ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

**Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση**

Τόμ. 13 (2024)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: ΠΡΑΚΤΙΚΑ

## Η ερμηνεία αλλαγής κατάστασης από μαθητές ΣΤ τάξης Δημοτικού

*Παρασκευή Νταλαούτη*

doi: 10.12681/codiste.6824

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 09/12/2025 05:14:37

# Η ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΑΛΛΑΓΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΑΠΟ ΜΑΘΗΤΕΣ ΣΤ ΤΑΞΗΣ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ

Παρασκευή Νταλαούτη[1]

[1]Εκπαιδευτικός Α/θμιας Εκπ/σης

vntala@gmail.com

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

*Μαθητές Στ΄ τάξης δημοτικού σχολείου ερμηνεύουν φαινόμενα αλλαγής κατάστασης, συζητώντας σε μικρές ομάδες, αφού πρώτα έχουν διδαχθεί ένα στοιχειώδες σωματιδιακό μοντέλο. Στην αρχή των συζητήσεων χρησιμοποιούν εναλλακτικές απόψεις, ωστόσο η χρήση σωματιδιακού μοντέλου για την ερμηνεία μιας σειράς φαινομένων, που σχετίζονται με την αλλαγή κατάστασης, βοηθά τους μαθητές να βελτιώσουν σημαντικά τις αντιλήψεις τους. Η μεγαλύτερη δυσκολία παρουσιάστηκε στην συμπύκνωση αερίου. Προτείνουμε συζητήσεις σε ομάδες που βελτιώνουν τις ερμηνείες και ξεπερνούν τις εναλλακτικές.*

*Λέξεις κλειδιά:* αλλαγή κατάστασης, σωματιδιακό μοντέλο, μικρές ομάδες μαθητών

# THE EXPLANATION OF THE PHASE CHANGE BY SIXTH GRADE PRIMARY STUDENT

Paraskevi Ntalaouti[1]

[1]Primary Education Teacher

vntala@gmail.com

## ABSTRACT

*Sixth-grade primary school students explain phase change phenomena discussing in small groups, after they had been taught a basic particle model. They start the discussion using alternative points of view. However, the use of particle model for the explanation of a series of phenomena related to the phase change, helps the students to improve their understandings significantly. The greatest difficulty was encountered in gas condensation. We suggest group discussions that refine interpretations and overcome alternatives ideas.*

*Keywords:* phase change, particle model, small groups of students

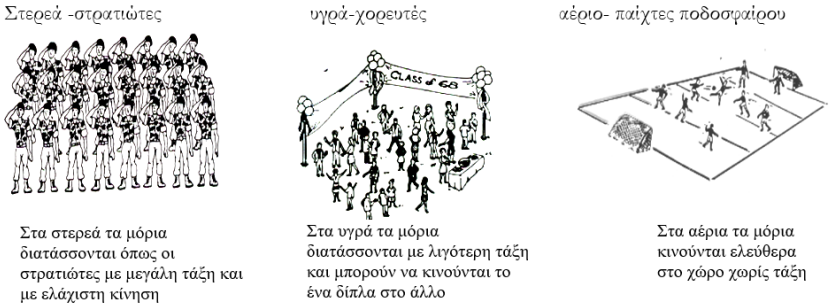
# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μαθητές όλων των βαθμίδων αλλά και προπτυχιακοί σπουδαστές δυσκολεύονται να εξηγήσουν καταστάσεις ύλης και αλλαγές κατάστασης (τήξη, εξάτμιση, βρασμός, συμπύκνωση) και δεν χρησιμοποιούν επαρκώς την ιδέα της σωματιδιακής φύσης της ύλης (Kirbulut & Beeth, 2013˙ Özmen & Kenan, 2007). Ερμηνεύουν την τήξη ως διάλυση και θεωρούν ότι τα υγρά απλά εξαφανίζονται στη διάρκεια της εξάτμισης και ότι το αέριο που σχηματίζεται είναι αέρας. Δυσκολεύονται στην ερμηνεία της συμπύκνωσης, γιατί αγνοούν την ύπαρξη ατμού στον αέρα. Οι συζητήσεις σε ομάδες επιτρέπουν στους μαθητές να προβληματιστούν και να βελτιώσουν τις αντιλήψεις τους (Νταλαούτη & Τσαπαρλής, 2017˙ Gopal et al., 2004). Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να διερευνήσουμε πώς η συζήτηση και η αλληλεπίδραση μαθητών Στ΄ τάξης δημοτικού σε ομάδες συνομηλίκων βελτιώνει την κατανόηση φαινομένων αλλαγής κατάστασης.

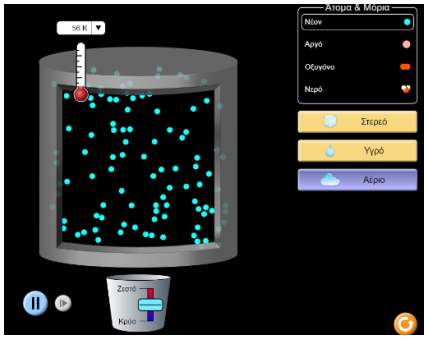
# ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Το δείγμα μας αποτελείται από 21 μαθητές Στ' τάξης, οι οποίοι είχαν διδαχθεί τις σχετικές με την έρευνα ενότητες για τις ιδιότητες της ύλης σε μακροσκοπικό επίπεδο από τον δάσκαλο της τάξης, ενώ δεν είχαν διδαχθεί κανένα σωματιδιακό μοντέλο. Μετά την ολοκλήρωση της μελέτης των μακροσκοπικών φαινομένων, έγινε από μας εισαγωγή στοιχειώδους σωματιδιακού μοντέλου, που περιλάμβανε βασικές σωματιδιακές έννοιες (σωματίδια, κενός χώρος, κίνηση, πρόκληση κίνησης, διάταξη και αναδιάταξη σωματιδίων, διαμοριακοί δεσμοί). Η εισαγωγή της έννοιας του μορίου έγινε μέσω μοντελοποίησης επιλεγμένων μακροσκοπικών φαινομένων, χρησιμοποιώντας πειράματα, επιδείξεις, αναλογίες και προσομοιώσεις σε Η/Υ. (Νταλαούτη & Τσαπαρλής, 2016). Τα φαινόμενα που επιλέχθηκαν για μοντελοποίηση- ερμηνεία με το σωματιδιακό μοντέλο ήταν ο όγκος και το σχήμα στερεών και υγρών, η διάχυση μελάνης σε ζεστό και κρύο νερό και η εξήγηση θερμικής διαστολής στερεού. Αναλυτικά το διδακτικό υλικό και η διδακτική παρέμβαση αναφέρονται σε προηγούμενες εργασίες μας (Νταλαούτη & Τσαπαρλής, 2016, 2017). Ενδεικτικά, κάποιες αναλογίες που χρησιμοποιήσαμε παρουσιάζονται στην Εικόνα 1 και προσομοιώσεις στην Εικόνα 2.

Εικόνα 1:Ενδεικτικές αναλογίες για τη διδασκαλία στερεών υγρών και αερίων -στρατιώτες, χορευτές ποδοσφαιριστές



Εικόνα 2: Ενδεικτική προσομοίωση για τη διδασκαλία στερεών υγρών και αερίων https://phet.colorado.edu/sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_all.html?locale=el




Ενδιαφέρον παρουσιάζει ένα παιχνίδι προσομοίωσης ή παιχνίδι ρόλων, που θεωρούμε πρωτότυπο και αναφέρουμε ως «κιναισθητικό μοντέλο» (Εικόνα 3). Το παιχνίδι έχει στοιχεία ενός λειτουργικού μοντέλου και δίνει την ευκαιρία για ανακάλυψη κρυμμένων δυναμικών στοιχείων. Στο παιχνίδι αυτό οι μαθητές παριστάνουν με τα σώματά τους τα μόρια, τα οποία μπορούν να κινούνται και να αναδιατάσσονται, τα αμετάβλητα μόρια στις τρεις καταστάσεις της ύλης και αποδίδουν τους δεσμούς μεταξύ των σωματιδίων με τα χέρια τους. Αποδίδεται επίσης με χαλάρωση των δεσμών η μεταβολή της απόστασης των σωματιδίων με την αύξηση της θερμοκρασίας/μουσικής. Το μοντέλο ερμηνεύει το σχήμα στερεών, υγρών και αερίων, την σταθερότητα όγκου στα στερεά και υγρά, τις πιέσεις στα τοιχώματα, τη διαστολή ως αύξηση της δόνησης χωρίς να αλλάζει η διάταξη, την αλλαγή κατάστασης καθώς η αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνει την κίνηση και απόσταση των σωματιδίων και από στερεά μπορεί να έχουμε υγρά και αέρια. Οι μαθητές νοιώθουν τους δεσμούς μεταξύ των μορίων, κατανοούν την διάταξη, την αναδιάταξη και την εσωτερική κίνηση, τη διατήρηση του μεγέθους, του σχήματος και του αριθμού των σωματιδίων στις φυσικές αλλαγές. Ο κενός χώρος αποδίδεται επίσης καθώς οι μαθητές και όταν ακουμπούν μεταξύ τους αφήνουν κενά.

Εικόνα 3:Κιναισθητικό μοντέλο

Μετά την εισαγωγή της έννοιας του μορίου μέσω μοντελοποίησης μακροσκοπικών φαινομένων, οι μαθητές κλήθηκαν σε ομάδες τριών ή τεσσάρων μαθητών να συζητήσουν και να ερμηνεύσουν θέματα που δεν είχαν διδαχθεί σχετικά με τη διάλυση και την αλλαγή κατάστασης (τήξη πάγου, ενέργεια κατά την τήξη, βρασμός, εξάτμιση, συμπύκνωση). Κατά τις συζητήσεις οι μαθητές πρώτα περιγράφουν μακροσκοπικά το φαινόμενο που τους παρουσιάζει ο δάσκαλος και στη συνέχεια διαπραγματεύονται τις ερμηνείες τους, ήτοι αναπτύξουν επιχειρήματα, προβλέπουν, δικαιολογούν, παρέχουν απόδειξη για στήριξη των ισχυρισμών τους. Ο ρόλος του δασκάλου – ερευνητή ήταν να παρουσιάσει τα πειράματα τήξης πάγου σε πορτοκαλάδα, βρασμού, εξάτμισης και συμπύκνωση, να παροτρύνει τους μαθητές να σχεδιάζουν και να εξηγούν γιατί συμβαίνουν και να συνοψίζει αυτά που είχαν ακουστεί στην ομάδα. Η ερμηνεία του ρόλου του νερού στη διάλυση παρουσιάζεται σε άλλη εργασία μας (Νταλαούτη &Τσαπαρλής, 2019).

Στην παρούσα εργασία διερευνούμε

- σε ποιο βαθμό χρησιμοποιούνται έννοιες του σωματιδιακού μοντέλου στην ερμηνεία φαινομένων αλλαγής κατάστασης πριν και μετά τη συζήτηση σε ομάδες,
- σε ποιο βαθμό οι απαντήσεις των μαθητών βελτιώθηκαν, διατηρήθηκαν ίδιες ή χειροτέρεψαν μετά τις συζητήσεις στις ομάδες και
- πώς το πλαίσιο (μακροσκοπικό ή υπομικροσκοπικό) στο οποίο αναπτύσσεται μια ερώτηση επηρεάζει την απάντηση;
- ποια ερμηνευτικά μοντέλα προτείνονται από τους μαθητές για την ερμηνεία φαινομένων αλλαγής κατάστασης

Ως εργαλεία έρευνας χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο – τεστ σε δύο παράλληλα μέρη,

- ένα τεστΑ μακροσκοπικων φαινομένων αλλαγής κατάστασης σε καθημερινά μακροσκοπικά φαινόμενα και
- ένα τεστΒ υπομικροσκοπικών αλλαγών.

Το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκαν ατομικά μια φορά πριν τη συζήτηση και μια φορά μετά τη συζήτηση στις ομάδες.
Η συμπλήρωση κάθε τεστ διήρκησε γύρω στα 10 λεπτά.

Οι απαντήσεις στο τεστΑ μακροσκοπικών και τεστΒ υπομικροσκοπικών αλλαγών κατηγοριοποιήθηκαν σε

**γενικές κατηγορίες ως:**
*δεν απαντούν ή δίνουν κυκλική απάντηση (βαθμολογήθηκαν με μηδέν), εναλλακτικές απαντήσεις (βαθμολογήθηκαν με ένα), εν μέρει αποδεκτές που περικλείουν τουλάχιστον έναν από τους παράγοντες της επιστημονικής έννοιας, αλλά όχι όλους (βαθμολογήθηκαν με 2) και απαντήσεις που περικλείουν όλους τους παράγοντες μιας επιστημονικής άποψης (βαθμολογήθηκαν με 3)*. Το βαθμολογικό σχήμα που χρησιμοποιήσαμε και λεπτομέρειες για το ερωτηματολόγιο περιγράφονται αναλυτικά στην προηγούμενη εργασία μας (Νταλαούτη & Τσαπαρλής, 2016).

**ειδικές κατηγορίες ως:**
*πλήρης σωματιδιακή, πλήρης μακροσκοπική, εν μέρει σωματιδιακή, εν μέρει μακροσκοπική, εναλλακτική μακροσκοπική, εναλλακτική μικροσκοπική, όχι κατανόηση*.
Οι συζητήσεις των μαθητών, αφού καταγράφηκαν, αναλύθηκαν ποιοτικά και αναδείχθηκαν τα μοντέλα που πρότειναν οι μαθητές για την ερμηνεία των φαινομένων αλλαγής κατάστασης.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Όσον αφορά το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, ήτοι σε ποιο βαθμό χρησιμοποιούνται έννοιες του σωματιδιακού μοντέλου στην ερμηνεία φαινομένων αλλαγής κατάστασης πριν και μετά τη συζήτηση σε ομάδες, η συζήτηση βοήθησε τους μαθητές να δώσουν αποδεκτές ερμηνείες με μόρια. Πριν τη συζήτηση χρησιμοποιούν κυρίως εναλλακτικές απαντήσεις. Στο τεστ Α δίνουν 25% εναλλακτικές μακροσκοπικές, 25% εναλλακτικές μικροσκοπικές, 16,7% εν μέρει αποδεκτές, 4,2% πλήρεις. Στο τεστ Β χρησιμοποιούν εναλλακτικές μικροσκοπικές σε ποσοστό 45,8%, εν μέρει αποδεκτές μικροσκοπικές σε ποσοστό 35,4% και πλήρεις σε ποσοστό 8,3%. Μετά τη συζήτηση οι πλήρεις απαντήσεις αυξήθηκαν και στα δυο τεστ (27,4% στο τεστ Α και 29,8% στο τεστ Β), ενώ οι μερικώς αποδεκτές ήταν το 56% και στα δυο τεστ (Πίνακας 1).

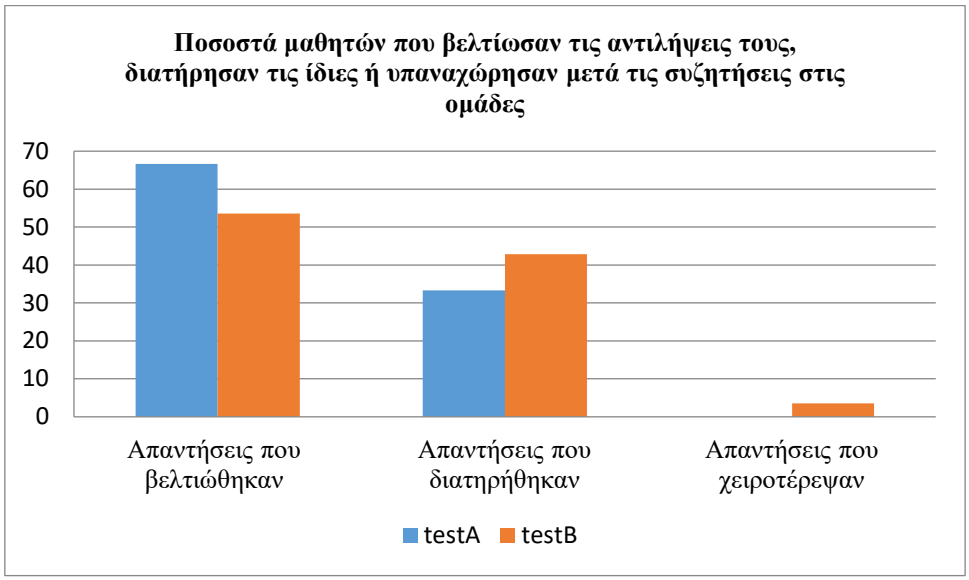
Πίνακας 1.: Ποσοστά απαντήσεων ανά κατηγορία για όλες τις ομάδες στα δυο τεστ στο σύνολο της ενότητας αλλαγή κατάστασης

| | **Πλήρης σωμ.** | **Πλήρης μακρ.** | **Εν μέρει σωμ.** | **Εν μέρει μακρο** | **Εναλ. μακρο** | **Εναλ μικρο** | **Όχι καταν.** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| testA | 4,2 | | 16,7 | 7,3 | 25,0 | 25,0 | 21,9 |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| testB | 8,3 | 35,4 | 0,0 | 1,0 | 45,8 | 9,4 |
| posttestA | 27,4 | 56,0 | 0,0 | 4,8 | 9,5 | 2,4 |
| posttestB | 29,8 | 56,0 | 0,0 | 0,0 | 13,1 | 1,2 |

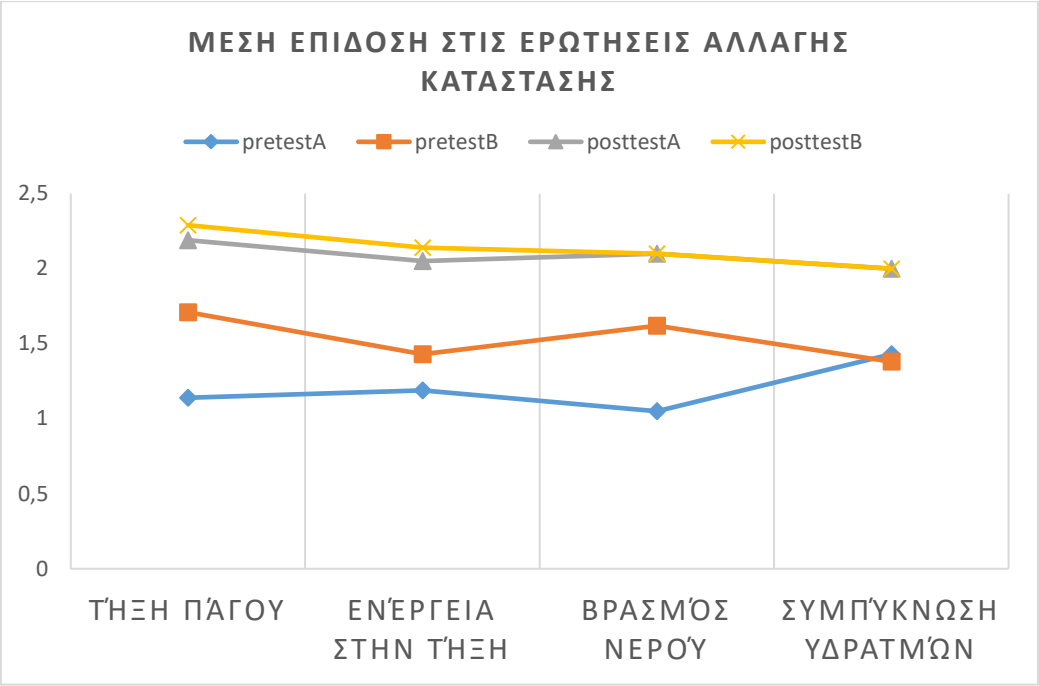
Σχετικά με το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα, σε ποιο βαθμό οι απαντήσεις των μαθητών βελτιώθηκαν, διατηρήθηκαν ίδιες ή χειροτέρεψαν μετά τις συζητήσεις στις ομάδες, η έρευνα έδειξε ότι μετά τη συζήτηση στο σύνολο της ενότητας βελτιώθηκαν το 66,7% των απαντήσεων στο τεστ Α και το 53,6% στο τεστ Β. Ίδιες απόψεις διατυπώθηκαν πριν και μετά τη συζήτηση σε ποσοστό 33,3% στο τεστ Α και 42,9% στο τεστ Β. Απαντήσεις υπαναχώρησης ήταν το 3,6% στο τεστ Β (Διάγραμμα 1).

Διάγραμμα 1:Ποσοστά μαθητών που βελτίωσαν τις αντιλήψεις τους, διατήρησαν τις ίδιες ή υπαναχώρησαν μετά τις συζητήσεις στις ομάδες.




Το πλαίσιο (μακροσκοπικό ή υπομικροσκοπικό) στο οποίο αναπτύσσεται μια ερώτηση επηρεάζει την απάντηση. Όπως παρουσιάζεται στο διάγραμμα 2 στο τεστ υπομικροσκοπικών αλλαγών είναι καλύτερες από τις επιδόσεις στο τεστ μακροσκοπικών αλλαγών. Οι συνεχείς αντιλήψεις για τη δομή της ύλης εμφανίζονται κυρίως στο τεστ μακροσκοπικών αλλαγών, όπου οι ερωτήσεις διατυπώνονται σε καθημερινό πλαίσιο (Πίνακας 1). Πράγματι, τα συμφραζόμενα με τα οποία η εργασία παρουσιάζεται (καθημερινά προβλήματα συγκρινόμενα με εργασίες ακαδημαϊκές) επηρεάζουν την ενεργοποίηση διαφορετικών εννοιών (Haidar & Abraham, 1991) και η γνώση είναι ευκολότερο να χρησιμοποιηθεί στο τεστ μικροσκοπικών αλλαγών, δηλαδή σε περιοχές κοντύτερα σε αυτή που αποκτήθηκε (Claxton, 1991).

Διάγραμμα 2: Μέση Επίδοση στο τεστΑ φαινομένων αλλαγής κατάστασης σε καθημερινά μακροσκοπικά φαινόμενα και στο τεστΒ υπομικροσκοπικών αλλαγών




Οι μαθητές στις ομάδες συζητήθηκαν διαφορετικές απόψεις και διατυπώθηκαν ενδιαφέρουσες ερμηνείες. Στην τήξη πάγου, που συγκέντρωσε τις περισσότερες αποδεκτές απαντήσεις απ' όλα τα φαινόμενα που συζητήθηκαν, χρησιμοποίησαν αποτελεσματικά την αύξηση της κίνησης των μορίων με τη θέρμανση. Κατά τη συζήτηση για την τήξη πάγου σε χυμό φάνηκαν οι δυσκολίες που έχουν οι μαθητές στην ερμηνεία φαινομένων που απαιτούν ενεργειακούς όρους (Besson, 2003). Αναφέρθηκαν σε διάφορες ερμηνείες: το παγάκι για να λιώσει χρειάζεται θερμότητα που την παίρνει από την χλιαρή πορτοκαλάδα, το παγάκι παίρνει ενέργεια από την χλιαρή πορτοκαλάδα, γίνεται υγρό και αποκαθίσταται θερμική ισορροπία μεταξύ των δυο υγρών ή ότι κρύα μόρια πάγου σκορπίζουν στην πορτοκαλάδα και την δροσίζουν ή τα μόρια πορτοκαλάδας επιβραδύνονται επειδή συμπληρώνονται τα κενά μεταξύ των μορίων της λόγω μετατροπής στερεού νερού σε υγρό.

Η εξάτμιση και ο βρασμός ερμηνεύτηκαν από τους μαθητές ως απομάκρυνση των μορίων λόγω της θερμότητας προς σχηματισμό αερίου. Οι εναλλακτικές απόψεις, όπως τα μόρια εξατμίζονται ή τα μόρια είναι μέσα στο υγρό που διατυπώθηκαν στην ομάδα, ελέγχθηκαν και απορρίφθηκαν από τα μέλη της. Τα μόρια κατά τον βρασμό παίρνουν ενέργεια με δυο τρόπους: Τα κάτω παίρνουν ενέργεια και σπρώχνουν τα πάνω οπότε απομακρύνονται όλα ή τα κάτω παίρνουν ενέργεια, κάνουν ζεστό αέριο που είναι ελαφρύ και πάει επάνω, στη θέση του πάει άλλο ψυχρό υγρό.

Δυσκολίες παρουσιάστηκαν και στην συμπύκνωση που απαιτεί ερμηνεία με απώλεια ενέργειας. Προτείνουν εγκλωβισμό των μορίων και μετατροπή σε υγρό αλλά δεν μπορούν να αναγνωρίσουν τον μηχανισμό της υγροποίησης .και την μεταφορά ενέργειας και μείωσης κίνησης των σωματιδίων.. Φαίνεται ότι δεν αντιστρέφεται η σκέψη για να προτείνουν αυτόματα αντιστροφή της αραίωσης με τη θερμότητα (Driver et al.1985/93). Σε όλες τις ομάδες έγινε προσπάθεια να ερμηνευτούν μακροσκοπικά τα φαινόμενα και καθώς οι μακροσκοπικές ερμηνείες δεν επαρκούσαν, χρησιμοποιούσαν σωματίδια. Οι παράγοντες που οδήγησαν κάποιες ομάδες σε διατύπωση επιστημονικά αποδεκτών ερμηνειών των φαινομένων ήταν η προθυμία για ανοιχτή διαπραγμάτευση των απόψεων και ο έλεγχος των εναλλακτικών απαντήσεων από τα μέλη της ομάδας. Μεγάλη βοήθεια στην κατανόηση προσέφερε η σχεδίαση - παράσταση των φαινομένων με σωματίδια

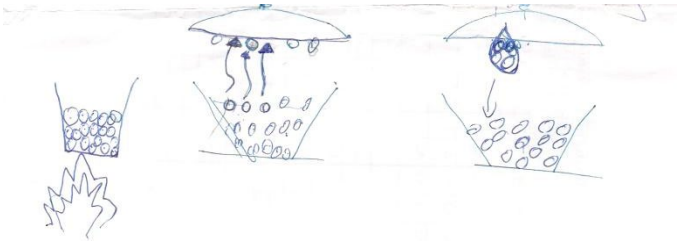
καθώς έδινε ευκαιρίες για συζήτηση και εξέταση εναλλακτικών απόψεων (Σχέδιο 1). Ωστόσο, όλα τα μέλη μιας ομάδας που αποδέχθηκε μια συγκεκριμένη ερμηνεία του φαινομένου, δεν σημαίνει ότι υιοθέτησαν την ίδια ερμηνεία, όταν απάντησαν στη συνέχεια ατομικά στο ερωτηματολόγιο. Η συζήτηση ενός σωματιδιακού μοντέλου σε μικρές ομάδες μαθητών και η ερμηνεία με αυτό φαινομένων αλλαγής κατάστασης ενισχύουν τις επιστημονικά αποδεκτές απαντήσεις και προτείνουμε να ενταχθούν στη διδασκαλία φαινομένων αλλαγής κατάστασης στο Δημοτικό.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η συζήτηση βοήθησε τους μαθητές να δώσουν αποδεκτές ερμηνείες με μόρια. Μετά τη συζήτηση ελαττώθηκαν σημαντικά οι μηδενικές απαντήσεις. Η συζήτηση στις ομάδες μείωσε σημαντικά την αντίληψη ότι τα σωματίδια έχουν μακροσκοπικές ιδιότητες (το μοντέλο Β) καθώς συζητήθηκαν και απορρίφθηκαν σχετικές προτάσεις. Οι μαθητές φαίνεται να κατανόησαν ότι οι ιδιότητες των ουσιών είναι ιδιότητες συνόλου μορίων.

- Η συζήτηση στις ομάδες βελτίωσε τις απαντήσεις και πιο πολύ αυτές που διατυπώθηκαν σε μακροσκοπικό πλαίσιο.
- Η αύξηση της κίνησης των μορίων με τη θέρμανση έγινε κατανοητή στους μαθητές μια και παρουσιάστηκε με σαφήνεια ως χαρακτηριστικό του σωματιδιακού μοντέλου. Η έννοια αυτή χρησιμοποιήθηκε αποτελεσματικά στην τήξη πάγου, στη χρήση θερμότητας κατά την τήξη. Οι μαθητές κατά τη συζήτηση αναγνωρίζουν ότι τα μόρια του αερίου πρέπει να δώσουν υγρό αλλά, και πάλι όπως στο βρασμό, το πρόβλημά τους είναι πώς έρχονται κοντά.
- Η εμψύχωση - κιναισθητική παράσταση του φαινομένου βοήθησε τις μαθήτριες μιας ομάδας να καταλήξουν σε πλήρεις απαντήσεις. Η διαδικασία για επίτευξη κατανόησης σχετίζεται με επεξεργασία απόψεων διαφορετικών, την εξαγωγή συμπερασμάτων κ.λ.π.
- Για την κατανόηση και χρήση του σωματιδιακού μοντέλου προτείνουμε συζητήσεις μαθητών σε μικρές ομάδες που βοηθούν στην εξέταση εναλλακτικών απαντήσεων.

**Σχέδιο 1:** Σχεδίαση της συμπύκνωσης κατά τη συζήτηση σε ομάδα κατά τη συζήτηση



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Νταλαούτη, Π., Τσαπαρλής, Γ. (2016). Η μακροσκοπική περιγραφή φυσικοχημικών φαινομένων και η υπομικροσκοπική ερμηνεία τους. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη, 59-60.*

Νταλαούτη, Π., Τσαπαρλής, Γ. (2017). Δόμηση γνώσης φυσικοχημικών φαινομένων και των υπομικροσκοπικών ερμηνειών τους, με συνεργατική αλληλεπίδραση. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη, 62-63,* 9-30.

Νταλαούτη, Π., Τσαπαρλής, Γ. (2019). Η ερμηνεία του ρόλου του νερού στη διάλυση από μαθητές Στ΄ Τάξης. Στο 11ο Πανελλήνιο Συνέδριο – ΕΝΕΦΕΤ, *Επαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στον 21ο αι.* Φλώρινα: Π.Τ.Δ.Ε.

Besson, U. (2003). The distinction between heat and work: an approach based on a classical mechanical model. *European Journal of Physics, 24*, 245–252.

Claxton, G. (1991). *Educating the inquiring mind: the challenge for school science*. London: Harvester.

Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985/93). Μερικά χαρακτηριστικά των ιδεών των παιδιών και οι συνέπειές τους για τη διδασκαλία. In R. Driver, E. Guesne, A. Tiberghien (Eds.), *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες* (ελλ. Μετ.) Αθήνα, Ε.Ε.Φ., Τροχαλία, 273-285

Gopal, H., Kleinsmidt, J., & Case, J. (2004). An investigation of tertiary students' understanding of evaporation, condensation and vapor pressure. *International Journal of Science Education, 26*(13), 1597–1620.

Haidar H. A., & Abraham R.M., (1991). A comparison of Applied and Theoretical Knowledge of Concepts Based on the Particulate Nature of Matter. *Journal of Research in Science Teaching, 28*, 919-938.

Kirbulut, Z. D., & Beeth, M. E. (2013). Representations of fundamental chemistry concepts in relation to the particulate nature of matter. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 1*(2), 96-106.

Özmen, H., & Kenan, O. (2007). Determination of the Turkish primary students' views about the particulate nature of matter. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, *8* (1).