονωμένων δραστηριοτήτων. Οι προτεινόμενες δραστηριότητες αποσκοπούν στο να συμπληρώσουν και να εμβαθύνουν την κατανόηση των μαθητών σχετικά με τις έννοιες που εισήχθησαν στην Ενότητα 1 – Γιατί βρίσκεται το κλίμα μας σε κρίση; και στην Ενότητα 2 – Πώς θα αλλάξει το κλίμα; Ως εκ τούτου, η εκτιμώμενη διάρκεια παρέχεται στην αρχή κάθε δραστηριότητας.

Γενικά, οι δραστηριότητες έχουν σχεδιαστεί έτσι ώστε η βασική τους εκδοχή να μπορεί να ολοκληρωθεί μέσα σε ένα μάθημα διάρκειας 45 λεπτών. Εάν ένας εκπαιδευτικός επιλέξει να υλοποιήσει μια δραστηριότητα ως επιτόπια έρευνα, θα πρέπει να διατεθεί επιπλέον χρόνος για τη μετακίνηση προς τον τόπο μέτρησης και την επιστροφή στην τάξη.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Υποενότητα 1 – Μέτρηση θερμοκρασίας, χαρτογράφηση θερμοκρασίας

Η παρακολούθηση της κλιματικής αλλαγής περιλαμβάνει τη μέτρηση όχι μόνο της θερμοκρασίας του αέρα, αλλά και της θερμοκρασίας των ωκεανών και των θαλασσών. Η μέτρηση της θερμοκρασίας στις ίδιες τοποθεσίες για πολλά χρόνια καθιστά δυνατή την παρατήρηση των αλλαγών στο κλίμα της Γης. Με αυτόν τον τρόπο, οι επιστήμονες μπορούν να προσδιορίσουν εάν η μέση θερμοκρασία αυξάνεται ή μειώνεται.

Επιπλέον, οι πληροφορίες σχετικά με τη θερμοκρασία του αέρα μας βοηθούν να κατανοήσουμε και να προβλέψουμε τον καιρό, να προστατεύσουμε την ανθρώπινη υγεία, να προγραμματίσουμε δραστηριότητες και να παρακολουθούμε τις αλλαγές στο φυσικό περιβάλλον:

1. Πρόγνωση καιρού – Οι μετεωρολόγοι μετρούν τη θερμοκρασία σε συμφωνημένες χρονικές στιγμές σε πολλές τοποθεσίες ανά τον κόσμο. Τα δεδομένα που συλλέγονται χρησιμοποιούνται για την παρακολούθηση των αλλαγών στα καιρικά φαινόμενα και της κίνησης των θερμών και ψυχρών μαζών αέρα. Αυτές οι μετρήσεις βοηθούν τους μετεωρολόγους να προβλέπουν τις καιρικές συνθήκες και να εκδίδουν προειδοποιήσεις για ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως καύσωνες και έντονες παγωνιές.
2. Προστασία της υγείας – Οι ακραίες θερμοκρασίες μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία. Οι υψηλές θερμοκρασίες μπορεί να οδηγήσουν σε υπερθέρμανση ή θερμοπληξία, ενώ οι χαμηλές θερμοκρασίες μπορεί να προκαλέσουν υποθερμία. Οι μετρήσεις της θερμοκρασίας επιτρέπουν στις αρχές να εκδίδουν προειδοποιήσεις για επικίνδυνες καιρικές συνθήκες, δίνοντας τη δυνατότητα στους ανθρώπους να προσαρμόσουν τις προγραμματισμένες δραστηριότητές τους και να μειώσουν τους πιθανούς κινδύνους.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

3. Γεωργία – Οι θερμοκρασίες του αέρα και του εδάφους επηρεάζουν τη βλάστηση των σπόρων και την ανάπτυξη των καλλιεργειών. Όταν οι μετεωρολόγοι εκδίδουν προειδοποιήσεις για παγετούς την άνοιξη, οι αγρότες μπορούν να λάβουν μέτρα για την προστασία των καλλιεργειών. Για παράδειγμα, τα ανθισμένα οπωροφόρα δέντρα μπορούν να προστατευθούν από τον παγετό με την παραγωγή καπνού, τον ψεκασμό με υδρονέφωση ή την άρδευση με ψεκαστήρες.
4. Μεταφορές – Σε χαμηλές θερμοκρασίες, μπορεί να σχηματιστεί παγετός και πάγος τόσο στους δρόμους όσο και στις επιφάνειες των αεροσκαφών. Επομένως, είναι απαραίτητο να λαμβάνονται εκ των προτέρων τεχνικά μέτρα για τη μείωση ή την εξάλειψη του κινδύνου παγοποίησης. Οι υψηλές θερμοκρασίες μπορούν επίσης να προκαλέσουν προβλήματα, ιδίως στις σιδηροδρομικές μεταφορές, όπου οι σιδηροτροχιές ενδέχεται να διασταλούν και να παραμορφωθούν, οδηγώντας ενδεχομένως σε εκτροχιασμούς τρένων.

Όταν μετράμε τη θερμοκρασία, στην πραγματικότητα παρατηρούμε την επίδραση της θερμοκρασίας σε μια συγκεκριμένη φυσική ιδιότητα.

Ένα θερμόμετρο δεν μετρά απευθείας τη θερμοκρασία. Αντ' αυτού, μετρά μια μεταβολή σε μια φυσική ιδιότητα που εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Για παράδειγμα, ένα θερμόμετρο με υγρό σε γυάλινο σωλήνα χρησιμοποιεί την εξάρτηση του όγκου ενός υγρού από τη θερμοκρασία, ένα ψηφιακό θερμόμετρο μπορεί να χρησιμοποιεί την εξάρτηση της ηλεκτρικής αντίστασης ενός αισθητήρα από τη θερμοκρασία, ενώ ένα αναλογικό θερμόμετρο με κλίμακα μπορεί να χρησιμοποιεί τις μεταβολές στο μήκος και την καμπυλότητα μιας διμεταλλικής λωρίδας.

Προτού ένα θερμόμετρο μπορέσει να δώσει ακριβή ένδειξη, πρέπει είτε να απορροφήσει θερμική ενέργεια από το περιβάλλον του και να θερμανθεί είτε να μεταφέρει ενέργεια στο περιβάλλον του και να κρυώσει. Για να μετρηθεί σωστά η θερμοκρασία, είναι επομένως απαραίτητο να περιμένουμε έως ότου επιτευχθεί

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Θερμική ισορροπία, δηλαδή έως ότου το θερμόμετρο φτάσει στην ίδια θερμοκρασία με το περιβάλλον του. Αυτό υποδηλώνεται από τη σταθεροποίηση της ένδειξης του θερμομέτρου.

Θερμική διαστολή

Η θερμική διαστολή είναι ένα φαινόμενο κατά το οποίο ο όγκος ή οι διαστάσεις ενός αντικειμένου μεταβάλλονται λόγω αλλαγής της θερμοκρασίας. Όταν θερμαίνονται, οι περισσότερες ουσίες διαστέλλονται, δηλαδή ο όγκος τους αυξάνεται. Αντίθετα, όταν ψύχονται, οι περισσότερες ουσίες συστέλλονται και ο όγκος τους μειώνεται. Αυτή η συμπεριφορά είναι συνέπεια της σωματιδιακής δομής της ύλης. Όλη η ύλη αποτελείται από πολύ μικρά σωματίδια – άτομα ή μόρια. Αυτά τα σωματίδια βρίσκονται σε συνεχή κίνηση. Στα στερεά, δονούνται γύρω από τις θέσεις ισορροπίας τους, ενώ στα υγρά κινούνται το ένα σε σχέση με το άλλο και μπορούν να μετακινηθούν σε ολόκληρο τον όγκο του υγρού, καθώς δεν είναι σταθερά στη θέση τους.

Καθώς μια ουσία θερμαίνεται, τα σωματίδιά της αποκτούν κινητική ενέργεια και κινούνται ταχύτερα. Στα στερεά, το πλάτος της δονητικής κίνησης των σωματιδίων αυξάνεται, ενώ στα υγρά τα σωματίδια μπορούν να υπερνικήσουν ευκολότερα τις ελκτικές δυνάμεις που δρουν μεταξύ τους. Ως αποτέλεσμα, η μέση απόσταση μεταξύ των σωματιδίων αυξάνεται, προκαλώντας τη διαστολή των περισσότερων ουσιών καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία. (Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τα ίδια τα άτομα δεν γίνονται μεγαλύτερα.)

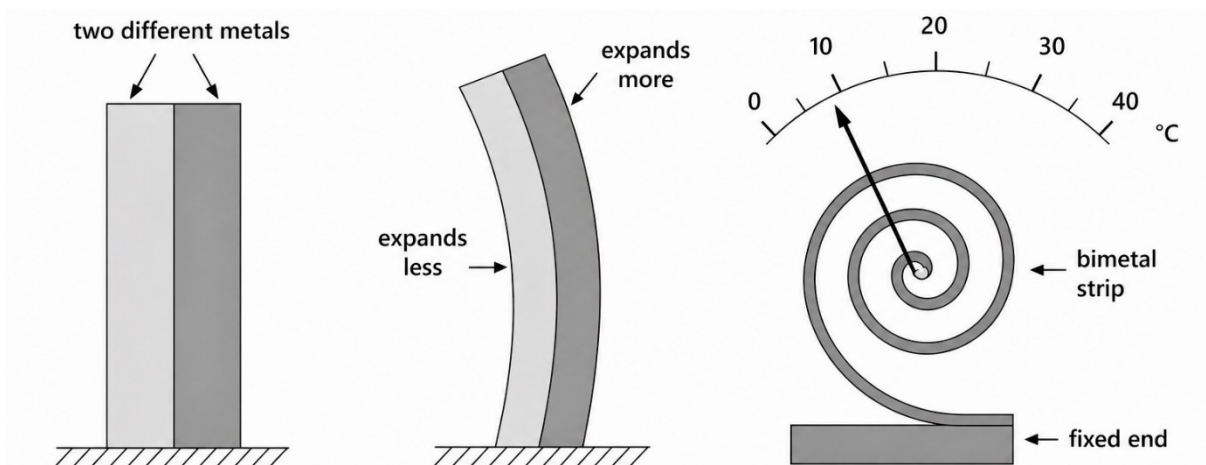
Τα στερεά υλικά επίσης αλλάζουν τον όγκο τους όταν αλλάζει η θερμοκρασία. Για αντικείμενα με κατάλληλο σχήμα (π.χ. ένα λεπτό σύρμα, μια λωρίδα ή μια σιδηροδρομική ράγα), αυτή η μεταβολή του όγκου παρατηρείται ως μεταβολή του μήκους.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Εξερευνήστε το θέμα πιο βαθιά!

Η σχέση δίνεται από τον τύπο: , όπου είναι το τελικό μήκος της λωρίδας, είναι το αρχικό της μήκος, είναι ο συντελεστής γραμμικής θερμικής διαστολής (μια ιδιότητα του υλικού) και είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας, δηλαδή η διαφορά μεταξύ της τελικής θερμοκρασίας (t) και της αρχικής θερμοκρασίας (t_0) της μεταλλικής λωρίδας.

Εάν η λωρίδα αποτελείται από δύο διαφορετικά μέταλλα με διαφορετικούς συντελεστές γραμμικής θερμικής διαστολής (δηλαδή, μια διμεταλλική λωρίδα), κάθε μέταλλο διαστέλλεται κατά διαφορετικό ποσό όταν αλλάζει η θερμοκρασία. Ως αποτέλεσμα, η λωρίδα κάμπτεται, και αυτή η κάμψη μπορεί να παρατηρηθεί μέσω της κίνησης ενός δείκτη.



ΣΧΗΜΑ 1. ΑΡΧΗ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΔΙΜΕΤΑΛΛΙΚΗΣ ΛΩΡΙΔΑΣ

Ένα θερμόμετρο τύπου «υγρό σε γυαλί» περιέχει ένα λεπτό σωλήνα γεμάτο με υγρό. Όταν το υγρό θερμαίνεται, ο όγκος του αυξάνεται και η στάθμη του υγρού στο σωλήνα ανεβαίνει. Το μέγεθος της μεταβολής του όγκου εξαρτάται από τον τύπο

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

του υγρού (συγκεκριμένα, από τον συντελεστή ογκομετρικής θερμικής διαστολής του) και από τη μεταβολή της θερμοκρασίας.

Εξερευνήστε το θέμα πιο βαθιά!

Η σχέση δίνεται από τον τύπο , όπου είναι ο τελικός όγκος του υγρού, είναι ο αρχικός όγκος, είναι ο συντελεστής ογκομετρικής θερμικής διαστολής (μια ιδιότητα του υλικού) και είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας, δηλαδή η διαφορά μεταξύ της τελικής και της αρχικής θερμοκρασίας του υγρού.

Ο υδράργυρος και το αλκοόλ διαστέλλονται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία τους. Γενικά, το νερό επίσης διαστέλλεται όταν θερμαίνεται. Ωστόσο, παρατηρείται μια εξαίρεση όταν το νερό θερμαίνεται μεταξύ 0 °C και 4 °C, κατά τη διάρκεια της οποίας ο όγκος του μειώνεται. Αυτό το φαινόμενο είναι γνωστό ως ανώμαλη διαστολή του νερού και σχετίζεται με τους δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού. Στον πάγο (στερεό νερό), αυτοί οι δεσμοί σχηματίζουν μια ανοιχτή κρυσταλλική δομή με σχετικά μεγάλους χώρους μεταξύ των μορίων. Ως αποτέλεσμα, ο πάγος έχει χαμηλότερη πυκνότητα από το υγρό νερό. Όταν το νερό θερμαίνεται από 0 °C έως 4 °C, επικρατεί η διάσπαση αυτής της ανοιχτής δομής, μειώνοντας την απόσταση μεταξύ των μορίων του νερού και προκαλώντας τη μείωση του όγκου μιας δεδομένης ποσότητας νερού. Πάνω από τους 4 °C, η αυξανόμενη κινητική ενέργεια των μορίων γίνεται ο κυρίαρχος παράγοντας, αυξάνοντας την απόσταση μεταξύ τους και προκαλώντας τη διαστολή του νερού. Κατά συνέπεια, το νερό φτάνει στη μέγιστη πυκνότητά του περίπου στους 4 °C, μια ιδιότητα που επιτρέπει στους υδρόβιους οργανισμούς να επιβιώνουν κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ενώ ο πάγος παραμένει λιγότερο πυκνός από το υγρό νερό και, ως εκ τούτου, επιπλέει στην επιφάνειά του.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Μία από τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής και της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας των ωκεανών είναι η αύξηση του όγκου του θαλασσινού νερού λόγω της θερμικής διαστολής.

Η επίδραση της θερμοκρασίας στην ηλεκτρική αντίσταση

Τα περισσότερα ψηφιακά θερμόμετρα αξιοποιούν την εξάρτηση της ηλεκτρικής αντίστασης ενός ηλεκτρονικού εξαρτήματος από τη θερμοκρασία. Η ηλεκτρική αντίσταση είναι μια φυσική ποσότητα που περιγράφει το πόσο έντονα ένα ηλεκτρικό εξάρτημα αντιτίθεται στη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος. Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση, τόσο μικρότερο είναι το ηλεκτρικό ρεύμα που διέρχεται από το εξάρτημα για μια δεδομένη τάση.

Στα μέταλλα, η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί αύξηση τόσο της ταχύτητας όσο και του πλάτους της κίνησης των ατόμων του μετάλλου γύρω από τις θέσεις ισορροπίας τους. Κατά συνέπεια, η ηλεκτρική αντίσταση των μεταλλικών εξαρτημάτων αυξάνεται καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία.

Εξερευνήστε το θέμα πιο βαθιά!

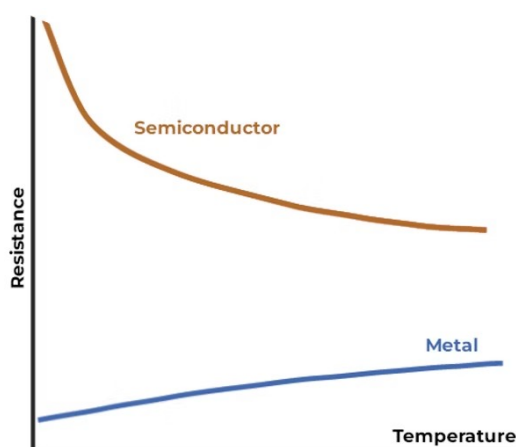
Η σχέση μπορεί να εκφραστεί ως , όπου είναι η τελική αντίσταση του μεταλλικού εξαρτήματος, είναι η αρχική του αντίσταση, είναι ο θερμοκρασιακός συντελεστής αντίστασης και είναι η μεταβολή της θερμοκρασίας, δηλαδή η διαφορά μεταξύ της τελικής και της αρχικής θερμοκρασίας του εξαρτήματος.

Στους ημιαγωγούς, η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί την απόκτηση επαρκούς ενέργειας από ορισμένα ηλεκτρόνια, ώστε να απελευθερωθούν από τους δεσμούς μεταξύ των ατόμων. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

ελεύθερων φορέων φορτίου και, κατά συνέπεια, τη μείωση της ηλεκτρικής αντίστασης του ημιαγωγικού εξαρτήματος.

Επομένως, η θερμοκρασία επηρεάζει την ηλεκτρική αντίσταση των μετάλλων και των ημιαγωγών με θεμελιωδώς διαφορετικούς τρόπους.



Πώς να μετρήσετε σωστά τη θερμοκρασία του αέρα

Εάν ένα θερμόμετρο που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα εκτεθεί σε άμεσο ηλιακό φως, η ηλιακή ακτινοβολία θα θερμάνει το ίδιο το θερμόμετρο, με αποτέλεσμα να εμφανίζει υψηλότερη θερμοκρασία από την πραγματική θερμοκρασία του αέρα. Αυτό συμβαίνει επειδή ο Ήλιος θερμαίνει κυρίως την επιφάνεια της Γης (και άλλα στερεά υλικά), ενώ ο αέρας θερμαίνεται στη συνέχεια μέσω αγωγής, μεταφοράς και υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια. Η άμεση θέρμανση του αέρα από την ηλιακή ακτινοβολία είναι σχετικά μικρή. Ομοίως, οι μετρήσεις της θερμοκρασίας του αέρα μπορεί να παραμορφωθούν αν ληφθούν κοντά στον τοίχο ενός κτιρίου, πάνω από ασφαλτό ή στέγες, ή κοντά σε καλοριφέρ ή άλλη πηγή θερμότητας.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Συμβουλή για τη διδασκαλία!

Αν θέλουμε να συγκρίνουμε θερμοκρασίες αέρα που έχουν μετρηθεί σε διαφορετικές τοποθεσίες σε όλο τον κόσμο, είναι σημαντικό οι μετρήσεις να γίνονται υπό τις ίδιες συνθήκες. Γι' αυτό οι μετεωρολόγοι έχουν θεσπίσει τις ακόλουθες οδηγίες για ακριβείς μετρήσεις της θερμοκρασίας του αέρα:

- το θερμόμετρο πρέπει να τοποθετείται στη σκιά,
- το θερμόμετρο πρέπει να τοποθετείται περίπου 2 μέτρα πάνω από το έδαφος,
- το θερμόμετρο πρέπει να βρίσκεται πάνω από γρασίδι και όχι πάνω από σκυρόδεμα ή ασφαλτό,
- ο αέρας πρέπει να μπορεί να κυκλοφορεί ελεύθερα γύρω από το θερμόμετρο.

Στους μετεωρολογικούς σταθμούς, τα θερμόμετρα τοποθετούνται μέσα σε ένα βαμμένο λευκό περίβλημα, προκειμένου να αποφεύγεται η άμεση θέρμανση από την ηλιακή ακτινοβολία. Τα τοιχώματα του περιβλήματος αποτελούνται από λεπτές ράγες που επιτρέπουν την κυκλοφορία του αέρα, ενώ ταυτόχρονα προστατεύουν το θερμόμετρο από το άμεσο ηλιακό φως (MetLink, χ.χ.) .

Όταν ένα θερμόμετρο μεταφέρεται σε ένα σημείο μέτρησης, ενδέχεται αρχικά να έχει διαφορετική θερμοκρασία από τον περιβάλλοντα αέρα, του οποίου η θερμοκρασία πρόκειται να μετρηθεί. Γίνεται ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ του αέρα και του θερμομέτρου έως ότου επιτευχθεί θερμική ισορροπία. Αυτή η διαδικασία μπορεί να διαρκέσει αρκετά λεπτά. Μόλις η ένδειξη του θερμομέτρου σταθεροποιηθεί, η θερμοκρασία μπορεί να διαβαστεί και να καταγραφεί.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Μέτρηση θερμοκρασίας χωρίς επαφή

Η θερμοκρασία ενός αντικειμένου μπορεί επίσης να μετρηθεί χωρίς άμεση επαφή. Ένα θερμόμετρο υπέρυθρων (ακτινοβολίας) προσδιορίζει τη θερμοκρασία από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια του αντικειμένου. Καθώς η θερμοκρασία ενός αντικειμένου αυξάνεται, το μήκος κύματος στο οποίο εκπέμπει τη μεγαλύτερη ποσότητα ακτινοβολίας γίνεται μικρότερο. Το θερμόμετρο ανιχνεύει αυτή την ακτινοβολία, τη μετατρέπει σε ηλεκτρικό σήμα και τα ηλεκτρονικά του συστήματα υπολογίζουν τη θερμοκρασία του αντικειμένου.

Σε αντίθεση με τα θερμόμετρα επαφής, τα θερμόμετρα υπέρυθρης ακτινοβολίας δεν χρειάζεται να φτάσουν σε θερμική ισορροπία με το αντικείμενο που μετράται. Κατά συνέπεια, οι μετρήσεις θερμοκρασίας μπορούν να ληφθούν πολύ πιο γρήγορα.

Το λογισμικό ενός θερμομέτρου υπέρυθρης ακτινοβολίας υποθέτει ότι το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας που ανιχνεύεται από τον αισθητήρα προέρχεται από το μετρούμενο αντικείμενο. Αυτή η υπόθεση ισχύει για επιφάνειες με υψηλή εκπομπικότητα, όπως το ξύλο, το χαρτί, το δέρμα ή οι ματ μαύρες επιφάνειες, οι οποίες εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία αποτελεσματικά. Αντίθετα, τα γυαλιστερά μέταλλα συμπεριφέρονται παρόμοια με τους καθρέφτες στο ορατό φως – αντανακλούν ένα μεγάλο ποσοστό της θερμικής ακτινοβολίας που προσπίπτει πάνω τους από το περιβάλλον τους. Ως αποτέλεσμα, το θερμόμετρο ανιχνεύει όχι μόνο την ακτινοβολία που εκπέμπεται από το ίδιο το μέταλλο, αλλά και την ακτινοβολία που ανακλάται από κοντινά αντικείμενα. Εάν η μεταλλική επιφάνεια είναι πολύ γυαλισμένη, η δική της θερμική εκπομπή είναι σχετικά χαμηλή και το μεγαλύτερο μέρος της ανιχνευόμενης ακτινοβολίας προέρχεται από το περιβάλλον. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε ψευδώς υψηλές ενδείξεις θερμοκρασίας εάν το μέταλλο ανακλά ακτινοβολία από ένα ζεστό θερμαντικό σώμα, ή σε ψευδώς χαμηλές ενδείξεις εάν ανακλά την ασθενή θερμική ακτινοβολία από ένα κρύο παράθυρο. Αντίθετα, μια σκούρα, ματ επιφάνεια έχει υψηλή εκπομπικότητα και

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

ανακλά μόνο ένα μικρό ποσοστό της θερμικής ακτινοβολίας του περιβάλλοντος, με αποτέλεσμα πιο ακριβείς μετρήσεις θερμοκρασίας (FLIR, 2021) .

Τα θερμόμετρα υπέρυθρων μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τη διερεύνηση της επίδρασης διαφορετικών υλικών επιφάνειας (π.χ. άσφαλτος και γρασίδι) στη θερμοκρασία. Τέτοιες μετρήσεις βοηθούν τους μαθητές να κατανοήσουν τον σχηματισμό του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας.

Υποενότητα 2 - Ενεργειακή ισορροπία της Γης

Η ενεργειακή ισορροπία της Γης αναφέρεται στη σύγκριση μεταξύ της ενέργειας που λαμβάνει η Γη και της ενέργειας που εκπέμπει πίσω στο διάστημα. Για να παραμείνει η Γη σε ισορροπία, η μέση ποσότητα ενέργειας που εισέρχεται στο σύστημα της Γης μέσω της ανώτερης ατμόσφαιρας πρέπει να ισούται με τη μέση ποσότητα ενέργειας που διαφεύγει μέσω της ανώτερης ατμόσφαιρας προς το διάστημα.

Από την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία που φτάνει στη Γη, ένα μέρος (περίπου 30%) ανακλάται στο διάστημα, κυρίως από σύννεφα, χιόνι, πάγο και φωτεινές επιφάνειες. Η ποσότητα που περιγράφει αυτό το φαινόμενο ονομάζεται αλβέδο (ανακλαστικότητα). Ένα μικρότερο τμήμα της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας (περίπου 20%) απορροφάται από την ατμόσφαιρα, ενώ περίπου το ήμισυ αυτής (σχεδόν 50%) φτάνει στην επιφάνεια της Γης, όπου απορροφάται και προκαλεί τη θέρμανση της επιφάνειας (Lindsay, 2009) .

Όπως κάθε θερμό αντικείμενο, η επιφάνεια της Γης εκπέμπει ενέργεια αφού θερμανθεί. Ωστόσο, η ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον Ήλιο και εκείνη που εκπέμπεται από την επιφάνεια της Γης διαφέρουν ως προς τα χαρακτηριστικά τους, ιδίως ως προς τα μήκη κύματός τους. Η ακτινοβολία που εκπέμπεται από την επιφάνεια της Γης έχει μεγαλύτερο μήκος κύματος και βρίσκεται στην περιοχή των υπέρυθρων του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Σε σύγκριση με την ακτινοβολία

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

μικρού μήκους κύματος του Ήλιου, αυτή η υπέρυθρη ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος απορροφάται σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό από τα αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Η θερμαινόμενη ατμόσφαιρα στη συνέχεια εκπέμπει εκ νέου ενέργεια προς όλες τις κατευθύνσεις, συμπεριλαμβανομένου ενός σημαντικού μέρους προς την επιφάνεια της Γης. Ως αποτέλεσμα αυτού του φυσικού φαινομένου του θερμοκηπίου, η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης είναι περίπου 15°C αντί για περίπου -18°C , που θα αναμενόταν εάν δεν υπήρχε αυτό το φαινόμενο (NASA, 2024).

Όταν η συνολική ποσότητα της εισερχόμενης ενέργειας ισούται κατά μέσο όρο με τη συνολική ποσότητα της εξερχόμενης ενέργειας, το ενεργειακό ισοζύγιο της Γης βρίσκεται σε ισορροπία και η μέση θερμοκρασία του πλανήτη παραμένει σχετικά σταθερή. Εάν, κατά μέσο όρο, η Γη εκπέμπει λιγότερη ενέργεια από όση λαμβάνει, η πλεονάζουσα ενέργεια συσσωρεύεται εντός του κλιματικού συστήματος, προκαλώντας την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης. Αντίθετα, εάν η Γη εκπέμπει περισσότερη ενέργεια από όση λαμβάνει, η μέση παγκόσμια θερμοκρασία θα μειωνόταν.

Αλβέδο

Το αλβέδο είναι μια φυσική ποσότητα που περιγράφει τον τρόπο με τον οποίο μια επιφάνεια αλληλεπιδρά με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Αντιπροσωπεύει το κλάσμα της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται από μια επιφάνεια.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Εξερευνήστε το θέμα πιο βαθιά!

Σε αυτό το πλαίσιο, η αλβέδο αναφέρεται κυρίως στην ανάκλαση της ορατής και της εγγύς υπέρυθρης ηλιακής ακτινοβολίας. Ορίζεται ως ο λόγος της ανακλώμενης ακτινοβολίας προς την εισερχόμενη ακτινοβολία και κυμαίνεται από 0 (καμία ανάκλαση) έως 1 (όλη η εισερχόμενη ακτινοβολία ανακλάται).

Για παράδειγμα, το φρέσκο χιόνι έχει υψηλό αλμπέδο (0,70–0,95), πράγμα που σημαίνει ότι ανακλά το μεγαλύτερο μέρος του εισερχόμενου ηλιακού φωτός και, ως εκ τούτου, θερμαίνεται ελάχιστα. Αντίθετα, η επιφάνεια του ωκεανού έχει χαμηλό αλμπέδο όταν το ηλιακό φως προσπίπτει σχεδόν κάθετα στην επιφάνειά της (π.χ. γύρω στο μεσημέρι), με τιμή περίπου 0,05. Υπό αυτές τις συνθήκες, ο ωκεανός ανακλά μόνο ένα μικρό μέρος της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας, απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της και, κατά συνέπεια, θερμαίνεται (ESA, 2013) , (UCAR, χ.χ.) .

Καθώς η άνοδος των θερμοκρασιών προκαλεί την τήξη του χιονιού και του πάγου, οι εξαιρετικά ανακλαστικές επιφάνειές τους αντικαθίστανται από ξηρά ή ανοιχτά νερά, τα οποία έχουν πολύ χαμηλότερη αλβεδό. Αυτές οι πιο σκούρες επιφάνειες αντανακλούν λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία και απορροφούν περισσότερη ενέργεια, οδηγώντας σε περαιτέρω θέρμανση. Αυτή η διαδικασία αποτελεί έναν από τους κύριους λόγους για τους οποίους οι θερμοκρασίες στην Αρκτική αυξάνονται περίπου δύο έως τέσσερις φορές ταχύτερα από τον παγκόσμιο μέσο όρο.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Ένα μεγάλο ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας διαπερνά την ατμόσφαιρα της Γης, φτάνει στην επιφάνεια της Γης και τη θερμαίνει. Η θερμαινόμενη επιφάνεια εκπέμπει στη συνέχεια υπέρυθρη ακτινοβολία. Αυτή η ακτινοβολία δεν διαφεύγει πλήρως στο διάστημα, επειδή διάφορα αέρια στην ατμόσφαιρα απορροφούν μέρος

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

της. Ως αποτέλεσμα, η ατμόσφαιρα θερμαίνεται και στη συνέχεια εκπέμπει εκ νέου αυτή την ενέργεια, μεταξύ άλλων και προς την επιφάνεια της Γης.

Ο όρος «φαινόμενο του θερμοκηπίου» βασίζεται σε μια αναλογία με ένα θερμοκήπιο. Το γυαλί διαπερνά εύκολα την ορατή ηλιακή ακτινοβολία, η οποία απορροφάται από το έδαφος μέσα στο θερμοκήπιο, προκαλώντας τη θέρμανσή του. Το θερμαινόμενο έδαφος θερμαίνει τον αέρα. Το θερμοκήπιο εμποδίζει τον θερμαινόμενο αέρα να διαφύγει. Ως αποτέλεσμα, η θερμοκρασία μέσα στο θερμοκήπιο αυξάνεται.

Στην πραγματικότητα, τα αέρια του θερμοκηπίου δεν εμποδίζουν την κίνηση του θερμού αέρα. Ο όρος αναφέρεται στα αέρια της ατμόσφαιρας που έχουν αυξημένη ικανότητα απορρόφησης της υπέρυθρης ακτινοβολίας. Το σημαντικότερο αέριο του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα της Γης είναι ο υδρατμός. Αυτός συγκρατεί τη μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας. Ωστόσο, οι κλιματολόγοι ανησυχούν περισσότερο για άλλα αέρια του θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο, των οποίων οι συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα έχουν επηρεαστεί σημαντικά από τις ανθρώπινες δραστηριότητες και αυξάνονται από την αρχή της Βιομηχανικής Επανάστασης (ΕΣΑ, χ.χ.) . Στη συνέχεια, τα αέρια του θερμοκηπίου αναεκπέμπουν την απορροφηθείσα υπέρυθρη ακτινοβολία προς όλες τις κατευθύνσεις, συμπεριλαμβανομένης και της επιφάνειας της Γης. Ως αποτέλεσμα, λιγότερη θερμότητα διαφεύγει στο διάστημα και η θερμοκρασία της Γης αυξάνεται.

Τα σύννεφα, τα οποία αποτελούνται από νερό, απορροφούν μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια της Γης. Στη συνέχεια, αναεκπέμπουν την απορροφημένη ενέργεια, μεταξύ άλλων και προς την επιφάνεια της Γης. Κατά συνέπεια, οι θερμοκρασίες μειώνονται λιγότερο κατά τη διάρκεια συννεφιασμένων νυχτών σε σύγκριση με τις νύχτες με καθαρό ουρανό. Η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα αυξάνει επίσης την ικανότητα της ατμόσφαιρας να συγκρατεί υδρατμούς. Μια συνέπεια της αύξησης της μέσης θερμοκρασίας της Γης είναι, επομένως, η ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, που οδηγεί σε περαιτέρω θέρμανση.



Co-funded by
the European Union

Erasmus+
Enriching lives, opening minds.

AGENZIA NAZIONALE
ERASMUS+ **INDIRE**

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Εάν η ατμόσφαιρα της Γης δεν περιείχε αέρια του θερμοκηπίου, η ηλιακή ακτινοβολία θα θερμαινόταν την κατώτερη ατμόσφαιρα σε μέση θερμοκρασία -18°C αντί για περίπου 15°C , που είναι ο τρέχων παγκόσμιος μέσος όρος. Αντίθετα, η αύξηση των συγκεντρώσεων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, για παράδειγμα μέσω των ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, μειώνει την ποσότητα θερμότητας που διαφεύγει στο διάστημα και οδηγεί σε αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της Γης.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Υποενότητα 3 - Οξίνιση των ωκεανών

Η αύξηση των ανθρωπογενών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα δεν αυξάνει μόνο τη συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Καθώς αυξάνεται η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στον αέρα, αυξάνεται επίσης η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που διαλύεται στο νερό. Ως αποτέλεσμα, αλλάζουν οι χημικές ιδιότητες του νερού.

Οξίνιση του νερού

Το διοξείδιο του άνθρακα που υπάρχει στην ατμόσφαιρα αλληλεπιδρά με το νερό και διαλύεται εν μέρει σε αυτό. Αυτή η διαδικασία περιγράφεται από τον νόμο του Χένρι: Σε σταθερή θερμοκρασία, η συγκέντρωση ενός αερίου που διαλύεται σε ένα υγρό είναι άμεσα ανάλογη με τη μερική πίεση αυτού του αερίου πάνω από το υγρό.

Εξερευνήστε το θέμα πιο βαθιά!

Όταν το διοξείδιο του άνθρακα διαλύεται στο νερό, λαμβάνουν χώρα διάφορες χημικές αντιδράσεις:

- Το διοξείδιο του άνθρακα αντιδρά με το νερό σχηματίζοντας ανθρακικό οξύ:
- Το ανθρακικό οξύ διίσταται εν μέρει:
- Τα ιόντα υδρογόνου αντιδρούν με τα ιόντα ανθρακικού:

Ως αποτέλεσμα, η συγκέντρωση των ανθρακικών ιόντων στο νερό μειώνεται. Αυτά τα ιόντα είναι απαραίτητα για τον σχηματισμό του ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3), της ουσίας από την οποία αποτελούνται τα κελύφη και οι σκελετοί πολλών θαλάσσιων οργανισμών (MetLink, n.d.) .

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Η μείωση του pH του θαλασσινού νερού οδηγεί σε μείωση της διαθεσιμότητας των ιόντων ανθρακικού, επηρεάζοντας τα θαλάσσια οικοσυστήματα. Για παράδειγμα, τα κοράλλια, τα οστρακοειδή, τα θαλάσσια σαλιγκάρια, οι αχινοί και ορισμένα είδη πλαγκτόν αναπτύσσονται πιο αργά όταν τα ιόντα ανθρακικού είναι σπάνια, ενώ τα κελύφη και οι σκελετοί τους γίνονται λεπτότεροι και πιο ευάλωτοι σε ζημιές. Ως συνέπεια, διαταράσσονται οι θαλάσσιες τροφικές αλυσίδες πλαγκτόν → μικρά ψάρια → μεγάλα ψάρια → θαλάσσια θηλαστικά, και μειώνεται η βιοποικιλότητα.

Κατά την εξήγηση της οξίνισης των ωκεανών, είναι σημαντικό να τονιστεί ότι το θαλασσινό νερό έχει pH περίπου 8,1 και, ως εκ τούτου, είναι ελαφρώς αλκαλικό. Μια μείωση του pH κατά 0,1 δεν καθιστά το θαλασσινό νερό όξινο· ωστόσο, αυξάνει τη συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου κατά περίπου 30%. Αυτό μεταβάλλει ουσιαστικά το χημικό περιβάλλον των ωκεανών και καθιστά πιο δύσκολη για τους θαλάσσιους οργανισμούς τη δημιουργία κελυφών και σκελετών από ανθρακικό ασβέστιο (NOAA, χ.χ.).

Εκτός από την επίδραση της αύξησης των συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, ρόλο παίζει και η αύξηση της θερμοκρασίας. Οι υψηλότερες θερμοκρασίες μειώνουν τη διαλυτότητα των αερίων στα υγρά. Καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται, τα μόρια αποκτούν μεγαλύτερη κινητική ενέργεια, γεγονός που διευκολύνει τη διαφυγή των μορίων αερίου από το υγρό. Κατά συνέπεια, η θέρμανση των ωκεανών θα μπορούσε να μειώσει ελαφρώς την οξίνιση των ωκεανών, μειώνοντας την ποσότητα του διαλυμένου διοξειδίου του άνθρακα. Ωστόσο, αυτή η επίδραση είναι πολύ ασθενέστερη από την επίδραση της αύξησης των συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Τι αντιπροσωπεύει το pH

Ένα από τα σημαντικότερα χημικά χαρακτηριστικά των υδατικών διαλυμάτων είναι η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου. Τα ιόντα υδρογόνου είναι θετικά φορτισμένα άτομα υδρογόνου που έχουν χάσει το μοναδικό τους ηλεκτρόνιο.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Συνεπώς, ένα ιόν υδρογόνου αποτελείται μόνο από έναν πυρήνα υδρογόνου, ο οποίος περιέχει ένα μόνο πρωτόνιο. Στα υδατικά διαλύματα, τα ιόντα υδρογόνου αντιδρούν σχεδόν αμέσως με τα μόρια νερού για να σχηματίσουν ιόντα υδρονίου.

Μια υψηλή συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου έχει ως αποτέλεσμα μια πιο έντονη όξινη γεύση, και το διάλυμα περιγράφεται ως πιο όξινο. Η συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου εκφράζεται με την τιμή του pH. Μια υψηλή συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου αντιστοιχεί σε χαμηλό pH, ενώ μια χαμηλή συγκέντρωση αντιστοιχεί σε υψηλό pH.

Η κλίμακα pH κυμαίνεται από 0 έως 14:

- τα διαλύματα με $\text{pH} < 7$ είναι όξινα (για παράδειγμα, ο όρος «όξινη βροχή» αναφέρεται σε βροχόπτωση με pH κάτω από 5,6).
- ένα διάλυμα με $\text{pH} = 7$ είναι ουδέτερο (καθαρό νερό στους 25 °C).
- τα διαλύματα με $\text{pH} > 7$ είναι αλκαλικά (βασικά) (για παράδειγμα, το μέσο pH του θαλασσινού νερού είναι περίπου 8,1, πράγμα που σημαίνει ότι το θαλασσινό νερό είναι ελαφρώς αλκαλικό).

Η κλίμακα pH είναι λογαριθμική. Η διαφορά μιας μονάδας pH αντιστοιχεί σε δεκαπλάσια μεταβολή της συγκέντρωσης ιόντων υδρογόνου, ενώ η διαφορά δύο μονάδων pH αντιστοιχεί σε εκατονταπλάσια μεταβολή.

Μέτρηση του pH

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι μέτρησης του pH. Μία από τις πιο συνηθισμένες είναι η χρήση χαρτιού δείκτη. Το χαρτί βυθίζεται για λίγο στο διάλυμα και στη συνέχεια αφαιρείται. Η αλλαγή χρώματος που παρατηρείται συγκρίνεται με τον συνοδευτικό χρωματικό πίνακα. Τα χαρτιά δείκτη διατίθενται είτε για συγκεκριμένα εύρη pH είτε ως γενικοί δείκτες (μείγμα διαφόρων δεικτών). Η μέτρηση του pH με χαρτί δείκτη είναι απλή και γρήγορη, αλλά παρέχει μόνο κατά προσέγγιση τιμές.



Co-funded by
the European Union

Erasmus+
Enriching lives, opening minds.

AGENZIA NAZIONALE
ERASMUS+ **INDIRE**

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Τα τυπικά χρώματα ενός γενικού δείκτη είναι:

- κόκκινο – έντονα όξινο,
- πορτοκαλί έως κίτρινο – όξινο,
- πράσινο – ουδέτερο,
- μπλε – αλκαλικό,
- μοβ – έντονα αλκαλικό.

Μπορούν να ληφθούν πιο ακριβείς μετρήσεις με τη χρήση ενός ηλεκτρονικού μετρητή pH. Η αρχή λειτουργίας του βασίζεται στη μέτρηση της διαφοράς ηλεκτρικού δυναμικού μεταξύ ενός ηλεκτροδίου μέτρησης, το οποίο αλληλεπιδρά με τα ιόντα υδρογόνου στο διάλυμα, και ενός ηλεκτροδίου αναφοράς.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Υποενότητα 4 - Τήξη πάγου

Συμβολή στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας

Το νερό είναι μία από τις ουσίες των οποίων η πυκνότητα μειώνεται κατά τη μετάβαση από την υγρή στη στερεή κατάσταση. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τα μόρια του νερού σχηματίζουν μια τακτική δομή καθώς το νερό παγώνει. Αυτό προκύπτει από τον σχηματισμό δεσμών υδρογόνου, οι οποίοι είναι αδύναμες διαμοριακές δυνάμεις μεταξύ ενός ατόμου υδρογόνου σε ένα μόριο νερού και ενός ατόμου οξυγόνου σε ένα άλλο μόριο νερού. Καθώς σχηματίζεται αυτή η τακτική δομή, ο όγκος του νερού αυξάνεται κατά την κατάψυξη. Δεδομένου ότι η μάζα του νερού παραμένει αμετάβλητη, η πυκνότητά του μειώνεται.

Η φυσική ποσότητα «πυκνότητα» ορίζεται από τη σχέση:

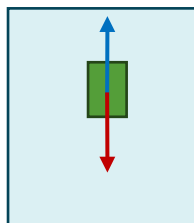
Επομένως, εάν ο όγκος αυξάνεται ενώ η μάζα παραμένει σταθερή, η πυκνότητα ρ πρέπει να μειωθεί.

Η διαφορά μεταξύ της πυκνότητας ενός στερεού αντικειμένου και της πυκνότητας του υγρού καθορίζει τη θέση στην οποία το αντικείμενο καταλήγει να βρίσκεται στο υγρό. Εάν το αντικείμενο (στην περίπτωση αυτή, ο πάγος) έχει μικρότερη πυκνότητα από το υγρό (στην περίπτωση αυτή, το νερό), θα επιπλέει. Αυτή η συμπεριφορά περιγράφεται με μεγαλύτερη ακρίβεια από τον νόμο του Αρχιμήδη.

Αρχή του Αρχιμήδη

Ένα σώμα που βυθίζεται σε ένα υγρό υφίσταται μια ανοδική άνωση ίση με το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται από το βυθισμένο τμήμα του σώματος.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας



Εάν η πυκνότητα του σώματος είναι μικρότερη από την πυκνότητα του υγρού, η βαρυτική δύναμη που ασκείται στο σώμα είναι μικρότερη από τη δύναμη άντωσης (η οποία ισούται με το βάρος του εκτοπισμένου υγρού), και το σώμα ανεβαίνει προς την επιφάνεια μετά τη βύθισή του. Η ανοδική κίνηση σταματά όταν το βάρος του υγρού που εκτοπίζεται από το βυθισμένο τμήμα του σώματος ισούται με το βάρος ολόκληρου του σώματος. Εάν το σώμα είναι πάγος, αυτό σημαίνει ότι όταν λιώνει, παράγει ακριβώς τον ίδιο όγκο υγρού νερού με τον όγκο του βυθισμένου τμήματός του.

Συνέπειες για τη στάθμη της θάλασσας

Όταν ο πάγος που βρίσκεται στην ξηρά λιώνει, το υγρό νερό που προκύπτει ρέει στους ωκεανούς, προκαλώντας την άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Αντίθετα, όταν λιώνει ο πλωτός θαλάσσιος πάγος, δεν μεταβάλλεται η στάθμη της θάλασσας. Αυτό δεν σημαίνει, ωστόσο, ότι η τήξη του θαλάσσιου πάγου δεν έχει καμία επίδραση στα οικοσυστήματα.

Ενώ η τήξη του αρκτικού θαλάσσιου πάγου δεν συμβάλλει άμεσα στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας, επειδή ήδη επιπλέει, η τήξη των παγετώνων και των παγοκαλυμμάτων στην Ανταρκτική αυξάνει τη στάθμη της θάλασσας, καθώς αυτός ο πάγος βρίσκεται στην ξηρά.

Η επίδραση των παγετώνων στην αλατότητα του θαλασσινού νερού

Η αλλαγή φάσης του καθαρού νερού από τη στερεή στην υγρή κατάσταση λαμβάνει χώρα στους 0 °C υπό κανονική ατμοσφαιρική πίεση (101,3 kPa στο επίπεδο της θάλασσας). Όταν τα άλατα διαλύονται στο νερό, η θερμοκρασία στην οποία

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

λαμβάνει χώρα η αλλαγή φάσης είναι χαμηλότερη, και η ακριβής τιμή της εξαρτάται από τη συγκέντρωση των διαλυμένων ουσιών. Για παράδειγμα, το θαλασσινό νερό με μέση αλατότητα 3,5% παγώνει σε θερμοκρασία περίπου $-1,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Graham, Johnston, & Nicholson, 1992). Ο πάγος που σχηματίζεται έχει σημαντικά χαμηλότερη αλατότητα από το περιβάλλον θαλασσινό νερό.

Καθώς το θαλασσινό νερό ψύχεται, η θερμοκρασία του μειώνεται έως ότου φτάσει στο σημείο όπου το υγρό νερό αρχίζει να παγώνει. Με την έναρξη της κατάψυξης, σχηματίζεται θαλάσσιος πάγος, ο οποίος περιέχει μικρές κοιλότητες μεταξύ των κρυστάλλων πάγου, γεμάτες με άλμη υψηλής συγκέντρωσης (Villarroel, Zuazagoitia, 2016). Καθώς ο πάγος συνεχίζει να μεγαλώνει και το θαλασσινό νερό κινείται γύρω του, αυτή η άλμη αποβάλλεται σταδιακά από τον πάγο στο περιβάλλον νερό. Ως αποτέλεσμα, η αλατότητα του θαλασσινού νερού αυξάνεται στις περιοχές όπου σχηματίζεται θαλάσσιος πάγος. Η τήξη του θαλάσσιου πάγου έχει το αντίθετο αποτέλεσμα, μειώνοντας την αλατότητα του θαλασσινού νερού.

Εάν ένα αλατούχο διάλυμα παγώσει χωρίς καμία κίνηση, για παράδειγμα σε ένα δοχείο τοποθετημένο σε καταψύκτη, η συμπυκνωμένη άλμη δεν απομακρύνεται και το μεγαλύτερο μέρος της παραμένει παγιδευμένο μεταξύ των κρυστάλλων πάγου. Ο πάγος που προκύπτει έχει εύθραυστη δομή, με κοιλότητες μεταξύ των στρωμάτων του γεμάτες με αλατούχο διάλυμα. Εάν η θερμοκρασία γίνει αρκετά χαμηλή (η ακριβής θερμοκρασία εξαρτάται από τη συγκέντρωση αλατιού), το παγιδευμένο αλατούχο διάλυμα τελικά παγώνει επίσης.

Η επίδραση της τήξης των παγετώνων στα ωκεάνια ρεύματα

Η αρχή του Αρχιμήδη, που παρουσιάστηκε στην ενότητα 4.4.1, ισχύει όχι μόνο για στερεά σώματα που βυθίζονται σε υγρά, αλλά και για υγρά με διαφορετικές πυκνότητες. Μπορεί εύκολα να αποδειχθεί ότι τα μη αναμίξιμα υγρά με διαφορετικές πυκνότητες (για παράδειγμα, το νερό και το λάδι) σχηματίζουν ξεχωριστά στρώματα. Το υγρό με τη χαμηλότερη πυκνότητα επιπλέει πάνω από το

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

υγρό με την υψηλότερη πυκνότητα. Εάν τα υγρά είναι αναμίξιμα (για παράδειγμα, όταν χύνεται σιρόπι φρούτων σε ένα ποτήρι νερό), τα στρώματα δεν διαχωρίζονται σαφώς και η ανάμιξη μπορεί ακόμη και να εξαλείψει τις διαφορές πυκνότητας (για παράδειγμα, ανακατεύοντας το νερό και το σιρόπι με ένα κουτάλι).

Το νερό φτάνει στη μέγιστη πυκνότητά του στους περίπου 3,9 °C. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες, αρχίζουν να σχηματίζονται δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού, με αποτέλεσμα τα μόρια να οργανώνονται σε μια πιο τακτική δομή και να οδηγούν σε σταδιακή μείωση της πυκνότητας του υγρού νερού μεταξύ 3,9 °C και 0 °C (μέχρι να επέλθει η κατάψυξη). Ως αποτέλεσμα, το νερό παγώνει από την επιφάνεια προς τα κάτω. Σε θερμοκρασίες άνω των 4 °C, το θερμότερο νερό έχει χαμηλότερη πυκνότητα από το ψυχρότερο νερό.

Το νερό των ωκεανών θερμαίνεται από την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία. Επειδή το ηλιακό φως φτάνει στην επιφάνεια του ωκεανού υπό διαφορετικές γωνίες ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή, η θέρμανση του θαλασσινού νερού είναι άνιση. Αν δεν υπήρχαν άλλοι παράγοντες, τα θερμά επιφανειακά ρεύματα θα έρεαν από τις ισημερινές περιοχές προς τους πόλους, ενώ τα κρύα ρεύματα βαθιών υδάτων θα ρέουν από τους πόλους προς τον ισημερινό.

Ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τα ωκεάνια ρεύματα είναι η αλατότητα του θαλασσινού νερού. Όσο υψηλότερη είναι η συγκέντρωση αλατιού, τόσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα του θαλασσινού νερού. Επομένως, το νερό με υψηλότερη περιεκτικότητα σε αλάτι βυθίζεται σε μεγαλύτερα βάθη. Ωστόσο, όταν οι παγετώνες λιώνουν σε περιοχές όπου προηγουμένως σχηματιζόταν πάγος, η αλατότητα μειώνεται αντί να αυξάνεται. Κατά συνέπεια, η πυκνότητα του θαλασσινού νερού μειώνεται και το νερό παραμένει κοντά στην επιφάνεια. Αυτό δημιουργεί πρόβλημα, καθώς το κύριο σύστημα κυκλοφορίας του Ατλαντικού Ωκεανού βασίζεται στο κρύο, πυκνό και αλμυρό νερό που βυθίζεται κοντά στους πόλους, ενώ ζεστό νερό από τροπικές περιοχές εισρέει για να το αντικαταστήσει. Αυτή η μεταφορά θερμότητας μεγάλης κλίμακας διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη ρύθμιση του κλίματος ολόκληρου του Βόρειου Ημισφαιρίου. Η τήξη των



Co-funded by
the European Union

Erasmus+
Enriching lives, opening minds.

AGENZIA NAZIONALE
ERASMUS+ INDIRE

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

παγετώνων στην Αρκτική και τη Γροιλανδία αυξάνει την εισροή γλυκού νερού στον Βόρειο Ατλαντικό. Αυτό μειώνει την αλατότητα και την πυκνότητα των επιφανειακών υδάτων και ενδέχεται να αποδυναμώσει τη Μεσημβρινή Κυκλοφορία Αναστροφής του Ατλαντικού (AMOC), ένα σημαντικό συστατικό της παγκόσμιας θερμοαλικής κυκλοφορίας. Επειδή η AMOC μεταφέρει θερμότητα μεταξύ των τροπικών και των υψηλότερων γεωγραφικών πλατών, η αποδυνάμωσή της μπορεί να επηρεάσει τόσο το κλίμα όσο και τα θαλάσσια οικοσυστήματα σε πολλά μέρη του κόσμου. (NASA, 2023)

Η θέρμανση της επιφάνειας του ωκεανού επηρεάζεται επίσης από την ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ του ωκεανού και της ατμόσφαιρας.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Δραστηριότητες στην τάξη

Δραστηριότητα 1 – Θερμική διαστολή: Διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο η θερμοκρασία επηρεάζει τον όγκο του νερού

Θέμα ή θέματα	Φυσική Περιβαλλοντική εκπαίδευση Μαθηματικά (ανάγνωση των μετρημένων τιμών, δημιουργία διαγραμμάτων)
Ηλικία/Επίπεδο	10 – 12 ετών, κατώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (ISCED 2)
Απαιτούμενος χρόνος	30 λεπτά στην έκδοση της ποιοτικής παρατήρησης 45 λεπτά στην έκδοση του ποσοτικού πειράματος

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Μαθησιακοί στόχοι	Οι μαθητές μπορούν να σχεδιάσουν ένα πείραμα σε συνεργασία με άλλους. Οι μαθητές μπορούν να καταγράψουν τα δεδομένα του πειράματος. Οι μαθητές μπορούν να ερμηνεύσουν τα αποτελέσματα του πειράματος. Οι μαθητές διαπιστώνουν ότι η θέρμανση ενός υγρού αυξάνει τον όγκο του. Οι μαθητές μπορούν να εφαρμόσουν τα πειραματικά ευρήματα σε ένα νέο πλαίσιο. Μαθητής: - παρατηρεί τη μεταβολή του όγκου ενός υγρού όταν θερμαίνεται και ψύχεται, - περιγράφει με δικά του λόγια τη θερμική διαστολή των υγρών, - εξηγεί ότι τα περισσότερα υγρά διαστέλλονται όταν θερμαίνονται και συστέλλονται όταν ψύχονται, - καταγράφει τα αποτελέσματα της παρατήρησης και εξάγει απλά συμπεράσματα, - παραθέτει ένα παράδειγμα πρακτικής εφαρμογής της θερμικής διαστολής των υγρών (π.χ. ένα υγρό θερμόμετρο).
Προαπαιτούμενες γνώσεις και δεξιότητες	Δεν απαιτούνται προηγούμενες γνώσεις για την ποιοτική παρατήρηση. Για το ποσοτικό πείραμα, θεωρείται ότι οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι με τις έννοιες της θερμοκρασίας και του

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	θερμομέτρου. Και στις δύο εκδοχές, θεωρείται δεδομένο ότι οι μαθητές γνωρίζουν πώς να χειρίζονται με ασφάλεια το ζεστό νερό και τον απλό εργαστηριακό εξοπλισμό. Οι μαθητές μπορούν να παρατηρήσουν ένα φαινόμενο και να καταγράψουν τα αποτελέσματα σε έναν πίνακα. Οι μαθητές μπορούν να συγκρίνουν τιμές και να διατυπώσουν ένα απλό συμπέρασμα. Εάν οι μαθητές διαθέτουν επαρκείς χειροτεχνικές δεξιότητες, μπορούν να κατασκευάσουν τη δική τους πειραματική συσκευή.
Υλικά, πόροι και ρυθμίσεις	- Ένα βάζο με καπάκι, ή ένα διαφανές γυάλινο ή πλαστικό μπουκάλι με πώμα, ή ένα πώμα από φελλό ή καουτσούκ, - ένα λεπτό διαφανές σωληνάκι (ιδανικά, χρησιμοποιείται γυάλινο τριχοειδές σωληνάκι, αλλά το φαινόμενο μπορεί επίσης να παρατηρηθεί με ένα διαφανές καλαμάκι), - πλαστελίνη ή σφραγιστικό, - χρωματισμένο νερό, - δύο δοχεία (βαθύτερα μπολ στα οποία μπορεί να τοποθετηθεί το βάζο ή το μπουκάλι), - ζεστό νερό (περίπου 50 °C - 60 °C), - κρύο νερό ή νερό με πάγο, - στην περίπτωση ποσοτικού πειράματος, ένα θερμόμετρο για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού,

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

- ένα χάρακα (προαιρετικά)
- ένα φύλλο εργασίας (προαιρετικό).

Προετοιμασία: στο καπάκι του βάζου ή στο πώμα της φιάλης, πρέπει να ανοιχτεί εκ των προτέρων μια τρύπα με διάμετρο ίση με τη διάμετρο του διαφανούς σωλήνα που χρησιμοποιείται. Για το ποσοτικό πείραμα, πρέπει να ανοιχτούν δύο τρύπες στο καπάκι του δοχείου – μία για τον διαφανή σωλήνα και μία για το θερμόμετρο. Ο σωλήνας και το θερμόμετρο πρέπει να στερεωθούν στο καπάκι, ώστε να μην διαρρεύσει νερό από το δοχείο γύρω τους.

Μια αίθουσα φυσικών επιστημών ή φυσικής προσαρμοσμένη για ομαδική εργασία.

Περιγραφή δραστηριότητας

1. Διατύπωση του προβλήματος:

Πώς μεταβάλλεται ο όγκος του νερού όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία του;

Οι μαθητές διατυπώνουν μια απλή πρόβλεψη, για παράδειγμα: Αν το νερό θερμανθεί, ο όγκος του θα αυξηθεί.

2. Παρατήρηση, πείραμα:

- Γεμίστε το δοχείο (βάζο μαρμελάδας/μπουκάλι) μέχρι το χείλος με χρωματισμένο νερό.
- Κλείστε το δοχείο με ένα καπάκι (ή πώμα) μέσα από το οποίο εισάγεται ένας διαφανής σωλήνας, έτσι ώστε το νερό να ανεβαίνει μέσα στον σωλήνα.
- Σημειώστε το αρχικό ύψος της στάθμης του νερού στο σωληνάκι.
- Τοποθετήστε το μπουκάλι σε ένα μπολ με ζεστό νερό. Παρατηρήστε την αλλαγή στο ύψος του χρωματισμένου νερού μέσα στο σωληνάκι.
- Τοποθετήστε το μπουκάλι σε κρύο νερό και παρατηρήστε την αλλαγή στο ύψος

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

του χρωματισμένου νερού μέσα στο σωληνάκι.

3. Καταγραφή της παρατήρησης:

Οι μαθητές οργανώνουν τις παρατηρήσεις τους (αποτελέσματα μετρήσεων) σε έναν πίνακα:

Συνθήκες	Θέση της στάθμης του νερού
Πριν από την αλλαγή της θερμοκρασίας	
Μετά τη βύθιση σε ζεστό νερό	
Μετά την εμβάπτιση σε κρύο νερό	

Οι μαθητές μπορούν να καταγράψουν τη μεταβολή της στάθμης προφορικά ή να τη μετρήσουν με χάρακα.

Στην περίπτωση ενός ποσοτικού πειράματος, οι μαθητές καταγράφουν τη θερμοκρασία του χρωματισμένου νερού στη στήλη «Συνθήκες», και αναμένεται να καταγραφούν τουλάχιστον 5 διαφορετικές τιμές.

4. Συζήτηση

Ο εκπαιδευτικός μπορεί να βοηθήσει στην ερμηνεία της παρατήρησης και στη διατύπωση του συμπεράσματος, θέτοντας ερωτήσεις όπως:

Τι συνέβη στη στάθμη του νερού στο σωλήνα όταν θερμάνθηκε;

Τι συνέβη όταν ψύχθηκε;

Η αύξηση της στάθμης του νερού σημαίνει ότι υπήρχε περισσότερο νερό στο δοχείο με το σωλήνα;

Πώς μπορεί να τροποποιηθεί η πειραματική διάταξη ώστε η μεταβολή στη στάθμη του νερού να είναι μεγαλύτερη;

5. Οι μαθητές διατυπώνουν το συμπέρασμα από κοινού.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Για παράδειγμα: Ο όγκος ορισμένων υγρών αυξάνεται όταν θερμαίνονται και μειώνεται όταν ψύχονται. Αυτό το φαινόμενο ονομάζεται θερμική ογκομετρική διαστολή των υγρών.

6. Εφαρμογή

- Η θερμική ογκομετρική διαστολή των υγρών χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της θερμοκρασίας με υγρά θερμόμετρα
- Η θερμική ογκομετρική διαστολή των υγρών συμβάλλει στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας καθώς οι ωκεανοί θερμαίνονται.

Προσβασιμότητα ένταξη και

Για να διασφαλιστεί ότι η δραστηριότητα είναι χωρίς αποκλεισμούς και προσβάσιμη σε όλους τους μαθητές, οι μαθητές μπορούν να εργαστούν σε μικρές ετερογενείς ομάδες με σαφώς καθορισμένους ρόλους (π.χ. χειρισμός εξοπλισμού, παρατήρηση μεταβολών στη στάθμη του υγρού, καταγραφή παρατηρήσεων, παρουσίαση συμπερασμάτων). Οι οδηγίες πρέπει να παρέχονται τόσο προφορικά όσο και γραπτώς, με τη βοήθεια εικόνων ή ενός διαγράμματος της πειραματικής διάταξης.

Αναφορές Βιβλιογραφία /

Harlen, W. (2015). *Working with Big Ideas of Science Education*. Πρόγραμμα Επιστημονικής Εκπαίδευσης του IAP.

NASA (5 Νοεμβρίου 2024). Μοντέλο θερμικής διαστολής. Εργαστήριο Προώθησης με Αεριοθούμενα της NASA. <https://www.jpl.nasa.gov/edu/resources/lesson-plan/thermal-expansion-model/>

Αξιολόγηση

Διαμορφωτική

Κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας, ο εκπαιδευτικός

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

αξιολόγηση	παρατηρεί: - τη διατύπωση της υπόθεσης, - την ορθότητα της πειραματικής διαδικασίας, - την ασφάλεια στην εργασία, - τη συνεργασία στην ομάδα, - την ικανότητα ερμηνείας των αποτελεσμάτων. Ο εκπαιδευτικός μπορεί να χρησιμοποιήσει καθοδηγητικές ερωτήσεις, όπως: - Τι παρατηρείτε αυτή τη στιγμή; - Επιβεβαιώθηκε η υπόθεσή σας; - Πώς εξηγείτε τη μεταβολή της στάθμης του νερού;
Συνολική αξιολόγηση (εάν ισχύει)	Ο εκπαιδευτικός μπορεί να αξιολογήσει: - την πληρότητα και την ορθότητα του φύλλου εργασίας, - την εξήγηση της αρχής λειτουργίας του υγρού θερμόμετρου.
Αυτοαξιολόγηση των μαθητών	Στο τέλος του μαθήματος, οι μαθητές θα συμπληρώσουν φράσεις όπως: - Σήμερα έμαθα... - Αυτό που με εξέπληξε περισσότερο ήταν... - Την επόμενη φορά θα ήθελα να βελτιωθώ... Εναλλακτικά, οι μαθητές μπορούν να υποδείξουν το επίπεδο κατανόησής τους χρησιμοποιώντας μια κλίμακα

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	αυτοαξιολόγησης: ☐ Καταλαβαίνω απόλυτα. ☐ Καταλαβαίνω με λίγη βοήθεια. ☐ Χρειάζομαι περαιτέρω εξήγηση.
Ανατροφοδότηση από τους συμμαθητές	Κάθε ομάδα παρουσιάζει εν συντομία τα αποτελέσματά της. Οι υπόλοιποι μαθητές μπορούν να δώσουν ανατροφοδότηση εξετάζοντας ερωτήσεις όπως: • Τι ήταν ιδιαίτερα σαφές στην παρουσίαση; • Τι βρήκατε ενδιαφέρον; • Τι ερώτηση θα θέτατε στην ομάδα;
Τεκμηρίωση, αποδεικτικά στοιχεία και παρακολούθηση	
Στοιχεία που πρέπει να συλλεχθούν	- Φύλλα εργασίας, - υποθέσεις μαθητών, - πίνακες παρατήρησης/μέτρησης, - φωτογραφίες του πειράματος.
Παρακολούθηση αποτελεσμάτων	Ο εκπαιδευτικός παρακολουθεί εάν οι μαθητές: - κατανοούν τη σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και όγκου ενός υγρού, - μπορούν να εξηγήσουν την αρχή λειτουργίας ενός υγρού θερμομέτρου, - χρησιμοποιούν την επιστημονική μέθοδο (υπόθεση - πείραμα - συμπέρασμα),

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	- χρησιμοποιούν τη σωστή επιστημονική (φυσική) ορολογία.
Διάδοση	Τα αποτελέσματα μπορούν να παρουσιαστούν: - στον πίνακα ανακοινώσεων της αίθουσας φυσικών επιστημών - στην ιστοσελίδα του σχολείου, - στο σχολικό περιοδικό, - κατά τη διάρκεια της Ημέρας Ανοιχτών Θυρών.
Επόμενα βήματα	Η δραστηριότητα μπορεί να συμπληρωθεί με: - τη σύγκριση της διαστολής του νερού και του αλκοόλ, - την κατασκευή ενός απλού θερμομέτρου υγρού, - τη διερεύνηση της θερμικής διαστολής των στερεών, - τη διερεύνηση της επίδρασης της θερμοκρασίας στις ηλεκτρικές ιδιότητες των ουσιών (κατανόηση της αρχής λειτουργίας ενός ψηφιακού θερμομέτρου), - τη μέτρηση της θερμοκρασίας διαφόρων επιφανειών, τη δημιουργία ενός χάρτη θερμοκρασίας της πόλης.
Ανασκόπηση του εκπαιδευτικού	
Μετά το μάθημα, ο εκπαιδευτικός αξιολογεί: - Επιτεύχθηκαν οι στόχοι; - Ποια μέρη του πειράματος ήταν τα πιο δύσκολα για τους μαθητές; - Ήταν απαραίτητο να προσαρμοστεί ο τρόπος οργάνωσης της εργασίας;	



Co-funded by
the European Union

Erasmus+
Enriching lives, opening minds.

AGENZIA NAZIONALE
ERASMUS+ INDIRE

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

- Ποιες ερωτήσεις έθεσαν οι μαθητές;
- Τι θα ήταν σκόπιμο να αλλάξει στην επόμενη εφαρμογή;

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Δραστηριότητα 2 – Αλμπέδο: Διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο διαφορετικές επιφάνειες αντανακλούν (και απορροφούν) την ηλιακή ακτινοβολία	
Θέμα ή θέματα	Φυσική Περιβαλλοντική εκπαίδευση Γεωγραφία Βιολογία Μαθηματικά (επεξεργασία δεδομένων και κατασκευή γραφημάτων)
Ηλικία/Επίπεδο	12–16 ετών, κατώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση
Απαιτούμενος χρόνος	60 – 90 λεπτά, ή δύο μαθήματα (45 λεπτά + 45 λεπτά)
Μαθησιακοί στόχοι	Οι μαθητές είναι σε θέση να σχεδιάσουν συνεργατικά μια έρευνα, συγκρίνοντας την ικανότητα διαφορετικών επιφανειών να ανακλούν την ηλιακή ακτινοβολία. Οι μαθητές είναι σε θέση να διερευνήσουν πειραματικά την επίδραση του χρώματος και του τύπου της επιφάνειας στη θέρμανσή της. Οι μαθητές είναι σε θέση να καταγράψουν τα πειραματικά δεδομένα. Οι μαθητές είναι σε θέση να ερμηνεύουν τις μετρήσεις θερμοκρασίας. Οι μαθητές είναι σε θέση να εξηγήσουν την έννοια της αλβέδου ως μέτρου της ικανότητας μιας επιφάνειας να

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	ανακλά την ηλιακή ακτινοβολία. Οι μαθητές είναι σε θέση να ερμηνεύουν τα πειραματικά ευρήματα στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής και των ανθρώπινων οικισμών· να προτείνουν μέτρα για τη μείωση της υπερθέρμανσης των αστικών κέντρων.
Προαπαιτούμενες γνώσεις και δεξιότητες	Οι μαθητές: - κατανοούν την έννοια της θερμοκρασίας, - είναι σε θέση να χρησιμοποιούν ένα θερμόμετρο υπερύθρων ή ψηφιακό, - μπορούν να δημιουργούν απλούς πίνακες και γραφήματα, - κατανοούν τη διαφορά μεταξύ απορρόφησης και ανάκλασης του φωτός.
Υλικά, πόροι και περιβάλλον	Για κάθε ομάδα: - ένα κομμάτι μαύρου χαρτονιού, - ένα κομμάτι λευκού (ανοιχτόχρωμου) χαρτονιού, - ένα κομμάτι αλουμινόχαρτο, - ένα πλακίδιο σκούρου χρώματος και ένα ανοιχτόχρωμο (ή δύο διαφορετικά είδη υλικού στέγης), - ένα θερμόμετρο υπερύθρων, - ένα χρονόμετρο, - για τους μεγαλύτερους μαθητές με περισσότερη εμπειρία σε πειραματικές εργασίες, ένα smartphone με εφαρμογή μέτρησης της έντασης του φωτός, - άμεσο ηλιακό φως (όταν χρησιμοποιείται ισχυρός λαμπτήρας, είναι δύσκολο να εξασφαλιστούν πανομοιότυπες συνθήκες για όλες τις επιφάνειες που

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

εξετάζονται),

- ένα φύλλο εργασίας για τους μαθητές.

Τάξη / εργαστήριο φυσικών επιστημών / αυλή του σχολείου. (Ιδανικά, το πείραμα θα πρέπει να διεξαχθεί σε εσωτερικό χώρο, σε περιοχή που εκτίθεται σε άμεσο ηλιακό φως. Στην αυλή του σχολείου, τα αποτελέσματα ενδέχεται να επηρεαστούν από τον άνεμο.)

Περιγραφή δραστηριότητας

1. Κίνητρο και εισαγωγή στο πρόβλημα:

Χρησιμοποιήστε μια εικόνα μιας ηλιόλουστης πλατείας με σκούρα και ανοιχτόχρωμα παγκάκια, τα σκούρα είναι άδεια, ενώ οι άνθρωποι κάθονται στα ανοιχτόχρωμα παγκάκια, φωτογραφίες σπιτιών σε σκανδιναβικές χώρες (έντονο χρώμα τοίχων, σκούρη στέγη) και σε νότιες χώρες (ανοιχτά χρώματα), ή μια φωτογραφία δύο ατόμων – το ένα με λευκό και το άλλο με μαύρο μπλουζάκι.

Εργασία: Περιγράψτε αυτό που βλέπετε. Τι είδους ρούχα προτιμάτε να φοράτε όταν έχει ηλιόλουστο καλοκαιρινό καιρό;

Ερευνητικό ερώτημα: Πώς επηρεάζουν το χρώμα και ο τύπος μιας επιφάνειας τη θέρμανσή της όταν εκτίθεται στην εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία;

2. Πείραμα:

Οι πιο έμπειροι μαθητές μπορούν να σχεδιάσουν τη διαδικασία του πειράματος και τον πίνακα καταγραφής δεδομένων ανεξάρτητα, ενώ οι λιγότερο έμπειροι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν την παρακάτω διαδικασία και τον πίνακα που παρέχεται στο φύλλο εργασίας.

- Μετρήστε την αρχική θερμοκρασία των επιφανειών χρησιμοποιώντας ένα θερμόμετρο υπερύθρων.

- Εκθέστε τις επιφάνειες σε άμεσο ηλιακό φως για 10 λεπτά.

- Καταγράψτε τη θερμοκρασία κάθε επιφάνειας κάθε δύο λεπτά και

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

πραγματοποιήστε τουλάχιστον πέντε σειρές μετρήσεων.

- Σχεδιάστε ένα γράφημα που να δείχνει τη σχέση μεταξύ θερμοκρασίας και χρόνου (απεικονίστε τα δεδομένα για όλες τις επιφάνειες που μελετήθηκαν στο ίδιο σύστημα συντεταγμένων χρησιμοποιώντας διαφορετικά χρώματα).
- Συγκρίνετε τους ρυθμούς με τους οποίους θερμαίνονται οι διάφορες επιφάνειες.

Εάν το σχολείο σας υποστηρίζει την προσέγγιση BYOD (Bring Your Own Device), το πείραμα μπορεί να επεκταθεί με τη μέτρηση της έντασης του εισερχόμενου και του ανακλώμενου φωτός χρησιμοποιώντας μια εφαρμογή μετρητή φωτεινότητας (luxmeter) για smartphone που αξιοποιεί τον αισθητήρα φωτός της συσκευής. Οι μαθητές μπορούν έτσι να αποδείξουν πειραματικά όχι μόνο ότι οι διαφορετικές επιφάνειες θερμαίνονται με διαφορετικούς ρυθμούς, αλλά και ότι διαφέρουν ως προς την ποσότητα του φωτός που ανακλούν. Αυτή η διευρυμένη έρευνα επιτρέπει στους μαθητές να συσχετίσουν τις έννοιες της ανακλαστικότητας, της αλβέδου και της θερμοκρασίας της επιφάνειας.

Οι μαθητές μπορεί να επιθυμούν να συγκρίνουν τα αποτελέσματα διαφόρων χρωμάτων και όχι μόνο των μαύρων και λευκών επιφανειών. Σε τέτοιες περιπτώσεις, είναι σημαντικό να καθοδηγήσετε τους μαθητές ώστε να λάβουν υπόψη την επίδραση άλλων παραμέτρων, όπως το φινίρισμα της επιφάνειας (ματ ή γυαλιστερό), το πάχος του υλικού, η θερμική αγωγιμότητα και η επίδραση του υποστρώματος. Για να διερευνήσουν την επίδραση του χρώματος μόνο, οι μαθητές θα μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν, για παράδειγμα, κομμάτια χαρτιού ίδιου μεγέθους, πάχους και φινιρίσματος επιφάνειας, τα οποία διαφέρουν μόνο ως προς το χρώμα.

3. Συζήτηση

Τι προκάλεσε τη θέρμανση των διαφορετικών επιφανειών;

Ποια επιφάνεια θερμάνθηκε γρηγορότερα; Πώς θα το εξηγούσατε αυτό;

Ποια επιφάνεια θερμάνθηκε πιο αργά;

Η συζήτηση της τελευταίας ερώτησης μπορεί να οδηγήσει στην εισαγωγή της

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

έννοιας της αλβέδου, για παράδειγμα: Η αλβέδο είναι μια ιδιότητα μιας επιφάνειας που περιγράφει το ποσοστό της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας που ανακλάται πίσω στο περιβάλλον. Οι επιφάνειες με υψηλή αλβέδο ανακλούν μεγάλο ποσοστό της εισερχόμενης ακτινοβολίας και, ως εκ τούτου, θερμαίνονται λιγότερο. Οι επιφάνειες με χαμηλή αλβέδο ανακλούν μόνο ένα μικρό ποσοστό της εισερχόμενης ακτινοβολίας, απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος της και, κατά συνέπεια, θερμαίνονται περισσότερο.

4. Εφαρμογή και ρητή σύνδεση με την κλιματική αλλαγή

Γιατί η τήξη του χιονιού και του πάγου επιταχύνει την υπερθέρμανση του πλανήτη; Πώς μπορούν οι πράσινες στέγες ή οι ανοιχτόχρωμες στέγες να μειώσουν την υπερθέρμανση των πόλεων;

Προτείνετε μέτρα που θα μπορούσαν να βοηθήσουν το σχολείο σας να ανταποκριθεί στις προκλήσεις που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή και την υπερθέρμανση.

Προσβασιμότητα και ένταξη

Η δραστηριότητα υποστηρίζει τη συμμετοχή και τη συνεργασία όλων των μαθητών.

Η ένταξη μπορεί να προωθηθεί περαιτέρω μέσω:

- την ανάθεση συγκεκριμένων ρόλων εντός των ομάδων (π.χ. πειραματιστής, καταγραφέας, εκπρόσωπος, αναλυτής δεδομένων),
- την προσαρμογή των φύλλων εργασίας στις ανάγκες των μαθητών (π.χ. προσθήκη εικόνων ή διαγραμμάτων για να συνοδεύουν τις γραπτές περιγραφές της πειραματικής διαδικασίας, αύξηση του μεγέθους της γραμματοσειράς ή παροχή επιπλέον χώρου για γραπτές απαντήσεις),
- την παροχή της δυνατότητας στους μαθητές να παρουσιάσουν τα ευρήματά τους σε εναλλακτικές

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	μορφές, όπως μια παρουσίαση βίντεο ή ένα podcast, αντί για γραπτή εργαστηριακή έκθεση, διατηρώντας παράλληλα τις ίδιες απαιτήσεις όσον αφορά το επιστημονικό περιεχόμενο (δηλ. την περιγραφή του πειράματος και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων).
Αναφορές Βιβλιογραφία	Harlen, W. (2015). <i>Η εργασία με τις «μεγάλες ιδέες» της επιστημονικής εκπαίδευσης</i>. Πρόγραμμα Επιστημονικής Εκπαίδευσης του IAP. UCAR (2021) <i>Εξετάζοντας την Αλβέδο της Επιφάνειας</i>. Κέντρο Επιστημονικής Εκπαίδευσης του UCAR. https://scied.ucar.edu/activity/looking-surface-albedo ESA (2021) <i>Παιχνίδι για το κλίμα και την αλβεδό</i>. Γραφείο Κλίματος της ESA. https://climate.esa.int/media/documents/Albedo_Game.pdf
Αξιολόγηση	
Διαμορφωτική αξιολόγηση	Κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας, ο εκπαιδευτικός παρατηρεί: - τη διατύπωση υποθέσεων, - την καταλληλότητα της πειραματικής διαδικασίας, - τις ασφαλείς πρακτικές εργασίας, - τη συνεργασία εντός των ομάδων, - την ικανότητα των μαθητών να ερμηνεύουν τα αποτελέσματα, - τη σωστή χρήση εννοιών όπως η ανάκλαση, η απορρόφηση και η αλβέδο.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	Ο εκπαιδευτικός μπορεί να χρησιμοποιήσει καθοδηγητικές ερωτήσεις όπως: - Τι μετρήσατε; - Επιβεβαιώθηκε η υπόθεσή σας; - Πώς εξηγείτε τις διαφορές στη θέρμανση των διαφόρων επιφανειών;
Συνολική αξιολόγηση (εάν ισχύει)	Η αξιολόγηση μπορεί να επικεντρωθεί στα εξής: - την πληρότητα και την ακρίβεια του συμπληρωμένου φύλλου εργασίας, - την ορθότητα της γραφικής απεικόνισης των πειραματικών δεδομένων, - τα συμπεράσματα – την ερμηνεία των πειραματικών αποτελεσμάτων, - την εξήγηση της έννοιας της αλβέδου, - τα προτεινόμενα μέτρα για τη μείωση της υπερθέρμανσης στο σχολείο, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης αρχών που σχετίζονται με την αλβέδο, καθώς και τη σκοπιμότητα των προτεινόμενων λύσεων.
Αυτοαξιολόγηση των μαθητών	Στο τέλος του μαθήματος, οι μαθητές συμπληρώνουν δηλώσεις όπως: - Σήμερα έμαθα ότι... - Αυτό που με εξέπληξε περισσότερο ήταν... - Την επόμενη φορά, θα ήθελα να... Εναλλακτικά, οι μαθητές μπορούν να υποδείξουν το επίπεδο κατανόησής τους χρησιμοποιώντας μια κλίμακα

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	αυτοαξιολόγησης: ☐ Καταλαβαίνω απόλυτα. ☐ Καταλαβαίνω με λίγη βοήθεια. ☐ Χρειάζομαι περαιτέρω εξήγηση.
Ανατροφοδότηση από τους συμμαθητές	Κάθε ομάδα παρουσιάζει εν συντομία τα συμπεράσματά της. Οι υπόλοιποι μαθητές μπορούν να δώσουν ανατροφοδότηση εξετάζοντας ερωτήσεις όπως: • Τι ήταν ιδιαίτερα σαφές στην παρουσίαση; • Τι βρήκατε ενδιαφέρον; • Τι ερώτηση θα θέτατε σε αυτή την ομάδα;
Τεκμηρίωση, αποδεικτικά στοιχεία και παρακολούθηση	
Αποδεικτικά στοιχεία που πρέπει να συλλεχθούν	- Συμπληρωμένα φύλλα εργασίας, - υποθέσεις των μαθητών, - πίνακες μετρήσεων, - γραφικές παραστάσεις των πειραματικών δεδομένων, - φωτογραφίες που τεκμηριώνουν το πείραμα, - προτάσεις των μαθητών για το σχολείο.
Παρακολούθηση αποτελεσμάτων	Ο εκπαιδευτικός παρατηρεί αν οι μαθητές είναι σε θέση: - εξηγήσουν την έννοια της αλβέδου, - να ερμηνεύουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων, - να συνδέουν φυσικές έννοιες με φαινόμενα της κλιματικής αλλαγής, - να προτείνουν λύσεις βασισμένες σε στοιχεία.
Διάδοση	Τα αποτελέσματα μπορούν να παρουσιαστούν:

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	- σε πίνακα ανακοινώσεων στην αίθουσα φυσικών επιστημών ή φυσικής, - στην ιστοσελίδα του σχολείου, - στο σχολικό περιοδικό, - κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων για την Ημέρα της Γης ή των θεματικών ημερών έργων.
Επόμενα βήματα	Η δραστηριότητα μπορεί να ακολουθηθεί από: - μέτρηση της θερμοκρασίας διαφορετικών επιφανειών γύρω από το σχολείο (π.χ. άσφαλτος, χαμηλό και ψηλό γρασίδι, κυβόλιθοι και χώμα), - μέτρηση της θερμοκρασίας κάτω από ένα δέντρο και υπό άμεσο ηλιακό φως (για να καταδειχθεί το φαινόμενο ψύξης που προκαλεί η εξάτμιση του νερού από τα φύλλα – βυθίστε για λίγο τον αισθητήρα ενός ψηφιακού θερμομέτρου στο νερό και παρατηρήστε τη θερμοκρασία καθώς το νερό εξατμίζεται από τον αισθητήρα), - τη δημιουργία χάρτη αστικών θερμικών νησίδων γύρω από το σχολείο ή χάρτη θερμοκρασίας της τοπικής περιοχής, - τη δραστηριότητα «Albedo Climate Game».
Ανασκόπηση του εκπαιδευτικού	
Μετά το μάθημα, ο εκπαιδευτικός αναστοχάζεται πάνω στις ακόλουθες ερωτήσεις: - Επιτεύχθηκαν οι μαθησιακοί στόχοι;	



Co-funded by
the European Union

Erasmus+
Enriching lives, opening minds.

AGENZIA NAZIONALE
ERASMUS+ **INDIRE**

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

- Ποια μέρη του πειράματος ήταν πιο απαιτητικά για τους μαθητές;
- Ήταν απαραίτητο να τροποποιηθεί η οργάνωση της δραστηριότητας;
- Ποιες ερωτήσεις έθεσαν οι μαθητές;
- Μπόρεσαν οι μαθητές να διακρίνουν τις έννοιες της αλβέδου, της ανακλαστικότητας και της θερμοκρασίας της επιφάνειας;
- Τι θα μπορούσε να βελτιωθεί σε μελλοντικές υλοποιήσεις της δραστηριότητας;

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Δραστηριότητα 3 - Το φαινόμενο του θερμοκηπίου: Διερεύνηση του τρόπου με τον οποίο η ατμόσφαιρα επηρεάζει τη θερμοκρασία της Γης	
Θέμα ή θέματα	Φυσική Γεωγραφία Βιολογία Περιβαλλοντική εκπαίδευση Χημεία (σύνθεση της ατμόσφαιρας), Μαθηματικά (επεξεργασία δεδομένων και κατασκευή γραφημάτων)
Ηλικία/Επίπεδο	12–16 ετών, κατώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση
Απαιτούμενος χρόνος	Συνολική διάρκεια της δραστηριότητας, συμπεριλαμβανομένης της συλλογής πληροφοριών σχετικά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τα αέρια του θερμοκηπίου, καθώς και του πειράματος: 60–90 λεπτά, ή δύο μαθήματα (45 λεπτά + 45 λεπτά). Μόνο το πείραμα και η ανάλυση δεδομένων: 45 λεπτά.
Μαθησιακοί στόχοι	Ο μαθητής είναι σε θέση να αναζητά πληροφορίες και να τις αξιολογεί κριτικά. Ο μαθητής είναι σε θέση να σχεδιάσει συνεργατικά ένα πείραμα που συγκρίνει τις μεταβολές της θερμοκρασίας σε κλειστό και ανοιχτό περιβάλλον. Ο μαθητής είναι σε θέση να καταγράψει τα πειραματικά

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	δεδομένα. Ο μαθητής είναι σε θέση να ερμηνεύσει τα αποτελέσματα των μετρήσεων και να αξιολογήσει κριτικά τις ομοιότητες και τις διαφορές μεταξύ του πειράματος στην τάξη και του φαινομένου του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Ο μαθητής: - διακρίνει μεταξύ του φυσικού και του ενισχυμένου φαινομένου του θερμοκηπίου, - εξηγεί τον ρόλο της ατμόσφαιρας στη διατήρηση της θερμοκρασίας της Γης, τη σημασία της για τη ζωή στη Γη και τη σύνδεσή της με την κλιματική αλλαγή.
Προαπαιτούμενες γνώσεις και δεξιότητες	Ο μαθητής: - κατανοεί την έννοια της θερμοκρασίας, - μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα ψηφιακό θερμόμετρο, - μπορεί να χρησιμοποιήσει έναν αισθητήρα CO₂, εάν υπάρχει, - μπορεί να καταρτίσει έναν απλό πίνακα και ένα γράφημα, - κατανοεί τη διαφορά μεταξύ ανάκλασης, απορρόφησης και εκπομπής ενέργειας.
Υλικά, πόροι και συνθήκες	Για κάθε ομάδα: - δύο πανομοιότυπα διαφανή δοχεία (π.χ. γυάλινα βάζα ή πλαστικά δοχεία),

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

- δύο πανομοιότυπες βάσεις σκούρου χρώματος (π.χ. μαύρο χαρτόνι ή μαύρο ύφασμα), η καθεμία τουλάχιστον τόσο μεγάλη όσο η βάση του διαφανούς δοχείου,
- δύο ψηφιακά ή υγρά θερμομέτρα που μπορούν να τοποθετηθούν μέσα στα διαφανή δοχεία,
- διαφανής πλαστική μεμβράνη,
- 100 ml ξύδι,
- μία κουταλιά της σούπας μαγειρική σόδα,
- ένα χρονόμετρο,
- προαιρετικά, ένας αισθητήρας CO₂,
- άμεσο ηλιακό φως ή μια λάμπα,
- ένα φύλλο εργασίας για τους μαθητές.

Τάξη / εργαστήριο φυσικών επιστημών.

Περιγραφή δραστηριότητας

1. Κίνητρο και εισαγωγή στο πρόβλημα:

Φανταστείτε ότι είστε μια ομάδα νεαρών επιστημόνων στους οποίους έχει ζητηθεί από έναν μετεωρολογικό σταθμό να βοηθήσουν στη διερεύνηση ενός σημαντικού ζητήματος. Τις τελευταίες δεκαετίες, η μέση θερμοκρασία της Γης αυξάνεται και οι επιστήμονες προσπαθούν να κατανοήσουν γιατί συμβαίνει αυτό. Ο στόχος σας είναι να διερευνήσετε πώς λειτουργεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου, να εξηγήσετε γιατί είναι απαραίτητο για τη ζωή στη Γη και να προσδιορίσετε πότε αυτό το φυσικό φαινόμενο μετατρέπεται σε πρόβλημα.

Κατά τη διάρκεια της έρευνας, θα εργαστείτε με επιστημονικές πληροφορίες, θα πραγματοποιήσετε ένα απλό πείραμα, θα αναλύσετε τα αποτελέσματα και, τέλος, θα καταρτίσετε συστάσεις για το πώς ο καθένας από εμάς μπορεί να συμβάλει στη μείωση του ενισχυμένου φαινομένου του θερμοκηπίου.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

2. Πείραμα:

Οι πιο έμπειροι μαθητές μπορούν να σχεδιάσουν τη διαδικασία του πειράματος και να δημιουργήσουν τον δικό τους πίνακα καταγραφής δεδομένων. Οι λιγότερο έμπειροι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν τη διαδικασία και τον πίνακα που παρέχονται στο φύλλο εργασίας των μαθητών.

- Ρίξτε ίσες ποσότητες ξιδιού (περίπου 50 ml) και στα δύο δοχεία και προσθέστε μία κουταλιά της σούπας μαγειρική σόδα στο ένα από αυτά. Τοποθετήστε ένα θερμόμετρο σε κάθε δοχείο και σφραγίστε και τα δύο δοχεία με διαφανή πλαστική μεμβράνη. Στο δοχείο που περιέχει μαγειρική σόδα, παράγεται διοξείδιο του άνθρακα μέσω της αντίδρασής της με το ξίδι.
- Τοποθετήστε και τα δύο δοχεία σε μια σκοτεινή επιφάνεια και εκθέστε τα σε άμεσο ηλιακό φως (ή φωτίστε τα με μια λάμπα).
- Καταγράψτε τη θερμοκρασία σε κάθε δοχείο κάθε δύο λεπτά για 15–20 λεπτά και εισάγετε τις μετρήσεις στον πίνακα.
- Σχεδιάστε ένα γράφημα θερμοκρασίας σε συνάρτηση με το χρόνο, απεικονίζοντας τα δεδομένα και από τα δύο δοχεία στον ίδιο άξονα χρησιμοποιώντας διαφορετικά χρώματα.
- Συγκρίνετε τον ρυθμό με τον οποίο θερμαίνεται το περιεχόμενο των δύο δοχείων.

3. Συζήτηση:

Με ποιους τρόπους το πείραμα μοιάζει με το φαινόμενο του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα και με ποιους τρόπους διαφέρει;

Στα καλυμμένα δοχεία, η υψηλότερη θερμοκρασία οφείλεται κυρίως στο διαφανές πλαστικό περιτύλιγμα που περιορίζει την κίνηση του αέρα (μεταφορά). Ως αποτέλεσμα, ο θερμός αέρας δεν μπορεί να διαφύγει εύκολα προς τα πάνω από το δοχείο. Ο όρος «φαινόμενο του θερμοκηπίου» προέρχεται από αυτόν τον μηχανισμό, καθώς ένα θερμοκήπιο θερμαίνεται κυρίως επειδή το γυαλί περιορίζει την κυκλοφορία του αέρα.

Στην ατμόσφαιρα, ωστόσο, το φαινόμενο του θερμοκηπίου λειτουργεί μέσω ενός διαφορετικού μηχανισμού. Η ηλιακή ακτινοβολία διαπερνά την ατμόσφαιρα και

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

θερμαίνει την επιφάνεια της Γης. Η θερμαινόμενη επιφάνεια εκπέμπει στη συνέχεια υπέρυθρη ακτινοβολία. Τα αέρια του θερμοκηπίου (υδρατμοί, CO_2 , CH_4 και άλλα) απορροφούν μέρος αυτής της υπέρυθρης ακτινοβολίας και την εκπέμπουν εκ νέου προς όλες τις κατευθύνσεις. Μέρος της απορροφηθείσας ακτινοβολίας εκπέμπεται πίσω προς την επιφάνεια της Γης, αυξάνοντας τη θερμοκρασία της. Στο πείραμα, ένας από τους περιέκτες περιείχε υψηλότερη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο απορρόφησε μεγαλύτερο ποσοστό της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τη σκοτεινή επιφάνεια κάτω από αυτόν. Ως αποτέλεσμα, ο περιέκτης με το διοξείδιο του άνθρακα έφτασε σε υψηλότερη θερμοκρασία.

4. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου – φίλος ή απειλή;

Κάθε ομάδα προετοιμάζει μια σύντομη παρουσίαση, μια αφίσα, μια ιστορία ή ένα κόμικ που να απαντά στις ακόλουθες ερωτήσεις:

- Πώς λειτουργεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου;
- Γιατί είναι σημαντικό το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου;
- Γιατί μιλάμε πλέον για το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου;
- Τι μπορούμε να κάνουμε για να μειώσουμε τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου;

Αυτή η εργασία αναπτύσσει τις επιστημονικές γνώσεις, την κριτική σκέψη, την ανάλυση δεδομένων και τις δεξιότητες επιχειρηματολογίας, ενώ ενσωματώνει με φυσικό τρόπο τη φυσική, τη γεωγραφία, τη χημεία και την περιβαλλοντική εκπαίδευση.

Το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι απαραίτητο για τη ζωή στη Γη. Χωρίς αυτό, το μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας που εκπέμπεται από τη θερμαινόμενη επιφάνεια της Γης θα διαφεύγει στο διάστημα και η μέση θερμοκρασία της Γης θα ήταν περίπου -18°C . Επειδή τα αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα (κυρίως υδρατμοί, διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο και υποξείδιο του αζώτου) συγκρατούν

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

μέρος αυτής της θερμότητας, η μέση θερμοκρασία της Γης είναι περίπου $+15^{\circ}\text{C}$.

Το πρόβλημα είναι το ενισχυμένο φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο προκύπτει από τις αυξανόμενες συγκεντρώσεις αερίων του θερμοκηπίου που προκαλούνται από ανθρώπινες δραστηριότητες. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να συγκρατείται περισσότερη θερμότητα στην ατμόσφαιρα σε σύγκριση με τις φυσικές συνθήκες, οδηγώντας στην υπερθέρμανση του πλανήτη και στην κλιματική αλλαγή.

Προσβασιμότητα και ένταξη

Η δραστηριότητα προάγει τη συμμετοχή και τη συνεργασία όλων των μαθητών.

Η ένταξη μπορεί να ενισχυθεί περαιτέρω με:

- την ανάθεση ρόλων μέσα σε κάθε ομάδα (π.χ. υπεύθυνος μετρήσεων, υπεύθυνος καταγραφής, αναλυτής δεδομένων και παρουσιαστής),
- την προσαρμογή των φύλλων εργασίας των μαθητών (π.χ. προσθέτοντας εικόνες για να συνοδεύουν τη γραπτή περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας, αυξάνοντας το μέγεθος της γραμματοσειράς ή παρέχοντας περισσότερο χώρο για γραπτές απαντήσεις),
- επιτρέποντας στους μαθητές να επιλέξουν τη μορφή της τελικής εργασίας αξιολόγησης (π.χ. παρουσίαση, αφίσα, ηχογράφηση, ιστορία ή κόμικ),
- τη χρήση ψηφιακών αισθητήρων με αυτόματη καταγραφή δεδομένων,
- παροχή υποστήριξης από τον εκπαιδευτικό κατά την ερμηνεία των γραφημάτων.

Αναφορές

Harlen, W. (2015). *Working with Big Ideas of Science Education*. Πρόγραμμα Επιστημονικής Εκπαίδευσης του

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Βιβλιογραφία	IAP. ESA (2022) Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και οι συνέπειές του – Διερεύνηση της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Γραφείο Εκπαίδευσης της ESA. https://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/The_greenhouse_effect_and_its_consequences_-_Investigating_global_warming_Teach_with_space_G03?utm_source=chatgpt.com ESA (2022) Διερεύνηση των αερίων του θερμοκηπίου. Μίνι μελέτη περίπτωσης για τους «Ντετέκτιβς του Κλίματος». Γραφείο Εκπαίδευσης της ESA. Investigating_Greenhouse_Gases_Mini_Case_Study_for_Climate_Detectives.pdf
Αξιολόγηση	
Διαμορφωτική αξιολόγηση	Κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας, ο εκπαιδευτικός παρατηρεί: - τη διατύπωση υποθέσεων, - την ορθότητα της πειραματικής διαδικασίας, - τις πρακτικές ασφαλούς εργασίας, - τη συνεργασία εντός της ομάδας, - την ικανότητα των μαθητών να ερμηνεύουν τα αποτελέσματα, - την ικανότητα των μαθητών να διακρίνουν μεταξύ του μοντέλου και του πραγματικού φαινομένου, - τη σωστή χρήση των όρων «υπέρυθρη ακτινοβολία», «ατμόσφαιρα», «φαινόμενο του

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	θερμοκηπίου» και «αέρια του θερμοκηπίου». Ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιεί καθοδηγητικές ερωτήσεις όπως: - Τι μετρήσατε; - Επιβεβαιώθηκε η υπόθεσή σας; - Πώς εξηγείτε τη διαφορά στη θέρμανση των δύο δοχείων;
Συνολική αξιολόγηση (εάν ισχύει)	Μπορούν να αξιολογηθούν τα εξής: - η πληρότητα και η ακρίβεια του συμπληρωμένου φύλλου εργασίας του μαθητή, - η ορθότητα της γραφικής απεικόνισης των πειραματικών δεδομένων, - το συμπέρασμα και η ερμηνεία των πειραματικών αποτελεσμάτων, - η σύγκριση του φυσικού και του ενισχυμένου φαινομένου του θερμοκηπίου και η ικανότητα των μαθητών να αξιολογούν κριτικά το πειραματικό μοντέλο.
Αυτοαξιολόγηση των μαθητών	Στο τέλος του μαθήματος, οι μαθητές συμπληρώνουν μία από τις παρακάτω επιλογές: - Σήμερα κατάλαβα ότι... - Αυτό που με εξέπληξε περισσότερο ήταν... - Την επόμενη φορά θα ήθελα να... ή να εκφράσουν την αυτοαξιολόγησή τους χρησιμοποιώντας την ακόλουθη κλίμακα:

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	☐ Καταλαβαίνω απόλυτα. ☐ Καταλαβαίνω με λίγη βοήθεια. ☐ Χρειάζομαι περαιτέρω εξήγηση.
Ανατροφοδότηση από τους συμμαθητές	Κάθε ομάδα παρουσιάζει εν συντομία τα αποτελέσματά της. Οι υπόλοιποι μαθητές μπορούν να αξιολογήσουν: - τη σαφήνεια της εξήγησης, - την ορθότητα της ερμηνείας, - τη χρήση επιχειρημάτων που υποστηρίζονται από τα μετρημένα δεδομένα.
Τεκμηρίωση, αποδεικτικά στοιχεία και παρακολούθηση	
Αποδεικτικά στοιχεία που πρέπει να συλλεχθούν	- φύλλα εργασίας των μαθητών, - υποθέσεις των μαθητών, - πίνακες μετρήσεων, - γραφικές παραστάσεις των πειραματικών δεδομένων, - φωτογραφίες που τεκμηριώνουν το πείραμα, - τελικά αποτελέσματα των ομάδων.
Παρακολούθηση επιπτώσεων	Ο εκπαιδευτικός παρατηρεί εάν οι μαθητές: - κατανοούν τον μηχανισμό του φυσικού φαινομένου του θερμοκηπίου, - διακρίνουν μεταξύ του μοντέλου και της πραγματικής φυσικής διαδικασίας, - είναι σε θέση να εξηγήσουν τον ρόλο των αερίων του θερμοκηπίου, - χρησιμοποιούν επιστημονικά επιχειρήματα κατά τη

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	συζήτηση για την κλιματική αλλαγή.
Διάδοση	Τα αποτελέσματα μπορούν να παρουσιαστούν: - σε πίνακα ανακοινώσεων στην αίθουσα φυσικών επιστημών ή φυσικής, - στην ιστοσελίδα του σχολείου, - στο σχολικό περιοδικό, - κατά τη διάρκεια της Ημέρας της Γης ή μιας θεματικής ημέρας έργου.
Επόμενα βήματα	Η δραστηριότητα μπορεί να ακολουθηθεί από: - τη διερεύνηση της επίδρασης διαφορετικών συγκεντρώσεων CO₂, - τη διεξαγωγή πειράματος σχετικά με την απορρόφηση της υπέρυθρης ακτινοβολίας από διάφορα υλικά, - αναζήτηση πληροφοριών σχετικά με την ενεργειακή ισορροπία της Γης, - συζήτηση για τρόπους μείωσης των ανθρωπογενών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.
Ανασκόπηση του εκπαιδευτικού	
Μετά το μάθημα, ο εκπαιδευτικός αναστοχάζεται πάνω στις ακόλουθες ερωτήσεις: - Επιτεύχθηκαν οι μαθησιακοί στόχοι; - Ποια μέρη του πειράματος ήταν τα πιο δύσκολα για τους μαθητές; - Ήταν απαραίτητο να τροποποιηθεί η οργάνωση της δραστηριότητας; - Ποιες ερωτήσεις έθεσαν οι μαθητές; - Κατάλαβαν οι μαθητές τη διαφορά μεταξύ θερμοκηπίου και φαινομένου του	



Co-funded by
the European Union

Erasmus+
Enriching lives, opening minds.

AGENZIA NAZIONALE
ERASMUS+ **INDIRE**

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

θερμοκηπίου;

- Μπόρεσαν οι μαθητές να συσχετίσουν το πείραμα με την ενεργειακή ισορροπία της Γης;
- Ποιες έννοιες βρήκαν οι μαθητές πιο δύσκολες;

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Δραστηριότητα 4 - Οξίνιση του νερού: Διερεύνηση του τρόπου διάλυσης του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό και των επιπτώσεών του στα κελύφη ανθρακικού ασβεστίου των θαλάσσιων οργανισμών

Θέμα ή θέματα	<i>Χημεία</i> <i>Βιολογία</i> <i>Φυσική</i> <i>Περιβαλλοντική εκπαίδευση</i> <i>Μαθηματικά και Πληροφορική (επεξεργασία και οπτικοποίηση δεδομένων)</i>
Ηλικία/Επίπεδο	<i>12–16 ετών, κατώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση</i>
Απαιτούμενος χρόνος	<i>45 λεπτά + 15 λεπτά στο επόμενο μάθημα (με διάστημα τουλάχιστον 24 ωρών)</i>
Μαθησιακοί στόχοι	<i>Ο μαθητής είναι σε θέση να αναζητά πληροφορίες και να τις αξιολογεί κριτικά.</i> <i>Ο μαθητής είναι σε θέση να σχεδιάσει συνεργατικά ένα πείραμα που συγκρίνει την επίδραση της θερμοκρασίας του νερού στη διαλυτότητα του διοξειδίου του άνθρακα.</i> <i>Ο μαθητής είναι σε θέση να καταγράψει τα πειραματικά δεδομένα.</i> <i>Ο μαθητής είναι σε θέση να ερμηνεύσει τα πειραματικά αποτελέσματα.</i>

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	Ο μαθητής είναι σε θέση: - να αποδείξει πειραματικά και να εξηγήσει ότι το διοξείδιο του άνθρακα διαλύεται στο νερό, - να επαληθεύσει πειραματικά ότι η διαλυτότητα του CO₂ εξαρτάται από τη θερμοκρασία του νερού, - να εξηγήσει την έννοια της οξίνισης του νερού και να περιγράψει τις αιτίες και τις συνέπειές της, - να εξηγήσει ότι δύο αντίθετοι παράγοντες επηρεάζουν τη διάλυση του διοξειδίου του άνθρακα: η αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και η αύξηση της θερμοκρασίας.
Προαπαιτούμενες γνώσεις και δεξιότητες	Ο μαθητής: - κατανοεί τις έννοιες της θερμοκρασίας, του pH, των οξέων και των αλκαλίων (σε επίπεδο κατάλληλο για την ηλικία του), - μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα ψηφιακό θερμόμετρο, - μπορεί να προσδιορίσει το κατά προσέγγιση pH ενός διαλύματος χρησιμοποιώντας χαρτί δείκτη, - μπορεί να καταρτίσει έναν απλό πίνακα.
Υλικά, πόροι και περιβάλλον	Για κάθε ομάδα: - δύο πανομοιότυπα διαφανή δοχεία (π.χ. γυάλινα βάζα), - κρύο νερό (περίπου 10 °C) και ζεστό νερό (περίπου 40 °C), - δύο καλαμάκια,

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

- ένα ψηφιακό θερμόμετρο,
- τέσσερις ταινίες ένδειξης pH ή ένας αισθητήρας pH,
- ένα χρονόμετρο,
- ένα φύλλο εργασίας για τους μαθητές,
- ένα κινητό τηλέφωνο ή μια φωτογραφική μηχανή για την καταγραφή της αλλαγής χρώματος των ταινιών ένδειξης pH,
- δύο ψηφιακά ή υγρά θερμόμετρα που μπορούν να τοποθετηθούν μέσα στα διαφανή δοχεία,
- διαφανή πλαστική μεμβράνη,
- 100 ml ξύδι,
- μία κουταλιά της σούπας μαγειρική σόδα,
- ένα χρονόμετρο,
- προαιρετικά, ένας αισθητήρας CO₂,
- άμεσο ηλιακό φως ή μια λάμπα,
- ένα φύλλο εργασίας για τους μαθητές,
- ένα ποτήρι,
- ξύδι,
- ένα αυγό κότας, ένα κέλυφος σαλιγκαριού ή άλλο κέλυφος από ανθρακικό ασβέστιο.

Τάξη / εργαστήριο χημείας / εργαστήριο φυσικών επιστημών.

Περιγραφή δραστηριότητας**1. Κίνητρο και εισαγωγή στο πρόβλημα:**

Ο εκπαιδευτικός φέρνει δύο φιάλες ανθρακούχου μεταλλικού νερού της ίδιας μάρκας, τη μία καλά ψυγμένη και την άλλη σε θερμοκρασία δωματίου (ή θερμαινόμενη υπό την άμεση ηλιακή ακτινοβολία). Και οι δύο φιάλες ανοίγονται.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Οι μαθητές παρατηρούν ότι από το ζεστό μεταλλικό νερό διαφεύγουν σημαντικά περισσότερες φυσαλίδες.

Ο εκπαιδευτικός συντονίζει μια συζήτηση χωρίς να εξηγήσει αμέσως το φαινόμενο, αλλά χρησιμοποιώντας τις ιδέες των μαθητών για να διατυπώσει ερευνητικά ερωτήματα, για παράδειγμα:

- Ποιο μπουκάλι μεταλλικού νερού έβγαζε περισσότερες φυσαλίδες – το ζεστό ή το κρύο;
- Από τι αποτελούνται οι φυσαλίδες στο ανθρακούχο μεταλλικό νερό;
- Γιατί υπήρχαν περισσότερες φυσαλίδες στο ζεστό νερό; (Τα δύο μπουκάλια περιείχαν τον ίδιο τύπο μεταλλικού νερού και, επομένως, την ίδια συνολική ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα.)
- Σκεφτείτε την ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα που παρέμεινε διαλυμένη στο μεταλλικό νερό. Ήταν η ίδια στο ζεστό και στο κρύο μπουκάλι;

2. Πείραμα:

Οι μαθητές διατυπώνουν μια υπόθεση, για παράδειγμα: Στο κρύο νερό διαλύεται περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από ό,τι στο ζεστό.

Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των τριών ή τεσσάρων. Οι πιο έμπειροι μαθητές μπορούν να σχεδιάσουν τη διαδικασία του πειράματος και τον πίνακα δεδομένων ανεξάρτητα. Οι λιγότερο έμπειροι μαθητές μπορούν να ακολουθήσουν τη διαδικασία και να χρησιμοποιήσουν τον πίνακα που παρέχεται στο φύλλο εργασίας των μαθητών.

1. Ρίξτε ίσες ποσότητες νερού σε δύο δοχεία. Γεμίστε το ένα με ζεστό νερό και το άλλο με κρύο νερό.
2. Χρησιμοποιήστε έναν δείκτη pH για να προσδιορίσετε το κατά προσέγγιση pH του νερού και στα δύο δοχεία. (Τραβήξτε φωτογραφίες των ταινιών δείκτη.)
3. Φυσήξτε απαλά αέρα μέσα από καλαμάκια και στα δύο δοχεία για δύο λεπτά.
4. Χρησιμοποιήστε ξανά τον δείκτη pH για να προσδιορίσετε το κατά προσέγγιση τελικό pH του νερού και στα δύο δοχεία. (Τραβήξτε φωτογραφίες των ταινιών δείκτη.)

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

5. Καταγράψτε τα αποτελέσματα στον πίνακα.

3. Συζήτηση:

Σε ποιο δοχείο μεταβλήθηκε περισσότερο το pH – στο ζεστό νερό ή στο κρύο νερό;

Πώς εξηγείτε αυτό το φαινόμενο;

Ποια είναι η σχέση μεταξύ της θερμοκρασίας και της διαλυτότητας του CO₂;

Τι συμβαίνει στο διοξείδιο του άνθρακα αφού διαλυθεί στο νερό; Το διοξείδιο του άνθρακα αντιδρά με το νερό και σχηματίζει ανθρακικό οξύ, το οποίο διαχωρίζεται εν μέρει, παράγοντας ιόντα υδρογόνου. Ως αποτέλεσμα, το pH μειώνεται.

4. Αναζήτηση πληροφοριών:

Οι μαθητές μπορούν να αναζητήσουν πληροφορίες ατομικά ή σε ομάδες, είτε διαδικτυακά κατά τη διάρκεια του μαθήματος είτε ως εργασία για το σπίτι πριν από το επόμενο μάθημα. Ο εκπαιδευτικός μπορεί να καθοδηγήσει την εργασία τους χρησιμοποιώντας ερωτήσεις όπως:

- Βρείτε πληροφορίες σχετικά με τις μεταβολές της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.
- Πώς συμβάλλουν οι ανθρωπίνες δραστηριότητες σε αυτές τις αλλαγές;
- Ποιο ποσοστό του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα απορροφάται από τους ωκεανούς;
- Αναζητήστε πληροφορίες σχετικά με τις επιπτώσεις της αύξησης της θερμοκρασίας των ωκεανών και της ανόδου των συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα στην οξίνιση των ωκεανών.

5. Η επίδραση της οξίνισης του νερού στα κελύφη ανθρακικού ασβεστίου των θαλάσσιων οργανισμών – επίδειξη:

Τοποθετήστε ένα αυγό κότας (ή άλλο κέλυφος από ανθρακικό ασβέστιο) σε ένα ποτήρι και καλύψτε το με ξύδι, το οποίο είναι ένα υδατικό διάλυμα οξικού οξέος.

Παρατηρήστε μαζί με τους μαθητές την επίδραση του οξέος στο κέλυφος κατά τη διάρκεια του επόμενου μαθήματος (μετά από τουλάχιστον 24 ώρες).

Κατά τη συζήτηση των παρατηρήσεων, είναι σημαντικό να εξηγήσετε ότι το ξίδι περιέχει πολύ υψηλότερη συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου από το θαλασσινό νερό.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Επομένως, αυτή η επίδειξη αποτελεί απλώς ένα μοντέλο της επίδρασης της οξίνισης των ωκεανών στα κελύφη από ανθρακικό ασβέστιο των θαλάσσιων οργανισμών.

Προσβασιμότητα και ένταξη

Η δραστηριότητα προάγει τη συμμετοχή και τη συνεργασία όλων των μαθητών.

Η ένταξη μπορεί να ενισχυθεί περαιτέρω με:

- τη δημιουργία ετερογενών ομάδων και την ανάθεση ρόλων εντός κάθε ομάδας (π.χ. χρονομέτρης, μαθητής που φυσάει αέρα μέσω του καλαμακιού, καταγραφέας και αναλυτής δεδομένων),
- την προσαρμογή των φύλλων εργασίας των μαθητών (π.χ. προσθέτοντας εικόνες που συνοδεύουν τη γραπτή περιγραφή της πειραματικής διαδικασίας, αυξάνοντας το μέγεθος της γραμματοσειράς, παρέχοντας περισσότερο χώρο για γραπτές απαντήσεις ή συμπεριλαμβάνοντας ένα διάγραμμα των χημικών διεργασιών),
- επιτρέποντας στους χαρισματικούς μαθητές να αναζητούν πληροφορίες ανεξάρτητα, καθοδηγώντας τους μαθητές της γενικής εκπαίδευσης μέσω στοχευμένων ερωτήσεων και παρέχοντας στους μαθητές με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες έτοιμο ενημερωτικό υλικό.

Αναφορές / Βιβλιογραφία

Harlen, W. (2015). *Working with Big Ideas of Science Education*. Πρόγραμμα Επιστημονικής Εκπαίδευσης του IAP.

NOAA (χ.χ.) Εκπαίδευση και Ευαισθητοποίηση. Εθνική

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας - Πρόγραμμα Οξίνισης των Ωκεανών. https://oceanacidification.noaa.gov/ocean-acidification-education-outreach/ UNESCO (2021). Οξίνιση των Ωκεανών. Δεκαετία των Ηνωμένων Εθνών για τις Επιστήμες των Ωκεανών για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη (2021-2030). https://drive.google.com/file/d/1noc9E-oULdpBKTMBaogyn6LevjNee48DC/view
Αξιολόγηση	
Διαμορφωτική αξιολόγηση	Κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας, ο εκπαιδευτικός παρατηρεί: - τις ασφαλείς πρακτικές εργασίας, - τη συνεργασία εντός της ομάδας, - τη συλλογιστική των μαθητών κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων και τη χρήση της επιστημονικής ορολογίας. Ο εκπαιδευτικός χρησιμοποιεί καθοδηγητικές ερωτήσεις όπως: - Τι ανακαλύψατε; - Επιβεβαιώθηκαν οι προβλέψεις σας; - Πώς εξηγείτε τη διαφορά στη διαλυτότητα του διοξειδίου του άνθρακα σε ζεστό και κρύο νερό;
Συνολική αξιολόγηση	Μπορούν να αξιολογηθούν τα εξής:

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

(εάν ισχύει)	- η πληρότητα και η ακρίβεια του συμπληρωμένου φύλλου εργασίας του μαθητή, - το συμπέρασμα και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων του πειράματος.
Αυτοαξιολόγηση των μαθητών	Στο τέλος της δραστηριότητας, οι μαθητές συμπληρώνουν ένα σύντομο έντυπο αυτοαξιολόγησης, για παράδειγμα: Σήμερα μπορώ να εξηγήσω: ☐ γιατί μειώνεται το pH των ωκεανών, ☐ τι επηρεάζει τη διάλυση του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό, ☐ γιατί οι κοραλλιογενείς ύφαλοι απειλούνται.
Ανατροφοδότηση από τους συμμαθητές	Κάθε ομάδα παρουσιάζει εν συντομία τα αποτελέσματά της. Οι υπόλοιποι μαθητές μπορούν να αξιολογήσουν: - τη σαφήνεια της εξήγησης, - την ορθότητα της ερμηνείας, - τη χρήση επιχειρημάτων που υποστηρίζονται από τα δεδομένα των μετρήσεων.
Τεκμηρίωση, αποδεικτικά στοιχεία και παρακολούθηση	
Υλικό που πρέπει να συλλεχθεί	- φύλλα εργασίας των μαθητών, - υποθέσεις των μαθητών, - πίνακες μετρήσεων, - φωτογραφίες που τεκμηριώνουν το πείραμα, - τελικά αποτελέσματα των ομάδων.
Παρακολούθηση	Ο εκπαιδευτικός παρατηρεί εάν οι μαθητές:

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Επιπτώσεων	- χρησιμοποιούν σωστά την επιστημονική ορολογία (π.χ. pH, οξίνιση, διαλυτότητα και, όπου απαιτείται, μερική πίεση), - συνδέουν το πείραμα με φαινόμενα του πραγματικού κόσμου, - διατυπώνουν επιχειρήματα βασισμένα σε στοιχεία, - διακρίνουν μεταξύ του μοντέλου και της πραγματικής φυσικής διαδικασίας.
Διάδοση	Τα αποτελέσματα μπορούν να παρουσιαστούν: - σε πίνακα ανακοινώσεων στην αίθουσα φυσικών επιστημών ή φυσικής, - στην ιστοσελίδα του σχολείου, - στο σχολικό περιοδικό, - κατά τη διάρκεια της Ημέρας της Γης ή μιας θεματικής ημέρας έργου.
Επόμενα βήματα	Η δραστηριότητα μπορεί να ακολουθηθεί από: 1. την ανάλυση δεδομένων pH των ωκεανών από τη βάση δεδομένων του Copernicus, 2. συζήτηση για τρόπους μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα.
Ανασκόπηση του εκπαιδευτικού	
Μετά το μάθημα, ο εκπαιδευτικός αναστοχάζεται πάνω στις ακόλουθες ερωτήσεις: 1. Μπόρεσαν οι μαθητές να εξηγήσουν την αιτιώδη σχέση μεταξύ των εκπομπών CO₂ και της οξίνισης των ωκεανών; 2. Ήταν το πείραμα κατάλληλα απαιτητικό και ασφαλές;	



Co-funded by
the European Union

Erasmus+
Enriching lives, opening minds.

AGENZIA NAZIONALE
ERASMUS+ INDIRE

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

3. Είχαν όλοι οι μαθητές την ευκαιρία να συμμετάσχουν ενεργά;
4. Ποια μέρη της δραστηριότητας προκάλεσαν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον ή τις περισσότερες ερωτήσεις;
5. Πώς θα μπορούσε η δραστηριότητα να προσαρμοστεί ή να επεκταθεί για μελλοντική εφαρμογή;

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Δραστηριότητα 5 - Χάρτης θερμοκρασίας των περιχώρων του σχολείου / της πόλης**Θέμα ή θέματα**

Φυσική

Γεωγραφία

Περιβαλλοντική Εκπαίδευση

Διαθεματικές συνδέσεις: Πληροφορική (επεξεργασία και οπτικοποίηση δεδομένων), Μαθηματικά (στατιστική και γραφήματα)

Ηλικία/Επίπεδο

12 – 16 ετών (ISCED 2)

Απαιτούμενος χρόνος

Η δραστηριότητα μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε ως ένα μεγαλύτερο έργο είτε ως μια σειρά ανεξάρτητων εργασιών βασισμένων στην έρευνα.

Μάθημα 1 (45 λεπτά): Παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία της επιφάνειας και σχεδιασμός των μετρήσεων.

Μάθημα 2 (45–60 λεπτά): Μετρήσεις πεδίου.

Μάθημα 3 (45 λεπτά): Ανάλυση δεδομένων, δημιουργία χάρτη θερμοκρασίας και ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Μάθημα 4 (45 λεπτά): Διατύπωση συστάσεων και παρουσίαση των αποτελεσμάτων.

Μαθησιακοί στόχοι

Οι μαθητές κατανοούν ότι οι αποφάσεις και οι ενέργειές τους μπορούν να επηρεάσουν την κλιματική αλλαγή και τις επιπτώσεις της στην ποιότητα ζωής.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	Οι μαθητές είναι σε θέση να εξηγήσουν τη διαφορά μεταξύ της θερμοκρασίας του αέρα και της θερμοκρασίας της επιφάνειας ενός αντικειμένου και να κατανοήσουν πώς ο αέρας θερμαίνεται από την επιφάνεια της Γης. Οι μαθητές είναι σε θέση να προσδιορίσουν τους παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία της επιφάνειας (χρώμα, υλικό, αλβέδο, βλάστηση, σκιά και άνεμος) και να περιγράψουν τις επιδράσεις τους. Οι μαθητές είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν δεδομένα που συλλέχθηκαν πειραματικά για να προτείνουν πρακτικά μέτρα για τη μείωση της υπερθέρμανσης στον χώρο του σχολείου ή στη γύρω περιοχή. Οι μαθητές είναι σε θέση: - να χρησιμοποιούν με ασφάλεια ένα θερμόμετρο επαφής ή υπέρυθρο, - να συνεργάζονται με άλλους για να σχεδιάσουν ένα πείραμα και να προσδιορίσουν τις μεταβλητές που θα μετρηθούν, - να καταγράφουν και να αναλύουν πειραματικά δεδομένα, - να δημιουργήσουν έναν απλό χάρτη θερμοκρασίας της περιοχής γύρω από το σχολείο, - να ερμηνεύουν τα αποτελέσματα χρησιμοποιώντας επιστημονικά επιχειρήματα.
Προαπαιτούμενες γνώσεις και δεξιότητες	Ο μαθητής:

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	- κατανοεί την έννοια της θερμοκρασίας, - μπορεί να χρησιμοποιήσει ένα ψηφιακό ή υπέρυθρο θερμόμετρο, - κατανοεί τις έννοιες της αλβέδου και της θερμικής ακτινοβολίας (ή ο εκπαιδευτικός τις επαναλαμβάνει εν συντομία), - μπορεί να συνεργάζεται και να καταγράφει δεδομένα σε πίνακα.
Υλικά, πόροι και περιβάλλον	Για κάθε ομάδα: - ένα θερμόμετρο υπέρυθρων ή ένα ψηφιακό θερμόμετρο για τη μέτρηση της θερμοκρασίας του αέρα, - ένας χάρτης του σχολικού χώρου ή της γύρω περιοχής, - ένα φύλλο εργασίας για τους μαθητές, - ένα μολύβι, - προαιρετικά: μια μεζούρα ή ένα χάρακα (για τον προσδιορισμό των σημείων μέτρησης), ένα κινητό τηλέφωνο ή ένα tablet (για φωτογραφίες και τοποθεσία GPS) και/ή μια εφαρμογή μετρητή φωτός (μετρητής lux). Οι εγκαταστάσεις του σχολείου ή η γύρω περιοχή (π.χ. πάρκο, πλατεία ή οικιστική γειτονιά).
Συμμετοχή της κοινότητας/των ενδιαφερόμενων	Πιθανοί συνεργάτες περιλαμβάνουν: - την τοπική δημοτική αρχή,

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

μερών (προαιρετικά)

- προσωπικό του τμήματος περιβάλλοντος,
- οργανώσεις που ασχολούνται με την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή στις αστικές περιοχές.

Περιγραφή της δραστηριότητας

Ανάλογα με την προηγούμενη εμπειρία των μαθητών και τους επιδιωκόμενους μαθησιακούς στόχους, η δραστηριότητα μπορεί να λάβει τη μορφή μιας ανοιχτής πρόκλησης, μιας έρευνας που σχεδιάζουν οι μαθητές ή μιας δραστηριότητας διερεύνησης που σχεδιάζει ο εκπαιδευτικός. Ακολουθεί περιγραφή μιας σειράς εργασιών βασισμένων στη διερεύνηση, οι οποίες έχουν προγραμματιστεί από τον εκπαιδευτικό:

1. Τι επηρεάζει τη θερμοκρασία της επιφάνειας;

Μέσω της μεθόδου του «brainstorming», οι μαθητές καταρτίζουν έναν κατάλογο πιθανών παραγόντων που επηρεάζουν τη θερμοκρασία της επιφάνειας διαφόρων υλικών και αντικειμένων. Κάθε ομάδα διερευνά πειραματικά την επίδραση ενός επιλεγμένου παράγοντα.

Μεταξύ των αναμενόμενων παραγόντων περιλαμβάνονται: η θερμοκρασία του περιβάλλοντος (θερμοκρασία αέρα και εδάφους), η άμεση ηλιακή ακτινοβολία, το υψόμετρο, ο προσανατολισμός προς τις κύριες κατευθύνσεις, ο άνεμος, ο βαθμός κλειστότητας του χώρου (π.χ. το μικροκλίμα μιας αυλής), το χρώμα του αντικειμένου, η θερμοχωρητικότητα του υλικού και η θερμική αγωγιμότητά του.

Σχεδιασμός των μετρήσεων:

Οι μαθητές αποφασίζουν αν θα μετρήσουν τη θερμοκρασία της επιφάνειας των αντικειμένων ή τη θερμοκρασία του αέρα (και, αν μετρήσουν τη θερμοκρασία του αέρα, σε ποια απόσταση από το πλησιέστερο αντικείμενο). Καθορίζουν πού θα γίνουν οι μετρήσεις (π.χ. άσφαλτος, σκυρόδεμα, αμμοδοχείο, χαμηλό γρασίδι, ψηλό γρασίδι, φλοιός δέντρου, μεταλλικά κάγκελα, πρόσοψη κτιρίου ή επιφάνεια νερού), τότε θα γίνουν οι μετρήσεις (λαμβάνοντας υπόψη την ώρα της ημέρας, τις

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

τρέχουσες καιρικές συνθήκες και τον συγχρονισμό), αν θα μετρήσουν σε ένα μόνο χρονικό σημείο ή αν θα παρακολουθήσουν τις μεταβολές καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας, και πώς θα διασφαλίσουν ότι οι μετρήσεις θα είναι συγκρίσιμες.

Οι μαθητές συζητούν ερωτήματα όπως:

Είναι καλύτερο κάθε ομάδα να μετρήσει όλες τις τοποθεσίες τη μία μετά την άλλη, ή κάθε ομάδα να μετρήσει μια διαφορετική τοποθεσία ταυτόχρονα; Είναι χρήσιμο να γίνονται μετρήσεις τόσο στη σκιά όσο και υπό άμεσο ηλιακό φως; Πώς επηρεάζονται τα αποτελέσματα από τον άνεμο; Πώς επηρεάζονται τα αποτελέσματα από τη βλάστηση;

Οι πιο έμπειροι μαθητές δεν χρειάζεται να χρησιμοποιήσουν το έτοιμο φύλλο εργασίας κατά τη διάρκεια της έρευνας πεδίου. Σε αυτή την περίπτωση, ωστόσο, θα πρέπει να σχεδιάσουν τη δική τους μέθοδο για την καταγραφή των πειραματικών δεδομένων. Συνιστάται να καταγράψουν τα χαρακτηριστικά κάθε σημείου μέτρησης (τοποθεσία, τύπος επιφάνειας, αν βρισκόταν σε άμεσο ηλιακό φως ή στη σκιά), την ακριβή ώρα της μέτρησης, τη θερμοκρασία που μετρήθηκε και, αν είναι δυνατόν, μια φωτογραφία της τοποθεσίας.

2. Μετρήσεις πεδίου

Ο εκπαιδευτικός προετοιμάζει έναν χάρτη της περιοχής στην οποία οι μαθητές μπορούν να πραγματοποιήσουν την έρευνα (π.χ. ο χώρος του σχολείου, μια πλατεία της πόλης με πάρκο ή, για μεγαλύτερους μαθητές, η ευρύτερη περιοχή γύρω από το σχολείο ή διάφορα μέρη της πόλης).

Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των δύο ή τριών ατόμων και αναθέτουν ρόλους σε κάθε μέλος της ομάδας. Κάθε ομάδα συγκεντρώνει τον απαραίτητο εξοπλισμό (θερμόμετρο, μολύβι, φύλλο εργασίας και, όπου χρειάζεται, μεζούρα, κινητό τηλέφωνο ή tablet) και πραγματοποιεί τις μετρήσεις στο πεδίο.

3. Ανάλυση δεδομένων και δημιουργία πίνακα θερμοκρασιών

α) Οι μαθητές μοιράζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεών τους δημιουργώντας έναν συγκεντρωτικό πίνακα δεδομένων στον πίνακα ή σε ένα κοινόχρηστο ηλεκτρονικό έγγραφο.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Εάν διαφορετικές ομάδες καταλήξουν σε διαφορετικά αποτελέσματα για τις ίδιες θέσεις μέτρησης, θα πρέπει να συζητηθούν οι πιθανοί λόγοι για αυτές τις διαφορές.

b) Κάθε ομάδα αποφασίζει (ή της ανατίθεται από τον εκπαιδευτικό) πώς θα επεξεργαστούν τα πειραματικά δεδομένα. Μπορούν να δημιουργήσουν πίνακες, γραφήματα, χάρτες με χρωματική κωδικοποίηση ή ισοθερμικούς χάρτες.

Οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν εργαλεία όπως το Google My Maps, τα Google Sheets ή το Microsoft Excel για την επεξεργασία των δεδομένων.

c) Ερμηνεία δεδομένων (αξιολόγηση των αποτελεσμάτων σε σχέση με τις προσδοκίες που διατυπώθηκαν κατά τη διάρκεια της Δραστηριότητας 1, «Τι επηρεάζει τη θερμοκρασία της επιφάνειας;»).

Οι μαθητές μπορούν να συζητήσουν ερωτήσεις όπως:

- Ποια τοποθεσία ήταν η θερμότερη;
- Ποια τοποθεσία ήταν η πιο δροσερή;
- Γιατί;
- Ποιος ήταν ο ρόλος της βλάστησης;
- Ποια επίδραση είχε το χρώμα της επιφάνειας;
- Ο όρος «αστικό θερμικό νησί» χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις σταθερά υψηλότερες θερμοκρασίες που παρατηρούνται στις πόλεις και στις πυκνοκατοικημένες περιοχές σε σύγκριση με το περιβάλλον φυσικό τοπίο. Πώς θα εξηγούσατε αυτό το φαινόμενο; Τι προκαλεί τα αστικά θερμικά νησιά;

(Οι κύριες αιτίες περιλαμβάνουν την ανθρωπογενή θερμότητα που εκλύεται από τα μέσα μεταφοράς, τα κτίρια και τη βιομηχανία· τη χαμηλή ανακλαστικότητα (αλβέδο) των σκούρων αστικών επιφανειών, οι οποίες απορροφούν μεγάλο ποσοστό της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος και απελευθερώνουν την αποθηκευμένη ενέργεια ως θερμική ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος· τη σχετικά υψηλή θερμοχωρητικότητα του σκυροδέματος και της άσφαλτου, τα οποία

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

απελευθερώνουν τη θερμότητα που συσσωρεύεται κατά τη διάρκεια της ημέρας καθ' όλη τη διάρκεια της νύχτας· και την περιορισμένη ποσότητα βλάστησης, η οποία δροσίζει το περιβάλλον μέσω της εξάτμισης του νερού.)

4. Πρόταση τοπικών λύσεων και παρουσίαση των αποτελεσμάτων

Οι μαθητές σχηματίζουν νέες ομάδες των τεσσάρων ή πέντε ατόμων, έτσι ώστε κάθε νέα ομάδα να περιλαμβάνει μαθητές που συμμετείχαν σε διαφορετικές ομάδες κατά τη διάρκεια των προηγούμενων δραστηριοτήτων.

Ανάλογα με τους μαθησιακούς στόχους, μπορεί να ζητηθεί από τους μαθητές:

- a) να προτείνουν τουλάχιστον τρία μέτρα για τη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας και να παρουσιάσουν τις προτάσεις τους στην τάξη·
- b) να σχεδιάσουν και να οργανώσουν ένα συγκεκριμένο μέτρο για τη μείωση του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας και να παρουσιάσουν την πρότασή τους στους αρμόδιους φορείς (π.χ. στη διεύθυνση του σχολείου, στο δημοτικό συμβούλιο ή σε μια ένωση ιδιοκτητών).

Εάν κάποιο από τα προτεινόμενα μέτρα τεθεί σε εφαρμογή, οι Δραστηριότητες 2 (Μετρήσεις πεδίου) και 3 (Ανάλυση δεδομένων και δημιουργία χάρτη θερμοκρασίας) μπορούν να επαναληφθούν μετά από κάποιο χρονικό διάστημα, προκειμένου να αξιολογηθεί ο αντίκτυπος των αλλαγών που εφαρμόστηκαν.

Προσβασιμότητα και ένταξη

Η δραστηριότητα προάγει τη συμμετοχή όλων των μαθητών.

- Η ένταξη μπορεί να υποστηριχθεί, για παράδειγμα, με:
- την ανάθεση συγκεκριμένων ρόλων σε κάθε ομάδα (π.χ. υπεύθυνος μετρήσεων, υπεύθυνος καταγραφής, φωτογράφος ή παρουσιαστής),
- την προσαρμογή των φύλλων εργασίας των

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	μαθητών (π.χ. με την προσθήκη εικονογραφήσεων, λιστών ελέγχου εργασιών, την παροχή περισσότερου χώρου για γραπτές απαντήσεις ή την παροχή ηλεκτρονικής έκδοσης του φύλλου εργασίας), - επιτρέποντας στους μαθητές να δημιουργήσουν ένα podcast αντί να υποβάλουν γραπτές προτάσεις και αιτιολογήσεις στη Δραστηριότητα 4, «Προτάσεις τοπικών λύσεων».
Αναφορές Βιβλιογραφία	Harlen, W. (2015). <i>Working with Big Ideas of Science Education</i>. Πρόγραμμα Επιστημονικής Εκπαίδευσης του IAP. Teaching Green (χ.χ.) Πώς οι διαφορετικές επιφάνειες και τα υλικά δημιουργούν θερμικές νησίδες. Πρωτοβουλία Teaching Green. https://www.teachinggreen.eu/wp-content/uploads/modules/Hot_temperature_Janovce_Slovakia/res/index.html ESA (2020). Αστικά θερμά σημεία. Πρωτοβουλία της ESA για την Κλιματική Αλλαγή. https://climate.esa.int/media/documents/ESA_CCI_Education_Resources_Urban_Hotspots.pdf NASA (14 Δεκεμβρίου 2010). Αστικές θερμικές νησίδες. Παρατηρητήριο Γης της NASA. https://science.nasa.gov/earth/earth-observatory/urban-heat-islands-47704/
Αξιολόγηση	

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Διαμορφωτική αξιολόγηση	Ο εκπαιδευτικός παρατηρεί συνεχώς: - τον σχεδιασμό της έρευνας, - τη διατύπωση υποθέσεων, - η ακρίβεια των μετρήσεων, - τη συνεργασία εντός της ομάδας, - η ερμηνεία των δεδομένων, - η χρήση επιστημονικών επιχειρημάτων.
Συνολική αξιολόγηση (εάν ισχύει)	Μπορούν να αξιολογηθούν τα εξής: - ο χάρτης θερμοκρασίας, - η ομαδική παρουσίαση, - τα προτεινόμενα μέτρα προσαρμογής, - η ποιότητα της ερμηνείας των αποτελεσμάτων. Συνιστάται η χρήση ενός πίνακα αξιολόγησης που να συνάδει με τους συγκεκριμένους μαθησιακούς στόχους και τη μορφή των επιμέρους δραστηριοτήτων.
Αυτοαξιολόγηση των μαθητών	Στο τέλος κάθε δραστηριότητας (μαθήματος), οι μαθητές συμπληρώνουν τα εξής: 1. Σήμερα κατάλαβα ότι... 2. Αυτό που με εξέπληξε περισσότερο ήταν... 3. Την επόμενη φορά θα ήθελα να... 4. Συνέβαλα περισσότερο στην εργασία της ομάδας μου με... ή να αξιολογήσουν τον εαυτό τους χρησιμοποιώντας την ακόλουθη κλίμακα:

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	☐ Καταλαβαίνω απόλυτα. ☐ Καταλαβαίνω με λίγη βοήθεια. ☐ Χρειάζομαι περαιτέρω εξήγηση.
Ανατροφοδότηση από τους συμμαθητές	Μετά από κάθε ομαδική παρουσίαση, οι υπόλοιποι μαθητές παρέχουν ανατροφοδότηση συμπληρώνοντας τις ακόλουθες προτάσεις: 1. Μου άρεσε... 2. Θα ήθελα να μάθω... 3. Θα πρότεινα...
Τεκμηρίωση, αποδεικτικά στοιχεία και παρακολούθηση	
Στοιχεία που πρέπει να συλλεχθούν	1. φύλλα εργασίας των μαθητών, 2. φωτογραφίες που τεκμηριώνουν τις μετρήσεις, 3. πίνακες με τις καταγεγραμμένες μετρήσεις, 4. διαγράμματα, 5. χάρτες θερμοκρασίας, 6. παρουσιάσεις των αποτελεσμάτων, 7. παρουσιάσεις των προτεινόμενων μέτρων.
Παρακολούθηση επιπτώσεων	Καθ' όλη τη διάρκεια της σειράς δραστηριοτήτων, ο εκπαιδευτικός μπορεί να παρακολουθεί: 1. την κατανόηση των μαθητών σχετικά με τους παράγοντες που επηρεάζουν το μικροκλίμα, 2. την ικανότητά τους να σχεδιάσουν ένα πείραμα, 3. την ποιότητα των καταγεγραμμένων δεδομένων, 4. την ποιότητα της ερμηνείας των δεδομένων, 5. την ικανότητά τους να προτείνουν λύσεις βασισμένες

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	σε στοιχεία, 6. την ανάπτυξη περιβαλλοντικής ευθύνης.
Διάδοση	Τα αποτελέσματα (προτεινόμενα μέτρα για τον μετριασμό του φαινομένου της αστικής θερμικής νησίδας) μπορούν να παρουσιαστούν: - τη διοίκηση του σχολείου, - το μαθητικό συμβούλιο, - τους γονείς, - το τοπικό δημοτικό συμβούλιο.
Επόμενα βήματα	Πιθανές επεκτάσεις του έργου περιλαμβάνουν: 1. την επίδειξη της επίδρασης της βλάστησης (εξάτμιση) στη θερμοκρασία, 2. την επανάληψη των μετρήσεων σε διαφορετικές εποχές, 3. τη σύγκριση των θερμοκρασιών το πρωί και το απόγευμα, 4. την παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας των προτεινόμενων μέτρων, 5. τη δημιουργία μιας μακροπρόθεσμης βάσης δεδομένων μετρήσεων.
Σκέψεις του εκπαιδευτικού	
Επιτεύχθηκαν οι μαθησιακοί στόχοι; Μπόρεσαν οι μαθητές να σχεδιάσουν την έρευνα ανεξάρτητα; Ποιοι παράγοντες εξέπληξαν περισσότερο τους μαθητές;	

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Ήταν αποτελεσματική η οργάνωση των μετρήσεων στο πεδίο;

Μπόρεσαν οι μαθητές να συσχετίσουν τις φυσικές έννοιες με το πραγματικό περιβάλλον του σχολείου;

Οι προτεινόμενες ενέργειες των μαθητών υποστηρίζονταν από στοιχεία; Πώς θα μπορούσε να βελτιωθεί περαιτέρω η ποιότητα και το βάθος των προτεινόμενων λύσεών τους;

Δραστηριότητα 6 - Τήξη των παγετώνων

Θέμα ή θέματα

Φυσική

Γεωγραφία

Περιβαλλοντική εκπαίδευση

Χημεία

Ηλικία/Επίπεδο

12–16 ετών, κατώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση

Απαιτούμενος χρόνος

Η δραστηριότητα μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε ως ένα μεγαλύτερο έργο είτε ως μια σειρά ανεξάρτητων εργασιών βασισμένων στην έρευνα.

Η διάρκεια εξαρτάται από τον αριθμό των ερευνητικών εργασιών που περιλαμβάνονται και από το αν οι μαθητές σχεδιάζουν τις δικές τους πειραματικές διαδικασίες ή ακολουθούν ένα πρωτόκολλο που έχει σχεδιάσει ο εκπαιδευτικός.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	Μάθημα 1 (45 λεπτά): Πώς επηρεάζει η τήξη των παγετώνων τη στάθμη της θάλασσας; Σχεδιασμός πειράματος για τη διερεύνηση των επιπτώσεων του σχηματισμού και της τήξης των παγετώνων στην αλατότητα των ωκεανών και, εάν χρειαστεί, παρασκευή αλατούχου διαλύματος. Μάθημα 2 (45 λεπτά): Πείραμα: Πώς επηρεάζουν ο σχηματισμός και η τήξη των παγετώνων την αλατότητα των ωκεανών; Ανάλυση δεδομένων και επίδειξη της επίδρασης της τήξης των παγετώνων στα ωκεάνια ρεύματα. Πριν από τη δραστηριότητα, θα πρέπει να αφιερωθεί επαρκής χρόνος για την προετοιμασία του πάγου.
Μαθησιακοί στόχοι	Πριν από τη δραστηριότητα, πρέπει να προβλεφθεί επαρκής χρόνος για την προετοιμασία του πάγου. Οι μαθητές είναι σε θέση να: - να ανταποκρίνονται στις απόψεις των άλλων και να χρησιμοποιούν επιχειρήματα βασισμένα σε επιστημονικά στοιχεία κατά τη διάρκεια των συζητήσεων, - να σχεδιάζουν ένα πείραμα σε συνεργασία, - να καταγράφουν πειραματικά δεδομένα, - να ερμηνεύουν τα αποτελέσματα του πειράματος. Οι μαθητές είναι σε θέση να εφαρμόσουν τον νόμο του Αρχιμήδη για να εξηγήσουν την επίδραση της τήξης των πάγων στη στάθμη της θάλασσας. Είναι επίσης σε θέση να περιγράψουν και να εξηγήσουν τις πολύπλοκες

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	επιπτώσεις της τήξης των παγετώνων στα οικοσυστήματα.
Προηγούμενες γνώσεις και δεξιότητες	Οι μαθητές αναμένεται: - να κατανοούν τις στερεές, υγρές και αέρια καταστάσεις της ύλης, - να έχουν μια διαισθητική κατανόηση της διατήρησης της μάζας, - να μετρούν τον όγκο χρησιμοποιώντας έναν ογκομετρικό κύλινδρο, - να μετρούν τη μάζα χρησιμοποιώντας ψηφιακή ζυγαριά, - να μετρούν τη θερμοκρασία χρησιμοποιώντας θερμόμετρο υγρού σε γυάλινο σωλήνα ή/και ψηφιακό θερμόμετρο, - όπου είναι κατάλληλο, να υπολογίζουν την πυκνότητα ως λόγο μάζας προς όγκο και/ή να μετρούν την πυκνότητα ενός υγρού χρησιμοποιώντας υδρόμετρο (ανάλογα με την επιλεγμένη μορφή της έρευνας σχετικά με τις επιπτώσεις του σχηματισμού και της τήξης των παγετώνων στην αλατότητα των ωκεανών).
Υλικά, πόροι και περιβάλλον	Υλικά: Για την προετοιμασία του πάγου: νερό ή αλατούχο διάλυμα, πλαστικά ποτήρια, καταψύκτης Για την παρασκευή του αλατούχου διαλύματος: νερό, αλάτι, ψηφιακή ζυγαριά και μπουκάλι PET 1. Επίδραση της τήξης των παγετώνων στη στάθμη της

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

θάλασσας:

- δύο διαφανή ή ημιδιαφανή δοχεία,
- παγάκια,
- νερό της βρύσης,
- ένα λεπτό μαρκαδόρο μόνιμης μελάνης ή έγχρωμη κολλητική ταινία για τη σήμανση της αρχικής στάθμης του νερού,
- πλαστελίνη, πλαστικό πηλό, χώμα ή χαλίκι (για να αναπαραστήσει τη στεριά),
- προαιρετικά, ένας ογκομετρικός κύλινδρος.

2. Επίδραση του σχηματισμού και της τήξης των παγετώνων στην αλατότητα των ωκεανών:

- ένα αλατούχο διάλυμα (παρασκευασμένο από νερό, επιτραπέζιο αλάτι, μια ψηφιακή ζυγαριά και ένα μπουκάλι PET),
- μικρά πλαστικά δοχεία (π.χ. κυπελλάκια γιαουρτιού),
- ένα σταγονόμετρο ή μια σύριγγα,
- μια αδιάβροχη επιφάνεια (π.χ. ένα πλαστικό φύλλο),
- προαιρετικά, ένας ογκομετρικός κύλινδρος και ένα υδρόμετρο.

3. Επίδραση της τήξης των παγετώνων στα ωκεάνια ρεύματα:

- δύο πανομοιότυπα διαφανή δοχεία (π.χ. γυάλινα βάζα),
- κρύο νερό (περίπου 10 °C) και ζεστό νερό (περίπου 40 °C),
- ένα ψηφιακό θερμόμετρο,

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

- χαρτόνι ή σκληρό χαρτί,
- ένα δίσκο (για να προστατεύσει τον περιβάλλοντα χώρο από χυμένο νερό),
- ένα σφουγγάρι ή χαρτοπετσέτες (σε περίπτωση που χυθεί νερό),
- προαιρετικά, χρωστική τροφίμων.

Υλικά: κόμικ για την έννοια, φύλλα εργασίας για τους μαθητές.

Μαθησιακό περιβάλλον: αίθουσα διδασκαλίας / εργαστήριο φυσικής.

Περιγραφή δραστηριότητας

1. Πώς επηρεάζει η τήξη των παγετώνων τη στάθμη της θάλασσας;

Η δραστηριότητα ξεκινά με την αντλήση των υφιστάμενων αντιλήψεων των μαθητών. Αυτό μπορεί να γίνει είτε:

- μέσω μιας συζήτησης με όλη την τάξη που επικεντρώνεται στην ερώτηση:
Τι συμβαίνει στη στάθμη της θάλασσας όταν λιώνουν οι παγετώνες;
- χρησιμοποιώντας ένα ενημερωτικό κόμικ.

Για τους μαθητές που είναι ήδη εξοικειωμένοι με **το αρχή του Αρχιμήδη**, είναι σημαντικό να κατευθυνθεί η συζήτηση έτσι ώστε να το χρησιμοποιήσουν για να αιτιολογήσουν τις προβλέψεις τους σχετικά με την επίδραση της τήξης του επιπλέοντος θαλάσσιου πάγου στη στάθμη της θάλασσας.

Εάν οι μαθητές αναμένουν ότι η στάθμη της θάλασσας θα ανέβει ακόμη και όταν λιώσει ο πλωτός πάγος, ή εάν δεν είναι σίγουροι, ο εκπαιδευτικός τους ζητά να σχεδιάσουν ένα μοντέλο που να αναπαριστά τόσο τον πλωτό πάγο όσο και τον πάγο της ξηράς. Τα μοντέλα μπορούν στη συνέχεια να παρουσιαστούν είτε από τον εκπαιδευτικό είτε μέσω

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

ενός πειράματος με όλη την τάξη. Για παράδειγμα:

a) Μοντέλο τήξης του θαλάσσιου πάγου:

Γεμίστε ένα διαφανές δοχείο με νερό και τοποθετήστε μέσα του αρκετούς κύβους πάγου. Σημειώστε την αρχική στάθμη του νερού με ένα λεπτό μαρκαδόρο μόνιμης μελάνης ή με έγχρωμη κολλητική ταινία. Θα αλλάξει η στάθμη του νερού αφού λιώσει ο πάγος;

Η επίδειξη είναι πιο πειστική αν μέρος του επιπλέοντος πάγου προεξέχει αρχικά πάνω από την επιφάνεια του νερού και η στάθμη του νερού βρίσκεται κοντά στο χείλος του δοχείου. Αν ο επιπλέον πάγος δεν αγγίζει το χείλος του δοχείου, το νερό δεν θα ξεχειλίζει αφού λιώσει όλος ο πάγος. Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας ογκομετρικός κύλινδρος, καθώς η κλίμακα του καθιστά ευκολότερη την παρατήρηση των μεταβολών στη στάθμη του νερού.

b) Μοντέλο τήξης χερσαίου πάγου:

Δημιουργήστε ένα μοντέλο ξηράς μέσα σε ένα διαφανές δοχείο χρησιμοποιώντας χαλίκι, πλαστελίνη ή άλλο κατάλληλο στερεό αντικείμενο. Τοποθετήστε την ίδια ποσότητα πάγου που χρησιμοποιήσατε στο μέρος (α) πάνω στο μοντέλο της ξηράς. Σημειώστε την αρχική στάθμη του νερού με ένα λεπτό μαρκαδόρο μόνιμης μελάνης ή έγχρωμη κολλητική ταινία. Θα αλλάξει η στάθμη του νερού αφού λιώσει ο πάγος;

Σημείωση: Εάν οι μαθητές μπορούν να επιλέξουν από δοχεία διαφορετικών μεγεθών, ενθαρρύνετέ τους να εξετάσουν πώς η επιφάνεια του νερού και η ποσότητα του πάγου επηρεάζουν την ορατότητα της αναμενόμενης μεταβολής της στάθμης του νερού. Μπορείτε να θέσετε ερωτήσεις όπως: Ποιος όγκος νερού θα παραχθεί όταν λιώσει ο πάγος; Εάν αυτός ο όγκος απλωθεί σε ολόκληρη την επιφάνεια του δοχείου, πόσο παχύ θα είναι το στρώμα νερού που θα προκύψει;

2. Πώς επηρεάζουν ο σχηματισμός και η τήξη των παγετώνων την αλατότητα των ωκεανών;

Οι μαθητές συζητούν πρώτα το κεντρικό ερώτημα: «Μεταβάλλεται η αλατότητα των

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

ωκεανών όταν σχηματίζεται ή λιώνει ο θαλάσσιος πάγος;» Πιθανότατα θα προβλέψουν ότι η τήξη του χερσαίου πάγου μειώνει την αλατότητα των ωκεανών, επειδή το γλυκό νερό ρέει στη θάλασσα. Τι συμβαίνει όμως όταν λιώνει ο θαλάσσιος πάγος ή όταν σχηματίζεται από την κατάψυξη του θαλασσινού νερού; Είναι αλμυρός ο πάγος που σχηματίζεται από το ίδιο το θαλασσινό νερό;

Σχεδιασμός του πειράματος: Οι μαθητές εργάζονται σε ομάδες των δύο ή τριών ατόμων για να σχεδιάσουν ένα πείραμα που θα διερευνήσει την επίδραση του σχηματισμού και της τήξης των παγετώνων στην αλατότητα των ωκεανών. Οι λιγότερο έμπειροι μαθητές μπορούν να ακολουθήσουν τη διαδικασία που παρέχεται στο φύλλο εργασίας των μαθητών. Είναι σκόπιμο να συγκριθούν:

1. το νερό της βρύσης,
2. θαλασσινό νερό (ένα αλατούχο διάλυμα),
3. νερό που προέρχεται από την τήξη του παγωμένου μέρους του αλατούχου διαλύματος,
4. το μη παγωμένο τμήμα του αλατούχου διαλύματος.

Οι μαθητές μπορούν να προτείνουν μία από τις ακόλουθες μεθόδους για τη σύγκριση της αλατότητας:

- a) Σύγκριση της πυκνότητας που υπολογίζεται από τη μετρημένη μάζα και τον όγκο κάθε υγρού (ανάλογα με την ακρίβεια των οργάνων μέτρησης, οι διαφορές στην πυκνότητα μπορεί να είναι συγκρίσιμες με την αβεβαιότητα της μέτρησης)
- b) Σύγκριση της πυκνότητας που μετράται με τη χρήση κατάλληλου υδρόμετρου.
- c) Σύγκριση των υπολειμμάτων εξάτμισης που απομένουν μετά την εξάτμιση μιας μικρής ποσότητας από κάθε υγρό. Εάν τοποθετηθεί μόνο μία σταγόνα από κάθε διάλυμα πάνω σε ένα πλαστικό φύλλο κατά τη διάρκεια μιας ζεστής και ξηρής ημέρας, οι σταγόνες ενδέχεται να εξατμιστούν μέσα σε περίπου πέντε λεπτά.
- d) Ποιοτική σύγκριση της γεύσης (αλμυρότητας) των διαλυμάτων τοποθετώντας μία σταγόνα στη γλώσσα. Εάν χρησιμοποιηθεί αυτή η μέθοδος, πρέπει να τηρούνται αυστηρά τα μέτρα υγιεινής και να χρησιμοποιείται αποστειρωμένο

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

σταγονόμετρο ή αποστειρωμένη σύριγγα.

Εάν οι μαθητές έχουν πρόσβαση σε φυσικό θαλασσινό νερό, μπορούν να το χρησιμοποιήσουν στο πείραμα. Διαφορετικά, πρέπει να παρασκευαστεί ένα τεχνητό διάλυμα θαλασσινού νερού. Οι μαθητές μπορούν να αναζητήσουν πληροφορίες σχετικά με τη μέση αλατότητα μιας επιλεγμένης θάλασσας ή να χρησιμοποιήσουν την τιμή 3,5% που παρέχει ο εκπαιδευτικός, η οποία αντιστοιχεί περίπου στη μέση αλατότητα της Μεσογείου. Χρησιμοποιώντας νερό της βρύσης, επιτραπέζιο αλάτι, ψηφιακή ζυγαριά και ένα μπουκάλι PET, οι μαθητές μπορούν να παρασκευάσουν οι ίδιοι το αλατούχο διάλυμα. Εναλλακτικά, ο εκπαιδευτικός μπορεί να το παρασκευάσει για ολόκληρη την τάξη.

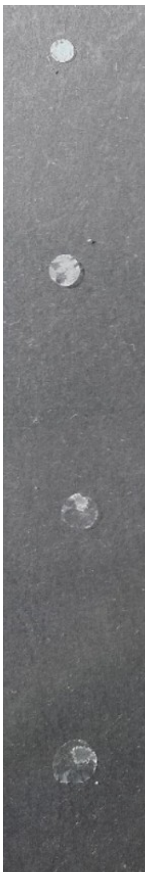
Πείραμα

Αρκετές ώρες πριν από το μάθημα (ο ακριβής χρόνος εξαρτάται από τις ρυθμίσεις του καταψύκτη), ο εκπαιδευτικός αφήνει μέρος του αλατούχου διαλύματος να παγώσει μερικώς. Ο χρόνος κατάψυξης και η πρόσβαση σε καταψύκτη πρέπει επομένως να προγραμματιστούν εκ των προτέρων. Εάν κάθε ομάδα μαθητών παρασκευάσει το δικό της αλατούχο διάλυμα, είναι χρήσιμο να το χωρίσετε σε δύο δοχεία. Το ένα δοχείο χρησιμεύει ως δείγμα αναφοράς, ενώ το άλλο παγώνει μερικώς. Για να ελαχιστοποιηθεί η εξάτμιση και να διευκολυνθεί ο χειρισμός, συνιστώνται δοχεία που κλείνουν αεροστεγώς. (Σημείωση: Εάν η θερμοκρασία του καταψύκτη μπορεί να ρυθμιστεί, η ρύθμισή της σε περίπου $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ και η περιστασιακή ανάδευση του διαλύματος θα παράγουν σχετικά καθαρό πάγο. Εάν ο καταψύκτης λειτουργεί σε πολύ χαμηλότερη θερμοκρασία (π.χ. $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$), θα σχηματιστεί κρυοϋδρίτη – ένα μείγμα κρυστάλλων πάγου και συμπυκνωμένου αλατούχου διαλύματος – καθιστώντας αδύνατη τον διαχωρισμό του πάγου από την υπόλοιπη άλμη.)

Για νεότερους ή λιγότερο έμπειρους μαθητές, συνιστάται η σύγκριση του μεγέθους των υπολειμμάτων εξάτμισης. Οι μεγαλύτεροι ή πιο έμπειροι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν διαφορετικές μεθόδους σύγκρισης, δημιουργώντας έτσι την ευκαιρία για μια πολύτιμη συζήτηση σχετικά με την ακρίβεια και τους περιορισμούς κάθε

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

μεθόδου.

			
Νερό της βρύσης	Αλατούχο διάλυμα	Λιωμένος πάγος που σχηματίστηκε από το αλατούχο διάλυμα	Μη παγωμένο τμήμα του αλατούχου διαλύματος

3. Επίδειξη της επίδρασης της τήξης των παγετώνων στα ωκεάνια ρεύματα

Ο εκπαιδευτικός γεμίζει μέχρι το χείλος δύο πανομοιότυπα διαφανή δοχεία (π.χ. γυάλινα βάζα), το ένα με κρύο νερό και το άλλο με ζεστό νερό. Για να γίνει πιο ορατή η διαφορά θερμοκρασίας, μπορεί να προστεθεί χρωστική τροφίμων – για παράδειγμα,

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

μπλε για το κρύο νερό και κόκκινο για το ζεστό νερό.

α) Ο εκπαιδευτικός καλύπτει το δοχείο με το ζεστό νερό χρησιμοποιώντας ένα κομμάτι σκληρού χαρτονιού, το αναποδογυρίζει προσεκτικά, κρατά για λίγο το χαρτόνι στη θέση του μέχρι να προσκολληθεί στο δοχείο και, στη συνέχεια, τοποθετεί το αναποδογυρισμένο δοχείο πάνω από το δοχείο που περιέχει κρύο νερό. Στη συνέχεια, αφαιρείται προσεκτικά το χαρτόνι που χωρίζει τα δύο δοχεία. Οι μαθητές παρατηρούν την επίδειξη και καταγράφουν ή σκιαγραφούν τις παρατηρήσεις τους.

β) Στη δεύτερη επίδειξη, η διάταξη αντιστρέφεται. Ο εκπαιδευτικός καλύπτει το δοχείο με κρύο νερό χρησιμοποιώντας ένα κομμάτι σκληρού χαρτονιού, το αναποδογυρίζει προσεκτικά, κρατά για λίγο το χαρτόνι στη θέση του μέχρι να προσκολληθεί στο δοχείο και, στη συνέχεια, τοποθετεί το αναποδογυρισμένο δοχείο πάνω από το δοχείο που περιέχει ζεστό νερό. Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός τραβά προσεκτικά το χαρτόνι ελαφρώς για να δημιουργήσει ένα στενό κενό κατά μήκος της εσωτερικής άκρης των δοχείων, επιτρέποντας στο ζεστό και στο κρύο νερό να έρθουν σε επαφή. Οι μαθητές παρατηρούν και πάλι την επίδειξη και καταγράφουν ή σκιαγραφούν τις παρατηρήσεις τους.

Η εργασία των μαθητών είναι να εξηγήσουν τις διαφορές που παρατήρησαν είτε

- a) ατομικά (γραπτώς ή καταγράφοντας ένα φωνητικό μήνυμα), είτε
- b) χρησιμοποιώντας τη στρατηγική «Σκέψου – Ζευγάρωσε – Μοιράσου». Οι μαθητές αρχικά σκέφτονται ατομικά την εξήγησή τους. Στη συνέχεια, εργάζονται σε ζεύγη για να διατυπώσουν μια κοινή εξήγηση. Σε μεγαλύτερες τάξεις, τα ζεύγη μπορούν να ενωθούν με ένα άλλο ζεύγος για να συγκρίνουν τις ιδέες τους και να συμφωνήσουν σε μια κοινή εξήγηση πριν την παρουσιάσουν σε ολόκληρη την τάξη. Τέλος, κάθε ομάδα παρουσιάζει την εξήγησή της στην τάξη.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Προσβασιμότητα και ένταξη	Οι μαθητές συνεργάζονται σε ομάδες και μπορούν να επιλέξουν έναν ρόλο εντός της ομάδας που ταιριάζει καλύτερα στα δυνατά τους σημεία. Η δραστηριότητα έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε οι μαθητές να μπορούν να πραγματοποιούν τόσο ποιοτικές όσο και ποσοτικές μετρήσεις, ανάλογα με τις ικανότητές τους. Η χρήση ενός γελοιογραφικού διαγράμματος ενθαρρύνει τους μαθητές να εκφράσουν τις ιδέες τους χωρίς φόβο και να συμμετάσχουν σε εποικοδομητική επιστημονική συζήτηση. Επίσης, τους βοηθά να εστιάζουν τυχόν κριτική στις θέσεις και τα υποστηρικτικά επιχειρήματα και όχι στο άτομο που τις παρουσιάζει. Η χρήση της στρατηγικής «Σκέψου – Ζευγάρωσε – Μοιράσου» δίνει στους μαθητές χρόνο να σκεφτούν και να διατυπώσουν τις δικές τους ιδέες και συμπεράσματα πριν τις συζητήσουν στο ασφαλές περιβάλλον μιας μικρής ομάδας και μόνο τότε να τις μοιραστούν με ολόκληρη την τάξη. Η ένταξη μπορεί να υποστηριχθεί περαιτέρω με την προσαρμογή των φύλλων εργασίας των μαθητών (π.χ. με την προσθήκη εικονογραφήσεων, λιστών ελέγχου εργασιών ή με την παροχή περισσότερου χώρου για γραπτές απαντήσεις).
Αναφορές Βιβλιογραφία	/ Harlen, W. (2015). <i>Working with Big Ideas of Science Education</i>. Πρόγραμμα Επιστημονικής Εκπαίδευσης του

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	IAP. UNESCO (2021) <i>Τήξη των παγετώνων και άνοδος της στάθμης της θάλασσας. Δεκαετία των Ηνωμένων Εθνών για την Επιστήμη των Ωκεανών για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη (2021-2030).</i> https://drive.google.com/file/d/1JDMirBE-h_6Hc0z8ul7ONljvrWwQBYXD/view ESA (2017) <i>Ο πάγος λιώνει. Γραφείο Εκπαίδευσης της ESA.</i> https://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/The_ice_is_melting_How_can_we_investigate_the_effects_of_melting_ice_Teach_with_space_PR13 UNESCO (2021) <i>Ωκεάνια ρεύματα. Δεκαετία των Ηνωμένων Εθνών για την Ωκεανογραφία και τη Βιώσιμη Ανάπτυξη (2021-2030).</i> https://drive.google.com/file/d/1iPIU8TON1_55ESAVzMW6YCnGNophX_ts/view UNESCO (2021) <i>Στρωματοποίηση των υδάτινων μαζών. Δεκαετία των Ηνωμένων Εθνών για τις Επιστήμες των Ωκεανών για τη Βιώσιμη Ανάπτυξη (2021-2030).</i> https://drive.google.com/file/d/1z1oZesO2qckQtJEGN9WXFdRujfWZKVn-/view
Αξιολόγηση	
Διαμορφωτική αξιολόγηση	Κατά τη διάρκεια της δραστηριότητας, ο εκπαιδευτικός παρέχει συνεχώς ανατροφοδότηση και ενθάρρυνση. Ο

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	εκπαιδευτικός παρατηρεί: - τον σχεδιασμό του πειράματος, - τη διατύπωση υποθέσεων, - τη συνεργασία εντός της ομάδας, - τη χρήση επιστημονικών επιχειρημάτων και της κατάλληλης επιστημονικής ορολογίας.
Συνολική αξιολόγηση (εάν ισχύει)	Μπορούν να αξιολογηθούν τα εξής: - η ποιότητα του πειραματικού σχεδιασμού που διερευνά τις επιπτώσεις του σχηματισμού και της τήξης των παγετώνων στην αλατότητα των ωκεανών, - η ομαδική παρουσίαση που εξηγεί την επίδειξη της επίδρασης της τήξης των παγετώνων στα ωκεάνια ρεύματα.
Αυτοαξιολόγηση των μαθητών	Στο τέλος του μαθήματος, οι μαθητές συμπληρώνουν τα εξής: - Σήμερα κατάλαβα ότι... - Αυτό που με εξέπληξε περισσότερο ήταν... - Την επόμενη φορά θα ήθελα να... ή να υποδείξουν την αυτοαξιολόγησή τους χρησιμοποιώντας την ακόλουθη κλίμακα: ☐ Καταλαβαίνω απόλυτα. ☐ Καταλαβαίνω με λίγη βοήθεια. ☐ Χρειάζομαι περαιτέρω εξήγηση.

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Ανατροφοδότηση από τους συμμαθητές	Όταν χρησιμοποιείται η στρατηγική «Σκέψου – Ζευγάρωσε – Μοιράσου», οι μαθητές παρέχουν φυσικά ο ένας στον άλλο ανατροφοδότηση που υποστηρίζει τη μάθηση.
Τεκμηρίωση, αποδεικτικά στοιχεία και παρακολούθηση	
Αποδεικτικά στοιχεία που πρέπει να συλλεχθούν	- φύλλα εργασίας των μαθητών, - μοντέλα των μαθητών που απεικονίζουν τις επιπτώσεις της τήξης των χερσαίων και θαλάσσιων πάγων στη στάθμη της θάλασσας, - πειραματικά σχέδια των μαθητών που διερευνούν τις επιπτώσεις του σχηματισμού και της τήξης των παγετώνων στην αλατότητα των ωκεανών, - πειραματικά δεδομένα: Εάν οι μαθητές προσδιορίσουν την πυκνότητα των διαλυμάτων, αναμένεται να επαναλάβουν τις μετρήσεις και να καταγράψουν όλα τα αποτελέσματα σε έναν πίνακα. Εάν οι μαθητές συγκρίνουν οπτικά τις συγκεντρώσεις αλατιού εξετάζοντας τα υπολείμματα εξάτμισης, αναμένεται να συγκρίνουν διάφορα υπολείμματα που προέρχονται από ίσους όγκους κάθε διαλύματος και να φωτογραφίσουν τα αποτελέσματα.
Παρακολούθηση επιπτώσεων	Καθ' όλη τη διάρκεια της σειράς δραστηριοτήτων, ο εκπαιδευτικός μπορεί να παρακολουθεί: - την κατανόηση των μαθητών σχετικά με τις πολύπλοκες συνέπειες της τήξης των παγετώνων (μπορεί να ζητηθεί από τους μαθητές πριν από τη

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	δραστηριότητα να καταγράψουν τις περιβαλλοντικές συνέπειες της τήξης των παγετώνων, και στη συνέχεια να συγκριθεί ο αριθμός και οι σχέσεις των επιπτώσεων που έχουν εντοπιστεί), - την ικανότητά τους να σχεδιάσουν ένα πείραμα, - την ποιότητα των καταγεγραμμένων δεδομένων, - την ποιότητα της ερμηνείας των πειραματικών δεδομένων, - την ποιότητα της εξήγησης της επίδειξης που απεικονίζει την επίδραση της τήξης των παγετώνων στα ωκεάνια ρεύματα.
Διάδοση	Τα αποτελέσματα μπορούν να παρουσιαστούν: - σε πίνακα ανακοινώσεων στην αίθουσα φυσικών επιστημών ή φυσικής, - στην ιστοσελίδα του σχολείου, - στο σχολικό περιοδικό, - κατά τη διάρκεια της Ημέρας της Γης ή μιας θεματικής ημέρας έργου.
Επόμενα βήματα	Οι δραστηριότητες μπορούν να επεκταθούν με: - τον προσδιορισμό του προφίλ θερμοκρασίας του νερού σε ένα δοχείο που περιέχει πάγο (χρησιμοποιώντας μια θερμική κάμερα ή μια σειρά ψηφιακών θερμομέτρων), - τη διερεύνηση των επιπτώσεων της τήξης των παγετώνων στη βιοποικιλότητα και στη ζωή των ανθρώπων που ζουν στις αρκτικές περιοχές, μέσω αναζήτησης πληροφοριών και ανασκόπησης της

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

	βιβλιογραφίας.
Σκέψεις του εκπαιδευτικού	
Επιτεύχθηκαν οι μαθησιακοί στόχοι; Ποιες ήταν οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών; Ποιες ερωτήσεις έθεσαν οι μαθητές; Μπόρεσαν οι μαθητές να σχεδιάσουν το πείραμα ανεξάρτητα; Ποιες συνέπειες της τήξης των παγετώνων εξέπληξαν περισσότερο τους μαθητές; Τι θα έπρεπε να τροποποιηθεί αν η δραστηριότητα υλοποιηθεί ξανά;	



Co-funded by
the European Union

Erasmus+
Enriching lives, opening minds.

AGENZIA NAZIONALE
ERASMUS+ **INDIRE**

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

Παραπομπές

- ESA. (06. 09 2013). *Reflecting on Earth's albedo*. Cit. 04. 05 2026. Dostupné na Internet: The European Space Agency:
https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Reflecting_on_Earth_s_albedo?utm_source=chatgpt.com
- ESA. (n.d.). *Expedition: Home. The Greenhouse effect and its Consequences*. Cit. 08. 06 2026. Dostupné na Internet: European Space Agency:
https://esamultimedia.esa.int/docs/edu/G03_The_greenhouse_effect_expedition_home.pdf
- FLIR. (21. 11 2021). *How Does Emissivity Affect Thermal Imaging?* Cit. 07. 04 2026. Dostupné na Internet: FLIR:
<https://www.flir.com/en-eu/discover/professional-tools/how-does-emissivity-affect-thermal-imaging/>
- Graham, J., Johnston, W. A., & Nicholson, F. J. (1992). *Ice in fisheries*. Aberdeen.
- Harlen, W. (2015). *Working with Big Ideas of Science Education*. Trieste: Science Education Programme (SEP) of IAP.
- Kennedy, T. J., & Sundberg, C. W. (2020). 21st Century Skills. In B. Akpan, & T. J. Kennedy, *Science Education in Theory and Practice*. Cham: Springer.
- Lindsay, R. (14. 01 2009). *Climate and Earth's Energy Budget*. Cit. 04. 05 2026. Dostupné na Internet: NASA Science: https://science.nasa.gov/earth/earth-observatory/climate-and-earths-energy-budget/?utm_source=chatgpt.com
- Main, P. (03. July 2026). *Inquiry-Based Learning: A Complete Guide*. Cit. 25. July 2026. Dostupné na Internet: Structural Learning: <https://www.structural-learning.com/post/a-teachers-guide-to-inquiry-based-learning>
- MetLink. (n.d.). *DIY Thermometer Screen*. (Royal Meteorological Society) Cit. 02. 05 2026. Dostupné na Internet: MetLink:
<https://www.metlink.org/experiment/diy-thermometer-screen/>
- MetLink. (n.d.). *Ocean Acidification Experiment*. Cit. 08. 06 2026. Dostupné na Internet: MetLink - Royal Meteorological Society:



Co-funded by
the European Union

Erasmus+
Enriching lives, opening minds.

AGENZIA NAZIONALE
ERASMUS+ INDIRE

Ενότητα 3: Πειράματα κλιματολογίας

<https://www.metlink.org/experiment/ocean-acidification-experiment/>
NASA. (05. 06 2023). *Slowdown of the Motion of the Ocean*. Cit. 08. 06 2026.
Dostupné na Internet: NASA Science: <https://science.nasa.gov/earth/earth-atmosphere/slowdown-of-the-motion-of-the-ocean/>
NASA. (23. 10 2024). *What is the Greenhous Effect*. Cit. 04. 05 2026. Dostupné na Internet: NASA Science: <https://science.nasa.gov/climate-change/faq/what-is-the-greenhouse-effect/>
NOAA. (n.d.). *What is Ocean Acidification?* (NOAA) Cit. 08. 06 2026. Dostupné na Internet: Ocean Acidification Program: <https://oceanacidification.noaa.gov/what-is-ocean-acidification/>
UCAR. (n.d.). *Albedo and Climate*. Cit. 04. 05 2026. Dostupné na Internet: UCAR Center for Science Education: https://scied.ucar.edu/learning-zone/how-climate-works/albedo-and-climate?utm_source=chatgpt.com
Villarroel, J. D., & Zuazagoitia, D. (2016). The phenomenon of brine rejection: a practical proposal for prospective primary teacher training. *Educación Química*, 27(3). doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.eq.2016.03.001>
[Global Trends of Acidity in Rainfall and Its Impact on Plants and Soil](https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s42729-022-01051-z.pdf)
<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s42729-022-01051-z.pdf>
<https://climate-adapt.eea.europa.eu/sk/metadata/indicators/ocean-ph-level>