Από τη λεβάντα στο μελάνι: Μάθηση μέσω μοντελοποίησης με αφορμή φαινόμενα διάχυσης

Δρ. Μάριος Παπαευριπίδου
Δρ. Κυριακή Βάκκου

4 Νοεμβρίου 2026

IPN | European University Cyprus | SOSCIEATH The Center of Excellence in Research & Innovation in Social Sciences, the Arts & Humanities | University of Cyprus | Radboud Universiteit | Utrecht University | UAB Universitat Autònoma de Barcelona | Co-funded by the European Union | Erasmus+ Enriching lives, opening minds.

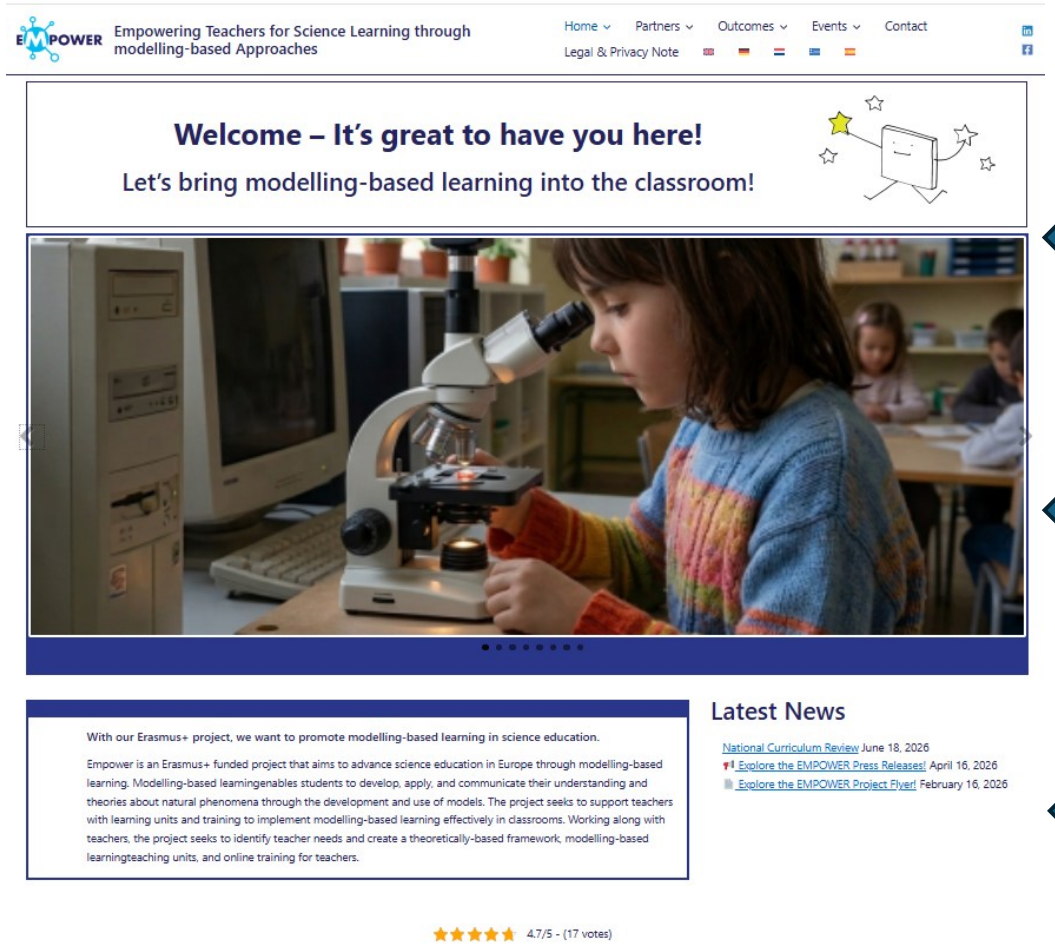
Έργο EMPOWER

Το έργο στοχεύει στην ενίσχυση της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών, παρέχοντας στους/στις εκπαιδευτικούς τις γνώσεις, τα εργαλεία και την κατάλληλη επιμόρφωση για την αποτελεσματική εφαρμογή της Μάθησης μέσω Μοντελοποίησης.

- Επιστημονικό και εννοιολογικό πλαίσιο
- Διδακτικό υλικό για εφαρμογή στην τάξη
- Επιμορφωτικό πρόγραμμα σε αυτοτελείς μαθησιακές ενότητες
- Ψηφιακοί μαθησιακοί πόροι

EMPOWER
Empowering Teachers for Science Learning
Through Modelling-Based Approaches

Ιστοσελίδα του έργου



- Υλικό που σχεδιάζεται στο πλαίσιο του έργου
- Δράσεις του έργου
- Τελευταία νέα από το έργο

EMPOWER
Empowering Teachers for Science Learning Through Modelling-Based Approaches

https://empower-modelling.eu/

Οι συμμετέχοντες οργανισμοί στο έργο



IPN

Utrecht University

Radboud Universiteit

UAB
Universitat Autònoma de Barcelona

University of Cyprus

European University Cyprus

EMPOWER
Empowering Teachers for Science Learning Through Modelling-Based Approaches

Δομή του έργου

Διαμόρφωση Εννοιολογικού Πλαισίου για τη Μάθηση μέσω Μοντελοποίησης (WP2)

- Διερεύνηση των αναγκών των εκπαιδευτικών (ομάδες εστίασης)
- Ανάλυση αναλυτικών προγραμμάτων
- Διεθνής βιβλιογραφική ανασκόπηση 2015-2025 (Αγγλικά, Ισπανικά, Γερμανικά)

Σχεδιασμός και Πιλοτική εφαρμογή της Μάθησης μέσω Μοντελοποίησης (WP3)

- Ηλικίες 5 – 15 ετών
- Διαφορετικές θεματικές των Φυσικών Επιστημών και προσεγγίσεις μοντελοποίησης
- Πιλοτική εφαρμογή σε διαφορετικές χώρες και μετάφραση σε όλες τις γλώσσες του έργου

Επέκταση της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών (WP4)

- Διαδικτυακό μάθημα με ενότητες αυτορυθμιζόμενης μάθησης
- Πρακτικά παραδείγματα για τον σχεδιασμό, τους εκπαιδευτικούς πόρους και την αλληλεπίδραση στην τάξη
- Ελεύθερη πρόσβαση και διασφάλιση της βιωσιμότητας για 5 χρόνια

EMPOWER
Empowering Teachers for Science Learning Through Modelling-Based Approaches

Ορισμός της Μάθησης μέσω Μοντελοποίησης

- Η Μάθηση μέσω Μοντελοποίησης είναι μια διδακτική και μαθησιακή προσέγγιση στο πλαίσιο της οποίας οι μαθητές/τριες εμπλέκονται σε διαδικασίες επιστημονικής μοντελοποίησης.

- Ο στόχος της Μάθησης μέσω Μοντελοποίησης περιλαμβάνει συνήθως δύο βασικές διαστάσεις: **την κατανόηση των υπό μελέτη φαινομένων** και **την ανάπτυξη ικανότητας μοντελοποίησης**.

Μαθησιακοί στόχοι της Μάθησης μέσω Μοντελοποίησης

Η Μάθηση μέσω Μοντελοποίησης υποστηρίζει δύο αλληλένδετους μαθησιακούς στόχους:

Κατανόηση του υπό μελέτη φαινομένου, δηλαδή ανάπτυξη γνώσεων σχετικά με το σύστημα ή τη διαδικασία που μοντελοποιείται.
Παράδειγμα: κατά τη μοντελοποίηση του ηλιακού συστήματος, οι μαθητές/τριες αναμένεται να κατανοήσουν την κίνηση των πλανητών.

Ανάπτυξη ικανότητας μοντελοποίησης, η οποία περιλαμβάνει:

- την ικανότητα εμπλοκής σε διαδικασίες επιστημονικής μοντελοποίησης,
- επιστημολογική γνώση για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση, δηλαδή κατανόηση της φύσης, των σκοπών, των λειτουργιών, των δυνατοτήτων και των περιορισμών των μοντέλων,
- μεταγνώση σχετικά με τη διαδικασία μοντελοποίησης.

Κύκλος της Μοντελοποίησης

- Η μοντελοποίηση είναι μια διαδικασία κατά την οποία οι μαθητές/τριες ξεκινούν από αρχικές ιδέες και αναπτύσσουν, αξιολογούν και αξιοποιούν μοντέλα. Η διαδικασία συχνά παρουσιάζεται ως κύκλος που περιλαμβάνει φάσεις όπως ο προσανατολισμός στο πρόβλημα, η συλλογή δεδομένων, η κατασκευή, αξιολόγηση, αναθεώρηση και σύγκριση μοντέλων, καθώς και η χρήση ή επικύρωσή τους.

- Στην πράξη, όμως, η διαδικασία δεν είναι γραμμική. Οι μαθητές/τριες μετακινούνται μεταξύ των φάσεων και επιστρέφουν σε προηγούμενα στάδια, βελτιώνοντας σταδιακά τόσο τα μοντέλα τους όσο και την κατανόηση του φαινομένου.

Κύκλος MbL

1. Προσανατολισμός/ Εισαγωγή στο πρόβλημα

2. Διερεύνηση του σχετικού φαινομένου/ Συλλογή δεδομένων

3. Κατασκευή μοντέλου

4. Αξιολόγηση μοντέλου

5. Αναθεώρηση μοντέλου

6. Σύγκριση μοντέλων

7. Χρήση/ Εφαρμογή/ Επικύρωση μοντέλου

Μεταγνώση σχετικά με τη διαδικασία μοντελοποίησης

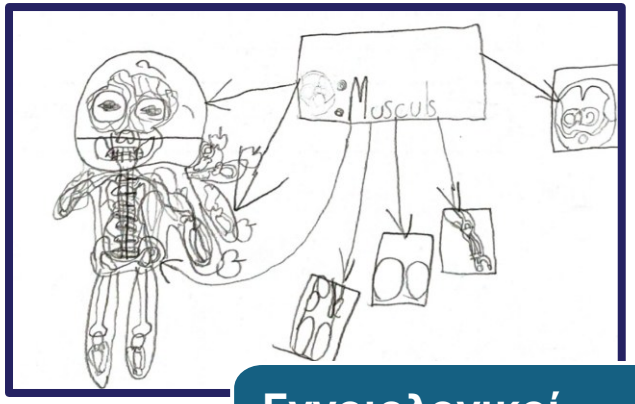
Επιστημολογική γνώση για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση

EMPOWER
Empowering Teachers for Science Learning Through Modelling-Based Approaches

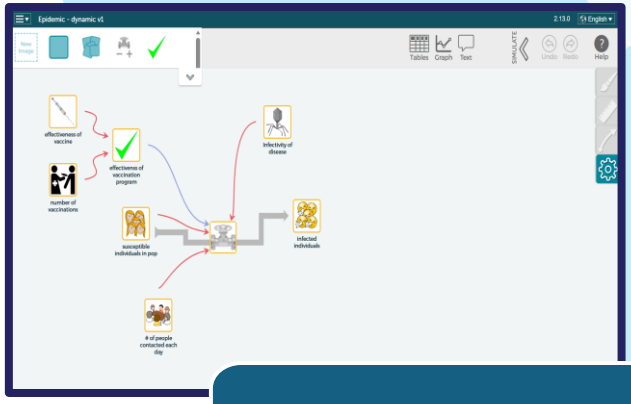
Διαφορετικά είδη μοντέλων



Ζωγραφιές και περιγραφές



Εννοιολογικοί χάρτες



Προσομοιώσεις



Διαγράμματα ροής/ Προγραμματισμός



Τρισδιάστατες κατασκευές



Θεατρικές αναπαραστάσεις

EMPOWER

Empowering Teachers for Science Learning Through Modelling-Based Approaches

Από τη λεβάντα στο μελάνι: Μάθηση μέσω μοντελοποίησης με αφορμή φαινόμενα διάχυσης



Διάχυση στα αέρια

Διάχυση στα υγρά

EMPOWER
Empowering Teachers for Science Learning
Through Modelling-Based Approaches

What is Diffusion?

From Access to Sustainability
A2S: unit 1

DRK-12 Grant
Proposal #P2010413

Berkeley
UNIVERSITY OF CALIFORNIA

TEACHERS COLLEGE
COLUMBIA UNIVERSITY

Massachusetts
Institute of
Technology

EMPOWER
Empowering Teachers for Science Learning
Through Modelling-Based Approaches

Από την παρατήρηση στη μηχανιστική εξήγηση

Φαινόμενο

Τι παρατηρούμε;

Αρχικό μοντέλο

Πώς το εξηγούμε;

Αξιολόγηση

Τι εξηγεί και τι όχι;

Αναθεώρηση

Τι αλλάζει και γιατί;

Δύο φαινόμενα, πολλές εξηγήσεις, διαδοχικές αναθεωρήσεις.



EMPOWER
Empowering Teachers for Science Learning
Through Modelling-Based Approaches

1 | Όταν η λεβάντα μυρίζει από μακριά

Ένα κομμάτι χαρτί με υγρό λεβάντας βρίσκεται σε μια πλευρά της αίθουσας.

Πώς γίνεται να αντιληφθούμε την οσμή, ενώ είμαστε μακριά;

Ενεργοποίηση ιδεών χωρίς άμεση παροχή επιστημονικής εξήγησης



Η αρχική δραστηριότητα: σχέδιο και εξήγηση

«Σχεδιάστε και εξηγήστε τι συνέβηκε με το υγρό της λεβάντας και μπορέσατε να το μυριστείτε...»

Έμφαση στο ΠΩΣ έφτασε το άρωμα της λεβάντας στη μύτη — στον μηχανισμό.

Παραγόμενο τεκμήριο

- Σχέδιο
- Γραπτή εξήγηση
- Δηλωμένος μηχανισμός



Ποια διαφορετικά είδη εξηγήσεων μπορεί να εμφανιστούν;

Τι μεταφέρεται;

Η οσμή, το υγρό, μικρά σωματίδια ή κάτι άλλο;



Με ποιον τρόπο;

Εξάπλωση, ρεύμα αέρα, συγκρούσεις ή «μεταφορά μαζί»;



Τι αλληλεπιδρά;

Λεβάντα – αέρας – περιβάλλον – μύτη.



Τι συμβαίνει στον χρόνο;

Σταδιακή εξάπλωση ή κατευθυνόμενη διαδρομή;

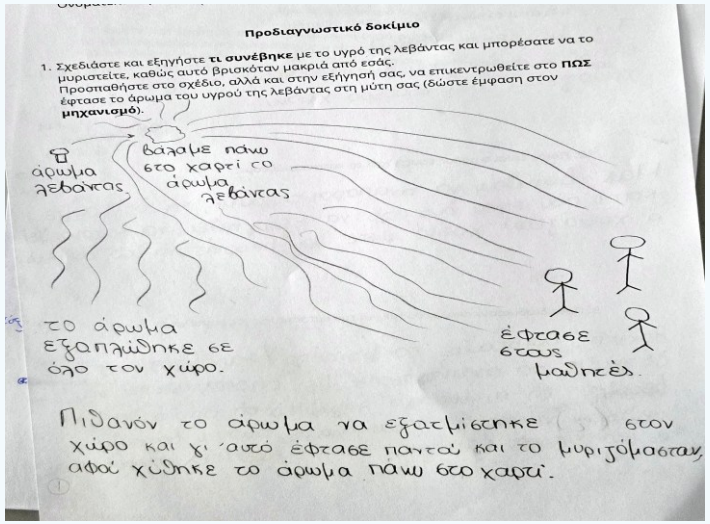


Δεν ταξινομούμε απλώς λέξεις. Αναζητούμε τον προτεινόμενο αιτιώδη μηχανισμό.

Αυθεντικά μοντέλα: Το κριτήριο της αναπαράστασης

ΜΟΝΤΕΛΟ 1

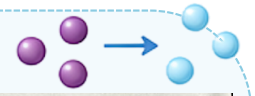


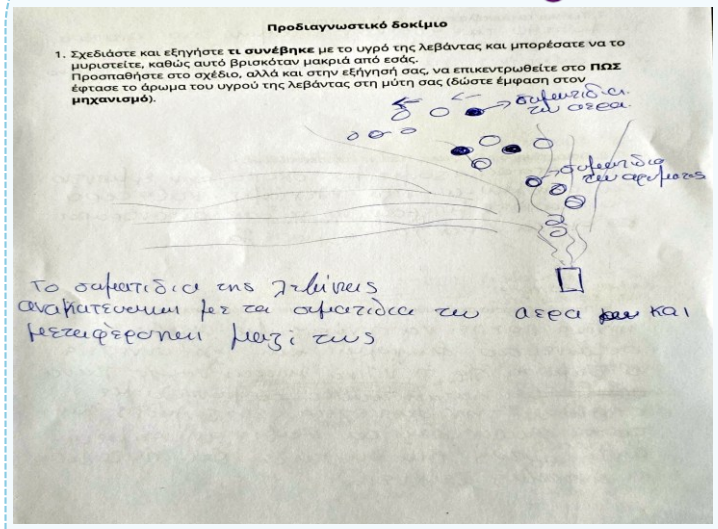


Αναπαράσταση

Εξάπλωση της μυρωδιάς στον χώρο χωρίς απεικόνιση σωματιδίων.

ΜΟΝΤΕΛΟ 2





Αναπαράσταση

Δύο είδη σωματιδίων, λεβάντας και αέρα, με διαφορετικά σύμβολα.

ΜΟΝΤΕΛΟ 3





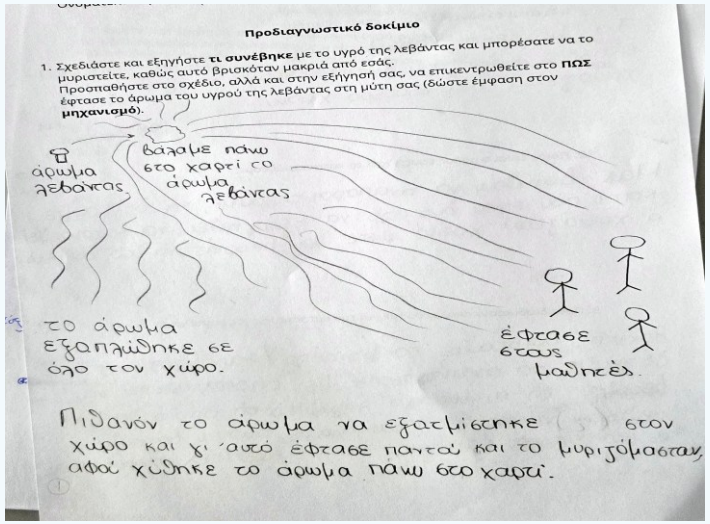
Αναπαράσταση

Διαδρομές της μυρωδιάς προς τους ανθρώπους, με αναφορά στον αέρα.

Τι καθιστά ορατό κάθε σχέδιο και τι δεν αναπαριστά;

Αυθεντικά μοντέλα: Η εξήγηση του μηχανισμού

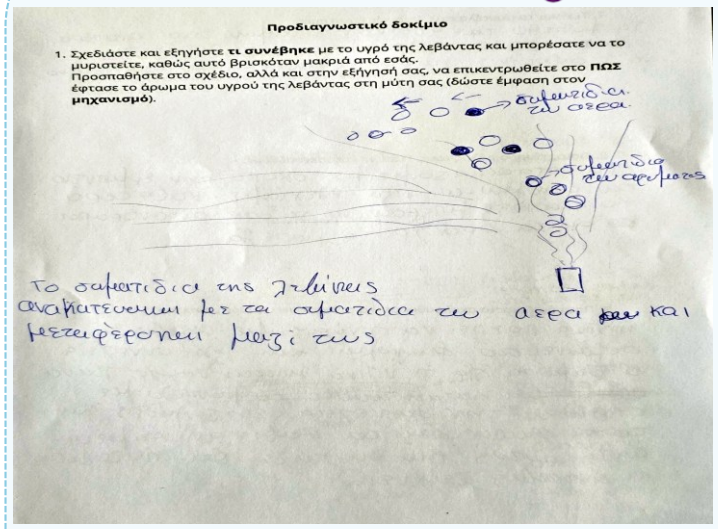
ΜΟΝΤΕΛΟ 1



Εξήγηση μηχανισμού

Η εξάτμιση εξηγεί την εξάπλωση, όχι όμως πώς μεταφέρεται η μυρωδιά.

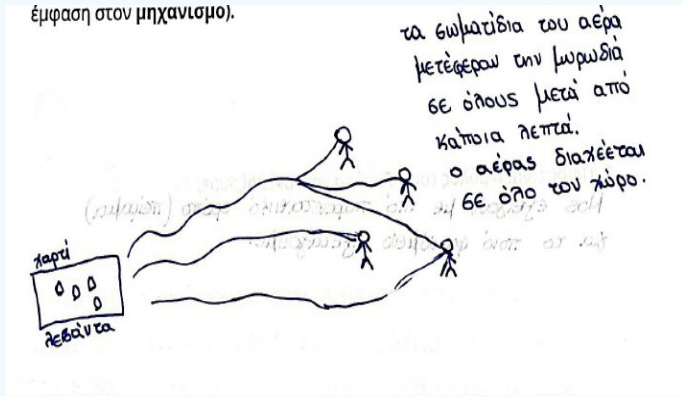
ΜΟΝΤΕΛΟ 2



Εξήγηση μηχανισμού

Τα σωματίδια αναμειγνύονται και «μεταφέρονται μαζί», χωρίς σαφή αλληλεπίδραση.

ΜΟΝΤΕΛΟ 3



Εξήγηση μηχανισμού

Ο αέρας μεταφέρει τη μυρωδιά, χωρίς να εξηγείται ο τρόπος μεταφοράς.

Τι προκύπτει; Η ποιότητα της αναπαράστασης και η επάρκεια της μηχανιστικής εξήγησης δεν ταυτίζονται.

Ένα μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιεί σωματίδια χωρίς να εξηγεί τις αλληλεπιδράσεις τους.

Αντίστοιχα, μπορεί να προτείνει έναν αιτιακό μηχανισμό χωρίς να αναπαριστά με σαφήνεια τις οντότητες που συμμετέχουν.

Επιπρόσθετα ερωτήματα (αρχική αξιολόγηση επιστημολογικής επάρκειας για τα μοντέλα και τη μοντελοποίηση)

Τι είναι το μοντέλο;

Πώς διαφέρει από το ίδιο το φαινόμενο;

Γιατί το κατασκευάζουμε;

Για περιγραφή, εξήγηση, πρόβλεψη, επικοινωνία;

Πώς το βελτιώνουμε;

Ποια στοιχεία θα μας οδηγούσαν σε αναθεώρηση;

Τα μοντέλα είναι εργαλεία σκέψης

EMPOWER
Empowering Teachers for Science Learning Through Modelling-Based Approaches

Πώς προχωράμε στη συνέχεια;

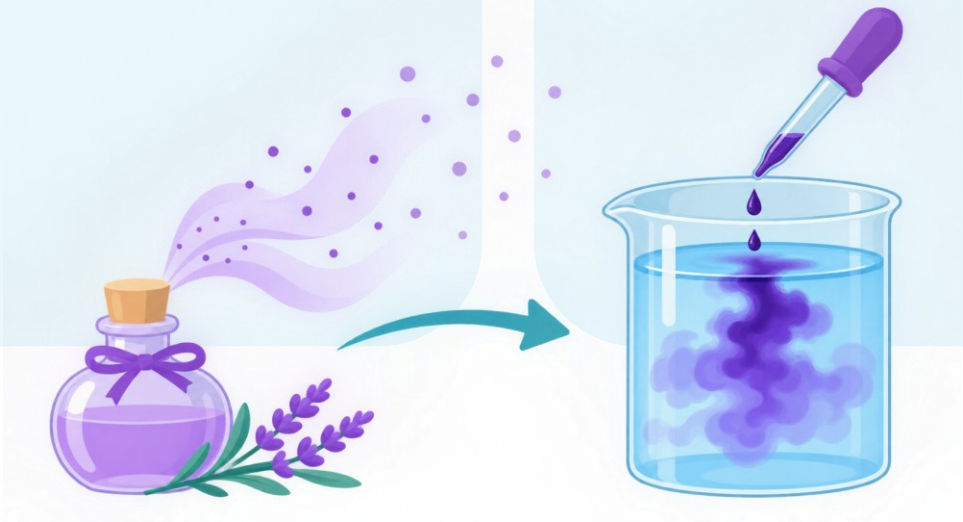
ΑΠΟ ΤΑ ΑΕΡΙΑ ΣΤΑ ΥΓΡΑ

ΛΕΒΑΝΤΑ - ΑΕΡΑΣ

Πώς φθάνει η οσμή σε εμάς;

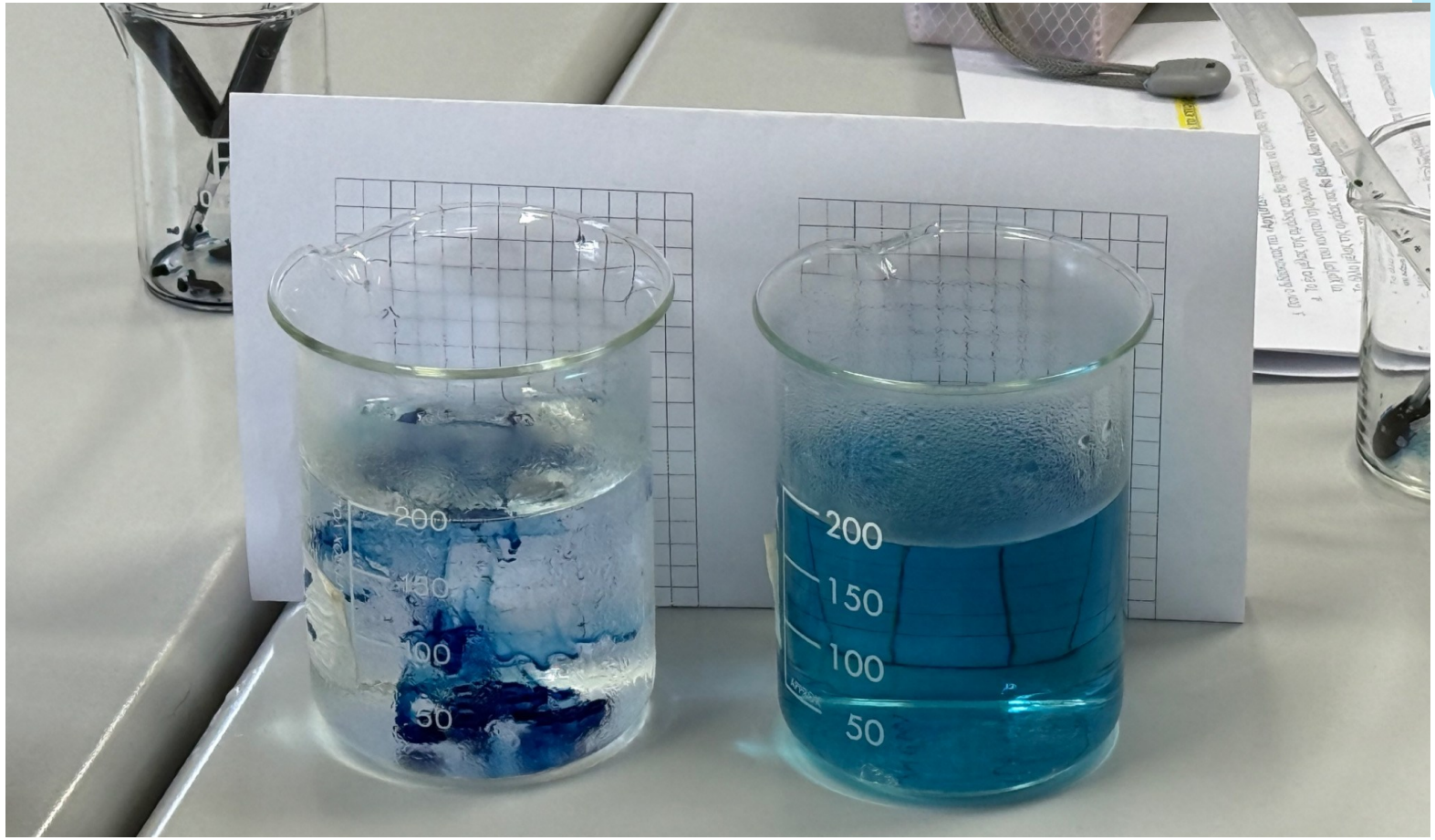
ΜΕΛΑΝΙ - ΝΕΡΟ

Πώς εξαπλώνεται το χρώμα μέσα στο νερό;



Τι θα μπορούσε να διατηρείται κοινό στους μηχανισμούς; Τι χρειάζεται επανεξέταση;

2 | Παρατηρούμε τη διάχυση του μελανιού



Δύο δοχεία

Δύο θερμοκρασίες

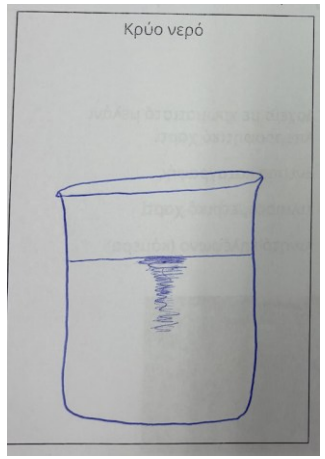
Ένα κοινό ερώτημα:

Πώς και γιατί εξαπλώνεται με αυτό τον τρόπο το μελάνι;

Πριν από το πείραμα: τι προβλέπουν;

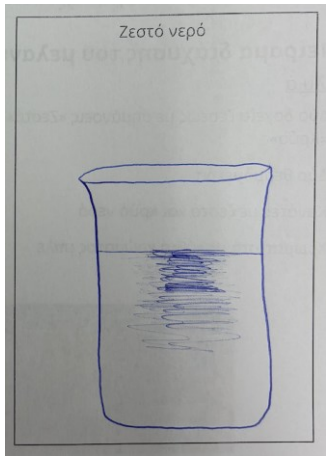
Κρύο νερό

Σχεδιάστε πώς αναμένετε να εξαπλωθεί το μελάνι.



Ζεστό νερό

Σχεδιάστε πώς αναμένετε να εξαπλωθεί το μελάνι.



Καταγράφουμε τις προβλέψεις προτού παρατηρήσουμε το φαινόμενο και προκύψουν τα πειραματικά δεδομένα.

Εκτέλεση πειράματος: ίδια διαδικασία, διαφορετική θερμοκρασία

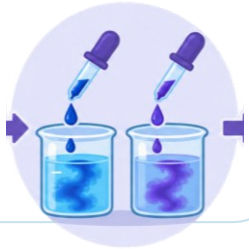
1. 200 mL νερού σε κάθε δοχείο και μέτρηση θερμοκρασίας



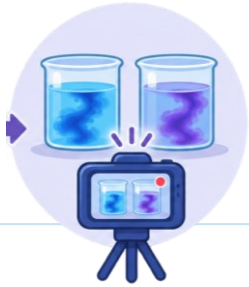
2. Αφαίρεση θερμομέτρων, 1 λεπτό ηρεμίας



3. Δύο σταγόνες μελανιού σε κάθε δοχείο



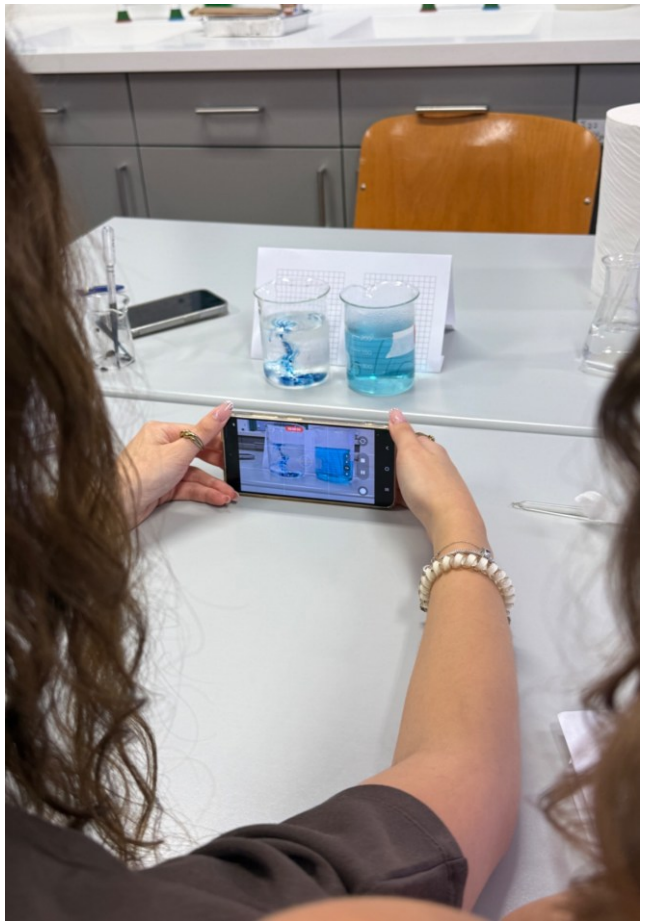
4. Βιντεοσκόπηση 2 λεπτών και δεύτερη δοκιμή



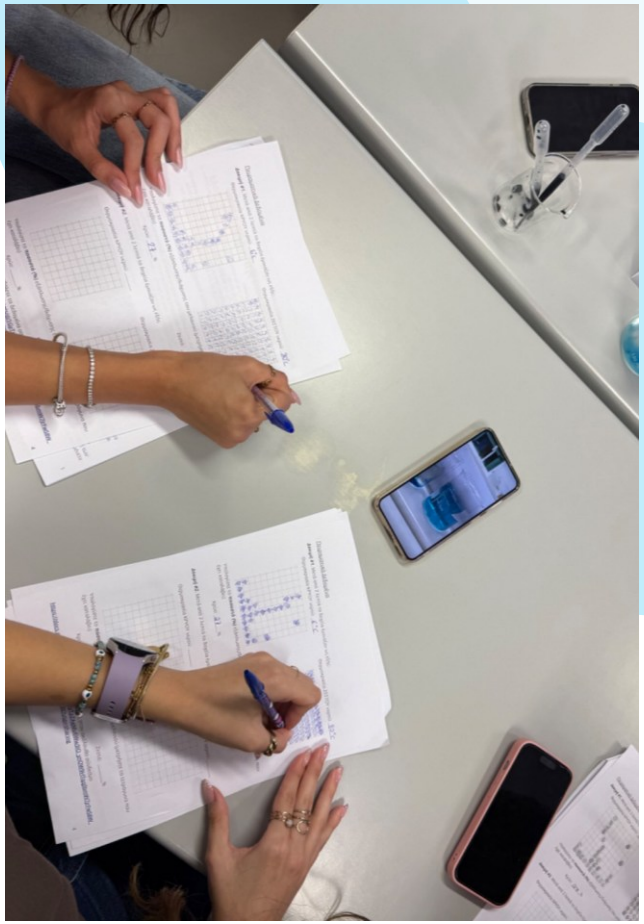
Η δραστηριότητα όπως εξελίσσεται στην τάξη



Προσθήκη σταγόνων

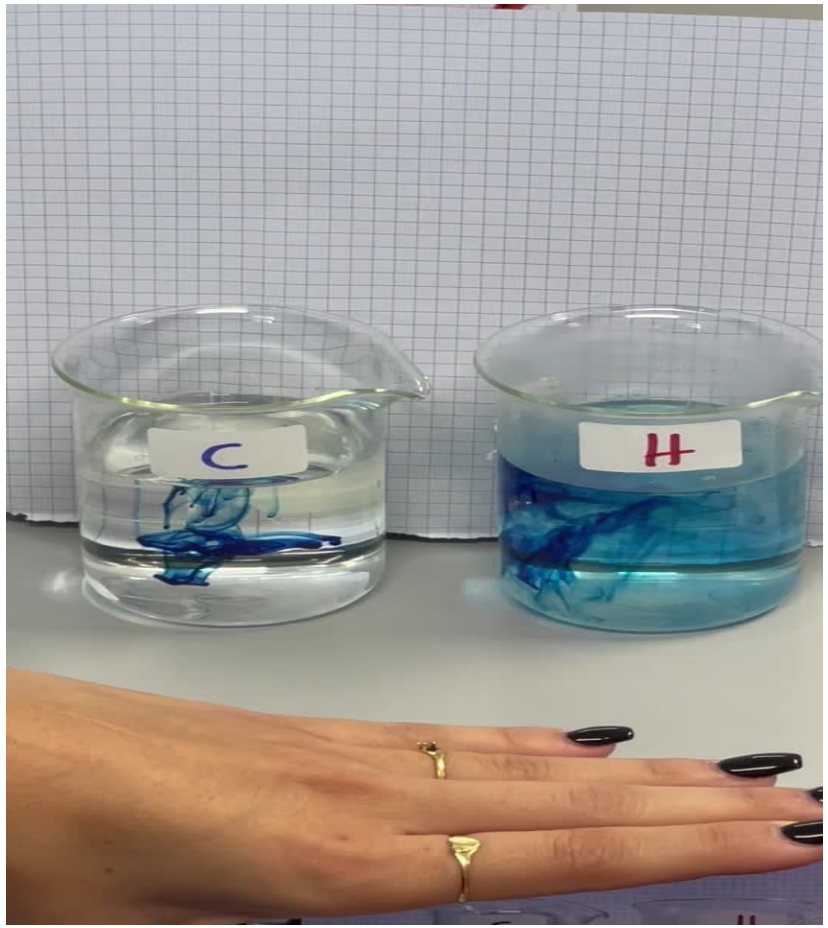


Βιντεοσκόπηση



Καταγραφή – συζήτηση

Παρακολουθήστε το πείραμα σε πραγματικό χρόνο



Ερωτήματα εστίασης

Πού εντοπίζετε μελάνι στα πρώτα δευτερόλεπτα;

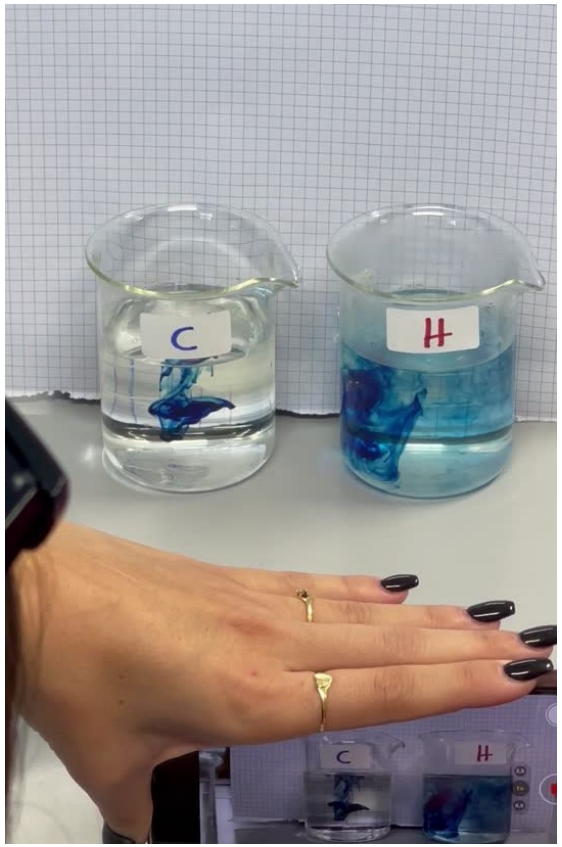
Πώς αλλάζει η περιοχή με χρώμα;

Ποια διαφορά διακρίνετε μεταξύ των δοχείων;

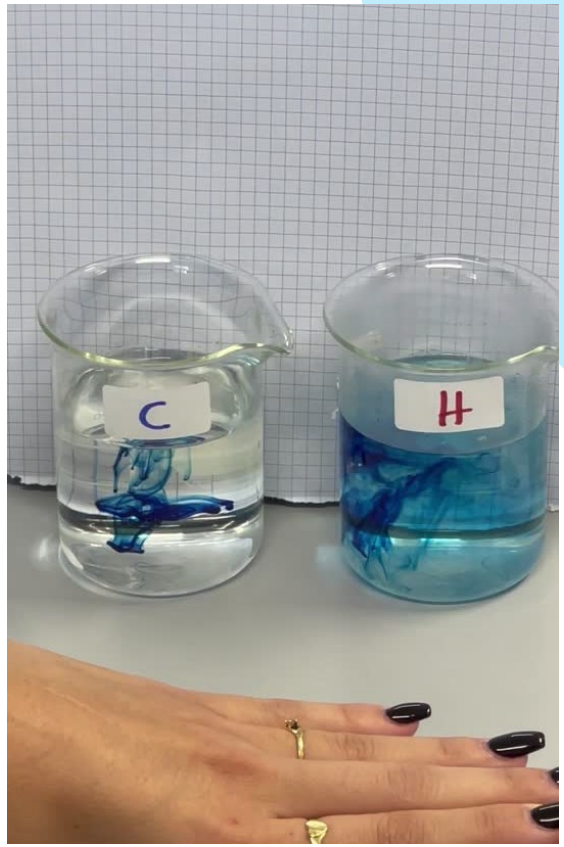
Τέσσερα στιγμιότυπα — ένα φαινόμενο που εξελίσσεται



~ 20 s



~ 24 s



~ 28 s



~ 40 s

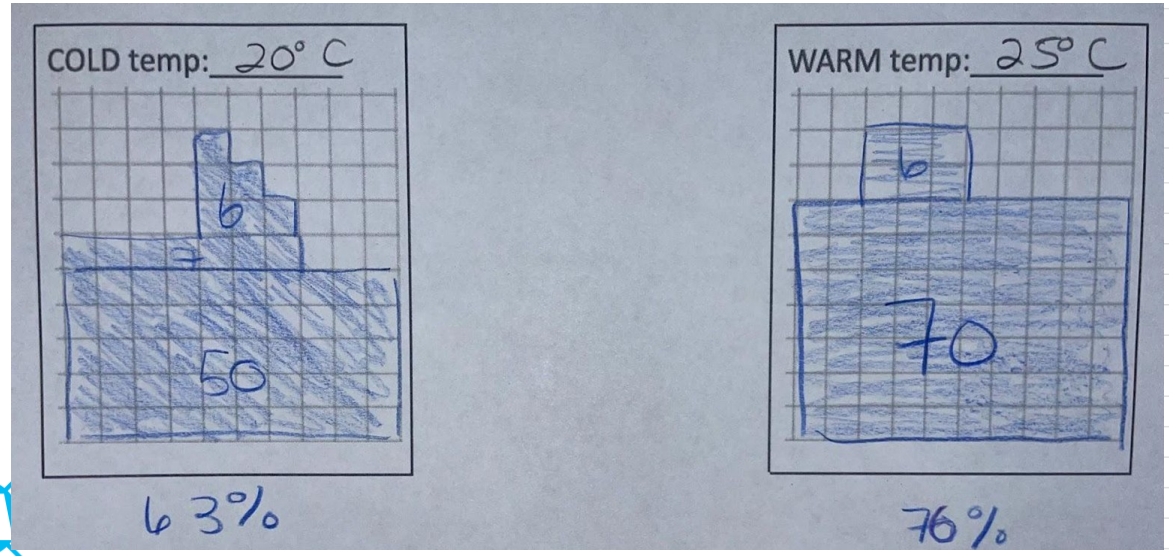
Πώς μετατρέπουμε την εικόνα σε μετρήσιμα δεδομένα;

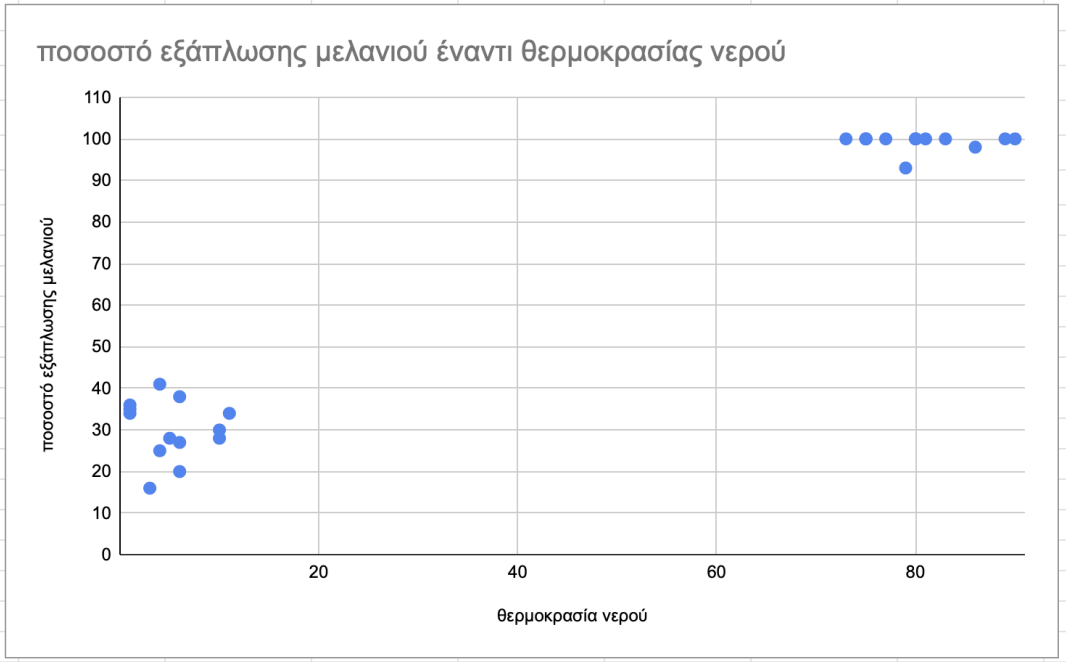
Από το βίντεο

Χιλιοστομετρικό χαρτί πίσω από το δοχείο, καταγραφή περιοχής στην οποία έχει εξαπλωθεί το μελάνι.

Από την καταγραφή

Εκτίμηση ποσοστού κάλυψης μετά από 2 λεπτά σε δύο δοκιμές.





Από τις παρατηρήσεις στην αναζήτηση εξηγήσεων

Παρατήρηση

Τι ακριβώς άλλαξε στο ζεστό και στο κρύο νερό;

Σύγκριση

Σε τι συμφωνούν / διαφέρουν οι προβλέψεις μας;

Ερμηνεία

Γιατί ίσως εμφανίστηκε αυτή η διαφορά;

Επανάληψη

Γιατί πραγματοποιήσαμε δύο δοκιμές;

Πώς το μελάνι εξαπλώθηκε στο νερό;

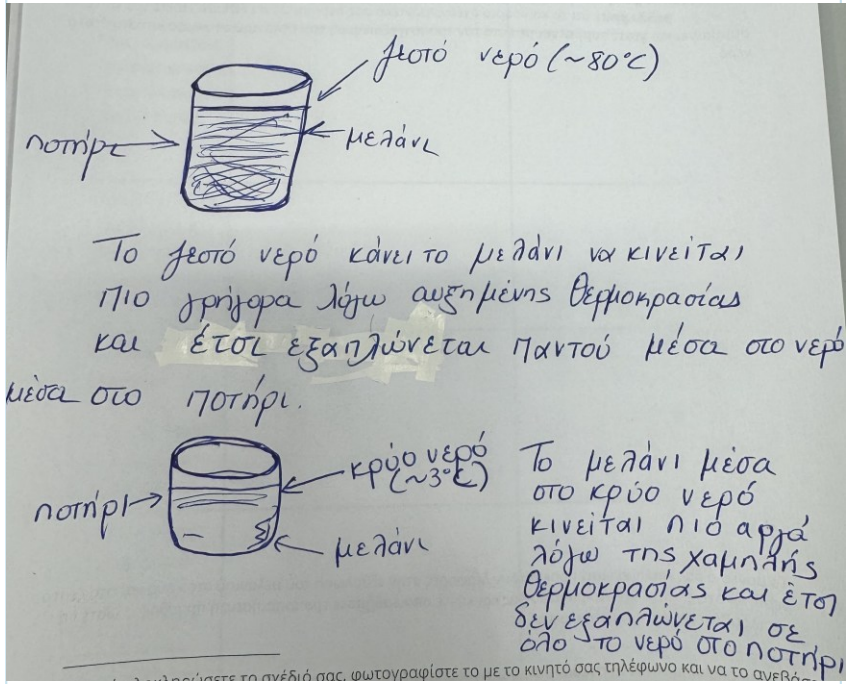
Δημιουργήστε ένα σχέδιο για να δείξετε τι συνέβηκε και έχει εξαπλωθεί το μελάνι στο νερό.

Δώστε έμφαση (κάντε zoom in) στο **τι συμβαίνει** και προκαλεί την κίνηση του μελανιού στο νερό.

Βεβαιωθείτε ότι θα βάλετε επεξηγήσεις (λεζάντες) στο σχέδιό σας, καθώς και βέλη ή οποιοδήποτε άλλο σύμβολο κρίνετε βοηθητικό για να επικοινωνήσετε καλύτερα τις ιδέες σας.

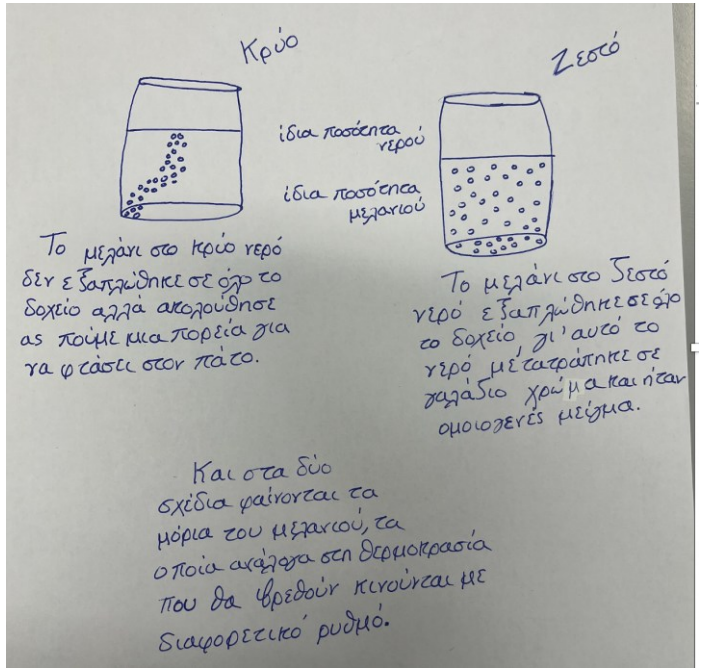
Αρχικά μοντέλα στο χαρτί: διαφορετικές αναπαραστάσεις

ΜΟΝΤΕΛΟ 1



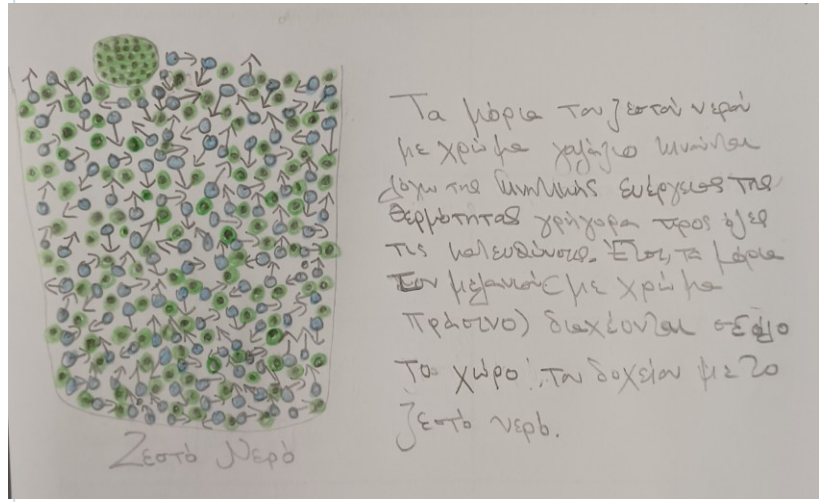
Μακροσκοπική αναπαράσταση

ΜΟΝΤΕΛΟ 2



Μακροσκοπική και μικροσκοπική αναπαράσταση

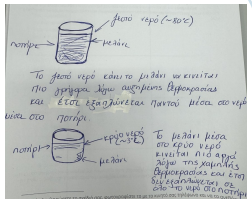
ΜΟΝΤΕΛΟ 3



Μικροσκοπική αναπαράσταση

Τι αναδεικνύει κάθε μοντέλο;

1 Μακροσκοπική



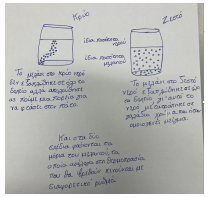
Τι δείχνει

Η κατανομή του χρώματος στο ζεστό και στο κρύο νερό.

Τι μένει αδιευκρίνιστο

Ποια σωματίδια κινούνται και πώς προκαλείται η εξάπλωση;

2 Μικτή



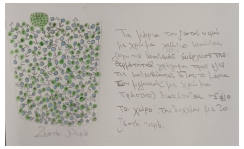
Τι δείχνει

Τα δύο δοχεία και τελείες που δηλώνουν μόρια μελανιού.

Τι μένει αδιευκρίνιστο

Πού είναι τα μόρια του νερού και πώς αλληλεπιδρούν;

3 Μικροσκοπική



Τι δείχνει

Μόρια νερού και μελανιού, με διαφορετικά χρώματα και βέλη κίνησης.

Τι μένει αδιευκρίνιστο

Τι συμβαίνει όταν συναντώνται τα δύο είδη σωματιδίων;

Αρκεί η παρουσία σωματιδίων για μια μηχανιστική εξήγηση;

Τι αναδύεται από τα σχέδια;

Οντότητες

Τι παριστάνουν οι τελείες, οι γραμμές και τα χρώματα;

Δράσεις

Ποια αντικείμενα "κινούνται"; Με ποιον κανόνα;

Αλληλεπιδράσεις

Υπάρχουν επαφές, συγκρούσεις, επικολλήσεις, διεισδύσεις ή μεταφορά;

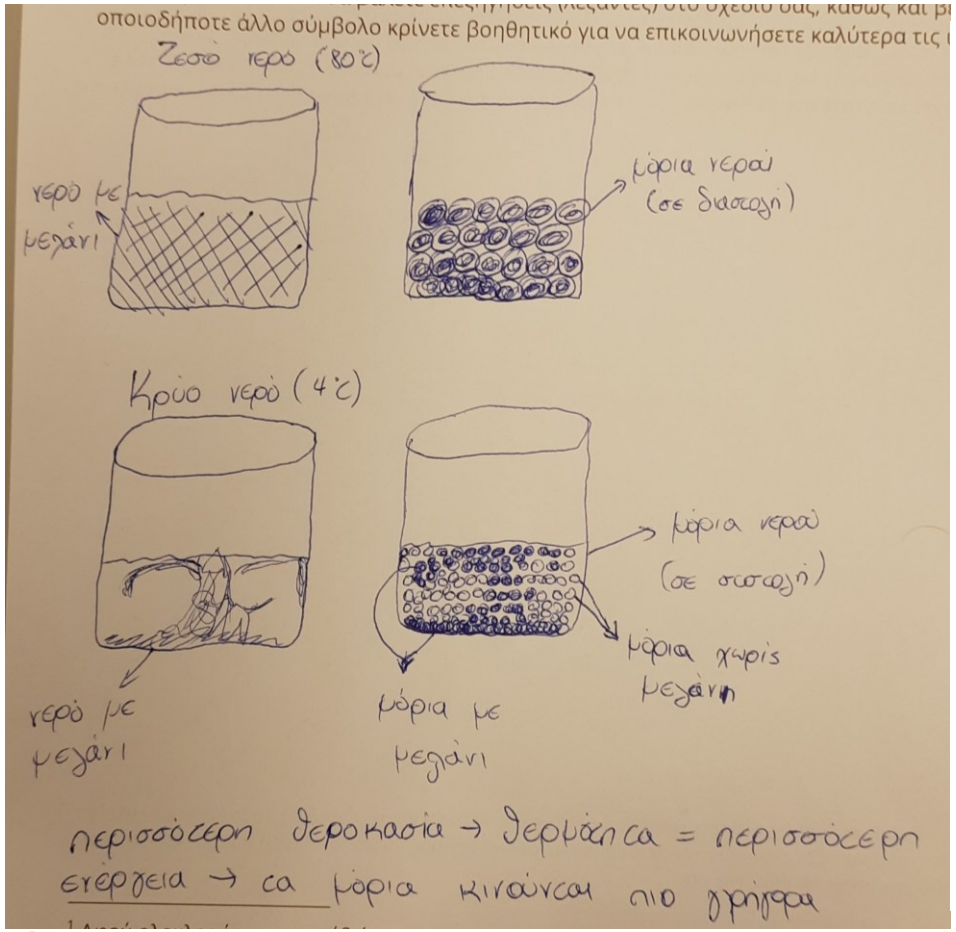
Συνθήκες

Πώς επηρεάζει η θερμοκρασία τον κανόνα;

Ένα λεπτομερές σχέδιο δεν ισοδυναμεί αυτομάτως με μια τεκμηριωμένη εξήγηση.

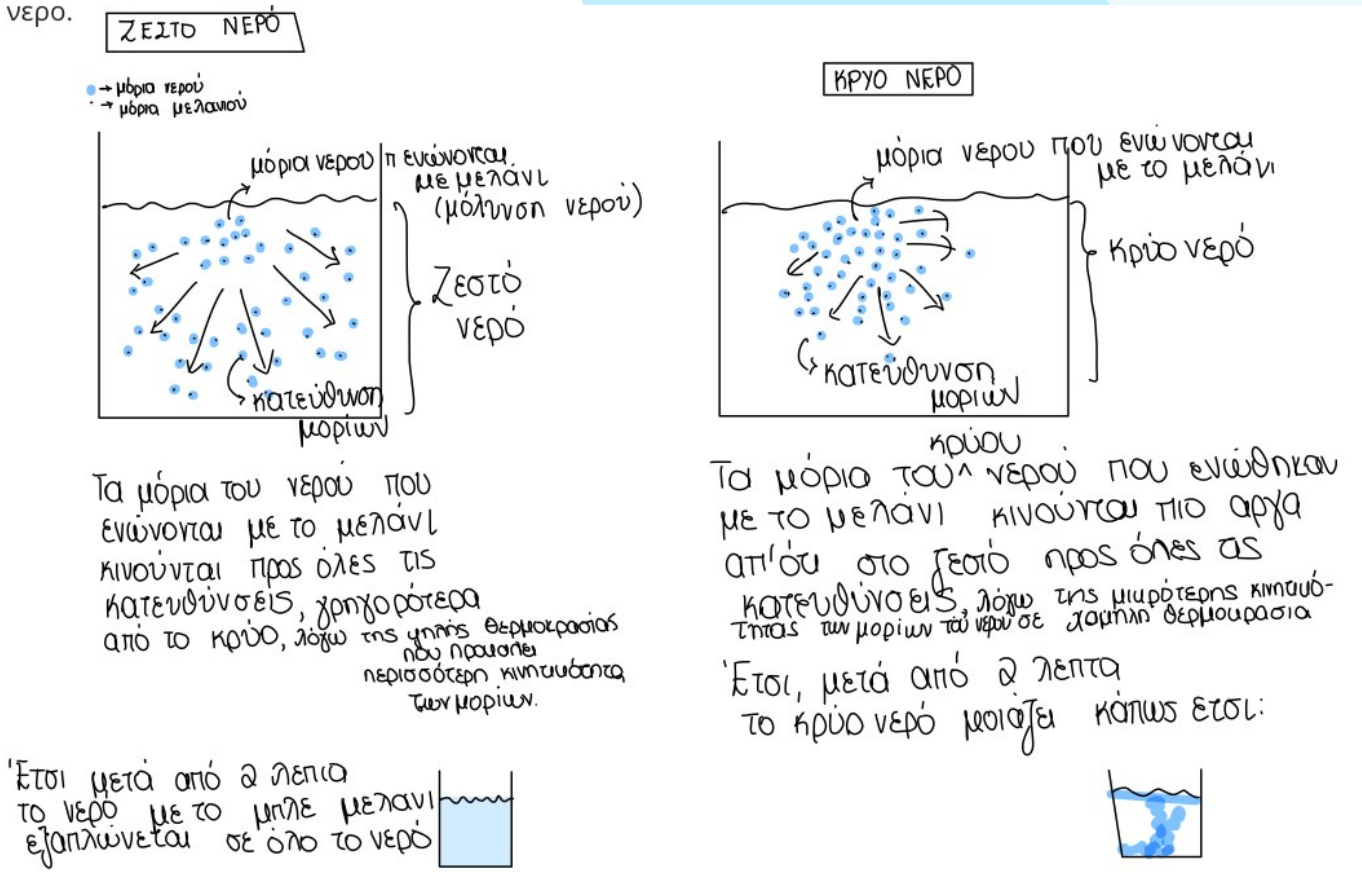
Μοντέλα στο χαρτί: διαφορετικοί μηχανισμοί εξήγησης

Μοντέλο 1 – Διείσδυση



Διαστολή/συστολή μορίων νερού και διείσδυση του μελανιού

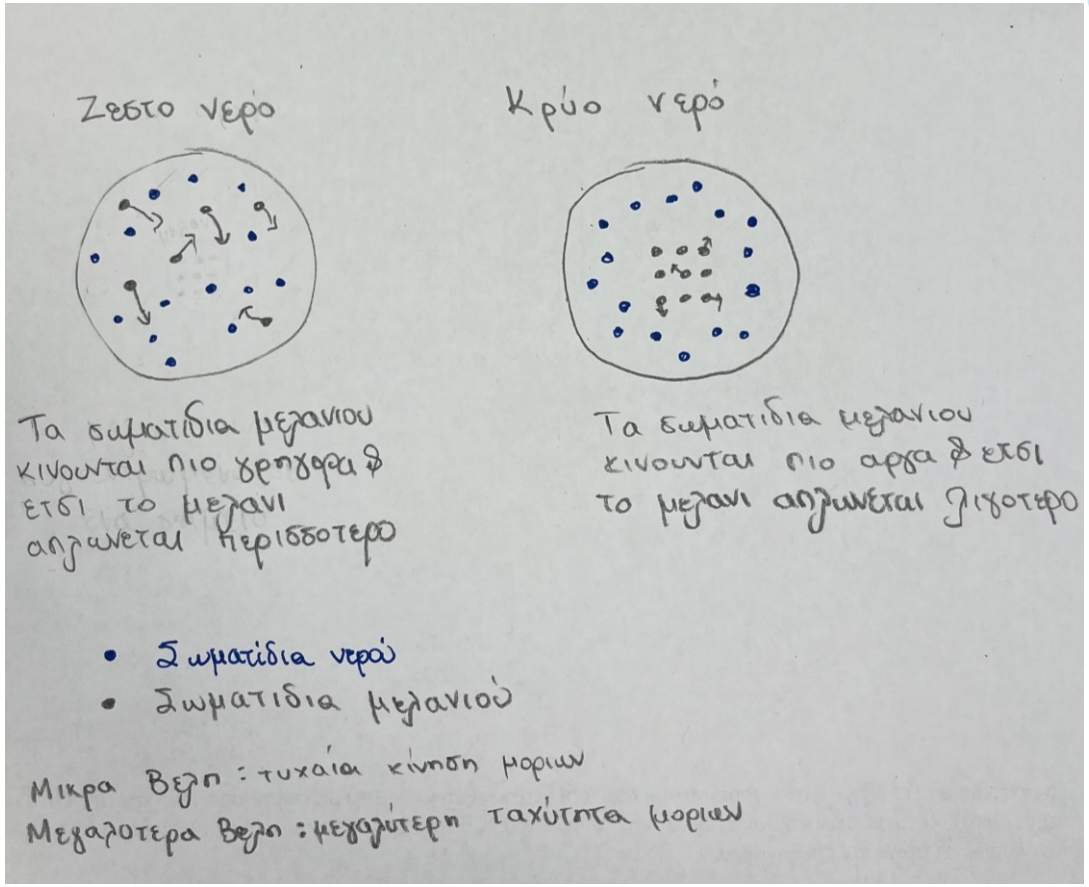
Μοντέλο 2 - Προσκόλληση



Προσκόλληση μελανιού στα μόρια νερού και μεταφορά μαζί τους

Μοντέλα στο χαρτί: διαφορετικοί μηχανισμοί εξήγησης

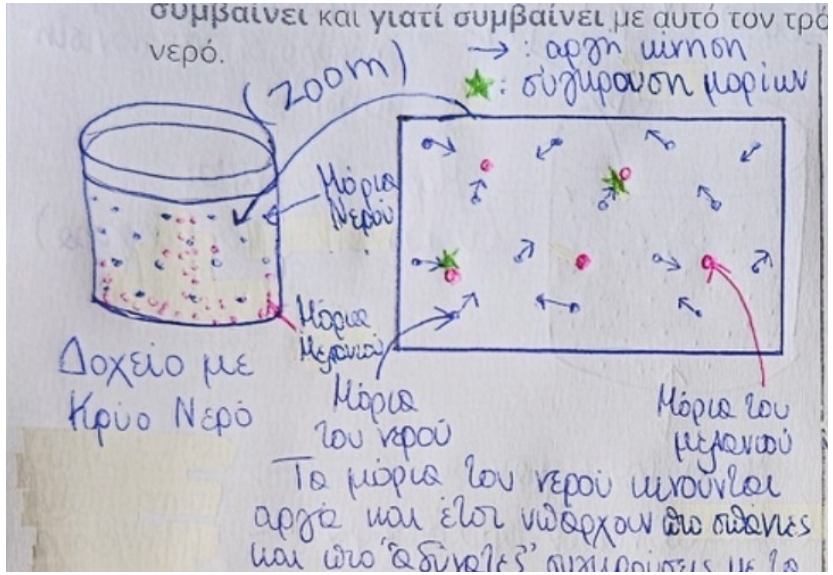
Μοντέλο 3 — Κίνηση των σωματιδίων του μελανιού



Η ταχύτερη διάχυση αποδίδεται στη μεγαλύτερη ταχύτητα των σωματιδίων του μελανιού, χωρίς να εξηγείται γιατί αυτή αλλάζει.

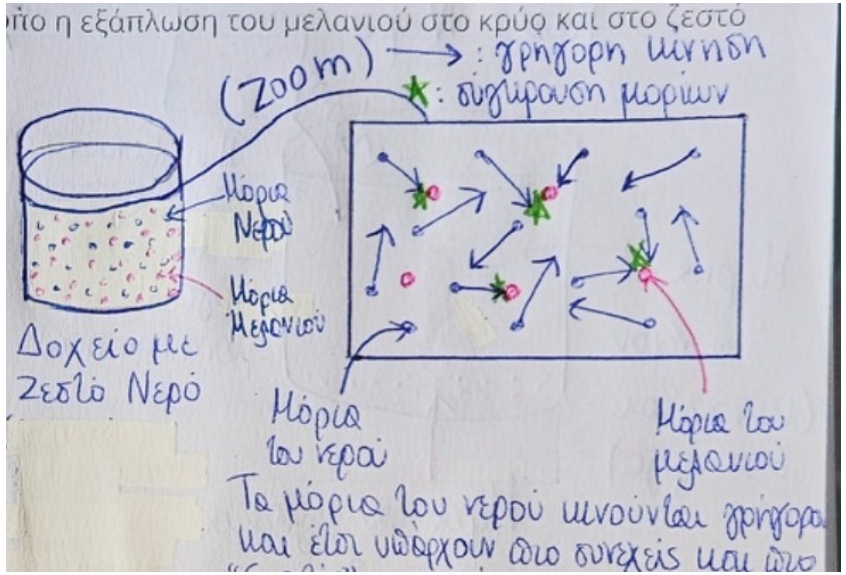
Τέταρτο μοντέλο: Συγκρούσεις και ωθήσεις

Κρύο νερό



Λιγότερο συχνές και πιο αδύνατες συγκρούσεις. Λιγότερες ωθήσεις στο μελάνι.

Ζεστό νερό



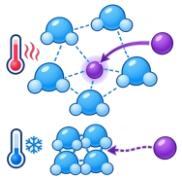
Συχνότερες και ισχυρότερες συγκρούσεις. Περισσότερες ωθήσεις στο μελάνι.

Δεν περιγράφεται απλώς η διαφορετική ταχύτητα του μελανιού, αλλά προτείνεται ένας μηχανισμός που την εξηγεί: οι συγκρούσεις και οι ωθήσεις από τα μόρια του νερού.

Τέσσερις μηχανισμοί για το ίδιο φαινόμενο

1 Διαστολή/συστολή και διείσδυση

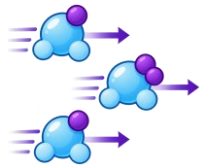
Θερμοκρασία → «μεγαλώνουν/μικραίνουν» τα μόρια νερού → το μελάνι διεισδύει ευκολότερα ή δυσκολότερα.



Τι σημαίνει ότι το μελάνι μπαίνει στο μόριο;

2 Προσκόλληση και μεταφορά

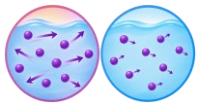
Τα μόρια μελανιού προσκολλώνται στα μόρια νερού. Όσο πιο γρήγορα κινείται το νερό, τόσο ταχύτερα μεταφέρεται το μελάνι.



Τι σημαίνει ότι «ενώνονται»;

3 Ταχύτητα των σωματιδίων μελανιού

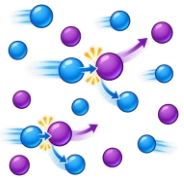
Το μελάνι κινείται πιο γρήγορα στο ζεστό νερό και πιο αργά στο κρύο. Δεν προσδιορίζεται η αιτία της διαφοράς.



Τι αλλάζει την ταχύτητα του μελανιού;

4 Συγκρούσεις και ωθήσεις

Ταχύτερο νερό → συχνότερες και ισχυρότερες συγκρούσεις με το μελάνι → περισσότερες ωθήσεις και γρηγορότερη εξάπλωση.



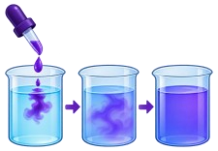
Πώς θα ελέγχαμε αυτόν τον κανόνα;

Τι εξηγεί κάθε μοντέλο, ποιες παραδοχές κάνει και τι παραμένει αδιευκρίνιστο;

Πέντε «θεωρίες» μαθητών από τη σχετική βιβλιογραφία

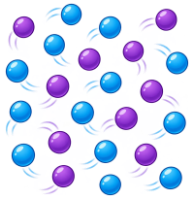
1 «Μόλυνση» / απορρόφηση

Το νερό αλλάζει ή «παίρνει» το χρώμα του μελανιού.



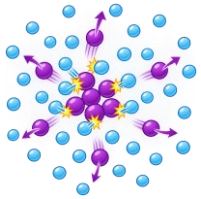
2 Ανάμειξη χωρίς σύνδεση

Σωματίδια συνυπάρχουν χωρίς να προσκολλώνται.



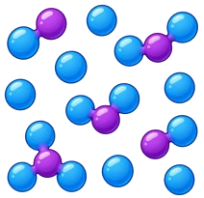
3 Συγκρούσεις

Τα σωματίδια νερού συγκρούονται με τα σωματίδια μελανιού και τα ωθούν.



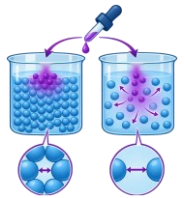
4 Προσκόλληση

Σωματίδια νερού και μελανιού ενώνονται μεταξύ τους.



5 Αποστάσεις / πυκνότητα

Η διάταξη και τα κενά ανάμεσα στα σωματίδια επηρεάζουν την εξάπλωση.



EMPOWER
Empowering Teachers for Science Learning Through Modelling-Based Approaches

Πηγή: Wagh, A., Rosenbaum, L. F., Fuhrmann, T., Eloy, A., Bumbacher, E., Blikstein, P., & Wilkerson, M. (2023). Ontological alignment: Investigating the role of the teacher in supporting computational modeling in science classrooms. In P. Blikstein, J. Van Aalst, R. Kizito, & K. Brennan (Eds.), Proceedings of the 17th International Conference of the Learning Sciences (ICLS 2023) (pp. 1162–1165). International Society of the Learning Sciences. https://doi.org/10.22318/icls2023.573415

Αξιολογούμε — πριν αναθεωρήσουμε

Μηχανισμός

Υπάρχουν οντότητες, κινήσεις και αλληλεπιδράσεις;

Εύρος ερμηνείας

Εξηγεί ζεστό ΚΑΙ κρύο νερό;

Συμφωνία με δεδομένα

Αναπαράγει τις παρατηρήσεις και τη χρονική εξέλιξη;

Έλεγχος / αναθεώρηση

Μπορούμε να δοκιμάσουμε τι αλλάζει με μία τροποποίηση;

«Μοιάζει με το βίντεο» είναι ένα κριτήριο — όχι από μόνο του απόδειξη μηχανισμού.

Τι κάνει ένα μοντέλο επιστημονικό;

Αναπαραστασιακή σαφήνεια

Μπορούμε να καταλάβουμε τι παρουσιάζει;

Επεξηγηματική δύναμη

Εξηγεί το πώς και γιατί, όχι μόνο το τι;

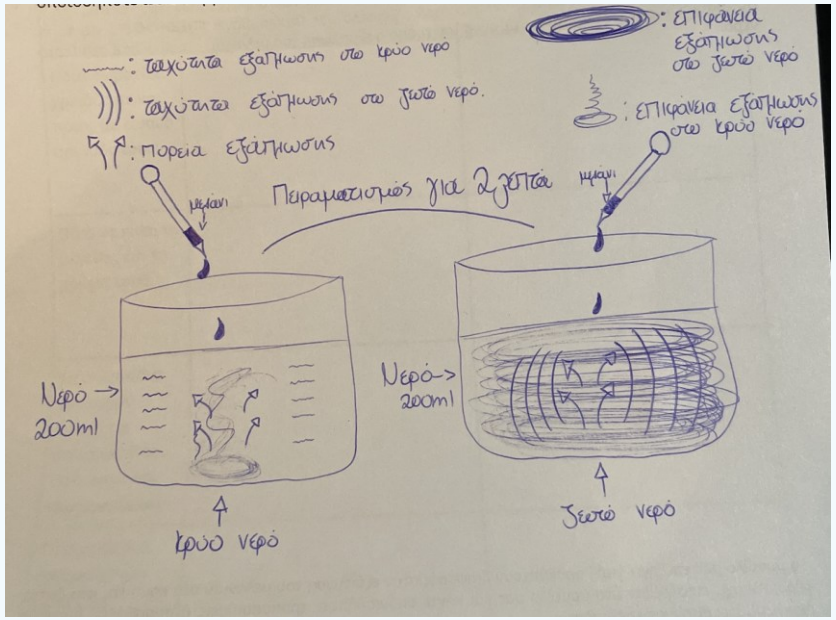
Προβλεπτική ικανότητα

Μπορεί το μοντέλο να αξιοποιηθεί για διατύπωση και έλεγχο προβλέψεων για δεδομένα πέραν από αυτά που χρησιμοποιήθηκαν κατά την ανάπτυξή του;

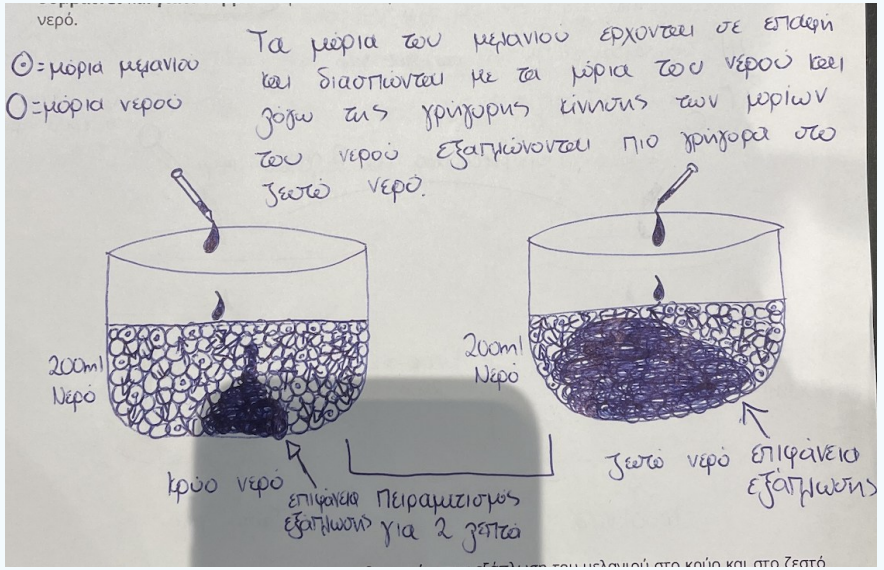
Πρώτα συζητάμε τι μπορεί να κάνει το μοντέλο, όχι αν «πέτυχε» τη σωστή απάντηση.

Επανασχεδιάζουμε με αφορμή άλλα μοντέλα

Αρχικό μοντέλο



Αναθεωρημένο μοντέλο ίδιου ατόμου

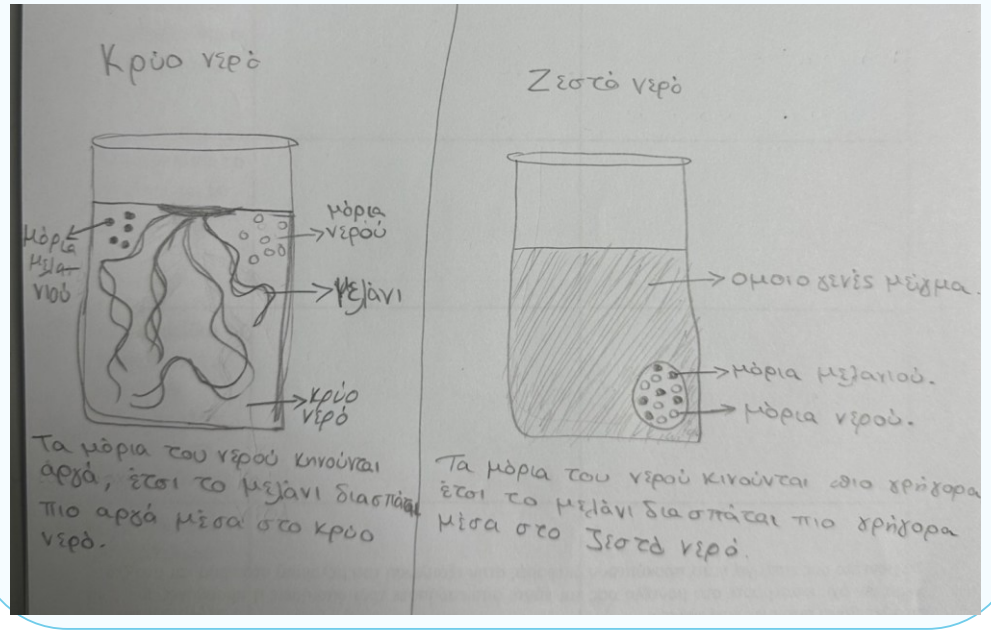


Τι αλλάζει στο αναθεωρημένο μοντέλο;

- Η αποτύπωση της εξάπλωσης γίνεται πιο σαφής μέσω σωματιδιακής αναπαράστασης.
- Διακρίνονται πλέον ρητά μόρια νερού και μελανιού και η μεταξύ τους επαφή.
- Η ταχύτερη κίνηση του νερού συνδέεται με τη γρηγορότερη εξάπλωση του μελανιού.

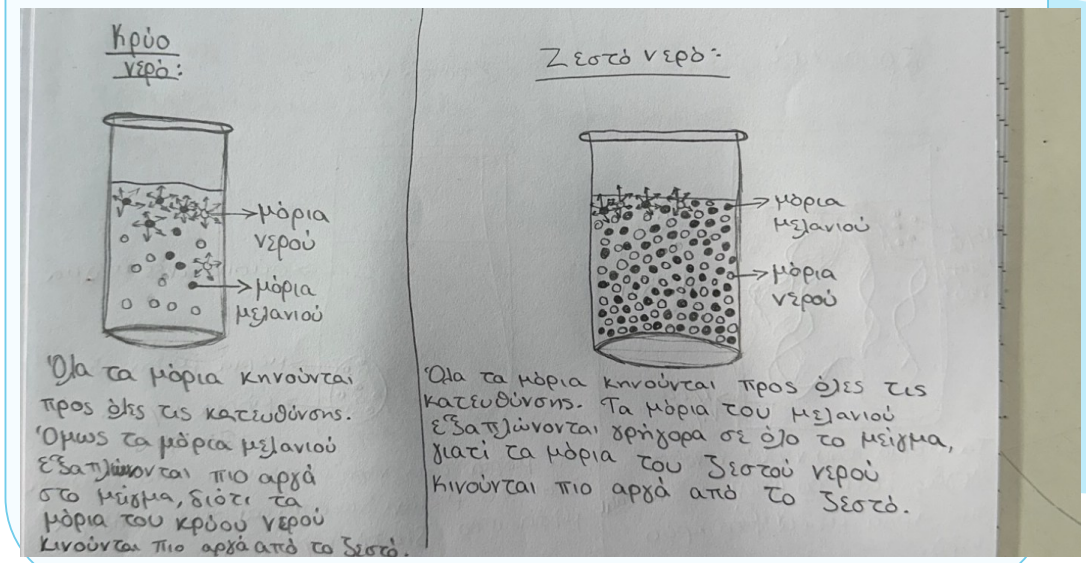
Επανασχεδιάζουμε: δεύτερο παράδειγμα αναθεώρησης

Αρχικό μοντέλο



→

Αναθεωρημένο μοντέλο ίδιου ατόμου



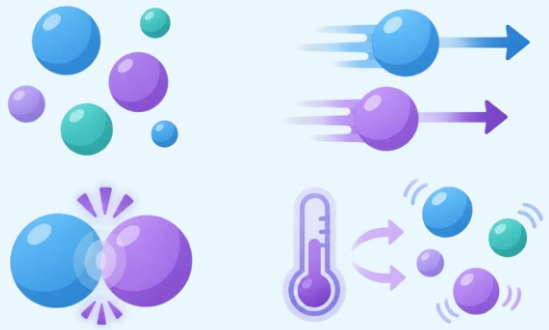
Τι αλλάζει στο αναθεωρημένο μοντέλο;

- Διατηρείται η εξήγηση της ταχύτερης εξάπλωσης στο ζεστό νερό.
- Μόρια νερού και μελανιού αναπαριστώνται πιο συστηματικά και στα δύο δοχεία.
- Δηλώνεται κίνηση προς όλες τις κατευθύνσεις, αλλά όχι σαφής μηχανισμός αλληλεπίδρασης.

3 | Από το σχέδιο σε ένα μοντέλο που «τρέχει»

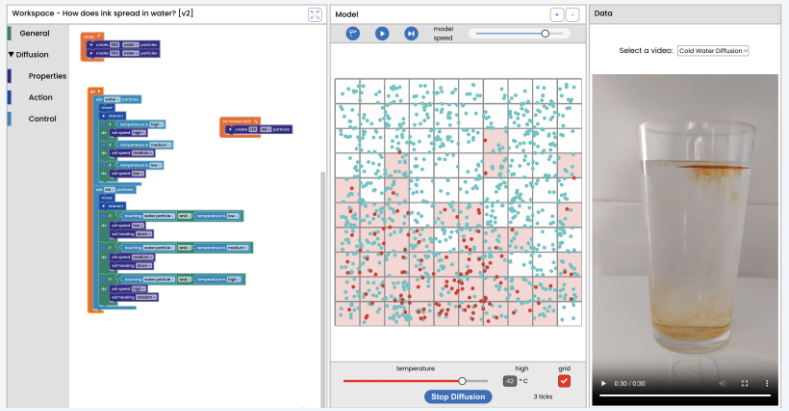
ΣΤΟ ΧΑΡΤΙ

«Τα σωματίδια κινούνται γρηγορότερα»



ΣΤΟ MoDa

Ποια σωματίδια; Πότε; Με ποια ταχύτητα; Τι κάνουν όταν συναντηθούν;



Ο προγραμματισμός απαιτεί να κάνουμε ρητές τις παραδοχές του μοντέλου.

Οι αποφάσεις σχεδιασμού που χρειάζεται να πάρουμε κατά την αξιοποίηση του εργαλείου μοντελοποίησης MoDa

Σωματίδια

Νερού και μελανιού — πόσα, πού βρίσκονται;

Ιδιότητες

Μέγεθος, χρώμα, ταχύτητα, κατεύθυνση.

Κανόνες

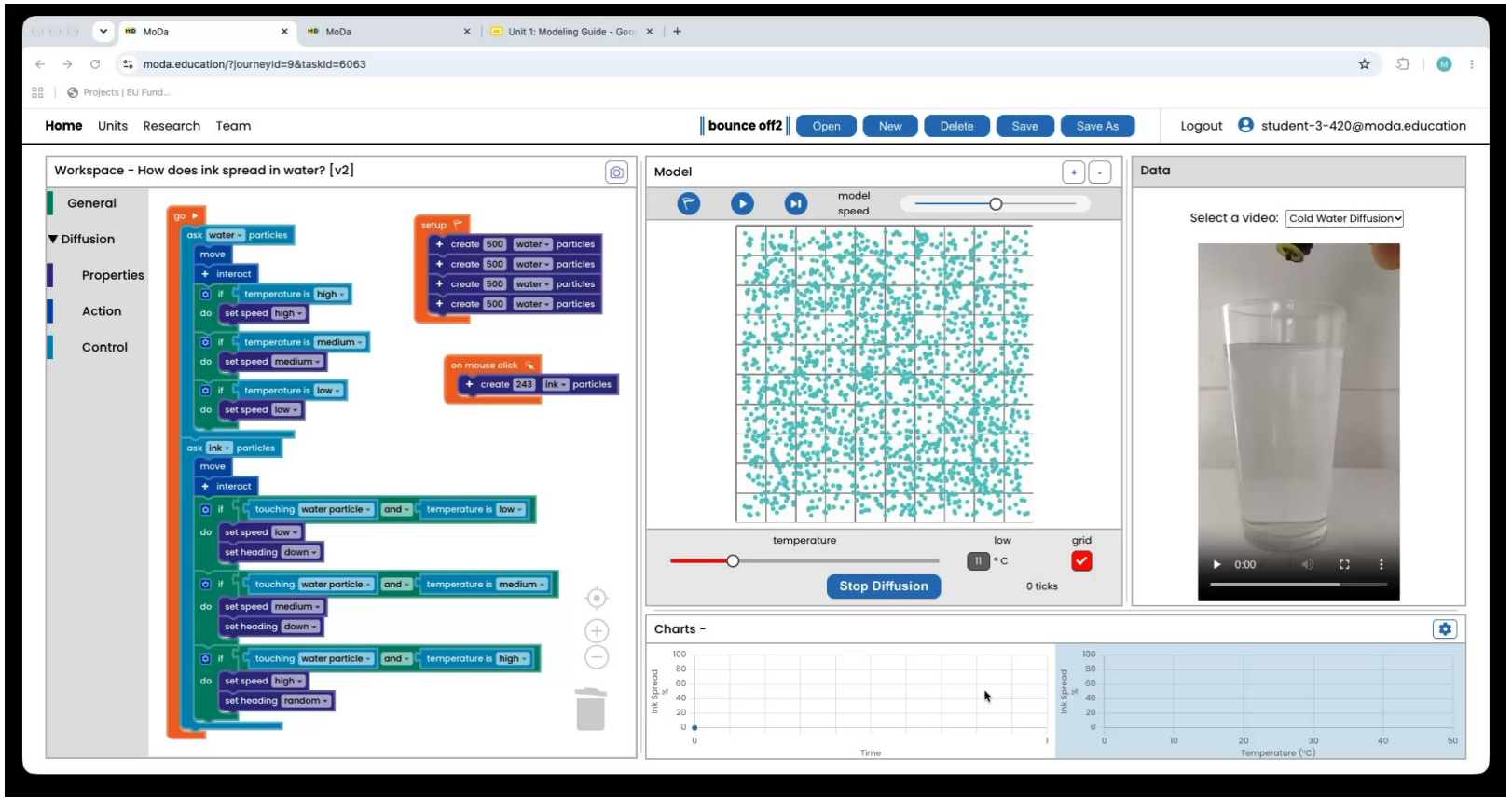
Ποιος κινείται, πότε, πώς;

Αλληλεπιδράσεις

Συγκρούονται, προσκολλώνται, μεταβάλλονται;

MODA - https://moda.education/

Η δυναμικότητα του υπολογιστικού μοντέλου



Τι παρακολουθούμε;

Αντιπροσωπευτικά σωματίδια.

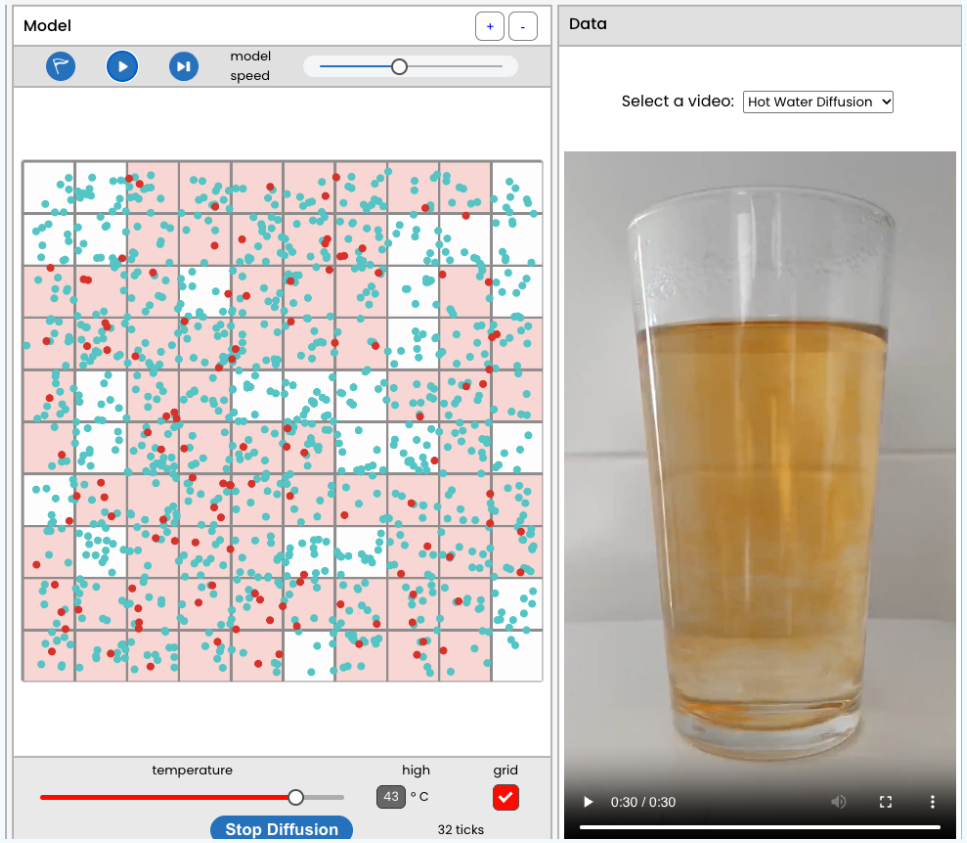
Κανόνες κίνησης και αλληλεπίδρασης.

Αποτέλεσμα στο σύνολο του συστήματος.

EMPOWER
Empowering Teachers for Science Learning
Through Modelling-Based Approaches

Μοντέλο και δεδομένα δίπλα δίπλα





Ποιες ομοιότητες / διαφορές φαίνονται; Τι δεν μπορούμε να ελέγξουμε μόνο από το βίντεο;

Η αλληλουχία που κινητοποιεί την αναθεώρηση

Τρέχω το μοντέλο

Τι παράγουν οι κανόνες;

Συγκρίνω

Τι συμφωνεί / τι αποκλίνει;

Εξηγώ

Ποιος κανόνας οδηγεί εκεί;

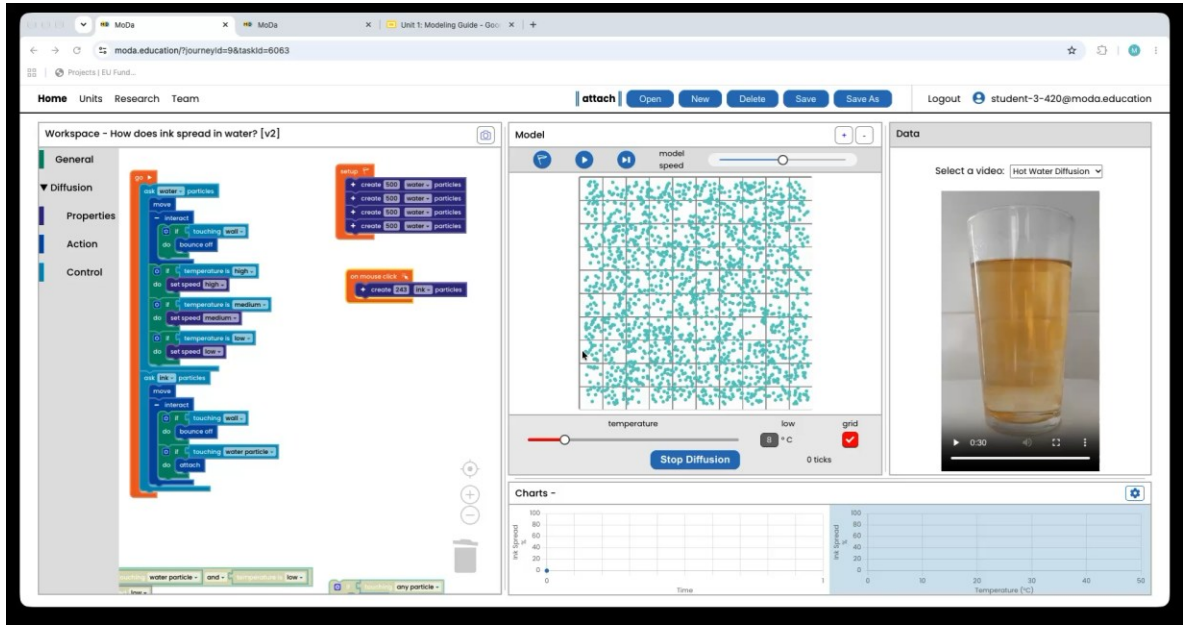
Αλλάζω

Ποια παραδοχή θα δοκιμάσω;

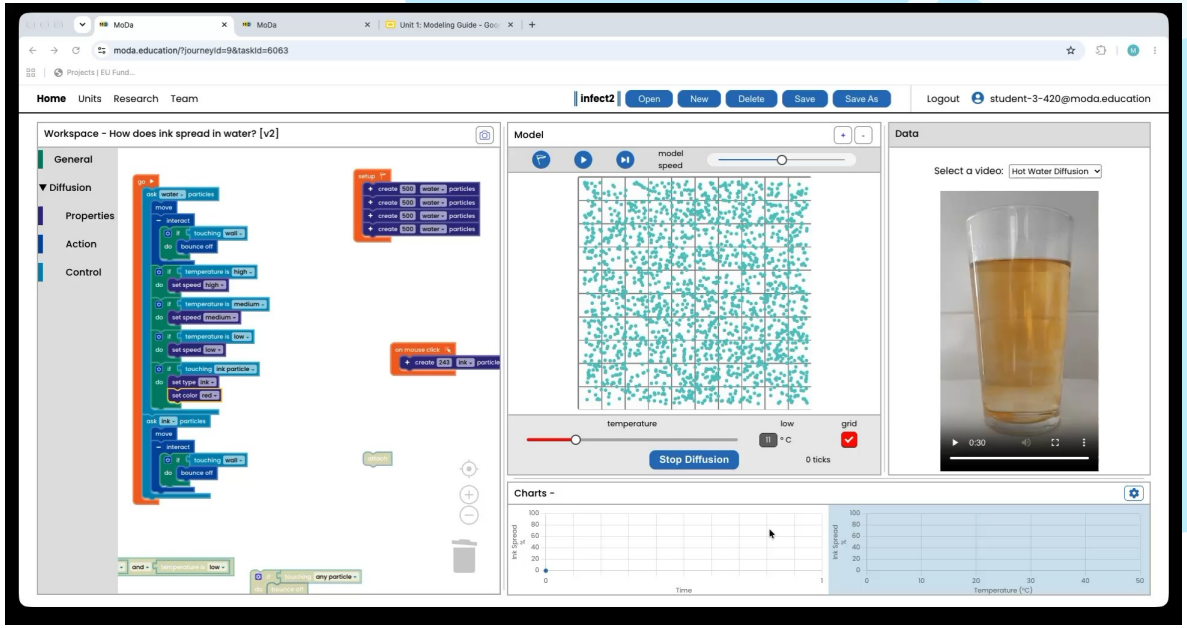
Η αναθεώρηση δεν είναι αισθητική βελτίωση, είναι αλλαγή παραδοχών με βάση συγκεκριμένο σκεπτικό.

Δύο διαφορετικοί μηχανισμοί διάχυσης στο MoDa

Μοντέλο συγκόλλησης



Μοντέλο μόλυνσης

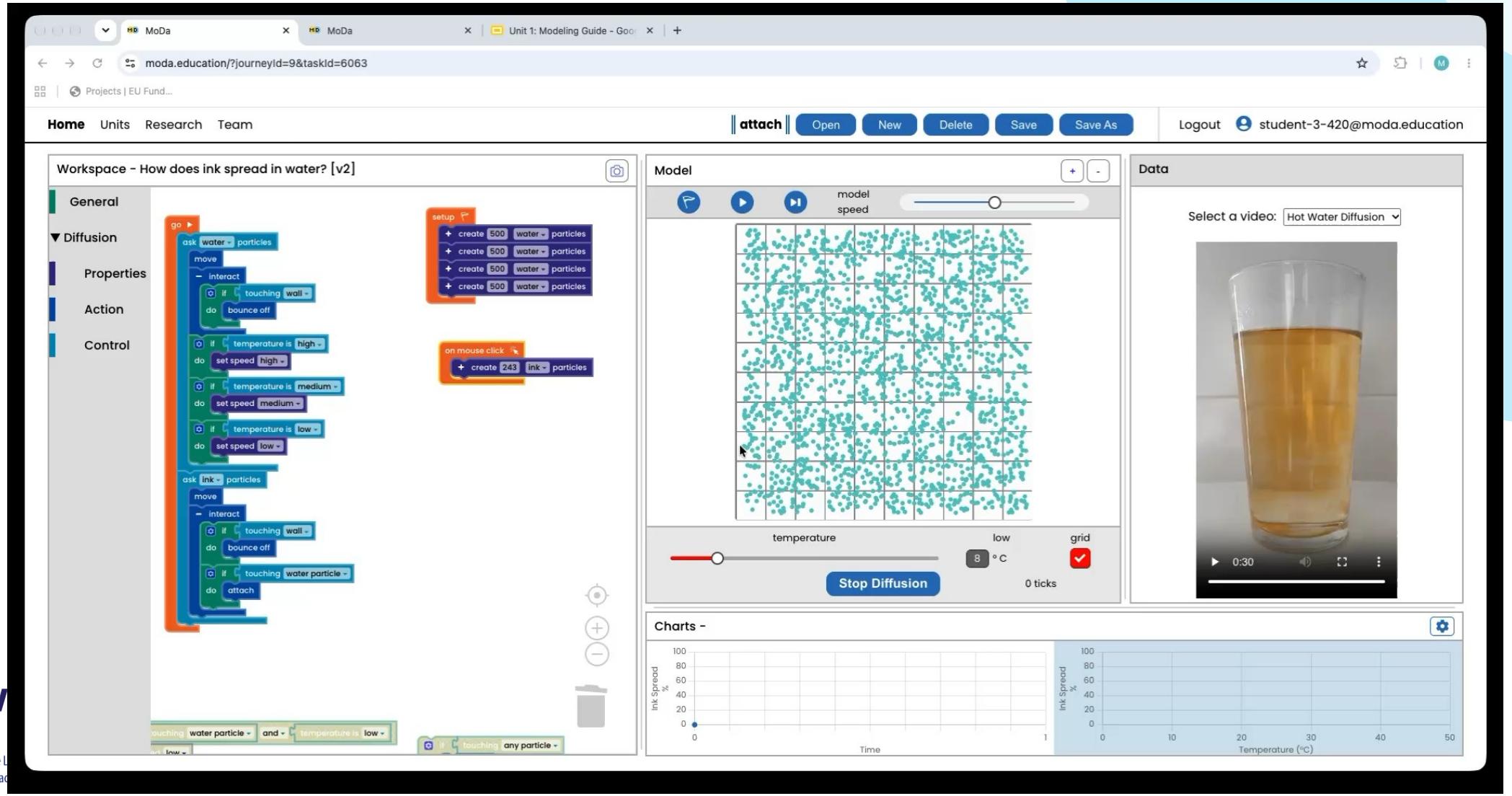


Πώς διαφοροποιούνται οι κανόνες αλληλεπίδρασης και η εξάπλωση του μελανιού;

EMPOWER
Empowering Teachers for Science Learning
Through Modelling-Based Approaches

Δύο διαφορετικοί μηχανισμοί διάχυσης στο MoDa

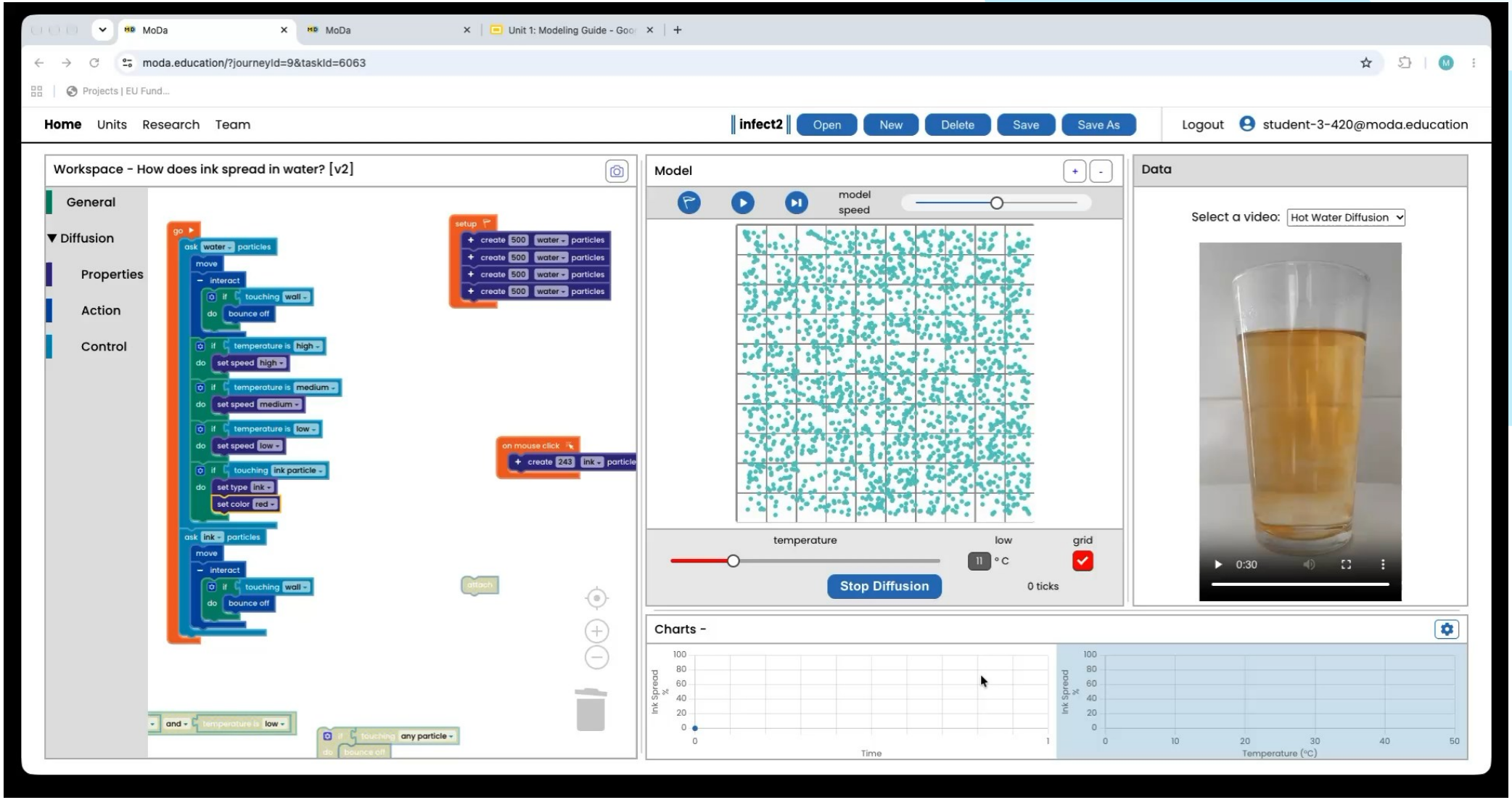
Μοντέλο συγκόλλησης



Empowering Teachers for Science L
Through Modelling-Based Approac

Δύο διαφορετικοί μηχανισμοί διάχυσης στο MoDa

Μοντέλο μόλυνσης



Empowering Teachers for Science Learning Through Modelling-Based Approaches

Ένα κεντρικό δίλημμα από τη βιβλιογραφία

Ένα μοντέλο μπορεί να περιλαμβάνει λεπτομερή μηχανιστική εξήγηση, αλλά να στηρίζεται σε επιστημονικά μη αποδεκτές παραδοχές.

Μηχανιστική επάρκεια

- Προσδιορίζει οντότητες, δράσεις και αλληλεπιδράσεις.
- Εξηγεί πώς και γιατί προκύπτει το φαινόμενο.

Επιστημονική επάρκεια

- Οι παραδοχές και οι μηχανισμοί συμφωνούν με την επιστημονική γνώση;
- Οι εξηγήσεις υποστηρίζονται από τα εμπειρικά δεδομένα;

Η λεπτομέρεια μιας εξήγησης δεν εγγυάται την επιστημονική της ορθότητα.

EMPOWER
Empowering Teachers for Science Learning Through Modelling-Based Approaches

Fuhrmann, T., Rosenbaum, L., Wagh, A., Eloy, A., Wolf, J., Blikstein, P., & Wilkerson, M. (2025). Right but wrong: How students' mechanistic reasoning and conceptual understandings shift when designing agent-based models using data. Science Education, 109(1), 3–26. https://doi.org/10.1002/sce.21890

Τι αναδεικνύει η έρευνα για τη διδασκαλία;

Τρία ευρήματα από τη μοντελοποίηση της διάχυσης

01 Οι μαθητές αναπτύσσουν μηχανιστικές εξηγήσεις καθώς κατασκευάζουν υπολογιστικά μοντέλα.

02 Ο μηχανιστικός συλλογισμός μπορεί να συνυπάρχει με επιστημονικά μη αποδεκτές εξηγήσεις.

03 Η σύγκριση των μοντέλων με πραγματικά δεδομένα μπορεί να υποστηρίξει την αναθεώρηση προς επιστημονικά ορθότερες εξηγήσεις.

Προβληματισμός για τη διδακτική πράξη

Πώς υποστηρίζουμε τους μανθάνοντες να αναπτύσσουν μηχανιστικές εξηγήσεις και ταυτόχρονα να ελέγχουν την επιστημονική τους επάρκεια;

EMPOWER
Empowering Teachers for Science Learning Through Modelling-Based Approaches

Fuhrmann, T., Rosenbaum, L., Wagh, A., Eloy, A., Wolf, J., Blikstein, P., & Wilkerson, M. (2025). Right but wrong: How students' mechanistic reasoning and conceptual understandings shift when designing agent-based models using data. Science Education, 109(1), 3–26. https://doi.org/10.1002/sce.21890

Τι κάνει ο/η εκπαιδευτικός μέσα στον κύκλο;

Αναδεικνύει ιδέες

«Ποιον μηχανισμό προτείνεις;»

Οργανώνει συγκρίσεις

«Σε τι διαφέρουν τα δύο μοντέλα;»

Επιλέγει τεκμήρια

«Τι θα μπορούσε να διακρίνει αυτές τις ερμηνείες;»

Προσκαλεί σε αναθεώρηση

«Τι αλλάζεις και με ποια αιτιολόγηση;»

Από τι θα καταλάβουμε ότι τα μοντέλα εξελίσσονται;

Αρχική → μεταγενέστερη εκδοχή

Προστέθηκαν οντότητες, κανόνες ή νέες σχέσεις;

Δηλωμένες αιτιολογήσεις

Γιατί προστέθηκε / αφαιρέθηκε ένα στοιχείο;

Δοκιμή σε νέο πλαίσιο

Μπορεί ο ίδιος μηχανισμός να εξηγήσει και άλλες θερμοκρασίες;

Χρειάζονται τεκμήρια από τους ίδιους μανθάνοντες — όχι μόνο επιλεγμένα «καλά» μοντέλα.



Επιστρέφουμε στο αρχικό ερώτημα

Μετά τη διερεύνηση της διάχυσης του μελανιού και τη μοντελοποίηση στο MoDa, οι φοιτητές συμπληρώνουν ξανά το διαγνωστικό έργο για τη λεβάντα.

1. Ίδια εκφώνηση

Εξηγούν ξανά πώς το άρωμα της λεβάντας έφτασε στη μύτη τους.

2. Νέο σχέδιο

Αναπαριστούν και περιγράφουν τον μηχανισμό που προτείνουν.

3. Σύγκριση

Αντιπαραβάλλουμε το αρχικό και το μεταδιαγνωστικό μοντέλο του ίδιου ατόμου.

Τι άλλαξε στον τρόπο με τον οποίο αναπαρίσταται και εξηγείται η διάχυση;



EMPOWER
Empowering Teachers for Science Learning Through Modelling-Based Approaches

Η αρχική δραστηριότητα: σχέδιο και εξήγηση

«Σχεδιάστε και εξηγήστε τι συνέβηκε με το υγρό της λεβάντας και μπορέσατε να το μυριστείτε...»

Έμφαση στο ΠΩΣ έφτασε το άρωμα της λεβάντας στη μύτη — στον μηχανισμό.

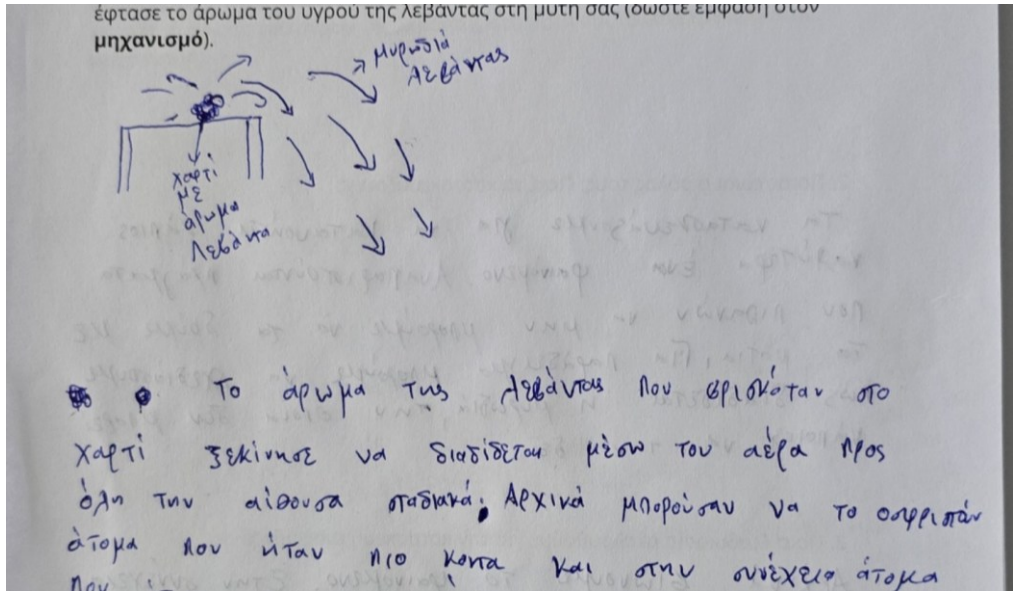
Παραγόμενο τεκμήριο

- Σχέδιο
- Γραπτή εξήγηση
- Δηλωμένος μηχανισμός



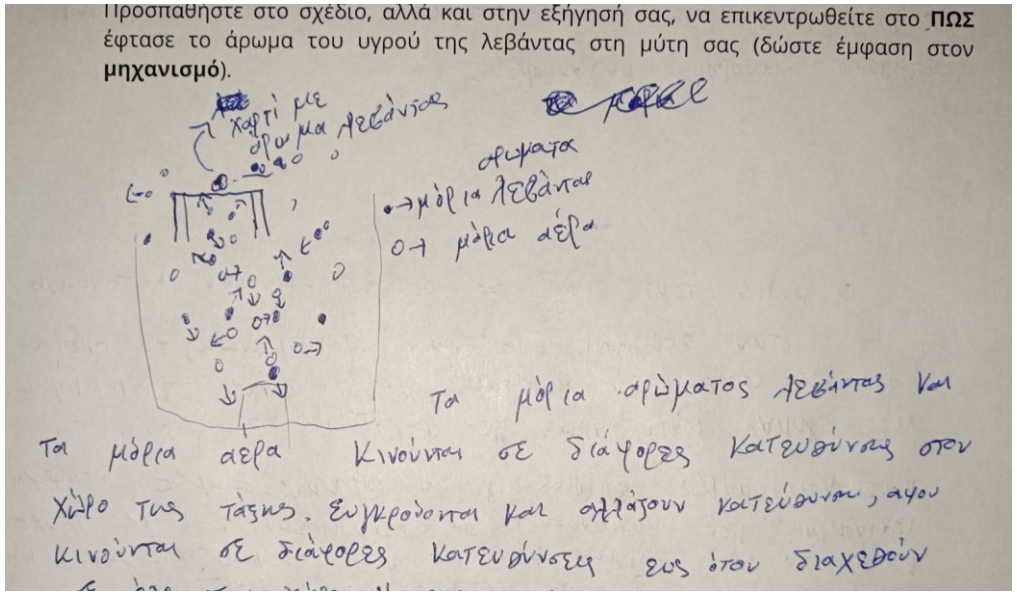
Περίπτωση Α: Από την οσμή στις συγκρούσεις μορίων

ΑΡΧΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ



→

ΜΕΤΑΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

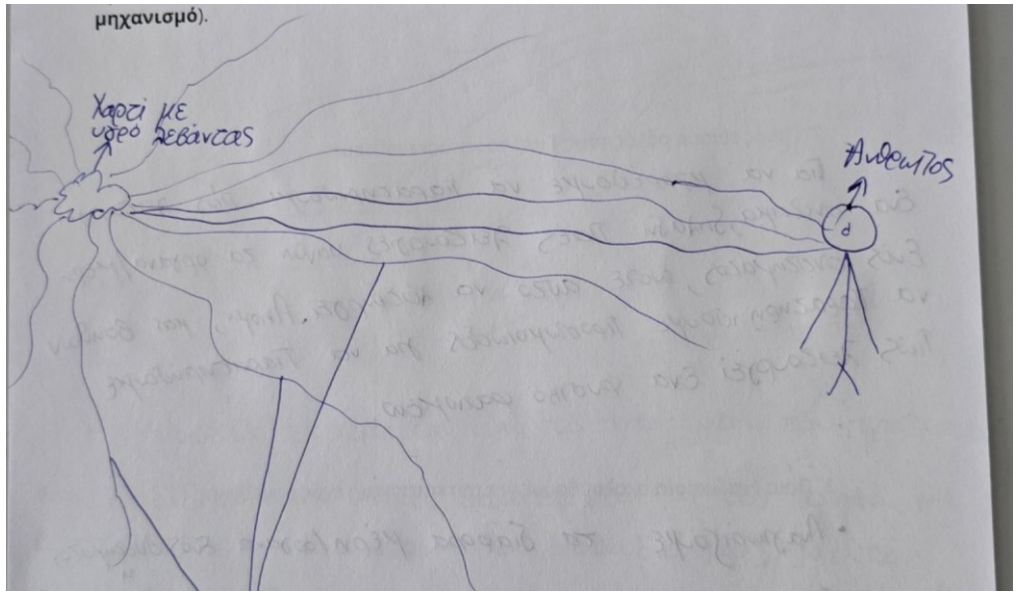


Τι διαφοροποιείται;

Αρχικά: περιγράφεται η εξάπλωση της μυρωδιάς, με αναφορά στην κίνηση του χαρτιού και του αέρα.
Μετά: διακρίνονται μόρια αέρα/λεβάντας, κίνηση σε διαφορετικές κατευθύνσεις, συγκρούσεις και επίδραση θερμοκρασίας.

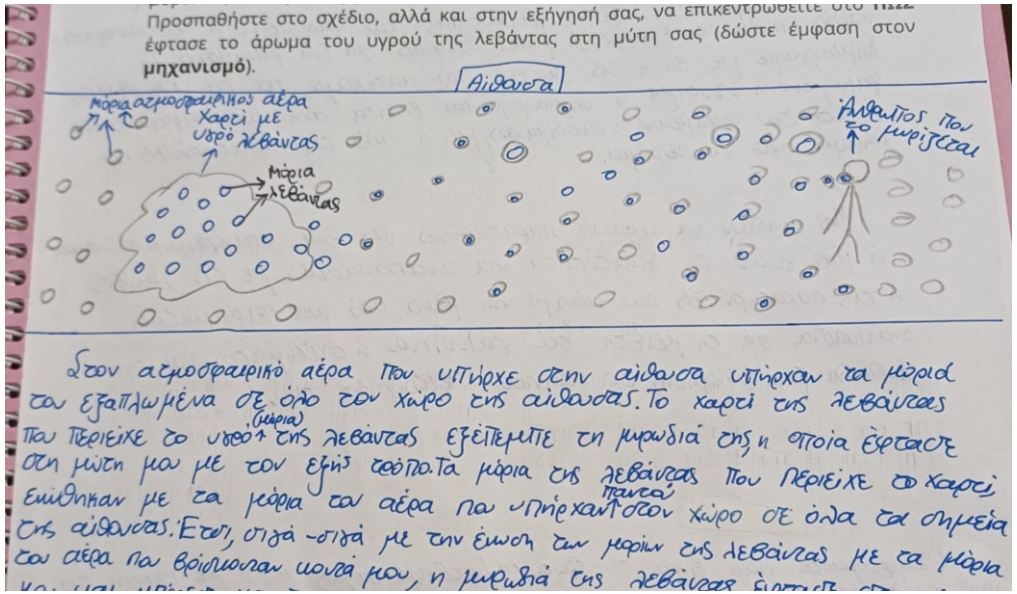
Περίπτωση Β: Από τη μυρωδιά στην «ένωση» μορίων

ΑΡΧΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ



→

ΜΕΤΑΔΙΑΓΝΩΣΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ



Τι διαφοροποιείται;

Αρχικά: η μυρωδιά ως κυματιστές γραμμές μεταφέρεται από το χαρτί στον χώρο και φτάνει στη μύτη.
Μετά: εμφανίζονται μόρια αέρα και λεβάντας σε όλη την αίθουσα, με την ιδέα ότι «ενώνονται».

Τι μπορεί να εξηγεί τις αλλαγές στα μοντέλα;

Από τις αρχικές μακροσκοπικές περιγραφές του φαινομένου εμφανίζονται μεταδιαγνωστικά πιο αναλυτικές αναφορές σε μόρια και αλληλεπιδράσεις.

Περίπτωση Α

Μόρια αέρα και λεβάντας, κίνηση σε πολλές κατευθύνσεις, συγκρούσεις, θερμοκρασία.

Περίπτωση Β

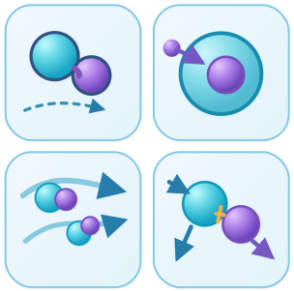
Μόρια αέρα και λεβάντας, εξάπλωση στον χώρο και αδιευκρίνιστη «ένωση» τους.

Πώς μπορεί η διερεύνηση του μελανιού και η εργασία στο MoDa να επηρέασαν τον τρόπο με τον οποίο εξηγούν τώρα τη λεβάντα;

Τι κρατάμε για την τάξη;

Η ποικιλία είναι πόρος

Τα διαφορετικά μοντέλα κάνουν ορατές τις εξηγήσεις.



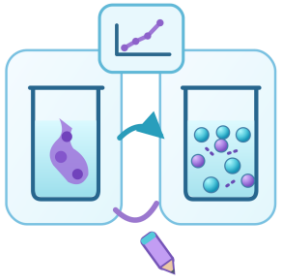
Η αξιολόγηση είναι συνεχής

Τα κριτήρια χρησιμοποιούνται πριν και μετά το πείραμα.



Τα μοντέλα αναθεωρούνται

Τα δεδομένα δημιουργούν ανάγκη επανεξέτασης.



Η δυναμικότητα έχει αξία

Το MoDa επιτρέπει να δοκιμαστούν κανόνες συμπεριφοράς.



EMPOWER

Empowering Teachers for Science Learning Through Modelling-Based Approaches

Από τη λεβάντα στο μελάνι: Μάθηση μέσω μοντελοποίησης με αφορμή φαινόμενα διάχυσης



Σας ευχαριστούμε για τη συμμετοχή σας!

Ερωτήσεις; Σχόλια; Εισηγήσεις;

EMPOWER
Empowering Teachers for Science Learning Through Modelling-Based Approaches



Co-funded by the European Union

Project funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the National Agency. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.

EMPOWER

Empowering Teachers for Science Learning
Through Modelling-Based Approaches